

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

L. inw.

5169

# Das Wetter

Von

Ralph Abererombu.

Deutsch von

Dr. J. M. Pernter.



~~A~~  
~~1~~  
Bibliotek  
Śląski Uniwersytet  
Techniczny  
w Gliwicach

~~A~~  
~~1~~

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299215

UEM5





## Illustrierte Bibliothek

der

# Länder- und Völkerkunde.

Unter diesem Titel erscheint in unserem Verlage eine Sammlung illustrierter Schriften zur Länder- und Völkerkunde, die sich durch zeitgemäßen, interessanten und gediegenen Inhalt, gemeinverständliche Darstellung, künstlerische Schönheit und sittliche Reinheit der Illustration, sowie durch elegante Ausstattung auszeichnen sollen.

Die Entdeckungsgeschichte der Erde — die physische Geographie — sowie die spezielle Länder- und Völkerkunde werden in geeigneten Bearbeitungen vertreten sein.

So hoffen wir eine Reihe geographischer Werke zu schaffen, die für jeden Gebildeten höchst interessant und lehrreich sein werden, die den Lehrern der Erdkunde zur Belebung und Vertiefung des Unterrichts dienen können, die endlich bei der studierenden Jugend Freude und Lust an der geographischen Wissenschaft wecken sollen.

Neueste Bände:

**Das Wetter.** Eine populäre Darstellung der Wetterfolge. Von **Ralph Abercromby**. Aus dem Englischen übersetzt von Dr. J. M. Ferner. Mit zwei Titelbildern und 96 Figuren im Text. gr. 8°. (XVIII u. 326 S.)

**Persien.** Das Land der Sonne und des Löwen. Aus den Papieren eines Reisenden. Herausgegeben von **J. Bleibtreu**. Mit 50 Abbildungen, größtenteils nach photographischen Aufnahmen, und einer Karte. gr. 8°. (Unter der Presse.)

Die früher erschienenen Bände enthalten:

**Der Weltverkehr.** Telegraphie und Post, Eisenbahnen und Schifffahrt in ihrer Entwicklung dargestellt von Dr. **M. Geistbeck**. Mit 123 Abbildungen und 33 Karten. gr. 8°. (XII u. 496 S.) M. 8; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 10.

**Kanada und Neu-Fundland.** Nach eigenen Reisen und Beobachtungen von **E. v. Sesse-Wartegg**. Mit 54 Abbildungen und einer Übersichtskarte. gr. 8°. (XII u. 224 S.) M. 5; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 7.

**Unsere Erde.** Astronomische und physische Geographie. Eine Vorhalle zur Länder- und Völkerkunde. Von **A. Jakob**. Mit 100 in den Text gedruckten Abbildungen, 26 Vollbildern und einer Spektraltafel in Farbendruck. gr. 8°. (XII u. 486 S.) M. 8; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 10. (Die zweite Auflage ist in Vorbereitung.)

Daraus erschien apart in neuer Auflage:

**Der Mensch,** die Krone der irdischen Schöpfung. Zeitgemäße Betrachtungen über Verbreitung, Einteilung, Abstammung und Alter des Menschengeschlechtes — mit einer kritischen Beleuchtung der Affentheorie. Mit 53 Text-Illustrationen und einer Karte in Farbendruck. gr. 8°. (VIII u. 160 S.) M. 2.40; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 3.

**Assyrien und Babylonien** nach den neuesten Entdeckungen. Von Dr. **F. Gauken**. Vierte Auflage. Mit Titelbild, 87 in den Text gedruckten Abbildungen, 7 Tonbildern, einer Inschriftentafel und zwei Karten. gr. 8°. (XII u. 286 S.) M. 4; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 6.

**Ägypten einst und jetzt.** Von Dr. **Fr. Kayser**. Zweite, erweiterte und völlig durchgearbeitete Auflage. Mit einem Titelbild in Farbendruck, 118 Illustrationen im Text, 17 Tonbildern und einer Karte. gr. 8°. (XII u. 302 S.) M. 5; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 7.

**Nach Ecuador.** Reisebilder von **J. Kolberg**. Dritte, umgearbeitete und mit der Theorie der Tiefenkräfte vermehrte Auflage. Mit 122 Abbildungen, 15 Tonbildern und einer Karte von Ecuador. gr. 8°. (XX u. 550 S.) M. 8; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 10.

**Die Balkanhalbinsel** (mit Ausschluß von Griechenland). Physische und ethnographische Schilderungen und Städtebilder von **A. C. Lux**. Mit 90 Abbildungen, einem Panorama von Konstantinopel und einer Übersichtskarte. gr. 8°. (X u. 276 S.) M. 6; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 8.

**Die Sudänländer** nach dem gegenwärtigen Stande der Kenntnis. Von Dr. **Ph. Paulitschke**. Mit 59 in den Text gedruckten Abbildungen, 12 Tonbildern, zwei Lichtdrucken und einer kolorierten Übersichtskarte der Sudänländer. (Maßstab 1:11 500 000.) gr. 8°. (XII u. 312 S.) M. 7; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 9.

**Der Amazonas.** Wanderbilder aus Peru, Bolivia und Nordbrasilien von **Damian Freiherrn von Schütz-Holzhausen**. Mit 31 in den Text gedruckten Abbildungen und 10 Vollbildern. gr. 8°. (XVI u. 244 S.) M. 4; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 6.

(Die zweite Auflage ist in Vorbereitung.)

**Das Mittelmeer.** Von **Amand Freiherrn von Schweiger-Lerchenfeld**. Mit 55 Abbildungen und einer Karte. gr. 8°. (XII u. 316 S.) M. 6; in Original-Einband: Leinwand mit reicher Deckenpressung M. 8.

Jeder Band besteht für sich als ein selbständiges, in sich abgeschlossenes Werk und ist einzeln käuflich. — Die Einbände sind in weißer, grüner oder brauner Farbe zu beziehen.

Von den nachstehenden Werken dieser Bibliothek:

**Abercromby-Pernter**, **Das Wetter**, — **Bleibtren**, **Persien**, — **Geißbeck**, **Der Weltverkehr**, — **Raulen**, **Assyrien und Babylonien**, — **Kayser**, **Ägypten einst und jetzt**, — **Lux**, **Die Balkanhalbinsel**, — **Paulitschke**, **Die Sudänländer**, — **v. Schweiger-Lerchenfeld**, **Das Mittelmeer**,

sind außerdem Separat-Einbände in Leinwand mit reicher Deckenpressung in Farbendruck zu haben, welche dem Inhalt des betreffenden Bandes besonders entsprechen und den Vermerk: „Illustrierte Bibliothek“ nicht tragen.

Einbanddecken pro Band M. 1.20.

Freiburg im Breisgau.

Herdersche Verlagshandlung.

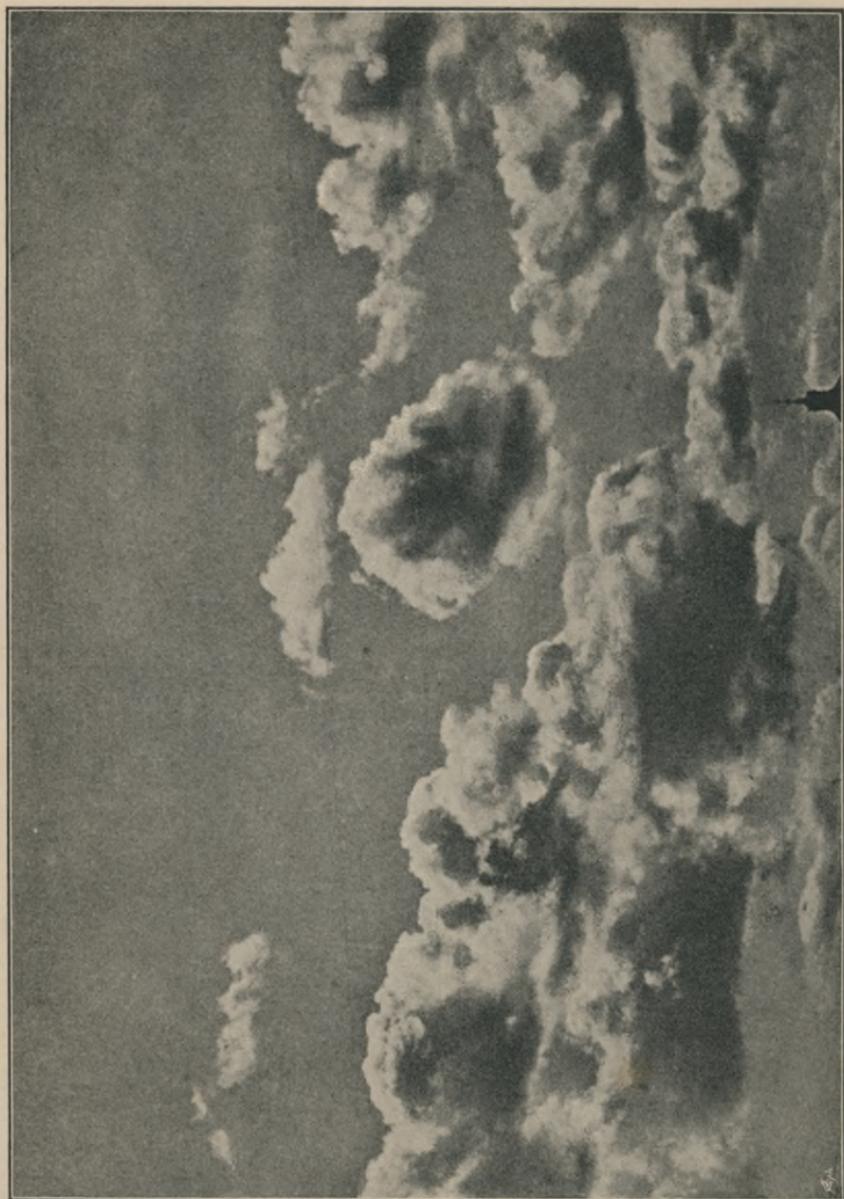
# Das Wetter.

Von Ralph Abercromby.

Illustrirte Bibliothek der  
Länder u. Völkerkunde.







**Cumulus.** (Siehe S. 48—53.)

(Aus den Veröffentlichungen der Vatikanischen Sternwarte. Jahrgang 1893.)



**Cumulo-Himbus.** (Siehe S. 51 und 76.)  
(Aus den Veröffentlichungen der Baltischen Sternwarte. Jahrgang 1898.)



# Das Wetter.

Eine populäre Darstellung der Wetterfolge.

Von **Ralph Abercromby,**

Mitglied der Königl. Meteorolog. Gesellschaft in London; Mitglied der Schottischen Meteorolog. Gesellschaft; Verfasser der „Grundsätze der Wetterprognose mit Hilfe der Wetterarten“.

Aus dem Englischen übersetzt

von **Dr. J. W. Fernter,**

o. ö. Professor der kosmischen Physik an der Universität Innsbruck.

Mit zwei Titelbildern und 96 Figuren im Text.

Bibliothek  
der Land-Inspektion  
Sorau, M/L.

Freiburg im Breisgau.

Herdersche Verlags-Handlung.  
1894.

Zweigniederlassungen in Straßburg, München und St. Louis, Mo.  
Wien I, Wollzeile 33: B. Herder, Verlag.

~~111~~  
W<sub>r</sub>/3  
101.

Das Gitter

Eine populäre Darstellung der Gittertheorie

von Prof. Dr. H. Brückner



II 5169

Buchdruckerei der Herder'schen Verlagshandlung in Freiburg.

Akc. Nr. 4501/50

gehört z. B. die Erklärung vieler volkstümlicher Wetterregeln, die Erläuterung der allgemeinen Grundsätze für die Deutung der Wolkenformen, die Klassifikation jener Fälle, in welchen die Bewegung des Barometers für die richtige Vorhersage des kommenden Wetters im Stiche läßt, die Eigenart jenes Regens, welcher durch die synoptischen Wetterkarten in keiner Weise angezeigt wird.

Die meisten Karten sind den Publikationen verschiedener meteorologischer Centralstellen entnommen; hingegen sind fast alle übrigen Figuren eigens für dieses Werk gezeichnet worden oder nur in einigen Abhandlungen des Verfassers selbst früher erschienen.

Mit aller Sorgfalt war der Verfasser bestrebt, den Entdeckern neuer Principien ihr Recht werden zu lassen; er hielt es aber nicht für notwendig, in einem populären Werke überall die Priorität der Verfasser durch Nennung der Namen zu berücksichtigen.

Denjenigen, welche die Meteorologie bisher nur als ein langweiliges statistisches Fach kannten, dürfte wohl das Durchlesen dieser Blätter einen neuen Ausblick auf unsere Wissenschaft und einen neuen Einblick in dieselbe bringen.

Der Verfasser fühlt sich gedrängt, die Unterstützung, welche er vom Meteorological Office in London und vom Signal Service (jetzt Weather Bureau) der Vereinigten Staaten durch Verschaffung des in manchen ihrer Publikationen enthaltenen Materials erhalten hat, besonders dankbar anzuerkennen. Desgleichen dankt er dem Ausschusse der Königl. Meteorologischen Gesellschaft in London für die Freundlichkeit, mit welcher ihm die Holzstöcke der Abdrücke überlassen wurden, die zur Illustrierung einiger seiner Abhandlungen gedient hatten.

Ebenso ist er Herrn R. Ellery vom Observatorium in Melbourne und Herrn W. G. Cooke vom Observatorium in Adelaide für die Auskünfte und die Figuren zur Erläuterung des australischen Wetters und seiner Vorhersage zu Dank verpflichtet, wie auch Herrn H. F. Blanford, ehemaligem meteorologischen Referenten bei der indischen Regierung, für Auskünfte und Mitteilungen über die Natur der Monsune.

---



# Inhalt.

Vorwort des Übersetzers . . . . .	Seite V
Vorwort des Verfassers . . . . .	VIII

## Erster, elementarer Teil.

### Erstes Kapitel.

#### Einleitung.

Mythen . . . . .	1
Wetterregeln . . . . .	1
Das Barometer . . . . .	2
Die Statistik . . . . .	2
Synoptische Karten . . . . .	4
Theoretische Entwicklungen . . . . .	6
Plan des Buches . . . . .	7

### Zweites Kapitel.

#### Wetterregeln.

Einleitung . . . . .	9
Erste Erklärungen . . . . .	10
Neuere Entwicklung . . . . .	10
Synoptische Karten . . . . .	11
Beziehung von Wind und Wetter zu den Isobaren . . . . .	14
Die sieben Grundformen der Isobaren . . . . .	15
Wetterregeln für Cyclonen . . . . .	17
Sekundäre Depression . . . . .	28
Wetterregeln für Anticyklonen . . . . .	31
Keilförmige Isobaren . . . . .	35
Geradlinige Isobaren . . . . .	39
Allgemeine Bemerkungen . . . . .	42

## Inhalt.

### Drittes Kapitel.

#### Wolken und Wetterregeln nach den Wolken.

	Seite
Benennung der Wolken . . . . .	47
Cumulus . . . . .	48
Beziehung des Cumulus zum Cirrus . . . . .	49
Kugelig geballter Cumulus . . . . .	52
Entarteter Cumulus . . . . .	53
Kleinere Abarten . . . . .	54
Stratus . . . . .	55
Cirrus . . . . .	56
Cirrusstreifen . . . . .	56
Lage und Bewegung der Streifen . . . . .	57
Beziehung zu den Cyclonen und Anticyclonen . . . . .	61
Senkrechte Aufeinanderfolge der Luftströmungen . . . . .	62
Schönwetter- und gefährdrohende Cirrus . . . . .	65
Cirrostratus . . . . .	67
Entstehung der Schichtungen . . . . .	68
Cirrocumulus . . . . .	69
Stratocumulus . . . . .	73
Nimbus . . . . .	75
Nicht klassifizierte Wolken . . . . .	78
Cirrusnebel oder Cirrusfächer . . . . .	78
Wölkchen, Wolkenfetzen . . . . .	78
Wolkenfrauen . . . . .	79
Wolkenarten . . . . .	80
Neuere Fortschritte . . . . .	81

## Zweiter, fortgeschrittener Teil.

### Viertes Kapitel.

#### Z y b a r e n .

Cyclonen . . . . .	84
Allgemeiner Kreislauf der Luft in der Cyclone . . . . .	85
Achse der Cyclone . . . . .	85
Fortschreiten der Cyclone . . . . .	87
Beständigkeit der Cyclonen . . . . .	88
Einfluß des Regens und der Temperatur . . . . .	89
Tropische und außertropische Cyclonen . . . . .	91
Anticyclonen . . . . .	93
Luftdruck in Cyclonen und Anticyclonen . . . . .	93
Gegenüberstellung des cyclonalen und anticyclonalen Wetters . . . . .	95
Vförmige Depressionen . . . . .	96
Südliche „Burstere“ . . . . .	99
Sattel . . . . .	99
Ursprung der Zybaren . . . . .	100

## Inhalt,

### Fünftes Kapitel.

#### Barogramme, Thermogramme, Meteorogramme.

	Seite
Meteorogramme . . . . .	103
Überdeckung der Schwankungen einer Kurve durch die einer andern . . . . .	107
Barometergang . . . . .	110
Wogen . . . . .	112
Deutung der Meteorogramme . . . . .	115
Beschreibende, nicht instrumentale Beobachtungen . . . . .	121

### Sechstes Kapitel.

#### Winde und Kalmen.

Gradienten . . . . .	124
Beziehung der Windgeschwindigkeit zum Gradienten . . . . .	125
Schwankung in der Geschwindigkeit und im Gradienten . . . . .	126
Beziehung der Windrichtung zum Gradienten . . . . .	129
Neigung der Winde zu den Isobaren . . . . .	130
Kalmen . . . . .	131
Winde der südlichen Halbkugel . . . . .	131
Allgemeine Bemerkungen . . . . .	134
Verhältnis zwischen Windstärke und Windgeschwindigkeit . . . . .	136

### Siebentes Kapitel.

#### Wärme und Kälte.

Tagesisothermen . . . . .	137
Wie die Tagesisothermen die allgemeinen verändern . . . . .	140
Die Temperaturstörung einer Cyclone . . . . .	143
Wärmequellen . . . . .	146
Ursachen der Kälte . . . . .	148
Der „Wizzard“ und der „Barber“ . . . . .	150
Beispiele täglicher Temperaturänderungen über Europa . . . . .	152
Vorherfrage der Temperatur . . . . .	155
Primäre und sekundäre Wirkungen der Wärme . . . . .	155

### Achtes Kapitel.

#### Böen, Gewitterstürme und nichtisobariſche Regen.

Einfache Böen . . . . .	157
Gewitterböen . . . . .	158
Barometergang in Böen und Gewitterstürmen . . . . .	159
Linienböen . . . . .	162
Gewitterstürme, verbunden mit Linienböen . . . . .	165

## Inhalt.

	Seite
Gewitterstürme in sekundären Depressionen . . . . .	171
Allgemeine Bemerkungen . . . . .	173
Nichtjoharische Regen . . . . .	174
Der Südwestmonsun . . . . .	174

### Neuntes Kapitel.

#### Pamperos, Tromben und Tornados.

Pamperos . . . . .	176
Tromben . . . . .	179
Tornados . . . . .	179
Verhältnis der Wirbelwinde zu den Cyclonen . . . . .	186

### Zehntes Kapitel.

#### Lokale Wetteränderungen.

Natur und Erklärungsgrundsätze . . . . .	188
Lokale Bewölkung . . . . .	189
Lokaler Regen . . . . .	190
Gebirgsregen . . . . .	192
Thalregen . . . . .	193
Lokalisierung der Hagelstürme . . . . .	193
Flutregen . . . . .	195

### Elftes Kapitel.

#### Tägliche Wetterchwankungen.

Unabhängigkeit der täglichen Schwankungen und der allgemeinen Änderungen voneinander . . . . .	197
Täglicher Gang der Temperatur . . . . .	197
"    "    der Bewölkung . . . . .	200
"    "    des Regenfalles . . . . .	202
"    "    des Windes . . . . .	204
"    "    der Windgeschwindigkeit . . . . .	204
"    "    der Windrichtung . . . . .	205
Allgemeiner Überblick über den Gegenstand . . . . .	208

### Zwölftes Kapitel.

#### Jährliche und säkulare Schwankungen.

Anblick des Himmels nach den Jahreszeiten . . . . .	209
Wiederkehrende Wettertypen . . . . .	210
Ihr Wert für die Wetterprognose . . . . .	213
Cyklische Perioden . . . . .	214
Sonnenflecken und Wetter . . . . .	214
Beziehung zur Wettervorhersage . . . . .	219

## Inhalt.

### Dreizehntes Kapitel.

#### Wettertypen und Wetterläufe.

	Seite
Einleitung . . . . .	220
Luftdruckverteilung über der Erde . . . . .	222
Wetter in der Kalmenzone . . . . .	222
Wetter in der Passatregion . . . . .	223
Wetter in der gemäßigten Zone . . . . .	224
Luftdrucktypen der gemäßigten Zone . . . . .	224
Südlischer Typus . . . . .	225
Westlicher Typus . . . . .	233
Nördlicher Typus . . . . .	240
Östlicher Typus . . . . .	245
Intensität . . . . .	250
Wetterchwankung . . . . .	250
Beständigkeit . . . . .	251
Wiederkehr . . . . .	252
Abhängigkeit . . . . .	252
Änderung des Typus . . . . .	254
Nordostmonsun . . . . .	254
Südwestmonsun . . . . .	256

### Vierzehntes Kapitel.

#### Wettervorhersage eines einzelstehenden Beobachters.

Natur des Problems . . . . .	262
Wetterzeichen . . . . .	263
Das Barometer . . . . .	264
Allgemeine Angaben . . . . .	264
Abercrombys Regeln, wie man aus einem Barogramme ersehen kann, ob ein Sturm nachlassen oder anwachsen wird . . . . .	264
Scheinbare Fehlangaben des Barometers . . . . .	268
Cirrus, welche vor dem Fallen des Barometers auftreten . . . . .	269
Regen bei steigendem Barometer und Ostwind . . . . .	269
Regen bei steigendem Barometer und Westwind . . . . .	271
Regen bei unverändertem Barometerstande . . . . .	275
Schönes Wetter bei niedrigem oder fallendem Barometer . . . . .	278
Schwierigkeiten an Bord eines Schiffes . . . . .	279

### Fünfzehntes Kapitel.

#### Wettervorhersage mit Hilfe der synoptischen Karten.

Darlegung des Problems . . . . .	279
Hilfsmittel der Wetterprognose . . . . .	280
Unregelmäßige barometrische Änderungen . . . . .	280
Cyclonenbahnen . . . . .	281
Neigung zum Einhalten gewisser Zugstraßen . . . . .	282

## Inhalt.

	Seite
Stürme, welche das Atlantische Meer überziehen . . . . .	283
Wie die Bahn durch den stärksten Wind und den höchsten benachbarten Druck angezeigt wird . . . . .	286
Einfluß der Temperatur der Umgebung . . . . .	287
Die Wetterprognose hängt von keiner Theorie ab . . . . .	289
Wie weit kann die Wetterprognose auf Einzelheiten sich ausdehnen? . . . . .	290
Auf wie lange hinaus können Prognosen gestellt werden? . . . . .	290
Welche Zeit ist zur Vorbereitung der Prognose erforderlich? . . . . .	291
Wann hat die Prognose den größten Erfolg? . . . . .	292
Quellen der Fehlprognosen . . . . .	294
In manchen Ländern ist die Wetterprognose leichter als in andern . . . . .	295
Beispiele von Prognosen . . . . .	296
England . . . . .	296
Resultate der Wetterprognose . . . . .	300
Prüfung der Prognosen . . . . .	301
Deutschland . . . . .	302
Treffer der Seewarte . . . . .	304
Prognosen der Vereinigten Staaten . . . . .	304
Allgemeine Bemerkungen über das Eintreffen der Prognose . . . . .	307
Treffer in Canada . . . . .	309
Australische Prognosen . . . . .	309
—————	
Anmerkungen des Übersetzers . . . . .	311
Namen- und Sachregister . . . . .	321

## Verzeichnis der Abbildungen.

Titelbilder: Cumulus (zu S. 48—53). Cumulonimbus (zu S. 51 u. 76).			
Fig.	Seite	Fig.	Seite
1. Die sieben Grundformen der Hobaren . . . . .	16	29. Barogramme, Barometergang, Ausfüllung von Cyclonen . . . . .	110
2. Wetter in der Cyclone . . . . .	19	30. } Tägliche Schwankung des Windes in Cy-	116
3. Wetterfolge beim Vorübergange einer Cy- klone . . . . .	26	31. } klone . . . . .	116
4. Wetter in sekundären Depressionen . . . . .	28	32. } . . . . .	117
5. Wetterfolge beim Vorbeiziehen einer sekun- dären Depression . . . . .	30	33. } Tägliche Schwankung des Regens und der	118
6. Wetter in der Anticyklone . . . . .	31	34. } Bewölkung in Cyclonen . . . . .	118
7. Wetter in den keilförmigen Hobaren . . . . .	36	35. } . . . . .	119
8. Wetter in geradlinigen Hobaren . . . . .	40	36. Barometrische Gradienten . . . . .	124
9. } Erläuterung der Ursache des Fehlschlagens 10. } von Wetterzeichen der Ringerscheinun- gen, die Wind und Regen anzeigen {	44	37. Ein tropischer Hurrikan (südl. von Ägypten)	133
11. Cumulus und Cirrus . . . . .	49	38. Cyclone in Australien . . . . .	133
12. Kugelig geballte Cumulus . . . . .	52	39. V-Depression in Australien . . . . .	134
13. Entarteter Cumulus und Niniencumulus	53	40. Erläuterung der Form der Tagesisothermen	138
14. Bildung von Cirrusstreifen . . . . .	57	41. Thermisches Gefälle und die Form der Isothermen . . . . .	140
15. Erläuterung der Wolkenperspektive . . . . .	58	42. } Tagestemperatur und cyclonale Tempera-	141
16. Oberflächenwinde und obere Strömungen über Cyclonen und Anticyklonen . . . . .	62	43. } tur (Vereinigte Staaten) . . . . .	142
17. Konvergierende geschichtete Cirrusstreifen .	65	44. } . . . . .	142
18. Flockiger Cirrocumulus . . . . .	70	45. } Isothermen in Europa an drei aufeinander-	153
19. Stratocumulus, Nollcumulus . . . . .	74	46. } folgenden Tagen . . . . .	153
20. Wahrscheinliche Gradienten in senkrechter Aufeinanderfolge über Cyclonen und Anticyklonen . . . . .	94	47. } . . . . .	159
21. Cyclonales Wetter . . . . .	95	48. Barometerkurve bei Gewittern . . . . .	159
22. Anticyklonales Wetter . . . . .	96	49. Gurbice-Böe. Hobaren und Wind um 12 Uhr 43 Min. nachmittags . . . . .	162
23. Wetter in V-Depressionen . . . . .	97	50. Gurbice-Böe. Das von der Böe um 3 Uhr nachmittags überzogene Gebiet . . . . .	163
24. Wind im „Reile“ . . . . .	99	51. Niniengewittersturm . . . . .	166
25. Ein Meteorogramm . . . . .	102	52. Gewittersturm in Frankreich . . . . .	167
26. } Karten zur Erläuterung des Meteorog- 27. } grammes . . . . .	104	53. Bahn der Gewitterstürme . . . . .	168
28. Überlagerung von Kurven . . . . .	108	54. Allgemeiner Kreislauf der Luft in einer Ninienböe. Wolkengewölbe . . . . .	170
		55. Bedingungen für Gewitterstürme . . . . .	172
		56. Wolkenkrause in einem Pampero . . . . .	178
		57. Tornadowolke . . . . .	180
		58. Bedingungen und Bahnen der Tornados .	183

## Verzeichniß der Figuren.

Fig.	Seite	Fig.	Seite
59. Lokalisation des Hagelfalles in Loiret . . . . .	194	80. } Nordostmonsun; große Kälte . . . . .	} 255
60. Thermogramme . . . . .	198	81. } Südwestmonsun; große Hitze . . . . .	} 256
61. Mittlerer täglicher Gang der Temperatur	198	82. } . . . . .	} 257
62. Anemographenkurven vom 6. bis 8. August 1874 in New . . . . .	207	83. } . . . . .	} 257
63. Sonnenflecken und Regenfall . . . . .	216	84. Gradienten und Biegung der Barogramme	265
64. } . . . . .	} 227	85. Erläuterung der Entstehung konvexer und	
65. } Südllicher Wettertypus . . . . .	} 228	konkaver Biegungen der Barogramme . . . . .	285
66. } . . . . .	} 229	86. Regen bei steigendem Barometer und Ost-	
67. } . . . . .	} 230	wind . . . . .	270
68. } . . . . .	} 235	87. Karten zur Erklärung des Regens bei stei-	
69. } Westlicher Wettertypus . . . . .	} 236	gendem Barometer und Ostwind . . . . .	270
70. } . . . . .	} 238	88. } Schlechtes Wetter bei steigendem Barometer	} 273
71. } . . . . .	} 239	89. } . . . . .	} 274
72. } . . . . .	} 241	90. Regen bei unverändertem Barometer . . . . .	276
73. } Nördlicher Wettertypus . . . . .	} 242	91. Cyclonen, welche den Atlantischen Ocean	
74. } . . . . .	} 243	durchkreuzen . . . . .	284
75. } . . . . .	} 243	92. Britische Prognosenbezirke . . . . .	297
76. } . . . . .	} 246	93. Eingetroffene Prognose (England) . . . . .	297
77. } Östlicher Wettertypus . . . . .	} 247	94. Fehlgeschlagene Prognose . . . . .	299
78. } . . . . .	} 247	95. } Teilweise eingetroffene Prognose (Deutsch-	
79. } . . . . .	} 248	land) . . . . .	} 302
		96. } . . . . .	

# Erster, elementarer Teil.

## Erstes Kapitel.

### Einleitung.

#### Mythen.

Die frühesten Berichte über das Wetter finden wir bei allen Nationen in ihren Mythen oder Volksagen. Da werden Regen, Wolken, Wind und andere Naturerscheinungen in hoch bildlicher Sprache beschrieben, und die Erklärung derselben darin gefunden, daß sie irgend einer übernatürlichen oder persönlichen Kraft zugeschrieben werden.

Das Interessanteste an diesen mythischen Erzählungen ist die bemerkenswerte Treue, mit welcher sie das Klima der Gegend, aus der sie stammen, widerspiegeln. So sind wir z. B. in der Lage, aus den Mythologien von Griechenland und Skandinavien uns geradezu ein Bild des Klimas dieser Länder zu entwerfen, indem wir einfach die bildliche Sprache ihrer Sagen in die Ausdrücke der modernen Meteorologie übersetzen.

Gar viele Überbleibsel mythischer oder religiöser Ausdrucksweise finden wir noch in den volkstümlichen Wetterregeln; besonders gilt dies von den Bezeichnungen der Wolken.

In England und Schweden sieht man noch immer die „Arche Noe“ am Himmel, während in Deutschland noch heute das „Seeschiff“ sein Vorderteil vor Regen gegen den Wind dreht. In Schottland ist die „Winddogge“ und der „Eberskopf“ der Schrecken der Fischer, während Namen wie „Ziegenhaar“ und „Kopfschweif“ die zottigen Monstra der Vergangenheit ins Gedächtnis rufen.

#### Wetterregeln.

In einer etwas spätern Periode geistiger Entwicklung werden die Vorzeichen guten und schlechten Wetters in kurze Sprüche oder volkstümliche Wetterregeln gefaßt.

Eine große Anzahl derselben befindet sich noch immer in allen Theilen der Welt in Umlauf; aber ihre Bedeutung und ihr Wert ist sehr verschieden. Einige derselben geben Zeugnis von der astrologischen Neigung des Geistes, indem sie Wetteränderungen den Sternen oder den Mondphasen zuschreiben. Andere dagegen sind sehr schätzenswert und werden in Verbindung mit andern Behelfen bei der Wettervoraussage, besonders auf Schiffen, niemals ganz außer acht gelassen werden können. Das in ihnen enthaltene Wissen und ihre Erklärung ist seit dem Entstehen dieser Wetterregeln bis in die neueste Zeit soviel wie gar nicht fortgeschritten. In vielen Fällen haben sich die Wetterregeln bewahrheitet; wo sie nicht eintrafen, gab es keine Erklärung des Fehlschlagens; auch konnte kein Grund dafür angegeben werden, warum dasselbe Wetter nicht immer auf die gleichen Vorzeichen folgte. Ringe erscheinen öfters vor Stürmen. Warum treten sie vor denselben nicht immer auf? Warum erscheint vor dem Regen der Himmel zuweilen freundlich, zuweilen mit schweren Wolken bedeckt?

### Das Barometer.

Vor etwa 250 Jahren wurde das Barometer erfunden. Sehr bald nach dieser Entdeckung zeigten die Beobachtungen, daß im allgemeinen das Quecksilber vor Eintritt von Regen und Wind falle und vor schönem Wetter steige, und daß schlechtes Wetter häufiger eintrat, wenn der Barometerstand tief war, unabhängig von der steigenden oder fallenden Bewegung, als wenn das Barometer hoch stand. Aber gerade so wie bei den Wetterregeln kamen auch hier viele Ausnahmen vor. Hier und da fiel Regen bei hohem oder steigendem Barometer, hier und da hatte man schönes Wetter bei sehr niedrigem oder fallendem Quecksilber. Man wußte für diese scheinbare Ausnahme keine Ursache anzugeben, und die ganze Bedeutung des Barometerstandes schien in ein Dunkel gehüllt.

### Die Statistik.

Die Lehre von den Wahrscheinlichkeiten datiert vom Anfange dieses Jahrhunderts; sie entwickelte die statistischen Wissenschaften. Nach der Methode derselben wurden die mittlern Angaben der meteorologischen Instrumente, wie „Höhe des Barometers“, „Stand des Thermometers“, „mittlere Richtung und Stärke des Windes“, an vielen Orten berechnet und die Resultate mehrfach in Karten eingetragen, so daß man die Verteilung des mittlern Luftdruckes, der Temperatur u. s. w. über die ganze Erde zur Darstellung brachte.

Das bedeutete einen großen Fortschritt. Nicht nur erhielten auf diese Weise viele abstrakte Größen ihren numerischen Wert, das Zeichnen solcher Linien, wie der Isothermen von Dove, zeigte auch auf das beweisendste,

daß viele meteorologische Elemente, welche bisher eigensinnig regellos schienen, thatsächlich durch allgemeine Ursachen, wie z. B. die Verteilung von Land und Meer, bestimmt seien.

Noch nützlicher waren diese Karten als Vorläufer der mehr modernen Methode, nach welcher statt der Mittelwerte für einen Monat oder das Jahr die Barometerstände einer festgesetzten Stunde für große Gebiete in Karten eingezeichnet werden. Wir werden später auf die Resultate, welche auf diese Weise erhalten wurden, näher eingehen. Auch durch Karten, auf welche man die relative Häufigkeit der verschiedenen Winde auf den Meeren einzeichnet, werden viele Oceansfahrten, z. B. jene durch das Kalmengebiet nahe am Äquator, nennenswert abgekürzt.

Ebenso gewannen die statistischen Aufzeichnungen über die jährliche Regenmenge einen kommerziellen Wert, da dieselben eine große Bedeutung in Bezug auf die ökonomische Wasserversorgung großer Städte hatten; ebenfalls erhielt man sehr schätzenswerte Daten über die Abhängigkeit der Sterblichkeit von verschiedenen Arten des Wetters. Von mehr rein wissenschaftlichem Interesse waren die Schwankungen der Temperatur, des Windes u. s. w. in ihrer Abhängigkeit von der Tageszeit, das, was wir mit dem technischen Ausdruck den „täglichen Gang“ nennen, dessen Kenntnis wir ebenfalls solchen Vergleichen verdanken. Dieser Teil unseres Gegenstandes ist unter dem Namen der statistischen Meteorologie bekannt und hat seit seiner ersten Entwicklung durch Dove und Kämpf nur geringe Fortschritte gemacht.

Als man versuchte, die statistischen Daten auf die von Tag zu Tag sich folgenden Wetteränderungen anzuwenden, fand man, daß Mittelwerte hier nutzlos seien. Die mittlere Temperatur für einen bestimmten Tag des Jahres mag  $10^{\circ}$  betragen, wenn man sie aus einer großen Anzahl von Jahren für diesen bestimmten Tag ableitet. In irgend einem bestimmten Jahre kann sie aber nur  $5^{\circ}$  oder auch wohl  $15^{\circ}$  sein. Die erste Anwendung der Methode der Mittelwerte wurde von Napoleon I. gemacht, welcher von Laplace verlangte, er solle ihm ausrechnen, wann in Rußland die strengste Kälte eintritt. Letzterer fand, daß dies durchschnittlich vor Januar nicht der Fall sei. Der Kaiser faßte seine Pläne danach; eine strenge Kälteperiode fiel aber schon im Dezember ein, und die Armee war verloren.

Es ist nun allgemein bekannt, daß die Statistik wohl eine numerische Darstellung des Klimas ist, aber schlecht oder gar nicht das laufende Wetter wiedergibt; eine große Menge von Ziffern wurde da aufgehäuft, denen eine physikalische Bedeutung beizulegen äußerst schwierig wäre. Der Mißbrauch statistischer Daten hat viel dazu beigetragen, die meteorologische Wissenschaft in Mißkredit zu bringen.

### Synoptische Karten.

In den letzten 30 Jahren wurde eine neue Art der Behandlung der Wetterprobleme eingeführt, nämlich die synoptische Methode, durch welche das ganze Gepräge der Witterungskunde geändert wurde. Diese Methode besteht darin, daß man auf der Karte eines großen Theiles der Erdoberfläche für jeden Ort die Höhe des Barometers einträgt und alle Stationen mit gleichem Barometerstande durch Linien verbindet. So würde also eine Linie gezogen werden durch alle Orte mit einem Luftdruck von 760 mm, eine andere Linie würde alle Stationen mit 755 mm verbinden u. s. w., in Druckstufen, welche sich als notwendig herausstellen. Diese Linien nennt man Isobaren, d. h. Linien gleichen Druckes. Als diese Karten zuerst eingeführt wurden, war die Wertschätzung des Jahresmittels des Luftdruckes eine so große, daß man, statt die Linien durch die Orte, welche augenblicklich gleichen Druck hatten, zu ziehen, es vorzog, jene Orte zu verbinden, welche eine gleiche Abweichung vom Jahresmittel des betreffenden Ortes aufwiesen. Die so gezogenen Linien nannte man Isanomalien, d. h. Linien gleicher Abweichung vom Mittel. Man verließ aber letztere Art der Zeichnung von Isanomalien bald, aus Gründen, welche in diesem Werke später auseinandergesetzt werden. Nachdem die Isobaren eingeführt waren, zeichnete man auch Linien, die alle Orte, welche zur Beobachtungsstunde gleiche Temperatur hatten, verbanden; diese wurden Isothermen genannt, d. h. Linien gleicher Temperatur. Weiter wurden bei jeder Station Pfeile beigelegt, um die Richtung und die Geschwindigkeit des Windes anzuzeigen; ebenso auch Buchstaben oder andere Zeichen, welche den Himmelsanblick, die Bewölkung, Regen oder Schnee bedeuteten. So ausgestattete Karten heißen dann synoptische Karten, weil sie den Meteorologen in stand setzen, die gleichzeitige Wetterlage eines großen Gebietes mit einem Blicke zu überschauen. Zuweilen heißt man sie auch synchrone Karten, weil sie nach gleichzeitigen Beobachtungen entworfen sind. Als man anfing, diese Karten näher zu untersuchen, entdeckte man folgende wichtige allgemeine Gesetze:

1. daß im allgemeinen die von den Isobaren gebildeten Figuren sieben bestimmte Grundformen haben;
2. daß, unabhängig von der Gestalt der Isobaren, der Wind stets unter einem bestimmten Winkel zum Laufe dieser Linien und gegen den Ort des nächsten Gebietes niedrigen Luftdruckes weht;
3. daß die Geschwindigkeit des Windes immer annähernd proportional ist der Größe des Abstandes der Isobaren;
4. daß das Wetter, d. h. Wolken, Regen, Nebel u. s. w., jederzeit in einer Beziehung zur Form, aber nicht zum Abstände der Isobaren steht,

indem gewisse Isobarenformen schönes Wetter, andere aber schlechtes Wetter innerhalb ihres Bereiches stets mit sich führen;

5. daß diese Schön- und Schlecht-Wetter-Formen der Isobaren fortwährend ihre Lage auf den Karten ändern, so daß die Wetteränderungen durch das Vorüberziehen der betreffenden Isobarenformen verursacht werden, gerade so wie in einem kleinern Maßstabe Regen fällt, wo eine Böe vorbeizieht. Man hat gefunden, daß die Bewegungen dieser Isobarenformen gewissen Gesetzen folgen, nach welchen eine Voraussage des Wetters möglich wird;

6. daß in den Tropen regelmäßig, in der gemäßigten Zone zuweilen Regen auch ohne Änderung in den Isobaren fällt, obwohl der Wind dem allgemeinen Gesetze des Laufes der Isobaren entspricht.

Die Beobachtungen haben auch gezeigt, daß, obwohl dieselben Isobarenformen auf der ganzen Erde wieder vorkommen, die Wettererscheinungen in ihnen und die Art und Weise ihrer Bewegung durch vielfache lokale, tägliche und jährliche Veränderungen modifiziert werden. Die moderne Wissenschaft vom Wetter besteht also darin, daß man für jedes Land die Einzelheiten des Charakters und der Bewegung der Isobarenformen, welche sich dort bilden, ausfindig macht; gerade so wie ja auch der Geologe Faltungen und Denudationen auf der ganzen Erde findet, sich aber die Geschichte des augenblicklichen Zustandes seines eigenen Landes durch das Studium der lokalen Entwicklung aufbaut. Soweit beruht das ganze Wissen auf reiner Beobachtung, indem man konstatiert, daß dieser oder jener Wind, dieses oder jenes Wetter bei diesen oder jenen Isobarenformen auftritt. Es wurde aber auch ferner gefunden<sup>1</sup>, daß die sieben Grundformen der Isobaren sozusagen das Produkt von ebensovielen verschiedenen Wegen sind, auf welchen sich der allgemeine Kreislauf der Atmosphäre zwischen Äquator und Pol vollziehen kann. Gerade so wie die Bewegung eines Flusses zuweilen absteigende Wirbel, zuweilen Rückfließen erzeugt, wobei das Wasser aufwärts strömt, oder wieder ein anderes Mal Wirbel, in welchen die Zirkulation eine sehr verwickelte ist; ebenso zeigte es sich, daß der allgemeine Kreislauf der Atmosphäre vom Äquator zum Pol bald da bald dort in eine Isobarenform mit rotierender und absteigender Luft, welche wir Anticyklone nennen, und an andern Stellen in eine rotierende, aufsteigende Bewegung sich auflöst und so die uns als Cyclone bekannte Isobarenform bildet, oder wieder zu andern Zeiten auf eine ganz andere Weise sich bricht, wie z. B. in Böen und Gewitterstürmen. Die Isobaren repräsentieren daher die Wirkung der Luftbewegungen über uns auf unsere Barometer, so daß wir mit Hilfe der Isobaren die Zirkulation und die Wirbel der Atmosphäre darstellen\*.

\* Das volle Verständnis dieses Satzes wird der Leser erst allmählich beim weitem Vordringen in diesem Werke erlangen können.

Wendet man die allgemeinen Gesetze der Physik auf die Zirkulation der Atmosphäre an, so findet man, daß eine Mischung von kalter Luft und Wasserdampf beim Niedersinken klar und rein bleibt, während feuchte Luft, wenn sie in die Höhe steigt, einen Teil ihres Wasserdampfes zu Wolken und Regen kondensiert. Auf diese Sätze gegründete Überlegungen haben zur Erklärung des Ursprunges der schönsten und kompliziertesten Wolkenformen geführt.

Indem man den angedeuteten Grundsätzen gemäß forschte, bildete sich eine neue meteorologische Disciplin heraus, welche unsere ganze bisherige Art und Weise, die Wetteränderungen zu betrachten, vollständig umwandelte und eine gänzlich neue Methode der Wettervorausfrage begründete, die alle frühern weit übertrifft und alles bisher Bekannte besser erklärt und weiter entwickelt.

Diese neue Methode erklärt nicht nur, warum gewisse Wetteranzeigen gutes oder schlechtes Wetter bedeuten und warum diese Anzeichen zuweilen fehlschlagen, sondern sie giebt auch die Ursache an, warum z. B. der Regen das eine Mal von diesem, das andere Mal von ganz verschiedenen Wetteranzeigen angekündigt wird. Andererseits vermittelt sie nicht nur eine tiefere Auffassung aller statistischen Daten, welche teilweise das Klima eines Ortes darstellen, und der Beziehung zwischen täglichem und allgemeinem Wetterwechsel, sondern sie ermöglichte auch neue Schlüsse, welche man bisher nicht im Stande war, aus gewissen Beobachtungen abzuleiten, und erklärte, warum gewisse Zahlenreihen für immer ohne aktuelle Bedeutung bleiben müssen.

### Theoretische Entwicklungen.

Es möge hier ein Versuch erwähnt werden, welcher von einer meteorologischen Schule gemacht wurde, das Wetter a priori aus den Änderungen der Intensität der Sonnenstrahlung abzuleiten, oder mit andern Worten: aus der Erkenntnis einer größern oder kleinern, von der Sonne ausgestrahlten Wärme die nachfolgenden Änderungen des Wetters als ein hydrodynamisches Problem zu behandeln. Es sei eine Erde gegeben, gehüllt in eine 50 Meilen dicke, wasserdampfhaltige Atmosphäre, und eine Sonne, welche fortwährend ihre Höhe ändert und mit derselben ihre relative Strahlungsintensität; man versuchte nun alle Wetteränderungen hieraus abzuleiten. Das ist gewiß ein sehr verführerisches Ideal; es ist auch keinem Zweifel unterlegen, daß die Sonnenwärme die vorzüglichste Bewegungsursache des ganzen atmosphärischen Kreislaufes ist; es wird sich aber, wenn wir die Natur der Wetteränderungen auseinandergesetzt haben werden, leider zeigen, daß sehr wenig Hoffnung vorhanden ist, nach dieser Methode jemals zu befriedigenden Resultaten zu gelangen. Andere Meteorologen, welche auf die veränderliche Kraft der Sonne weniger Gewicht legten, hielten sich an die Angaben der synoptischen

Karten und bemühten sich, daraus eine mathematische Theorie der Cyclonen und des allgemeinen Kreislaufes der Atmosphäre zu entwickeln. Ferrel und nach seinem Beispiele Mohn, Guldberg, Sprung, Oberbeck u. a. gingen von der Bewegung einer freien Luftmasse auf der Erdoberfläche aus und entwickelten hieraus und aus allgemeinen Principien die Gesetze der Natur und des Fortschreitens der Cyclonen sowie die allgemeine Verteilung des Luftdruckes auf der Erdoberfläche. Obwohl nun, wie wir später sehen werden, die Lehre von der Wettervorhersage niemals mathematisch streng behandelt werden kann, so bilden die Arbeiten dieser Forscher doch einen besondern Zweig der Meteorologie, und der Verfasser bedauert, daß er durch den Zweck dieses Buches verhindert ist, die Resultate, zu welchen sie gelangten, in populärer Weise in einem besondern Kapitel darzulegen.

Das ist der deduktive Teil der Meteorologie. Wir werden uns in diesem Werke gänzlich auf den induktiven Teil beschränken und unabhängig von allen theoretischen Betrachtungen den beobachteten Zusammenhang verschiedener Erscheinungen, sowie die Verallgemeinerungen, zu welchen man einzig auf Grund der Beobachtungen gelangt ist, darlegen.

### Plan des Buches.

Obwohl eine ungeheure Menge Arbeit auf die synoptische Meteorologie in allen Teilen der Welt verwendet wurde, so liegen doch die von verschiedenen Forschern erhaltenen Resultate begraben in zerstreuten Verhandlungen unzähliger Gesellschaften, und es ist gegenwärtig kein Buch vorhanden, welches eine methodische Darstellung dessen, was bisher erreicht wurde, enthält. Viele Principien wurden entdeckt, es wurde aber kein Versuch gemacht, die allgemeinen Grundsätze der Lehre vom Wetter als Ganzes abzuleiten. Die Aufgabe dieses Buches ist es, diesem Mangel abzuhelfen. Wir legen in demselben einem weitem Leserkreise eine kurze populäre Darstellung aller wichtigsten Resultate vor, welche in den letzten Jahren mit Hilfe der synoptischen Karten gefunden wurden, und beleuchten ihre Tragweite nicht nur inwieweit sie geeignet sind, unsere Anschauungen über die Natur des Wetters im allgemeinen zu modifizieren, sondern auch inwieweit sie alles bisher Bekannte erklären. Wir werden ganz besonders bemüht sein, die allgemeinen Principien auseinanderzusetzen, und werden unsere Beispiele aus allen Ländern wählen, um dadurch klarzustellen, was allgemein und was lokal ist, und so dem Werke einen wirklich internationalen Charakter zu verleihen; gleichzeitig werden wir über England mehr ins einzelne gehende Beispiele geben, um zu zeigen, wie die kleinsten Wetteränderungen allgemeinen Gesetzen untergeordnet sind.

Der Plan dieses Buches wird folgender sein: Wir beginnen mit einem Kapitel über allgemein bekannte Wetteranzeichen, um so in die einfachern Teile

der synoptischen Meteorologie einzuführen. Die Wolken und die auf das Aussehen der Wolken gegründeten Wetterregeln werden ein Kapitel für sich bilden, um den großen Fortschritt darzulegen, welcher neuestens in Bezug auf die Auslegung dieser Anzeichen gemacht wurde. Soweit werden wir unsere Aufmerksamkeit auf die nördliche gemäßigte Zone allein beschränken.

Dies wird etwa ein Drittel des ganzen Werkes ausmachen und die mehr populären Teile unseres Gegenstandes erschöpfen. Dann werden wir tiefer in die Einzelheiten der Isobaren eingehen und erklären, wie sie alle Produkte verschiedener Formen des atmosphärischen Kreislaufes sind. Hiervon werden wir übergehen zur Betrachtung der Barogramme und der Meteorogramme im allgemeinen. Besonders werden uns die Erörterungen darüber beschäftigen, wie die Wetterfolge an einem beliebigen Orte in den Änderungen der Isobarenformen auf zwei aufeinander folgenden Wetterkarten ihre Erklärung findet. Wie dies der fundamentale Punkt der ganzen synoptischen Meteorologie ist, so ist er unglücklicherweise auch für das Verständnis der schwierigste und kann nur nach andauernder Übung vollkommen erfaßt werden. Ist aber sein Inhalt einmal vollkommen bewältigt, so wird der übrige Teil des Werkes verhältnismäßig einfach erscheinen.

Wir werden ferner die Beziehung zwischen den Isobaren und der Geschwindigkeit des Windes auseinandersetzen und daran anschließend den Einfluß verschiedener Isobarenformen auf die wechselnde Verteilung von Wärme und Kälte von Tag zu Tag in verschiedenen Teilen der Erde darthun.

Regen, Böen, Gewitterstürme und nichtisobarische Regen sollen dann zunächst unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, und ein kurzes Kapitel über Pamperos, Wirbelwinde, Tornados wird sich naturgemäß anschließen. Hierauf wird der lokale Einfluß der Gestaltung der Erdoberfläche zu betrachten sein und ein ganzes langes Kapitel den täglichen Wettererscheinungen gewidmet werden, mit besonderer Berücksichtigung der Art und Weise, in welcher sie das Wetter modifizieren, das jede Isobarenform charakterisiert.

Hierdurch werden wir leicht dahin gelangen, die Natur der jährlichen Wetterchwankungen zu verstehen, ja auch die längerer Perioden, wie z. B. die vorausgesetzte Beziehung zwischen Sonnenflecken und Regenfall. Haben wir dann all das, was man etwa die Komponenten des Wetters nennen mag, erklärt, so werden wir vorbereitet sein, die Natur der Aufeinanderfolge und des Ganges des Wetters zu verstehen, wäre es selbst in den veränderlichsten Klimaten. Unsere Illustrationen werden der Hauptsache nach von jenem Teile der nördlichen Halbkugel genommen werden, welcher zwischen dem Ural und dem Felsengebirge liegt; wir werden aber auch Beispiele aus dem Monsungebiete von Indien und aus Australien bieten, um so die Natur der täglichen Wetteränderung in den Tropen und auf der südlichen Halbkugel zu erklären.

Ist das geschehen, so haben wir unsere Beschreibung der Natur des Wetters vollendet und werden dann zur Frage der Wettervorausage zurückkehren. Diese zerfällt ohne weiteres in zwei verschiedene Probleme: 1. Was kann ein einzelner Beobachter mit seinem Barometer und seinen Beobachtungen über Wolken und Wetteranzeigen in Bezug auf Wettervorausagen leisten? Im betreffenden Kapitel werden wir eine vollkommene Erklärung geben, warum die Barometerangaben zuweilen fehlschlagen, und ebenso zeigen, inwieweit das ältere Wissen durch die Kenntnis der synoptischen Karten bereichert werden kann. Der uns zur Verfügung stehende Raum wird es uns aber nicht gestatten, die neueste Entwicklung der Grundsätze darzulegen, nach welchen Schiffe in Wirbelstürmen zu lenken sind, obwohl das naturgemäß in dieses Kapitel fallen würde. 2. Was kann ein Meteorologe, der sich an einer Zentralanstalt befindet, mit Hilfe der telegraphischen Mitteilungen für die Wettervorherhersage leisten, wenn er eine synoptische Karte gezeichnet hat, sich in Verbindung mit ihr aller neuern Behelfe bedient und dann die Prognose telegraphisch in alle Teile des Landes hinausendet? Hierin liegt die oberste und wichtigste Aufgabe der synoptischen Wetterkunde.

---

## Zweites Kapitel.

# Wetterregeln.

### Einleitung.

Die erste Stufe nach Überschreitung der mythischen Phase war in der Geschichte der Meteorologie die Sammlung einer großen Anzahl von Beobachtungen über die Himmelsansicht, Bewegungen von Tieren u. s. w. vor Regen oder schönem Wetter. Diese Beobachtungen wurden in kurze Sätze gefaßt und sind allgemein als „Wetterregeln“ bekannt. So sind z. B. Sonnenringe oder niedrig fliegende Schwalben in der ganzen Welt bekannte Zeichen, welche häufig dem Regen vorhergehen; andererseits sind reichlicher Tau oder ein weißer, silberner Mond weit bekannt als Vorläufer schönen Wetters.

Eine der allerersten Sammlungen von Wetterregeln findet sich in den „Diosmeia“ von Aratus, welcher um das Jahr 270 v. Chr. in Macedonien und Kleinasien lebte. Das hauptsächlichste Interesse, welches sich an dieses Werk knüpft, liegt darin, daß Virgil eine Menge Wetterregeln aus ihm in seine „Georgica“ aufgenommen und so eine große Anzahl derselben durch die Vermittlung der katholischen Mönche zur Zeit des Aufblühens der Wissenschaften im Mittelalter in die modernen europäischen Sprachen übertragen wurde und noch gegenwärtig in Umlauf sich befindet.

### Erste Erklärungen.

Man kann schwerlich behaupten, daß seit den klassischen Zeiten bis zum Beginne dieses Jahrhunderts dieser Teil der Meteorologie irgend einen Fortschritt gemacht hätte. Wenige, wenn überhaupt neue Wetterregeln wurden entdeckt, auch hatte man die physikalische Erklärung oder meteorologische Bedeutung derselben nicht gefunden; erst vor etwa 80 Jahren wurden einige physikalische Erklärungen gegeben. Man hatte entdeckt, daß die Luft immer eine gewisse Menge Wasser in Dampfform enthalte, und Mittel gefunden, um den Betrag desselben genau zu messen. Daraus gelangte man zur Kenntniß des Wesens des Thaues und der Bedingungen seiner Bildung und erkannte, daß in vielen Fällen die Luft vor Regen stärker mit Wasserdampf beladen sei. Diese letztere Thatsache führte zur Erklärung einiger Regenwetterregeln, z. B.: Wenn die Mauern schwitzen, die Steine schwarz werden und sich auf den Berggipfeln Wolken bilden, so gilt dies in der ganzen Welt als Anzeichen kommenden Regens.

Aber gerade als diese Ursachen entdeckt waren, lag die Wissenschaft danieder. Von einer großen Anzahl von Regenwetterregeln konnte nicht nachgewiesen werden, daß sie mit einer Zunahme in der Feuchtigkeit der Luft zusammenhängen, und da der Wasserdampf nicht in der Luft selbst entstehen kann, so mußte man nach einer Erklärung der veränderlichen Menge desselben suchen. Selbst wenn in allgemeiner Weise die Wetterregel erklärt war, konnte man noch immer den Schlüssel für das nicht finden, was man etwa die meteorologische Bedeutung nennen könnte. Welche Beziehungen bestanden zwischen Feuchtigkeit und Regen? Warum schlug die Wetterregel bisweilen fehl? Warum beziehen sich manche Regenwetterregeln auf einen Zustand ziemlicher Trockenheit der Luft? Warum geht nicht jedem Regen dieselbe Reihe von Wetterzeichen voraus? Auf alle diese Fragen konnte keine Antwort gegeben werden. Die Wetterregeln waren schon in Mißkredit gekommen, man hielt sie als ganz außerhalb der Wissenschaft stehend und fand sie nur noch für Bauern und Schiffer gut genug.

### Neuere Entwicklung.

So blieb es bis zur Einführung der synoptischen Karten. Da war es dann bald ersichtlich, daß in den Gegenden der gemäßigten Zone die allgemeinen Züge des Wetters von der Form der Isobaren abhängen, und weiterhin wurde gezeigt — der Verfasser glaubt, hauptsächlich durch ihn —, daß fast alle Wetterregeln ihren bestimmten Platz in einer der Isobarenformen einnehmen und so alle obigen, früher unbeantwortbaren Fragen ihre leichte Erklärung finden. Es wurde auch nachgewiesen, daß man die Wetterregeln auf Schiffen nie entbehren kann und daß sie selbst bei der höchsten

Entwicklung der Wettervorhersage mit Hilfe des Telegraphen häufig sehr wichtige Anhaltspunkte gewähren. Aber bevor wir den Versuch machen, zu erklären, wie dies geschieht, müssen wir den Leser in die Elemente der synoptischen Meteorologie einführen.

### Synoptische Karten.

Die synoptische Meteorologie ist jener Teil der Wetterkunde, welcher sich mit den Resultaten befaßt, die durch die Herstellung synoptischer Karten erhalten wurden. Früher wurde die ganze Wetterlehre abgeleitet aus den Veränderungen, welche die Instrumente an einem und demselben Orte während einer bestimmten Zeitperiode, z. B. während eines Tages, anzeigten. Auf diese Weise wurde z. B. ein gut Teil des Zusammenhanges entdeckt, welcher zwischen dem Fallen und Steigen des Barometers und dem Auftreten von Regen und Wind besteht. Die synoptischen Karten hinwiederum werden entworfen, indem die Ableesungen eines Instrumentes, sagen wir des Barometers, oder die Beobachtungen über Wolken und Wetter (Regenfall, Wolken, blauer Himmel) an einer großen Anzahl von Stationen für denselben Zeitpunkt, z. B. 8 Uhr morgens, zur Grundlage genommen werden. Man nimmt dann eine Karte des Gebietes, aus welchem die Beobachtungen vorliegen, trägt die Barometerstände für die Beobachtungstunde an ihrem bestimmten Orte ein und verbindet alle Stationen, die gleichen Luftdruck haben, mit Linien. So verbindet man mit einer Linie alle Orte, welche einen Luftdruck von 760 mm haben; dann zieht man eine Linie durch alle Orte mit 755 mm, 750 mm u. s. w. in den gebräuchlichen Druckstufen von 5 zu 5 mm. Diese Linien heißen isobare Linien oder kurz Isobaren, d. h. Linien von gleichem atmosphärischen Drucke und gleichem Luftgewichte. Diese Methode, die Verteilung des Druckes darzustellen, ist vollkommen analog derjenigen, welche mit Hilfe von Linien die Berge und Täler (Höhenstufen auf den Landkarten) ersichtlich macht.

Auf gleiche Weise werden an den Stationen, welche Regen, Wolken, heitern Himmel etc. melden, durch vereinbarte Zeichen die Beobachtungen zum Ausdruck gebracht. In England wird ausschließlich das Zeichensystem Beauforts angewendet. Es wird von Nutzen sein, dasselbe hierher zu setzen, da es in allen englischen Karten zur Darstellung dient.

#### Beauforts Bezeichnung des Wetters.

Zeichen

- b. Blauer Himmel, sei er klar oder mit einem Hauch überzogen.
- c. Wolken (einzelne).
- d. Sprühregen.
- f. Nebel.
- g. Sehr trüb.

## Zeichen

- h. Hagel.
- l. Bliz.
- m. Nebelige Luft, Dunst.
- o. Ganz bedeckt (mit einem undurchdringlichen Wolfenschleier).
- p. Regenguß (vorübergehend).
- q. Böig (Windstöße).
- r. Regen, andauernd.
- s. Schnee.
- t. Donner.
- u. Bedrohlicher Himmelsanblick.
- v. Durchsichtigkeit der Luft (sei der Himmel bewölkt oder nicht).
- w. Tau.

Es sei bemerkt, daß zwar im allgemeinen das Wort „Wetter“ gebraucht wird, um die ganze Summe der meteorologischen Elemente zu bezeichnen, also Wind, Regen, Wärme oder Kälte u. s. w., somit als Kollektivausdruck; daß aber häufig in diesem Werke und in allen synoptischen Karten Wetter einen engeren Begriff hat, indem man damit die augenblickliche Himmelsansicht, ob heiter, bewölkt u. s. w., ob Regen, Schnee oder Hagel u. s. w., versteht.

Es werden dann Pfeile bei jeder Beobachtungsstation angebracht mit Bärten und Federn, welche die Stärke des Windes anzeigen. Nach einem internationalen Übereinkommen fliegen die Pfeile mit dem Wind, d. h. sie richten sich nicht wie die Spitze der Windfahne gegen den Wind. Die allgemein angewendete Skala für die Windstärke ist die Beauforts, welche wir S. 13 wiedergeben. Ich bemerke, daß dies eine praktische Skala ist, begründet auf die Anzahl der Segel, welche ein Schiff spannen kann. Zur See ist dies gewiß ein besseres Maß als irgend eine instrumentale Ableitung, obwohl ein gewisser Unterschied zwischen den Schätzungen verschiedener Beobachter besteht. Für Landbeobachter und für solche, welche mit Schiffen nicht vertraut sind, ist ein Ersatz gegeben, indem man die Meilen per Stunde und Meter per Sekunde beisetzt.

Ist dies alles geschehen, so kann man mit einem Blicke erkennen, ob und wie Wind, Regen, Wolken, heiteres Wetter mit der Isobarenform zusammenhängen. In der That bietet uns so eine synoptische Karte für den bestimmten Moment, für welchen dieselbe entworfen wurde, und für das ganze Gebiet, aus welchem die Beobachtungen dazu benutzt wurden, sozusagen einen Anblick des Wetters aus der Vogelperspektive. Nehmen wir nun an, daß in einem Zwischenraume von 24 Stunden eine andere Karte nach den Beobachtungen aus demselben Gebiete gezeichnet wird, so findet man im allgemeinen, daß sowohl die Form der Isobaren als die Lage der

Synoptische Karten.

Beauforts Windskala <sup>2</sup>.

Stärke	Bezeichnung		Windgeschwindigkeit	
			engl. Meilen per Stunde	Meter per Sekunde
0	Windstille	. . . . .	3	1,34
1	Leiser Zug,	hinreichend, damit das Schiff steuere	8	3,60
2	Leichte Brise,	bei welcher ein Kriegsschiff mit allen Segeln, voll geschwellt, in glatter See läuft . . . . . 1—2 Knoten	13	5,82
3	Schwache Brise,	ditto . . . . . 3—4 Knoten	18	8,1
4	Mäßige Brise,	ditto . . . . . 5—6 Knoten	23	10,3
5	Frische Brise,	bei welcher das Schiff dicht beim Wind und voll noch fahren kann mit Oberbramssegel u. s. w. . . . .	28	12,5
6	Starke Brise,	ditto, mit einfach gerefften Mars- segeln und Bramsegeln . . . . .	34	15,2
7	Starker Wind,	ditto, mit doppelt gerefften Mars- segeln u. s. w. . . . .	40	17,9
8	Stürmischer Wind,	ditto, mit dreifach gerefften Mars- segeln u. s. w. . . . .	48	21,5
9	Sturm,	ditto, mit dicht gerefften Marssegeln und Großsegeln . . . . .	56	25,0
10	Starker Sturm,	bei welchem das Schiff kaum die dicht gerefften Hauptmarssegel und die gerefften Vormarssegel ertragen kann . . . . .	65	29,0
11	Heftiger Sturm,	bei welchem es auf das Sturmstag- segel sich beschränken muß . . . . .	75	33,5
12	Orkan,	bei welchem kein Segel geführt wer- den kann . . . . .	90	40,0

Gebiete hohen und niedrigen Luftdruckes sich beträchtlich verändert haben und infolgedessen auch die Lage der Gebiete schönen und schlechten Wetters. Nehmen wir z. B. an, daß an einem Tage um 8 Uhr morgens niedriger Luftdruck über Irland, hoher über Dänemark erscheint und gleichzeitig Regen in Irland, Wolken in England und heiterer Himmel in Dänemark verzeichnet ist, daß wir dann um 8 Uhr morgens des folgenden Tages das Gebiet niedrigen Luftdruckes nach Dänemark vorgeschritten finden, während sich ein neues Gebiet hohen Luftdruckes über Irland gebildet hat und es nun in Dänemark regnet, in England teilweise bewölkt und in Irland ganz heiter ist; nehmen wir ferner an, daß die Wetteraufzeichnungen z. B. in London während der verflossenen 24 Stunden die folgenden waren: bewölkter Himmel, gefolgt von Regen, hierauf Aufheiterung. Frage: Wie kann der Anblick der zwei Wetterkarten dazu beitragen, um das in London beobachtete Wetter zu erklären? Von unserer Vogelperspektive aus würde es sich zeigen, daß das Regengebiet, welches morgens über Irland gelegen,

während des Tages über England, London mit einbegriffen, weggezogen und am nächsten Morgen Dänemark bedeckt habe. Wir würden auch erkennen, daß die Lage des Regengebietes mit dem Gebiete des niedrigen Luftdruckes identisch war und mit dem letztern sich fortbewegte. Dies ist die grundlegende Idee der ganzen synoptischen Meteorologie, aber eine Idee, welche nur nach beträchtlich langer Erfahrung mit Hilfe der Darstellung wirklicher Fälle gründlich erfaßt werden kann. Es ist so ganz was anderes, das Steigen und Fallen des Barometers auf Diagrammen eines Barographen zu betrachten und dann irgend zwei synoptische Karten, die sich auf dieselbe Zwischenzeit beziehen, zu vergleichen, daß es anfänglich sehr schwer wird, dabei irgend einen Zusammenhang zu entdecken. In der That, Schlüsse aus Barogrammen (so nennt man die Zeichnung eines Barographen) und Schlüsse aus synoptischen Karten sind scheinbar so unzusammenhängend, daß dieselben meist in zwei verschiedenen Theilen der Wetterlehre behandelt werden. Eine besondere Aufgabe dieses Buches wird es sein, den Versuch zu machen, die zwei Arten von Schlüssen zu vergleichen und zu zeigen, wie Änderungen in den Karten eines großen Gebietes gleichzeitig angezeigt werden durch die Schwankungen der Instrumentalableisungen an irgend einem Orte innerhalb desselben. Man muß jedoch immer vor Augen haben, daß der ganze Zweck und die Aufgabe der Wetterkunde die Erklärung des Wetters ist, wie es an irgend einem Orte auftritt, d. h. der aufeinander folgenden Änderungen, welche irgend ein Beobachter an einem Orte erlebt. Synoptische Karten sind nur Mittel zu diesem Zwecke.

### Beziehung von Wind und Wetter zu den Isobaren.

Das ist also eine synoptische Karte. Viele Tausende derselben sind für alle Teile der Welt entworfen worden, und durch die Vergleichung aller gelangt man zu folgenden wichtigen, allgemeinen Sätzen:

1. daß im allgemeinen die Gestalten der Isobaren sieben gut bestimmte Formen annehmen;
2. daß, unabhängig von diesen Formen der Isobaren, der Wind immer eine bestimmte Richtung zum Laufe der isobariischen Linien und der Lage des nächsten Gebietes niedrigen Luftdruckes einhält;
3. daß die Geschwindigkeit des Windes immer nahezu proportional ist dem Abstände der Isobaren;
4. daß das Wetter, d. h. die Wolkenform, Regen, Nebel zc., jederzeit von der Form und nicht vom Abstände der Isobaren abhängt, indem gewisse Isobarenformen mit schlechtem, andere mit gutem Wetter verbunden erscheinen;
5. daß die Gebiete, welche von den Isobaren gebildet werden, fortwährend ihre Lage ändern, so daß Wetteränderungen hervorgebracht werden durch die Änderung der Lage dieser Isobarenformen guten und schlechten

Wetters, gerade so wie in einem kleinern Maßstabe Regen beim Vorbeiziehen einer Böe fällt. Die Bewegung dieser Formen befolgt gewisse Gesetze, so daß die Voraussage von Wetteränderungen möglich erscheint;

6. daß in der gemäßigten Zone zuweilen, in den Tropen regelmäßig Regen ohne merkliche Änderung in den Isobaren fällt, obwohl der Wind dem obigen Gesetze dieser Linien gehorcht. Diese Art Regen wird durchweg in diesem Werke „nicht-isobarischer Regen“ genannt.

Es scheint mir zweckmäßig, zuerst die allgemeinen Züge der Beziehung zwischen Isobaren und Wind darzulegen; sie sind die folgenden:

1. In Bezug auf die Windrichtung. Der Wind ist im allgemeinen nicht genau parallel mit den Isobaren, sondern zeigt eine Neigung von  $30-40^\circ$  gegen das nächste Gebiet niedrigsten Luftdruckes. Steht man mit dem Rücken gegen den Wind, so hat man auf der nördlichen Halbkugel das Gebiet niedrigsten Luftdruckes stets zur Linken, auf der südlichen Halbkugel stets zur Rechten. Diese Regel ist allgemein als Buys-Ballotsches Gesetz bekannt\*.

2. In Bezug auf die Geschwindigkeit. Alles, was wir hier zu sagen haben, ist, daß die Geschwindigkeit im ganzen und großen proportional ist dem Abstände der Isobaren, und daß man die Größe dieses Abstandes den barometrischen Gradienten nennt; in dem Kapitel über Wind und Windstillen werden wir alle notwendigen Einzelheiten in Bezug auf diesen Teil unseres Gegenstandes darlegen. Es ist nur eine Folge der Kenntnis dieser zwei Principien, daß ein Meteorologe, dem man eine Weltkarte giebt, auf welcher nur die Isobaren eingezeichnet sind, in der Lage ist, sehr angenähert die Richtung und Stärke des Windes auf der ganzen Erde einzutragen. Nachdem wir die Beziehung zwischen Wetter und Isobarenformen werden auseinandergesetzt haben, werden wir sehen, daß er auch sehr angenähert für jeden Ort den Charakter des dort herrschenden Wetters hinschreiben könnte.

### Die sieben Grundformen der Isobaren.

Wir kommen nun zu den Formen der Isobaren.

Figur 1 (S. 16) giebt in diagrammatischer Zeichnung die Luftdruckverteilung vom 27. Februar 1865 über dem Nordatlantischen Ocean, Europa und dem Osten der Vereinigten Staaten. Um das Auge nicht zu verwirren, sind die Küstenumrisse und die Linien der geographischen Länge und Breite weggelassen; man denke sich aber unterhalb der Figur den Äquator und ober-

\* Das Buys-Ballotsche Gesetz für die nördliche Halbkugel lautet: „Stelle dich mit dem Rücken gegen den Wind, strecke deine linke Hand aus; dort, aber etwas nach vorn, liegt der niedrigste Luftdruck.“

halb den Polarkreis als Begrenzung. Alle Barometerstände von weniger als 760 mm sind durch punktierte Linien dargestellt, so daß das Auge

mit einem Blicke die Verteilung von hohem und niedrigem Drucke erkennt. Alle sieben Grundformen der Isobaren finden in der Figur ihre Darstellung.

Richten wir unsern Blick auf das obere Ende der Figur; wir finden dort zwei angenähert kreisförmige Iso-

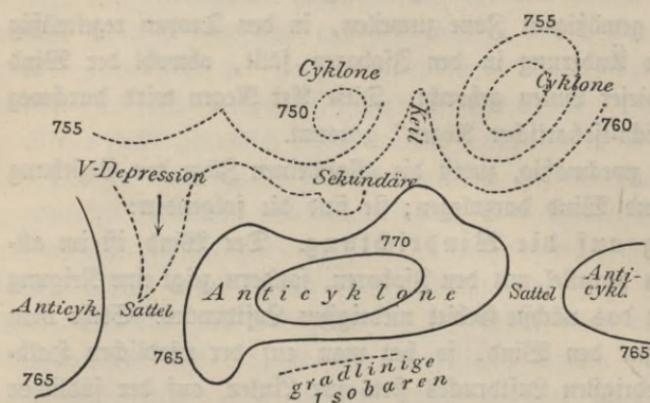


Fig. 1. Die sieben Grundformen der Isobaren.

barengelände niedrigen Druckes nebeneinander, um welche herum die Isobaren ziemlich enge aneinander liegen. Solche Gebiete oder vielmehr solche Bildungen von Isobaren, welche diese Gebiete einschließen, nennt man Cyklonen, nach einem griechischen Worte, das „Kreis“ bedeutet, weil sie nahezu kreisförmig sind, und weil, wie wir gleich sehen werden, die Bahnen der Winde, welche um dieselben wehen, nahezu kreisförmige Linien bilden.

Gerade südlich von einer (der linksseitigen) dieser Cyklonen bildet die Isobare von 760 mm eine Art halbkreisförmiger Ausbuchtung, welche ein Gebiet etwas niedrigeren Druckes umgrenzt; man nennt dies eine sekundäre Cyklone (Depression), weil sie meist in sekundärer Weise oder als Begleitung der eigentlichen Hauptcyklone auftritt, die wir oben beschrieben haben.

Weiter zur Linken biegt sich die Isobare von 760 mm zur Form eines V ein, innerhalb welcher ebenfalls niedrigerer Druck herrscht; man nennt dies eine „Vförmige Depression“, oder kurzweg ein V.

Zwischen den beiden Cyklonen biegt sich dann die Isobare von 760 mm aufwärts in der Form eines umgekehrten V, wie ein Keil; aber diesmal umgrenzt dieser Keil höhern Druck. Diese Isobarenform heißt „Keil“.

Unterhalb der Linie von 760 mm breitet sich ein langgestrecktes Gebiet hohen Druckes aus, um welches die Isobaren in ziemlich weiten Abständen verlaufen; man nennt dasselbe eine „Anticyklone“, weil es durchweg das gerade Gegenteil der Cyklone ist in Bezug auf Wind, Wetter, Druck u. s. w.

Zwischen je zwei Anticyklonen finden wir eine Furche, einen Einschnitt oder „Sattel“ niedrigeren Druckes, analog einem Gebirgspasse, welcher zwischen zwei Berggipfeln liegt.

## Wetterregeln für Cyclonen.

Endlich verlaufen die Isobaren zuweilen geradlinig, wie es am untern Ende der Figur angedeutet ist, so daß sie kein Gebiet umgrenzen, sondern ein barometrisches Gefälle darstellen, ähnlich der sanften Böschung eines langgestreckten Hügelzuges.

Den folgenden Kapiteln vorgreifend, wollen wir nun bemerken, daß Cyclonen, sekundäre und V-Depressionen sowie „Keile“ sich gewöhnlich ostwärts bewegen mit einer Geschwindigkeit von etwa 30 km per Stunde; die Anticyklonen hingegen sind im Durchschnitte tagelang, ja zuweilen für ganze Monate stationär.

Auch sei bemerkt, daß wohl die allgemeinen Principien der Wettervorhersage, gerade so wie die allgemeinen Eigenschaften des Wetters, in jeder dieser Isobarenformen für die ganze Welt dieselben sind, daß sich aber die nähern Einzelheiten, welche wir nun geben werden, nur auf die nördliche gemäßigte Zone beziehen.

Wir wollen jetzt die fünf wichtigern Formen einzeln vornehmen und die Art von Wind und Wetter beschreiben, welche in den verschiedenen Gebieten jeder dieser Formen auftritt. Dadurch werden wir zur Erklärung des Wesens der vollstümlichen Wetterregeln geführt werden. Die Behandlung der Vs und der „Sättel“ behalten wir für das Kapitel über Isobaren vor, da keine besondern Wetterregeln sich an diese zwei Formen anschließen.

## Wetterregeln für Cyclonen.

Wir beginnen mit diesen, weil sie die bei weitem wichtigsten sind. Figur 2 (S. 19) giebt eine schematische Darstellung des Typus einer Cyclone; in dieselbe ist die Art des Wetters, welches in jedem Teile einer solchen typischen Cyclone herrscht, mit Worten eingetragen; auch Pfeile sind beigelegt, welche die Neigung des Windes zur Lage der Isobaren und zum Centrum der Cyclone anzeigen.

Sehen wir uns zuerst die Isobaren an. Wir finden sie oval und nicht vollkommen konzentrisch; wir wollen den Mittelpunkt der innern Isobare das Centrum der Cyclone nennen. Beachten wir nun die Zahlen, welche an den Kurven stehen; an der äußern Kurve lesen wir 765 mm, an der innern 740 mm. Nehmen wir aber an, daß die äußere denselben Druck behalte, die innere hingegen 755 mm aufweise; wir hätten dann eine zweite Cyclone, welche sich von der ersten in nichts unterscheidet als in Bezug auf die Tiefe, d. h. in Bezug auf die Gedrängtheit der Isobaren, oder was auf dasselbe hinauskommt, die Steilheit des barometrischen Gefälles. Die Beobachtungen haben uns aber gelehrt, daß unter diesen Verhältnissen der allgemeine Witterungscharakter und die Richtung des Windes in beiden Fällen überall die gleichen sein werden; der einzige Unterschied würde darin bestehen, daß im ersten Falle heftiger Wind, im zweiten aber nur eine

mäßige Brise wehen und an Stelle des starken Regengusses im ersten im zweiten ruhiger Regen fallen würde. Dies ist einer der grundlegenden Sätze der synoptischen Meteorologie, daß nämlich der Witterungscharakter und die Windrichtung einzig von der Form der Isobaren abhängt, während die Windstärke sowie die Intensität der Wettererscheinungen nur von der Nähe, d. h. der Gedrängtheit der Isobaren bedingt ist.

Der Unterschied in den Einzelheiten des Wetters in Cyclonen oder beliebigen andern Isobarenformen ist gänzlich auf den Unterschied in der Gedrängtheit der Isobaren zurückzuführen; wir wollen denselben als Unterschied in der Intensität des Wetters bezeichnen. Wenn wir daher von einer Cyclone sagen, sie sei intensiv, so meinen wir damit, daß dieselbe irgendwo gedrängte Isobaren (ein steiles Gefälle des Druckes) besitze. Das Wort Intensität wird in diesem Buche sehr häufig wiederkehren; denn dort, wo wir auf die allgemeine Aufeinanderfolge der Wetterverhältnisse von Tag zu Tag zu sprechen kommen, werden wir finden, daß zwischen Cyclonen, welche Stürme erzeugen, und solchen, welche das gewöhnliche Wetter verursachen, ein Unterschied nur in Bezug auf die Intensität obwaltet.

kehren wir nun zu unserer Cyclone zurück. Der ganze Teil derselben vor dem Centrum in der Richtung, nach welcher hin sie sich bewegt, heißt die Vorderseite, und man kann diese Vorderseite ohne weiteres in eine rechte und eine linke Hälfte teilen. Der hintere, dem Centrum folgende Teil heißt begreiflicherweise die Rückseite. Wenn nun die ganze Cyclone als solche auf ihrer Bahn sich fortbewegt, so ist es klar, daß das Barometer an jedem Punkte der Vorderseite fallen, an jedem Punkte der Rückseite steigen wird, wohl nicht an allen Punkten gleich stark, aber jedenfalls wird es auf der ganzen Vorderseite fallen, auf der ganzen Rückseite steigen, und es muß sich daher irgendwo eine Linie finden, welche quer über jene Orte durch die Cyclone läuft, wo das Barometer seinen niedrigsten Stand erreicht hat und eben ins Steigen übergeht; diese Linie wollen wir die „Rinne“ der Cyclone nennen, weil der Gang des Barometers an einem bestimmten Orte beim Vorübergang einer Cyclone eine Senkung und Hebung, ähnlich einer Welle, darstellt, so daß der tiefste Teil dieser Zeichnung wohl „Rinne“ genannt werden kann. Wir können die Cyclone auch als Wirbel ansehen, welcher sich in einer gegebenen Richtung fortbewegt und so ebenfalls einigermaßen einer Welle analog vorwärts schreitet. Hier treffen wir nun auf eine Hauptschwierigkeit für das Verständnis der synoptischen Karten. Besieht man nur eine Karte, welche den Zustand einer Cyclone und der Verhältnisse in derselben für einen bestimmten Augenblick darstellt, so findet man wenig, was die Vorstellung einer „Rinne“ wachrufen würde, da letztere von der Bewegung der Cyclone abhängt, welche auf einer Karte nicht zur Darstellung

kommen kann. Vielleicht ist die folgende Darstellung behilflich, die Natur der „Rinne“ zu erklären. Stellen wir uns vor, die Cyclone sei das Innere eines kegelförmigen Kraters. Würden wir längs der Linie, welche die Fortschrittsrichtung der Cyclone darstellt (Fig. 2), vom Worte „Vorderseite“ bis zum Worte „Rückseite“ durch den Krater schreiten, so würden wir durch das Centrum desselben marschieren und bergab gehen bis zum Grunde desselben und dann wieder bergauf steigen. Doch auch im Falle, daß wir auf einem andern, aber dem vorigen parallelen Wege den Krater durchschreiten würden, z. B. vom Worte „Sonne“ bis zum Worte „Böen“, müßte der Weg erst bergab führen (bis zum Buchstaben n im Worte „Rinne“); hier wären wir allerdings noch immer auf dem Abhange des Kraters und vom

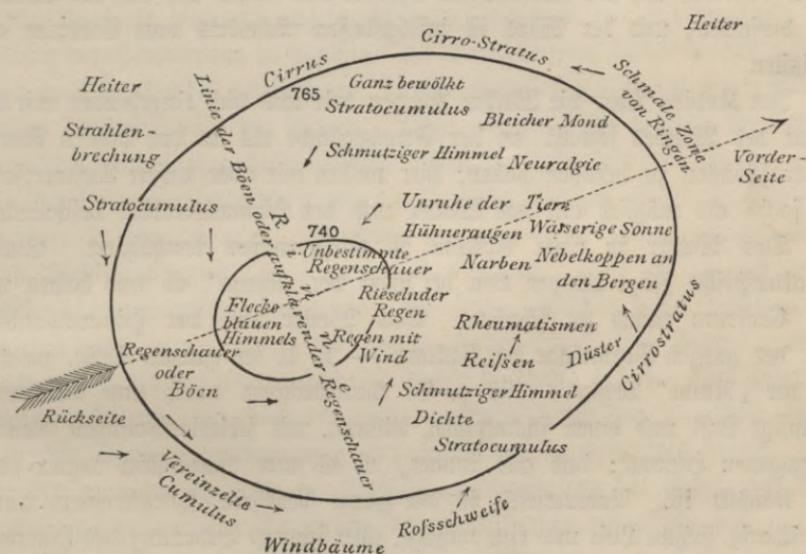


Fig. 2. Wetter in der Cyclone.

Mittelpunkte desselben entfernt, aber bei Fortsetzung unseres Weges in der genannten Richtung würden wir nach Überschreiten dieses Punktes (des Buchstabens) dennoch bergan zu steigen beginnen.

Sind wir nun einmal zum Verständnis des Begriffes der „Rinne“ gelangt, so werden wir nie mehr in den allgemein verbreiteten Irrtum verfallen, daß, weil das Barometer zu steigen beginnt, über uns notwendig das Centrum der Cyclone vorübergegangen sei; wahrscheinlich zog nur ein Punkt der „Rinne“ über uns weg. Wir werden später auseinandersetzen, wie man entscheiden kann, ob das Centrum selbst über uns hinwegzog.

So viel über die Form und die Benennungen der verschiedenen Teile der Cyclone. Wir kommen jetzt zum Winde. Ein Blick auf die Pfeile in der Figur 2 sagt uns, daß, im allgemeinen gesprochen, der Wind um das

Centrum kreist in einer Richtung, welche der Bewegung der Zeiger einer Uhr entgegengesetzt ist. Das besagt, daß an der Front der Vorderseite, wenn man der äußern Isobare folgt, der Wind aus Südost weht; weiter oben an der gleichen Isobare ist er Ostnordost; noch weiter schreitend in derselben Richtung, finden wir an der Rückseite oben Nordnordwest-Wind, fast West an der Rückseite unten und endlich an der Vorderseite unten Südwest. Ferner bemerken wir, daß an der Vorderseite die Windrichtung ein wenig gegen die Isobare geneigt ist und daher der Wind dieselbe kreuzt, während auf der Rückseite diese Neigung fast ganz fehlt und der Wind daher fast den Isobaren parallel weht. Die Geschwindigkeit oder Stärke des Windes hängt vom Abstände der Isobaren untereinander ab. In unserer Figur liegen dieselben auf der Rückseite der Cyclone viel näher als auf der Vorderseite derselben, und der Wind ist in folgedessen rückwärts vom Centrum am heftigsten.

Im Kapitel über die Wolken werden wir uns viel eingehender mit der Natur des Windes sowohl an der Erdoberfläche als in den höhern Atmosphärenschichten zu befassen haben; hier wollen wir aber unsere Aufmerksamkeit soviel als möglich auf das Wetter und den Himmelsanblick beschränken.

Das Wetter in einer Cyclone ist einigermaßen kompliziert. Einige charakteristische Züge hängen von der Lage der „Rinne“ ab und haben mit dem Centrum nichts zu schaffen. Das Wetter und der Himmelsanblick über der ganzen Vorderseite der Cyclone — d. h. im ganzen Teile, welcher vor der „Rinne“ liegt, — ist z. B. charakterisiert durch eine drückende, dumpfige Luft und einen schmutzigen, düstern, mit schichtenförmigem Gewölk überzogenen Himmel; das gilt immer, ob es nun thatsächlich regnet oder nur bewölkt ist. Andererseits ist die ganze Rückseite charakterisiert durch eine scharfe, frische Luft und eine mäßige, aber schwere Bedeckung des Himmels mit Haufenwolken.

Dem gegenüber giebt es wieder andere charakteristische Züge, welche nur auf das Centrum Bezug haben und mit der „Rinne“ wenig zu thun haben. Die Drehung des Windes, wenn sie auch in der Nähe der „Rinne“ etwas modifiziert wird, ist der Hauptsache nach abhängig vom Centrum; ebenso die allgemeinen Wettererscheinungen in einer Cyclone: ein Regengebiet in der Nähe des Centrum, ein Ring von Wolken, welcher dasselbe umfaßt, und blauer Himmel außerhalb des ganzen Systems. Der Mittelpunkt des Regengebietes fällt selten mit dem Centrum der Isobaren zusammen; es dehnt sich meist weiter nach der Vorderseite als nach der Rückseite aus und mehr gegen Süd als gegen Nord; doch der Hauptsache nach bleibt es immer in enger Beziehung zum Centrum.

Dies kann man leicht aus der Betrachtung unserer Figur entnehmen. Da breitet sich der „rieselnde“ und windgepeitschte Regen eine Strecke

nach der rechten Vorderseite aus, während fast unmittelbar hinter dem Centrum „Flecke blauen Himmels“ sichtbar werden. Eine Cyclone hat daher sozusagen eine doppelte Symmetrie, nämlich eine Reihe von Erscheinungen, wie Wärme, Wolkenform u. s. w., welche symmetrisch zur Vorder- und Rückseite verteilt sind, und eine andere Reihe von Erscheinungen, wie Wind und Regen, welche symmetrisch zum Centrum angeordnet sind. Es ist Grund vorhanden, anzunehmen, daß das, was wir die kreisförmige Symmetrie der Cyclone nennen können, von der Umkreisung des Centrum durch die Luft herrühre, während die Erscheinungen, welche zur „Rinne“ in Beziehung stehen, der Vorwärtsbewegung des ganzen Systems zu verdanken seien.

Da dies der Auffassung einige Schwierigkeiten bereitet, so dürfte folgende Analogie hier gut angebracht sein. Beachten wir die zweifache Verteilung der Bevölkerung in London. In Bezug auf die Dichte derselben finden wir im Mittelpunkte von London, in der eigentlichen City, einen verhältnismäßig schütter bevölkerten Distrikt. Rings um die City, ziemlich symmetrisch, liegt ein Ring sehr dicht bevölkerter Straßen; außerhalb der letztern nimmt die Bevölkerung allmählich gegen die Vorstädte hin ab. Aber gleichzeitig ist London in zwei deutlich geschiedene Hälften von verhältnismäßiger Armut und Wohlstand geteilt — Ostend und Westend. Dies ist ein bei weitem stärker hervorstechender Unterschied als jener, welchen man zwischen dem Norden und dem Süden der Stadt findet, trotz des Flusses, welcher doch eine natürliche Grenzscheide in dieser Richtung bildet. Der Unterschied zwischen Ostend und Westend wird durchweg durch die Thatsache erklärt, daß die allgemeine Bewegung der Bevölkerung westwärts erfolgt. Die Vorder- und die Rückseite der Bevölkerungsbewegung hat daher eine Symmetrie, welche von der Schichtung der Bevölkerung rings um das Centrum unabhängig ist.

Kehren wir nun zu den Einzelheiten des Wetters in der Cyclone zurück. In der Figur haben wir die Art des Wetters und der Bewölkung für die verschiedenen Teile der Cyclone eingetragen. Das erste, was uns dabei überraschen wird, ist, daß die Beschreibung des Himmels in Worten abgefaßt ist, welche mit den Ausdrücken der bekanntesten und verbreitetsten Wetterregeln gleichlautend sind. An der äußern Grenze der Vorderseite finden wir „Bleicher Mond“ und „Wässerige Sonne“ vermerkt; dies bedeutet, daß in diesem Teil der Cyclone der Mond oder die Sonne durch einen eigenartigen Himmel hindurch bleich und wässerig erscheinen. Es ist aber ein blasser Mond und eine wässerige Sonne überall, in der ganzen Welt ein Vorzeichen von Regen. Warum das? Wir sind jetzt in der Lage, hierfür die Ursache anzugeben. Im allgemeinen bewegen sich die Cyclonen vorwärts; wenn daher der Teil der Vorderseite, wo der Himmel

der Sonne ein wässeriges Aussehen verleiht, über den Beobachter hinweggezogen ist, so wird vorerst der regnerische Teil der Cyklone über ihn hinwegziehen müssen, bevor er wieder den blauen Himmel sehen kann, der auf der andern Seite (Rückseite) der Cyklone erscheint.

Nehmen wir an, daß die Cyklone eine Woche lang unbeweglich stehen blieb; in diesem Falle würde der Beobachter ebenfalls eine Woche lang die wässerige Sonne sehen ohne nachfolgenden Regen. Oder nehmen wir an, daß die Cyklone sich so weit bewegte, daß der Beobachter unter den „wässerigen“ Himmel kommt, und daß dann die Cyklone sich auflöse oder eine andere Richtung einschlage; dann würde wieder nach der wässerigen Himmelsansicht kein Regen folgen, sondern der Himmel würde aufklaren. Man würde dann sagen, daß die Wetterregel fehlgeschlagen habe; doch ist dies nur teilweise richtig. Der wässerige Himmel entstand und wurde vom Beobachter gesehen, weil er sich in dem betreffenden Teile der Cyklone befand, und soweit hat die Wetterregel über die Geschichte der Cyklone richtig berichtet — nämlich, daß sich der Beobachter auf der Vorderseite des regnerischen Teiles derselben befand. Die Wetterregel schlug aber fehl in Bezug auf ihre gewöhnliche Bedeutung, weil die Cyklone nicht in der gewöhnlichen Weise sich vorwärts bewegte, sondern sich auflöste und daher ihren regnerischen Teil nicht über den Beobachter vorschob. Dies ist die gewöhnlichste Ursache des sogenannten Fehlschlagens der Regenanzeigen in England und auch anderwärts. Die Ursache aber, warum nicht jedem Regen ein wässeriger Himmel vorhergeht, liegt darin, daß es eben noch andere Quellen des Regens giebt als die Cyklonen, denen dann andere Wetterzeichen vorangehen. Die ganze Theorie der Wetteranzeigen und Wetterregeln läuft stets auf ähnliche Erklärungen hinaus.

Die gleichen Überlegungen, wie wir sie in betreff des wässerigen Himmels anstellten, gelten auch für jedes andere Wetterzeichen in der Cyklone. Wir werden erklärt haben, warum irgend ein Anzeichen Regen bedeutet, wenn wir zeigen, daß dasselbe — sei es die Himmelsansicht oder was immer für eine andere Erscheinung — der Vorderseite des regnerischen Teiles der Cyklone angehört. Umgekehrt, wenn wir nachweisen, daß eine bestimmte Art der Himmelsansicht der Rückseite der Cyklone angehört, so erklären wir damit, warum dieselbe schöneres Wetter vorbedeutet. Es wird daher angezeigt sein, das Wetter in den verschiedenen Teilen einer Cyklone und die damit zusammenhängenden Wetterregeln gleichzeitig auseinanderzusetzen.

Beginnen wir mit den Wetterregeln, welche von den gemeinsamen Eigenschaften der ganzen Vorderseite der Cyklone abhängen, nämlich: fallendes Barometer, Zunahme der Wärme und der Feuchtigkeit, drückende, unbehagliche Luft und schmutziger Himmel.

Infolge der Zunahme der Feuchtigkeit, bei sonst im allgemeinen recht klarem Himmel in diesem Teile der Cyclone, bilden sich Wolken um die Gipfel der Berge und bedecken sie mit einer Haube; dies hat zur Entstehung zahlloser lokaler Sprüche Veranlassung gegeben. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß jeder Berg die bewegte Luft nach oben lenkt. Für gewöhnlich ist aber die durch das Aufsteigen der Luft hervorgerufene Abkühlung derselben nicht hinreichend, um die Temperatur unter den Taupunkt der Luft zu erniedrigen; ist jedoch die Luft sehr feucht, so wird dieselbe Abkühlung hinreichen, um sie bis unter den Taupunkt zu erkälten, und dann muß Kondensation eintreten.

Aus der überreichen Feuchtigkeit der Luft läßt sich auch folgende Regel erklären: „Wenn die Mauern schwitzen, ist Regen zu erwarten.“

Die Indianer in Mexiko sagen: „Wenn die Locken der Navajos im Skalphause feucht werden, wird es sicher regnen.“ Man kann daraus entnehmen, daß die Skalpe leicht hygroskopisch sind, wahrscheinlich von dem Salze, das sie enthalten.

Infolge excessiver Feuchtigkeit erscheinen die Wolken schwach und niedrig und reflektieren den Lichtschein der Eisenwerke und die Beleuchtung großer Städte.

Ein Blick auf die Figur 2 zeigt, daß das Barometer während des ganzen Vorüberganges der Vorderseite der Cyclone fällt. Hieraus ergibt sich die Erklärung der allgemein bekannten Thatsache, daß vor schlechtem Wetter das Barometer fällt; denn sowohl Regen wie Wind sind gewöhnlich mit der Vorderseite einer Cyclone verknüpft. Wenn wir die sekundären Cyclonen untersuchen, werden wir eine Art von Regen kennen lernen, welchem kein Fallen des Barometers vorausgeht, und im Kapitel über Wetterprognose für einen vereinzeltten Beobachter werden wir erklären, warum es zuweilen bei steigendem Barometer regnet und bei fallendem schönes Wetter herrscht.

Nehmen wir nun Wetterregeln in Betracht, welche sich auf verschiedene Teile der Vorderseite der Cyclone beziehen.

Aus der Figur 2 ersehen wir, daß die Vorhut der Vorderseite der Cyclone durch einen schmalen Bogen gebildet wird, in welchem die Bewölkung Höfe und Ringe um Sonne und Mond erzeugt. Daher die Sprüche:

„Höfe bedeuten binnen kurzem eintretenden Sturm (Regen und Wind, Schnee und Wind), und die offene Seite des Ringes besagt, von welcher Seite er zu erwarten ist.“

„Nebensonnen bedeuten einen mehr fernen und weniger sichern Wetterwechsel.“

Daß nun die offene Seite eines Ringes die Himmelsgegend anzeige, aus welcher der Sturm zu erwarten sei, dürfte wohl nicht als eine Wetterregel von einiger Sicherheit anzusehen sein. Dieselbe entsprang höchst wahr-

scheinlich aus der Thatsache, daß Höfe und Ringe (in England) gewöhnlich im Südwesten und Westen gesehen werden, wenn die Sonne oder der Mond schon etwas tief stehen, und dann der tiefer gelegene Teil des Ringes durch den Dunst am Horizonte abgeschnitten erscheint, während die Stürme gewöhnlich ebenfalls aus Südwest und West einbrechen; man wird oft in dieser Richtung eine schwere Wolkenbank lagern sehen.

Einwärts von der Region der Höfe folgen dann die dichtern Wolken, welche blasse, wässerige Sonne und Mond hervorrufen. Noch näher dem Centrum finden wir Regen, zuerst in Form von Sprühregen, dann als heftigen Regen mit Wind. Auf der linken Vorderseite treten da unbestimmte, begrenzte Regengüsse und schmutziger Himmel auf.

Wir sind nun zur „Rinne“ der Cyclone gekommen. Die Linie der „Rinne“ ist häufig verbunden mit Windstößen oder heftigen Regengüssen, die als „aufklarende Regen“ bekannt sind. Dies ist in jenem Teile der „Rinne“, welcher südlich vom Centrum der Cyclone liegt, viel ausgeprägter als auf der Nordseite.

Hierauf betreten wir die Rückseite der Cyclone. Die ganze Rückseite ist charakterisiert durch eine kühle, trockene Luft, von frischem, erheiterndem Gefühle und einem lichten Himmel mit massigen Haufenwolken. Dies sind genau die entgegengesetzten Eigenschaften gegenüber denjenigen, die wir auf der Vorderseite der Cyclone vorfinden. In der Wolkenform tritt dieser Unterschied besonders zu Tage. Auf der ganzen Vorderseite sind die Wolken schichtenförmig, ob es nun hohe oder niedere sind, ob es feiner Cirrus oder schweres, dunkles Gewölk ist. Selbst unter den Regenwolken stehend finden wir, wenn wir einen kurzen Ausblick durch eine zerrissene Wolken-schicht erlangen, daß sie als eine mehr oder minder dicke Schicht über der Erde lagern. Auf der ganzen Rückseite nehmen aber im Gegenteile die Wolken die kuppig gezackte Form an, die als Haufenwolke bekannt ist. Cirrus sind in der gemäßigten Zone auf der Rückseite eines Cyclonencentrums fast ganz unbekannt.

Auf die erheiternde Eigenschaft der Luft bezieht sich der Sinn des folgenden Sprichwortes:

„Mache Geschäfte mit den Leuten, wenn der Wind aus Nordwest bläst.“

Der Nordwestwind tritt auf der Rückseite der Cyclone auf und erheitert die Gemütsstimmung der Menschen, im Gegensatz zu den neuralgischen und rheumatischen Schmerzen, welche die Vorderseite einer Cyclone mit sich bringt und welche die Menschen mürrisch machen.

Nun zu den Einzelheiten der verschiedenen Teile der Rückseite.

Unmittelbar rückwärts vom Centrum erscheinen kleine Flecke blauen Himmels. Weiter vom Centrum finden wir kurze Regengüsse oder kalte Windstöße; hinter diesen treffen wir auf kräftige, zerstreute Haufenwolken

oder auch Schichten-Haufenwolken; noch weiter zurück ist der Himmel wieder blau.

Im Süden der Cyclone, nahe der äußern Grenze derselben, beobachtet man die langen, büschelförmigen Wolken, welche als Windcirrus und „Rosschweife“ bekannt sind. Sie deuten mehr auf Wind als auf Regen, da sie außerhalb der regnerischen Teile der Cyclone liegen.

Soweit haben wir nun die Art des Wetters beschrieben, das an ein und demselben Zeitpunkte in den verschiedenen Teilen der Cyclone herrscht. Über die Wetterfolge an ein und demselben Orte haben wir nicht viel gesagt. Eine einzelne Karte sagt auch sehr wenig darüber, da sie den Weg nicht anzeigt, welchen die Cyclone einschlägt. Um diesen Weg zu verfolgen, brauchen wir noch eine zweite, für 12 oder 24 Stunden später entworfene Karte, woraus wir dann genau ersehen können, wie sich das Centrum der Cyclone bewegt hat. Dann erst können wir auch der Wetterfolge nachgehen, welche irgend ein nach Belieben gewählter Ort in diesen 12 oder 24 Stunden erfahren hat.

Man muß sich ganz besonders einprägen, daß das Wort „Vorderseite“ ein relativer Begriff ist. In unserer Figur (S. 19) liegt dieselbe gegen Nordost gerichtet, weil dies die Richtung ist; nach welcher sich der größere Teil der atlantischen Cyclonen bewegt. Nur in sehr seltenen Fällen treffen wir auf eine Cyclone, die von Südost her kommt. Die allgemeine Windbewegung bleibt dann ziemlich dieselbe, aber die charakteristischen Eigenschaften der verschiedenen Teile der Cyclone sind nun in die neue Lage der Vorderseite und der Rückseite verschoben. Wenn z. B. die Cyclone unserer Figur gegen Nordwest sich drehen und dahin bewegen würde, so hätten wir dann dumpfes Wetter und schmutzigen Himmel bei Nordwestwind und helles Wetter mit heiterem Himmel bei Südwestwind. Dies ist in den nördlichen Tropen die Regel, in der gemäßigten Zone kommt es aber höchst selten vor.

Bleiben wir aber bei der Figur, wie sie gezeichnet ist. Wir wollen voraussetzen, daß das Centrum sich längs der punktierten Linie bewegt habe, also gegen Nordost, und daß es in dieser Bewegung bis über die äußerste Stelle unserer Figur hinaus gekommen sei. Was wäre bei diesem Vorübergang der Cyclone die Wetterfolge für einen Beobachter gewesen, der etwa neben dem Orte sich befindet, wo das Wort „Zone“ steht, gerade unter dem Worte „Vorderseite“? Dies können wir angeben, indem wir eine Linie parallel der Bahnlinie des Centrums durch die Figur ziehen. Diese führt uns nahe zum Worte „Vereinzelte“ gerade unter dem Worte „Rückseite“. Folgen wir nun den auf dieser Linie befindlichen Worten und Zeichen, so finden wir nachstehende Wetterfolge für den gewählten Ort: Sobald das Barometer zu fallen beginnt, erscheinen am Himmel jene lichten Wolken, welche geeignet sind, Höfe zu bilden, und leichter Wind weht aus Südost; bald wird der

Himmel trüber, die Wolken niedriger, und der Himmel erscheint „wässrig“; der Wind dreht sich gegen Süd und setzt in unbehaglichen Stößen ein. Dann tritt feiner Regen ein, während das Barometer noch weiter fällt und das drückende, unbehagliche Gefühl wird meist sehr merklich. Hierauf beginnt der Wind aus Südwest stärker einzusetzen und peitscht den Regen vor sich her, indem er vielleicht bis zu Sturmesstärke anwächst. Nach einiger Zeit wird einer der Windstöße bedeutend heftiger als die frühern sein und stärkern Regen bringen, und mit einem neuen Stoße wird der Wind einige Kompaßstriche umspringen und nun aus West oder Westnordwest wehen. Sehen wir jetzt wieder auf das Barometer, so werden wir bemerken, daß es in diesem Augenblicke zu steigen begann: dies ist der Vorübergang der „Rinne“ der Cyclone. Der Wind bläst nun rauher als bisher und kommt in Stößen aus Nordwest, während der ganze Himmelsanblick und Witterungscharakter verändert ist. Die Luft ist jetzt kalt und trocken, die Wolken höher und schärfer; zuweilen erblickt man einen Fleck blauen Himmels; schwere, bergartige Haufenwolken erscheinen mit Windstößen und Regenschauern, worauf dann der Wind nachläßt. Auch diese Regenschauer machen allmählich regenlosen Wolkenmassen Platz, und nach einiger Zeit ist der Himmel hell und wolkenlos, während der Wind nur mehr als leichte Brise weht.

Wir wollen versuchen, diese ganze eben beschriebene Wetterfolge in einer Figur schematisch darzustellen. Man beachte aber, daß man in dieser Figur

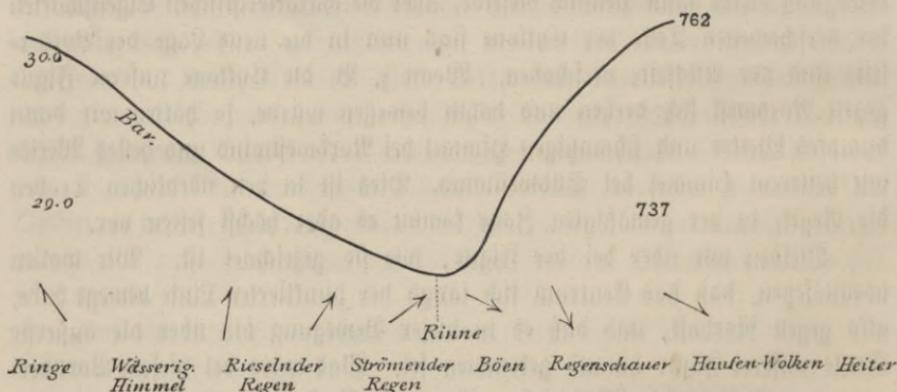


Fig. 3. Wetterfolge beim Vorübergange einer Cyclone.

von links nach rechts lesen muß, während wir in der frühern von rechts nach links gelesen haben. Die Notwendigkeit dieser Umkehrung liegt auf der Hand; die Cyclone bewegt sich eben von ihrer rechten Seite nach der linken über den Beobachtungsort weg. Die Kurve in Figur 3 giebt die Linie, welche ein selbstschreibendes Barometer gezeichnet haben würde. Auf der Vorderseite der Cyclone, wo die Gradienten mäßig sind, fällt das Quecksilber langsamer; auf der Rückseite, wo die Gradienten steil sind, steigt

es rapid. Unter der Barometerkurve sind die Windrichtungen angegeben; die Pfeile, welche mit dem Winde fliegen, zeigen die Drehung des Windes, welche der Beobachter notieren würde, und die Anzahl der Bärte bedeutet die wechselnde Stärke des Windes. Die in Worten eingetragene Wetterfolge ist dieselbe, wie sie im Wetterschema für Cyclonen (Fig. 2, S. 19) markiert ist.

Man sagt vom Winde, daß er „viert“, wenn er seine Richtung nach dem Laufe der Sonne ändert, „mit der Sonne umgeht“, d. h. von Ost über Süd nach West oder von West über Nord nach Ost. Hingegen sagt man, daß der Wind zurückgehe, „rückdrehe“, wenn er „gegen die Sonne dreht“, d. h. von Ost über Nord nach West oder von West über Süd nach Ost. Wir haben gesehen, daß der Wind „viert“ für einen südlich vom Centrum der Cyclone befindlichen Beobachter. Die Betrachtung der Figur 2 (S. 19) zeigt, daß der Wind rückdreht, also von Ost über Nordost, Nord und Nordwest sich dreht, für einen Beobachter, der auf der Nordseite der Bahn einer Cyclone sich befindet. Läge der Beobachtungsort genau in der Bahn des Centrums, so würde der Wind unvermittelt von Südwest nach Nordost überspringen, ohne zu vieren oder rückzudrehen. Es kann daher jedermann durch die Beobachtung der Windrichtung erkennen, in welchem Teile der Cyclone er sich befindet. Im nördlichen Europa wandern die Cyclonen selten so südlich, daß sie die zurückgehende Winddrehung bewirken können. Geschieht es zuweilen, so folgt sofort eine zweite Cyclone, die weiter nördlich zieht und neuerdings schlechtes Wetter bringt, mit der entgegengesetzten, fast um den ganzen Kompaß laufenden Winddrehung. Hieraus ist die folgende Wetterregel verständlich:

„Wenn gegen die Sonne viert der Wind,  
Trau nicht, er dreht zurück geschwind.“

Hier ist „viere“ im allgemeinen Sinne als drehen und nicht in seiner engeren, oben erklärten Bedeutung genommen.

Daß der Spruch:

„Wenn nach dem Fall das Barometer steigt,  
Es Stöße klaren Winds erzeugt“

richtig ist, wird durch die Erklärung erwiesen, die wir oben von jenen Windstößen gegeben haben, welche sich einstellen, nachdem das Barometer — Centrum oder Rinne der Cyclone sind vorbeigezogen — wieder zu steigen beginnt. Der „klare Wind“ bezieht sich auf die erfrischenden Winde, welche von Nordwest einsetzen, im Gegensatz zu den beengenden Winden aus Südwest, welche vorausgingen.

Werfen wir einen Überblick über das Wetter in einer Cyclone, so finden wir, daß wir eine beträchtliche Anzahl von Wetterregeln für den

Regen, welcher mit Wind und fallendem Barometer kommt, besitzen. Wir wollen nun unsere Leser mit einer Art von Regen bekannt machen, welcher mit Windstille und unveränderlichem Barometer verbunden ist.

### Sekundäre Depression.

Die sekundäre Depression, Teilcyklone oder kurz „die Sekundäre“, hat ihren Namen daher, daß sie manche Eigenschaften mit der primären, der Hauptcyklone, gemeinsam hat; auch ihre Entstehung und Bewegung ist häufig durch die Bahn der Hauptcyklone bestimmt, obwohl sie auch öfters an den Rändern der Anticyklonen, ohne Hauptcyklone, auftritt. Ebenso findet sie sich in manchen Gegenden häufig, wo eigentliche Cyclonen fast unbekannt sind. Die allgemeine Form der Isobaren, welcher wir den Namen einer sekundären

Cyklone beilegen, ist leicht erkenntlich aus einem Blick auf Fig. 4. In dieser Zeichnung ist das Gefälle der Isobaren im allgemeinen gegen Norden gerichtet; dabei macht aber die Isobare von 765 eine Ausbuchtung, so daß sie eine Fläche relativ niedrigen Druckes einschließt, ohne jedoch eine ringsum regelmäßige Ver-

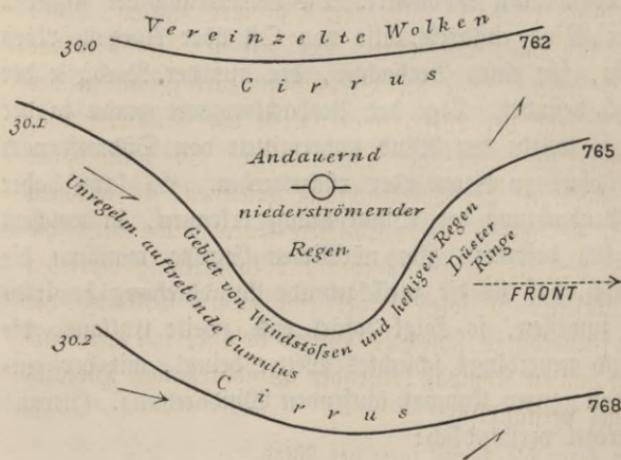


Fig. 4. Wetter in sekundären Depressionen.

tiefung des Druckes darzustellen, wie wir sie in den Hauptcyclonen vorfinden. Die Folge dieser Form ist, daß das barometrische Gefälle in dem Maße abnimmt, als die Entfernung der benachbarten Isobaren wächst. Dies ist der Grund, warum der Wind innerhalb der Ausbuchtung sehr schwach ist; dagegen wird an dem Rande der Ausbuchtung der Gradient größer und somit auch der Wind stärker. Dieser Wind weht dann gewöhnlich in trotzigen, heftigen Stößen und nicht in der gleichmäßig und stetig heftigen Art des Windes der Cyclonen (Fig. 4).

Die Bewegung der sekundären Depressionen ist meist parallel der Bahn der Hauptcyklone und zeigt sehr selten eine Neigung, um die Hauptcyklone umzulaufen. Deshalb ist die Benennung „Satellitcyklone“, welche zuweilen für die Teilcyklone gebraucht wird, wenig zutreffend.

Bildet sich eine sekundäre Depression am Rande einer Anticyklone, so ist ihre Bewegung im allgemeinen sehr unbestimmt.

Einige sehr auffallende Wetteränderungen gruppieren sich längs dieser Ausbuchtung niedrigen Druckes. Ganz vorn an der Front finden wir die dünnen, nebeligen Wolken, welche Sonnenringe (Halo's) verursachen. Hinter diesen reiht sich ein Wolkenring düsterer Cirrostratus, woran sich ein weiterer Ring heftigen Regens mit Windstößen schließt, der sich rings um jene Seite der „Sekundären“ erstreckt, wo die Gradienten am steilsten sind. Innerhalb dieses Ringes, im Herzen der Teilcyklone, finden wir Windstillen mit einem stetigen starken Regensfall (Schürkregen). Auf der Rückseite der Teilcyklone ist eine schmale Zone unregelmäßiger Haufenwolken, hinter welchen der Himmel blau ist. Oben, an der Seite des niedrigsten Druckes der „Sekundären“, finden wir Cirrus- und Cirrostratusgewölke, und außerhalb des letztern gehört die Bewölkung der Hauptcyklone an. Die Windrichtung folgt den allgemeinen Gesetzen der Winde und des Gradienten. Die Pfeile in unserer Figur zeigen an, daß die Richtung des Windes dem Laufe der Isobaren, die wir gezeichnet haben, sich anschmiegt. Man beachte auch, daß die Abweichung der Windrichtung von dem Laufe der Isobaren viel kleiner ist als in einer Hauptcyklone. Überall auf der ganzen Erde sind die sekundären Depressionen begleitet von einer besondern Art von Gewittern; doch sind wir nicht in der Lage, anzugeben, an welchen Teil derselben sie geknüpft sind.

Wenn die Hauptcyklone in der Richtung sich bewegt, welche die punktierte Linie, die in unserer Figur mit „Front“ bezeichnet ist, angiebt, so wird die Wetterfolge für einen einzelnen Beobachter die folgende sein: Der blaue Himmel wird sich entweder mit einem dünnen, nebeligen Schleier bedecken, und vielleicht werden sich Sonnen- und Mondringe bilden; oder aber eine schmutzige Cirrostratusdecke wird sich ausbreiten, und der Wind wird schwach werden. Die Wolken werden dann rasch schwarz und schwer, und bald darauf tritt plötzlich heftiger Regen in großen Tropfen ein, begleitet von einigen heftigen Windstößen. Wir haben früher gesehen, daß in einer Hauptcyklone der Regen rieselnd beginnt. Wenn man das Barometer sehr sorgfältig beobachtet, so wird man bemerken, daß nun ein sehr leichtes Steigen oder Fallen desselben, vielleicht nur ein paar Zehntel eines Millimeters, erkennbar ist. Der stürmische Regen dauert nur einige wenige Minuten; hierauf nimmt der Wind ab, und der Regen fällt in gerader Linie nieder, aber nicht mehr so heftig wie anfänglich. Dieser Zustand dauert zuweilen vier bis fünf Stunden und wirkt häufig recht verwirrend auf jene, welche gewohnt sind, den Regen nur mit fallendem, nicht aber mit gleichbleibendem Barometerstand in Verbindung zu bringen. Wenn dann die Rückseite der Teilcyklone herannaht, wird der Regen plötzlich heftiger, und es treten verhältnismäßig starke Windstöße auf. Gerade in diesem Augenblicke bewegt sich das Barometer ein wenig, möglicherweise nur ein

paar Zehntel eines Millimeters. War die Bewegung des Quecksilbers beim Beginne des Regens aufwärts, so wird auch jetzt eine Aufwärtsbewegung erkennbar sein; war sie anfänglich fallend, so wird sie es auch jetzt sein. Hier haben wir einen weitem Unterschied gegen die Hauptcyklone vor uns, in welcher stets einem Fallen des Barometers ein Steigen desselben folgt. Der heftige Regen dauert nur kurze Zeit, worauf die Wolken in unregelmäßige Haufenwolken zerfallen und dann der Himmel rasch klar wird.

Wir haben versucht, diesen Verlauf in nachstehender Figur 5 darzustellen. Die obere Kurve zeigt den Gang des Barometers für einen einzelnen Beobachter. In der

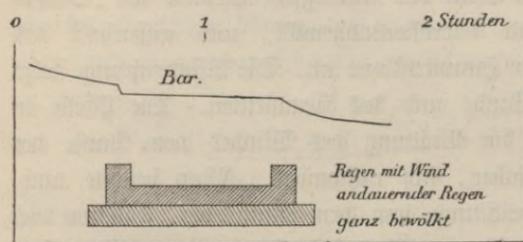


Fig. 5. Wetterfolge beim Vorbeiziehen einer sekundären Depression.

sekundären Depression, welche wir in Figur 4 (S. 28) dargestellt haben, würde die allgemeine Bewegung des Barometers eine sinkende sein; demgemäß finden wir in Figur 5 die kleine Bewegung des Barometers beim Herannahen der Teilcyklone ab-

wärts gerichtet. Dann bleibt das Quecksilber vollkommen konstant, bis die ganze Störung fast schon vorüber ist, in welchem Augenblicke es wieder einen kleinen Rück nach abwärts macht, worauf es weiter langsam fällt, wie vor Beginn des Regens. Unterhalb der Barometerkurve ist die Wetterfolge in diagrammatischer Form wiedergegeben, welche deutlich die ringförmige Art des Regengebietes erkennen läßt. Das unterste Band, das mit „bewölkt“ bezeichnet ist, erstreckt sich unter der Barometerkurve für die ganze Zeit, während welcher der Himmel bedeckt war. Darüber befindet sich ein Band, das für die Zeiten, da der Regen stürmisch und am heftigsten fiel, von der doppelten Breite ist, und von einfacher Breite während der Dauer des gleichmäßig stetigen Regens.

Wir haben schon oben auf die Idee der Intensität der Wettererscheinungen angespielt. Da nun einfache Bewölkung, mäßiger und heftiger Regen gleichsam die aufeinander folgenden Grade der Intensität der Niederschläge sind, so wird die gesamte Dicke der Bänder in obiger Figur proportional sein der Intensität des Wetters in verschiedenen Teilen der sekundären Depression.

Es giebt keine besondern Wetterregeln, welche sich auf die sekundäre Depression beziehen. Wir sprachen hier von der letztern nur in der Absicht, neben dem Regen, welcher in der Hauptcyklone auftritt, noch eine andere Art von Regen zu erörtern. Wenn wir zur Erklärung verschiedener Gruppen von Wetterregeln kommen, werden wir eine Anzahl solcher auf jene Regen

## Wetterregeln für Anticyklonen.

sich beziehender finden, welche von der barometrischen Druckabnahme abhängen. Alle diese Wetterzeichen werden selbstredend vor einem Regen, der durch eine sekundäre Depression verursacht wird, fehlen, und so können wir nun verstehen, warum es oft regnet, ohne daß die auf die Druckabnahme sich stützenden Wetterzeichen beobachtet wurden.

## Wetterregeln für Anticyklonen.

Eine Anticyklone ist ein Gebiet hohen Luftdruckes, das von nahezu kreisförmigen Isobaren umschlossen wird. Die letztern sind stets in beträchtlichen Abständen voneinander und erstrecken sich über weite Gebiete. Der Druck ist in der Mitte am höchsten und nimmt nach außen hin ab. Die Luft ist im centralen Teile windstill und kalt, während an den äußern Grenzen die Winde im Sinne eines Uhrzeigers, vom Mittelpunkte ausgehend, wehen, doch nicht parallel mit den Isobaren, sondern spiralig nach außen sich wendend. Ganz verschieden von der Cyclone, welche sich gewöhnlich in rascher Vorwärtsbewegung befindet, ist die Anticyklone oft mehrere Tage stationär.

So sehen wir in Figur 6, daß im Centrum derselben volle Windstille herrscht, an der Ostseite der Wind von Norden, an der Südseite von Nordost, an der Westseite von Südost und an der Nordseite von Westen weht.

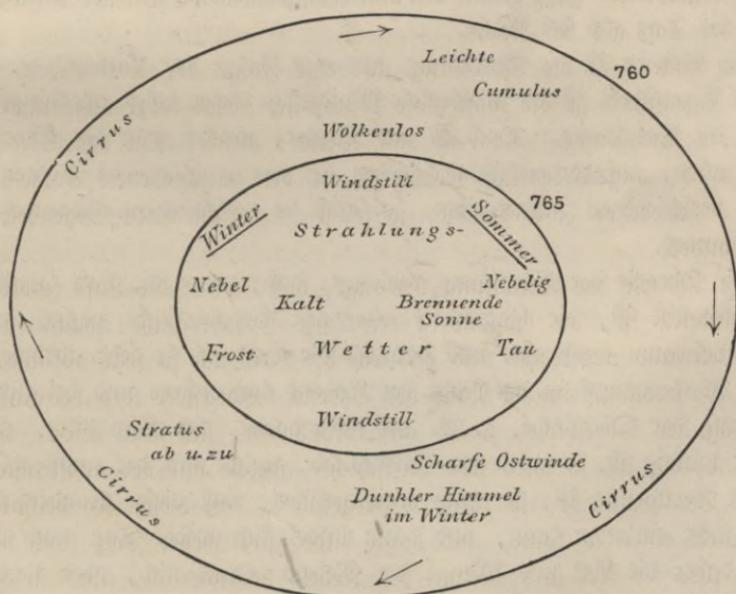


Fig. 6. Wetter in der Anticyklone.

Die allgemeinen Witterungsverhältnisse in einer Anticyklone sind: Blauer Himmel, trockene, kalte Luft, heiße Sonne, dunstiger Horizont bei sehr schwachem

Winde — wie man sieht, das reine Gegenteil von dem Wetter, das die Cyclone charakterisiert. Als eine notwendige Folge hiervon finden wir in den Anticyklonen stark ausgeprägtes Strahlungswetter und große tägliche Schwankungen. Diese zwei letztern Begriffe sind von so großer Bedeutung, daß wir ihrer nähern Erklärung einige Absätze widmen müssen.

Das Strahlungswetter ist am besten durch ein Beispiel erklärlich. An einem sehr schönen Sommertage\* sind die Thäler am frühen Morgen im Durchschnitte von Nebel erfüllt. Sobald die Sonne Kraft gewinnt, hebt sich der Nebel und verdampft, so daß der Himmel wolkenlos wird und die Sonne sehr heiß scheint. Nach Sonnenuntergang nimmt, bei windstiller, trockener Luft, die Strahlung in den kalten Weltraum, der die Erde umgiebt, rasch zu; bald bildet sich neuerdings Nebel in den Vertiefungen und Tau auf dem Grase.

Diese Vorgänge würden an einem schönen Wintertage im wesentlichen sich ähnlich abspielen, doch treten da in den Einzelheiten Unterschiede auf.

Wenn wir daher in unserer Zeichnung der Anticyklone an einzelnen Stellen „Nebel“, „leichte Cumulus“, „wolkenlos“ notiert haben, so beschreiben diese Worte nur das bevorstehende Wetter, wie es tagsüber herrscht, das uns aber am meisten in den verschiedenen Teilen der Anticyklone auffällt; hingegen kennzeichnet der in großen Lettern geschriebene Ausdruck „Strahlungswetter“ ganz genau den Witterungscharakter in einer Anticyklone sowohl bei Tag als bei Nacht.

Im weitern ist die Strahlung nur eine Folge der Anticyklone. Die primäre Eigenschaft ist die wolkenlose Windstille, dieser folgt allerdings notwendig die Strahlung. Doch ist das Wetter, welches von der Strahlung erzeugt wird, außerordentlich verschieden in den verschiedenen Breiten und in den verschiedenen Jahreszeiten, ja selbst in verschiedenen Gegenden desselben Landes.

Die Theorie der Strahlung verlangt, daß, wenn die Luft (wolkenlos und) windstill ist, die (tagsüber) erwärmte Erdoberfläche nachts in den kalten Weltraum ausstrahle und dadurch die Luft sich so sehr abkühle, daß sich ihr Wasserdampf in der Nähe des Bodens kondensiere und bei günstiger Gestaltung der Oberfläche, z. B. auf Grasboden, sich Tau bilde. Wenn es aber windig ist, so wird jede Luftschichte, welche mit der ausstrahlenden Erde in Berührung ist, so rasch weitergeführt, daß dieser Kondensationsprozeß nicht eintreten kann, und dann bildet sich weder Tau noch Nebel. Es ist daher die Art und Menge des Nebels veränderlich, aber stets von der Strahlung abhängig.

\* In Deutschland und Österreich ist der Nebel im Sommer eine Seltenheit, im Frühling und Herbst tritt er in Anticyklonen öfter auf.

Ganz im Gegenteile ist die eigene Art der Wolken, welche sich stets in jedem Teile einer Cyklone bilden, direkt und in erster Linie durch den aufsteigenden Luftstrom bestimmt, welcher von dieser Art wirbelnder Luft erzeugt wird, und wir werden in einem spätern Kapitel sehen, daß der Tagescharakter dieser Wolken während der Nacht keine Veränderung erleidet.

Von dem eben gegebenen Beispiele eines schönen Tages finden wir leicht den Übergang zur Idee der täglichen Schwankung. Ein solcher Tag, den wir gerade beschrieben haben, bildet eine regelmäßige Folge vom Nebel zum blauen Himmel und wieder zurück zum Nebel, anschließend an den Lauf der Sonne, d. h. an die Tageszeit.

Aber abgesehen von dem Betrage des Nebels, zeigt jeder andere meteorologische Faktor eine zusammengesetzte Reihe täglicher Schwankungen, welche von der Tageszeit abhängen. Es besitzt z. B. sowohl die Richtung als die Geschwindigkeit des Windes eine ausgesprochene tägliche Periode; in gleicher Weise haben auch die Bewölkung, der Wasserdampfgehalt der Luft und alle andern meteorologischen Elemente ihre tägliche Periode. Dies und manches andere wird den Gegenstand eines spätern, langen und eher etwas schwierigen Kapitels bilden. Alles, was wir hier hervorheben wollen, fassen wir in den wichtigen Grundsatz der Wetterkunde zusammen, daß nämlich der eigentliche Charakter jeden Wetters gegeben ist durch die Isobarenform, ob diese cyklonal, anticyklonal oder was immer für eine andere ist. Dieser eigentliche Charakter ist überlagert von der zusammengesetzten Reihe von täglichen Schwankungen, welche denselben wohl modifizieren, aber nie in seinen wesentlichen Eigenschaften verändern können. Das resultierende Wetter ist die Summe beider. So sind die Wetteränderungen in einer Cyklone, welche von ihrer Bewegung verursacht sind, ausgesprochene und so hervorsteckende, daß davon die täglichen Schwankungen oft ganz verdeckt werden; hingegen gestattet der gleichförmige Charakter des Wetters in einer windstillen, feststehenden Anticyklone der Strahlung freien Spielraum, und die täglichen Schwankungen treten dann deutlich hervor.

Im Laufe dieses Werkes werden wir den Charakter und die Änderungen des Wetters, welche der Form der Isobaren zu verdanken sind, den „allgemeinen Charakter“ und die „allgemeinen Änderungen“ nennen, weil sie erzeugt werden durch Veränderungen in der allgemeinen Verteilung des Luftdruckes über einem großen Teile der Erdoberfläche. Hingegen werden wir Veränderungen, welche der Tageszeit, der Jahreszeit oder einer lokalen Eigentümlichkeit entspringen, tägliche, jahreszeitliche oder lokale Änderungen des allgemeinen Charakters nennen. Die erstern sind wirkliche Veränderungen, die letztern nur Schwankungen.

Daß viele Wetterzeichen, welche sich auf die Strahlung und die täglichen Schwankungen beziehen, Zeichen schönen Wetters sind, kommt daher, daß dieselben in einem Lande wie England und Deutschland nur in einer

Anticyklone vorkommen können. Eine Anticyklone bedeutet soviel wie andauernd schönes Wetter, nicht nur weil zu einem beliebigen Zeitpunkt das Wetter in derselben schön, sondern weil dasselbe gewöhnlich stationär und so nichts da ist, was den vorhandenen Zustand ändern könnte. Alle anticyklonalen Wetterregeln schlagen fehl, wenn die Anticyklone plötzlich zerfällt oder wenn der seltene Fall eintritt, daß sie sich längs einer bestimmten Bahn fortbewegt.

Wir wollen nun einige Wetterregeln geben, welche den Schwankungen in einer Anticyklone zu danken sind:

Da der Himmel durchschnittlich klar und die Luft windstill ist, so ist die Temperatur tagsüber hoch und in der Nacht niedrig. Im Sommer herrscht bei Tag prachtvoller Sonnenschein, bei Nacht giebt es starken Tau und in tiefliegenden Stellen Nebel.

„Starker Tau an heißen Tagen deutet auf andauernd schönes Wetter; kein Tau nach einem heißen Tage zeigt Regen an.“

„Steigt Nebel aus tiefen Lagen und löst er sich rasch auf, so erwarte schönes Wetter.“

Schönes, helles, heiteres Wetter richtet das Gemüt auf und übt einen belebenden Einfluß nicht nur auf die Menschen, sondern auch auf die Tiere, die Vögel, Insekten u. s. w. Daher die Sprüche:

„Fliegen die Seevögel früh aus und weit hinaus ins Meer, so ist mäßiger Wind und schönes Wetter zu erwarten.“

„Wenn die Krähen weit ausziehen, wird das Wetter schön bleiben.“

„Der ruhige Hochflug der Kraniche deutet auf gutes Wetter.“

„Fliegen die Habichte hoch, so ist schönes Wetter zur Hand.“

„Kommen Feldmäuse und Fledermäuse bald nach Sonnenuntergang aus ihren Verstecken und belustigen sie sich in der freien Luft, so verkündet dies schönes, ruhiges Wetter.“

„Der Hühnerdarm entfaltet seine Blätter frei und voll,  
Wenn schönes Wetter folgen soll.“

Dies sind nur einige Beispiele von den unzähligen ähnlichen Wetterregeln, wie sie in der ganzen Welt im Volksmunde sind.

Im Winter herrscht im allgemeinen Frost im centralen Teile einer Anticyklone, häufig begleitet von Nebel, welcher in der Nähe großer Städte am dichtesten auftritt. Dies sind alles Folgen der Strahlung bei windstillem Wetter.

„Weißer Nebel im Winter zeigt Frost an.“

Die Windstärke ist gewöhnlich sehr gering.

Man sieht es als ein Zeichen andauernd guten Wetters an, wenn der Wind tagsüber seine Richtung dermaßen ändert, daß er mit der Sonne umgeht.

## Keilförmige Stobaren.

Dieses „Bieren mit der Sonne“, wie man es nennt, ist die regelmäßige, tägliche Schwankung der Windrichtung, welche in England und fast überall nur dann deutlich erkennbar ist, wenn die flachen Gradienten einer Anticyklone sich einstellen. An Küstenplätzen weht der Wind im Sommer häufig „bei Tag herein, bei Nacht hinaus“, was den Land- und Seebrisen der Tropen entspricht. Geradeso wie das „Bieren“ ist es bei uns auch nur in Anticyklonen möglich, daß diese lokalen Winde, die wohl der ungleichen Erwärmung von Land und Wasser zu verdanken sind, gegenüber den allgemeinen atmosphärischen Strömungen zum Durchbruch kommen.

Im Winter kommt es zuweilen vor, daß auf der Südseite der Anticyklone mehrere Tage ein heißender Ostwind weht und der Himmel einen dunkeln Anblick gewährt, so daß man mit Recht das Sprichwort anwenden kann:

„Kommt aus Ost der Wind,  
Büßt es Mensch und Rind.“

Diese ganze Klasse anticyklonaler Wetterregeln bewährt sich, solange die Anticyklone stationär bleibt. Es trifft sich wohl, daß die Anticyklone sich fortbewegt und von einer andern Stobarenform abgelöst wird. Doch viel häufiger zerfällt sie, das heißt sie verliert sich, ohne sich fortzubewegen; an ihre Stelle tritt eine Cyclone oder eine andere Stobarenform.

## Keilförmige Stobaren.

Wir haben die keilförmigen Stobaren schon definiert als ein vor-  
springendes Gebiet hohen Luftdruckes, das sich zwischen zwei Cyclonen einschleibt. Der „Keil“ kann nach einer beliebigen Richtung schauen, doch ist er in Wirklichkeit bei weitem am häufigsten gegen Nord gerichtet. Deshalb wählen wir für die Darstellung von Wind und Wetter in einem idealen Keile einen nach Nord gelagerten, wie ihn unsere Figur 7 (S. 36) wiedergibt.

Zur Rechten sehen wir die Rückseite einer wegziehenden, zur Linken die Vorderseite einer herankommenden Cyclone. Da diese zwei Cyclonen sich vorwärts bewegen, so geht der Keil zwischen ihnen mit; es muß sich daher stets eine Linie von Stationen finden, wo das Barometer, das infolge des Vorüberganges der ersten Cyclone gestiegen, eben im Begriffe ist, zu fallen infolge des Heranrückens der zweiten. Diese Linie heißt der Kamm des Keiles; er ist in unserer Figur durch eine punktierte Linie markiert.

Der Wind weht rings um den Keil nach den allgemeinen Gesetzen der Gradienten. So kommt der Wind auf der Ostseite des Keiles von Nordwest; im Centrum herrscht Windstille, und auf der Westseite bläst er aus Südwest bis Südost, wie es die Pfeile in der Zeichnung angeben. In der Wirk-

lichkeit sind die Gradienten nie steil, und die Windstärke erhebt sich nie über die einer angenehmen Brise.

Bewölkung und Wetter in einem Keile sind in allgemeinen Zügen in die Figur eingeschrieben. Auf der Vorderseite finden wir blauen Himmel

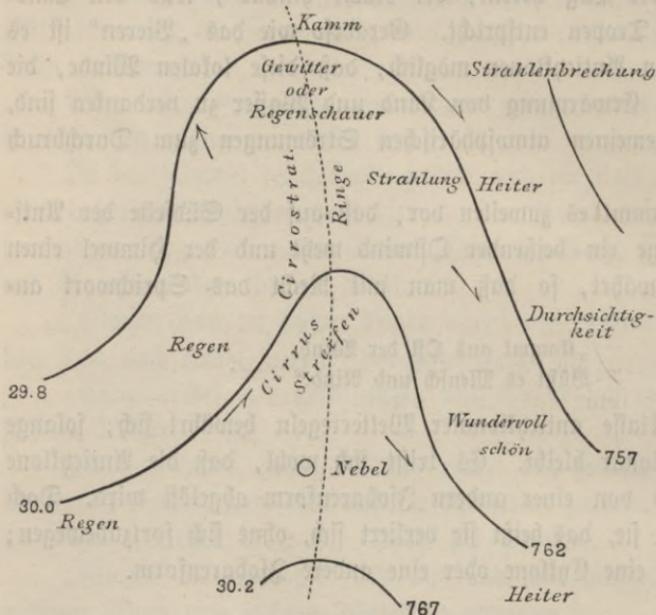


Fig. 7. Wetter in den keilförmigen Isobaren.

mit prachtvoll schönem Wetter, einer eigenen Art Strahlenbrechung und jener ungewöhnlichen Klarheit der Atmosphäre, die eine auffallende Sichtbarkeit der Gegenstände erzeugt. Näher der Windstille, unter dem Kamm, kommen wir zum Strahlungswetter mit Nebel und dann, gerade an der Stirne des Kammes, zu einem

Himmel mit Streifen von Cirruswolken, die Sonnenringe bilden. An der Spitze des Kammes treten oft Gewitter mit heftigen Regen auf. Auf der Rückseite des Kammes ist der Himmel mit Cirruswolken bedeckt, und weiter zurück finden wir den Regen der heranziehenden Cyklone.

Gerade so wie bei den Cyklonen fällt uns die Thatsache auf, daß die Ausdrücke, welche wir zur Beschreibung des Wetters angewendet haben, vielen bekannten Wetterregeln entlehnt sind, z. B. die auf die große Sichtbarkeit der Gegenstände, die Sonnenringe und die Cirrusstreifen sich beziehenden, welche letztere im englischen Volksmunde die „Arche Noë“ heißen.

Erinnern wir uns, wie wir, um die Wetterfolge einer bestimmten Station in der Cyklone zu finden, eine Art Durchschnitt durch die letztere machten, und wir werden sofort verstehen, daß wir unsere Zeichnung Figur 7 nur von rechts nach links zu lesen brauchen, um die Wetterfolge beim Vorüberziehen eines „Keiles“ zu erhalten. Demgemäß würden wir zunächst einen herrlich schönen Tag bei Nordwestwind und steigendem Barometer haben, bei Tag heiße Sonne, bei Nacht Ausstrahlung, je nach der Jahreszeit. Während dann das Barometer noch steigt, nimmt der blaue Himmel eine

eigenthümliche Weise an; es bilden sich Ringe um Sonne oder Mond, und stellenweise erscheinen Cirrusstreifen. Bald darauf beginnt das Barometer zu fallen, der Himmel wird immer dichter bewölkt, und nachdem vorerst der Wind nach Südwest zurückgeschlagen, wird der rieselnde Regen der neuen Cyclone nicht mehr lange auf sich warten lassen.

Wir erkennen nun die Bedeutung der Sonnenringe und der Cirrusstreifen, welche in der Zeichnung zum Teil vor dem Rande des „Keiles“ angemerkt sind; sie besagen, daß in einem Keile der Himmel das Herannahen einer neuen Cyclone anzeigt, bevor noch das Barometer aufgehört hat zu steigen. Der Fall ist deshalb recht interessant, weil er uns die erste Gelegenheit bietet zu erklären, warum das Barometer zuweilen zu lügen scheint, indem es noch steigt, obwohl augenscheinlich schlechtes Wetter im Anzuge ist. Es zeigt dies auch, welche große Hilfskräfte für Wetterprognosen die synoptischen Wetterkarten einem Meteorologen zuführen, der an einer Centralstelle sich befindet, die in vielfachen telegraphischen Verbindungen steht. Nehmen wir an, er finde an einem Morgen, daß die Isobaren keilförmig sind: er kann dann in die östlichen Distrikte seines Gebietes telegraphieren, daß das schöne Wetter von keiner Dauer sein wird, obwohl man dort wegen des steigenden Barometers das Gegentheil vermutet haben mochte.

Es möge hier bemerkt sein, daß nicht allen Cyclonen ein Keil vorausgeht, sondern nur jenen, welche um den nördlichen Rand einer großen stationären Anticyclone sich gleichsam herumwinden.

Wir können nun die Wetterzeichen im einzelnen erklären, welche in unserer Zeichnung eingetragen sind, und auch noch andere, die wegen Platzmangels dort nicht verzeichnet wurden. Jeder Himmelsanblick, welcher die Vorderseite eines „Keiles“ charakterisiert, wird ein Zeichen von Regen sein, weil auf der Rückseite dieser Isobarenform stets Regen herrscht. Die Wetterzeichen für nasses Wetter, die sich an schönes, trockenes Wetter knüpfen, sind besonders interessant, weil sie das gerade Gegentheil der Regenanzeigen in einer Cyclone vorstellen, welche ja mit zunehmender Feuchtigkeit und düsterem Himmel verknüpft sind.

Man ist gewohnt, anzunehmen, daß jedes Vorzeichen für Regen dadurch erklärt werden kann, daß man nachweist, daselbe sei eine Folge der Zunahme des Wasserdampfes in der Luft. Hier finden wir eines, das nur erklärt werden kann durch die Annahme, daß viele Cyclonen vor sich und als einen Teil von sich ein Gebiet ruhigen und klaren Himmels entwickeln. Es ist eine rohe Auffassung der Wetterprognose, wenn man meint, alle Regenvorausicht beruhe auf der Hygrometrie.

Nehmen wir nun zur Figur 7 (S. 36) zurück. Wir sehen, daß auf der Rückseite der wegziehenden Cyclone die Luft trocken und das Wetter prächtig schön ist, in einer Weise schön, daß man sagen könnte: es ist

zu schön, um anzudauern; und wenn es den ganzen Tag schön bleibt, reden wir von einem paradiesischen Tage. Während des Tages brennt die Sonne heiß:

„Brennt die Sonne ungewöhnlich heiß, so ist Regen zu erwarten.“

Während der Nacht bildet sich Reif infolge windstillen Ausstrahlung:

„Reif gleich nach Regen ist selten von Dauer.“

Hat sich Reif gebildet und der Tag schreitet vor, so wird die Luft trübe infolge der heranrückenden Cyklone. Daher der Spruch:

„Steigt der Reif in die Luft, so wird es regnen.“

Während des schönen Wetters auf der Ostseite eines keilförmigen Druckgebietes herrscht oft große Durchsichtigkeit bei wolkenlosem Himmel:

„Je weiter man sieht, desto näher ist der Regen.“

Dies ist eine Art von Durchsichtigkeit; es giebt noch eine andere Gattung, die bei schwer bedecktem Himmel auftritt, wie wir im Kapitel über „Geradlinige Isobaren“ auseinandersetzen werden. Auch in den Tropen kommt diese Durchsichtigkeit vor; sie hängt dort aber von Ursachen ab, die hier nicht erklärt werden können. Von dieser Durchsichtigkeit der Atmosphäre kommt es, daß das aschfarbige Licht im dunkeln Teile eines Neumondes kräftig sichtbar wird:

„Umarmt der alte Mond den neuen, so zeigt dies stürmisches Wetter an.“

Auf diese alte Wetterregel werden große Stücke gehalten.

„Der neue Mond hielt gestern warm

Den alten Mond in seinem Arm:

Ich fürcht', ich fürcht', mein Bester, sehr,

Bald braust ein wilder Sturm daher.“

An dem äußersten Nordwestrande einer Cyklone ist oft eine eigene Art von Strahlenbrechung bemerkbar — ein wohlbekanntes Regenzeichen. Es scheint dies daher zu kommen, daß die kalte Luft der Rückseite der Cyklone eine Temperatur besitzt, die weit unterhalb der des Meeres liegt. Wenn so, dann ist dies ein Zeichen von Regen, weil der ersten Cyklone bald eine zweite folgen wird. Es giebt noch eine andere Art dieser Strahlenbrechung, die von einem kühlen Südwest einer Anticyklone erzeugt wird, der über das erwärmte Meer bläst. Dies ist gewöhnlich ein Gutwetterzeichen. Es ist das eine gute Erläuterung dafür, wie ein und dasselbe Wetterzeichen sowohl gutes als schlechtes Wetter andeuten kann, je nach den Umständen, unter welchen es auftritt.

Hat die auf der Vorderseite des Keiles befindliche Cyklone einen Nordweststurm erzeugt, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß die nachfolgende Cyklone mit einem Südweststurm beginnt. Daher die Bedeutung des auf dem Atlantischen Ocean wohlbekannten Sprichwortes:

„Ein Nordwest bleibt den Südwest nicht lange schuldig.“

## Geradlinige Isobaren.

Wie wir in der Cyclone und in der sekundären Depression Regen verschiedener Art gefunden haben, so fanden wir in den Anticyklonen und im Keile schönes Wetter verschiedener Art. Das anticyklonale Wetter ist fast immer dunstig und dauerhaft, weil die Anticyklone selbst meist stationär ist. Das schöne Wetter im Keile ist immer rein und nur vorübergehend, weil der Keil niemals stationär ist. Daraus sehen wir, daß, wenn wir von Regen und von schönem Wetter reden, es häufig notwendig ist, anzugeben, was für eine Art Regen und was für eine Art schönen Wetters wir meinen. Wir finden überdies, daß die Kenntnis der Art der Isobarenform uns befähigt, die Art des Wetters näher zu bestimmen. In vielen Darlegungen über Klima und statistische Meteorologie wird eine schreckliche Verwirrung dadurch angerichtet, daß alle Arten von gutem und schlechtem Wetter durcheinander geworfen werden.

Die Wetterregeln, welche sich an den Keil anlehnen, sind bei weitem weniger dem Fehlschlagen ausgesetzt als die, welche an andere Isobarenformen sich knüpfen. Schlagen sie einmal fehl, so kommt das gewöhnlich von dem plötzlichen Zerfalle der ganzen bestehenden Luftdruckverteilung her.

## Geradlinige Isobaren.

Diese Isobaren werden deshalb geradlinig genannt, weil sie keine Krümmung haben. Der Lauf derselben kann nach beliebiger Richtung gehen und ebenso ihr Gefälle. Beispielshalber können die Isobaren in der Ostwestrichtung liegen, das Gefälle aber kann ebensogut nordwärts als südwärts verlaufen. In unserer allgemeinen Darstellung (Fig. 1, S. 16) aller Grundtypen der Isobaren haben wir dieselben mit südlichem Gefälle gezeichnet.

In den gemäßigten Zonen ist dieses Gefälle ungewöhnlich, während ein Gefälle gegen Nord oder Nordwest sehr häufig vorkommt. Wir haben deshalb für die Darstellung der geradlinigen Isobaren in Figur 8 ein Beispiel mit nördlichem Gefälle gewählt und haben, wie früher, in Worten die Arten der Himmelsansicht und des Wetters für die verschiedenen Stellen des Gefälles eingetragen. Bei allen andern Isobarenformen, welche wir bisher beschrieben haben, umschließen die Linien ein Gebiet hohen oder niedrigen Druckes; bei den geradlinigen Isobaren markieren die Linien nur die Lage des barometrischen Gefälles.

Wenden wir uns nun zur Figur 8. Man sieht, daß, während der Druck im Süden hoch ist, derselbe im allgemeinen gegen Nord niedrig wird, ohne daß ein entwickeltes cyclonales System vorhanden ist; die Isobaren laufen geradlinig in nahezu ostwestlicher Richtung, das Gefälle ist gegen Nord gerichtet. Der Wind ist Südwest bis West und gewöhnlich stark und heftig, nahezu Sturm. Auf der Seite des hohen Druckes ist der Himmel blau, bei Annäherung an den niedrigen Luftdruck erscheinen federförmige Cirrus oder

eine Art von Windwolken; ein tosender Wind wirbelt Staub auf oder bläst Ruß nieder. Der Rußfall kommt dann daher, daß der niedersinkende Rauch herumgeweht und zu den Fenstern hereingetrieben wird. Bei sehr feuchtem Wetter kommt es zuweilen vor, daß der Ruß allein durch die Kondensation des Wasserdampfes selbst zu fallen scheint, und wieder zu andern Zeiten fallen Massen von Ruß durch den Rauchfang herab, wenn nämlich Hagel oder heftiger Regen ihn mitreißt.

Kommt man noch näher dem niedrigen Drucke, so sieht man den Himmel mit schweren Stratocumuluswolken sich bedecken, vorerst mit Klüften zwischen diesen Wolkenmassen; unterhalb der Sonne sieht man durch die letztern divergierende Strahlen herabströmen, was man das „Wasserziehen der Sonne“

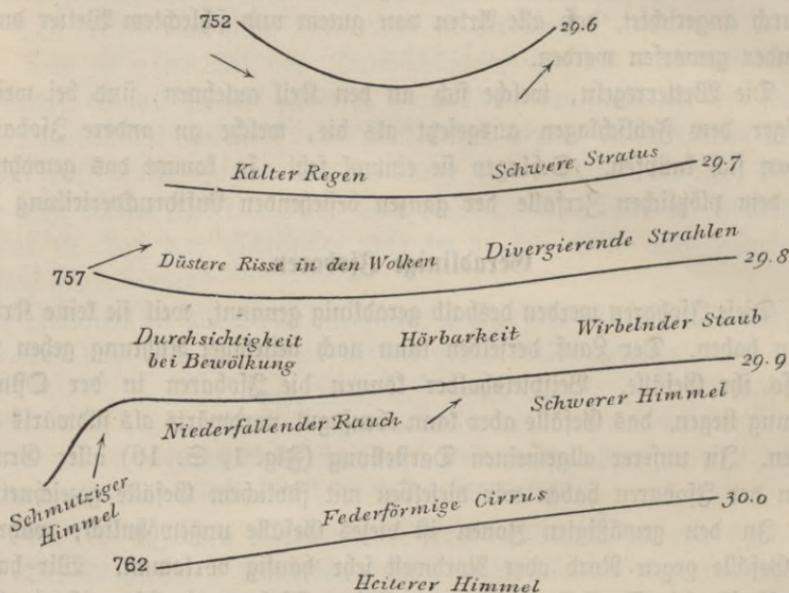


Fig. 8. Wetter in geradlinigen Isobaren.

nennt. Zuweilen, besonders im Winter, sind diese Strahlen trüb, und der Anblick des Himmels ist dann sehr überraschend. Dieses Wetterzeichen ist im ganzen nördlichen Europa bekannt und findet in Dänemark Ausdruck in dem Spruche: „Lofe zieht Wasser.“ Lofe ist ein wohlbekannter Halbgott in den skandinavischen Eddas, so daß wir es hier direkt mit einem Überbleibsel mythischer Ausdrucksweise zu thun haben. Diese schweren Stratocumuluswolken sind besonders charakteristisch für die geradlinigen Isobaren in Großbritannien.

Zur selben Zeit tritt häufig große Durchsichtigkeit bei dicht bedecktem Himmel und mäßig trockener Luft auf, wobei die Wolken die Rolle eines Sonnenschirmes zu übernehmen scheinen; denn sowie die Sonne durchbricht, nimmt die Deutlichkeit ferner Gegenstände ab. Diese Art Durchsichtigkeit

darf nicht verwechselt werden mit der schon beschriebenen, die bei wolkenlosem Himmel in den keilförmigen Isobaren auftritt.

Gleichzeitig finden wir oft „Hörbarkeit“. Diese Deutlichkeit von fernen Tönen muß sorgfältig unterschieden werden vom Hörbarwerden von Klängen, die man nicht gewöhnlich vernimmt und die uns der Wind aus einem regnerischen Gebiete zuträgt. Zum Beispiel: den Pfiff eines Eisenbahnzuges im Süden eines Hauses wird man in Großbritannien bei dem regelmäßigen Südwestwind nicht hören; wenn aber der Wind an der Vorderseite einer Cyclone nach Süden zurückgeht, dann wird man das Geräusch hören, und wenngleich dies ein richtiges Wetterzeichen abgibt, so ist es doch nicht die eigentliche „Hörbarkeit“.

Sind die Gradienten sehr steil, so fällt wohl bei geradlinigen Isobaren zuweilen ein wenig Regen, meist in leichten Schauern und bei schwer bedecktem Himmel.

Obwohl wir, wie gebräuchlich, die Wetterfolge beschrieben haben, die eintritt, wenn man vom hohen zum niedrigen Druck vorschreitet, so muß dies doch richtig dahin verstanden werden, daß es nicht die Wetterfolge für einen einzelnen Beobachter, sondern vielmehr das Wetter, wie es gleichzeitig in verschiedenen Teilen des Gebietes auftritt, darstellt; d. h. also z. B.: wenn in London Cirrus erscheinen, wird vielleicht in Edinburg der Himmel trübe sein.

„Hörbarkeit“, Durchsichtigkeit, wirbelnder Staub und Klüfte in trüben Wolken, durch welche divergierende Sonnenstrahlen brechen, sind so ziemlich auf der ganzen Welt wohlbekannte Zeichen für Regen, und so haben wir nun zu erklären, warum diese Himmelsbeschaffenheit bei geradlinigen Isobaren ein Regenbote ist. Man weiß aus Erfahrung, daß geradlinige Isobaren nie von Dauer sind und daß fast durchweg das Gebiet, das sie heute bedecken, morgen von einer Cyclone durchzogen wird. Es folgt daraus nicht, daß, so oft wir geradlinige Isobaren beobachten, eine Cyclone notwendig schon vorhanden sei; aber nach der Natur der Wetteränderungen zu schließen, scheinen die geradlinigen Isobaren eine Übergangsform der atmosphärischen Zirkulation zu sein, die der Bildung einer Cyclone vorausgeht.

Wir können daher nicht einen Schnitt durch die geradlinigen Isobaren führen und sagen, derselbe gebe die Wetterfolge für irgend einen Punkt; denn wir haben es hier nicht mit einer sich bewegenden Form von Druckverteilung, sondern mit einer vorübergehenden Lage zu thun, die nicht lange andauern kann. Das Hauptinteresse dieser Regenzeichen liegt im Kontraste, welchen sie gegenüber denjenigen einer Cyclone aufweisen. Während die letztern von einer fast bedrohlichen Stille und einem schmutzigen, dunkeln Himmel begleitet sind, treten die erstern mit schweren Wolken und tosendem Winde auf, von dem gewöhnlich gesagt wird, „daß der Wind den

Regen aufhört“ oder „daß es regnen wird, wenn der Wind aufhört“. Während die Wetterzeichen, die einem cyclonalen Regen vorhergehen, richtig sind, weil sie an der Stirnseite der Regenzone einer Depression gesehen werden, treffen die mit geradlinigen Isobaren auftretenden deshalb zu, weil das Gebiet, welches die letztern heute bedecken — obwohl da augenblicklich wenig Regen herrscht —, wahrscheinlich morgen von einer Cyclone eingenommen wird, da die Bedingungen für den Durchzug einer Cyclone günstig sind. Ein anderer Gegensatz liegt in der Trockenheit der Luft bei geradlinigen Isobaren gegenüber der übergroßen Menge Feuchtigkeit, welche einer Cyclone vorhergeht. Dieselben Bemerkungen finden ihre Anwendung auf die Schönwettervorzeichen, welche mit keilförmigen Isobaren in Verbindung stehen.

Alle Wetterzeichen, welche wir in diesem Kapitel besprochen haben, können fehlschlagen, wenn die geradlinigen Isobaren während einer allgemeinen Wiederherstellung der ganzen Luftdruckverteilung über der nördlichen Hemisphäre sich bilden, da dann keine Cyclone jenes Gebiet, wo die wohlbekannten Regenzeichen beobachtet wurden, durchziehen muß.

Die übrigen Grundformen der Isobaren, die sackförmigen und die Pässe, sind von keinen bestimmten Wetterzeichen begleitet, und so wollen wir die Betrachtung derselben auf ein späteres Kapitel verschieben.

### Allgemeine Bemerkungen.

Wir sind jetzt in der Lage, einen allgemeinen Überblick über das ganze Gebiet der Wetterzeichen zu thun und Antwort zu geben auf Fragen, welche früher, wie eingangs dieses Kapitels bemerkt wurde, für unlösbar gehalten wurden. Welches ist die Stellung, welche die Wetterregeln in der Witterungskunde einnehmen, und wie hat die neuere Forschung die Nützlichkeit derselben entwickelt? Warum schlagen Wetterregeln zuweilen fehl? Warum sind nicht alle Regenzeichen mit zunehmender Feuchtigkeit verknüpft? Warum geht dem Regen oder dem schönen Wetter nicht stets dasselbe Wetterzeichen vorher?

Die Einzelheiten, welche wir bisher in Menge gegeben haben, zeigen, daß jeder Teil jeder Isobarenform sein eigenes, charakteristisches Wetter hat und seine eigene Himmelsansicht bietet und daß die Wetterregeln schlechtweg diese Erscheinungen beschreiben.

Theoretisch können wir daher die Wetterzeichen, welche irgendwo sichtbar sein können, niederschreiben, sobald genau bestimmte Isobarenformen vorhanden sind; in Wirklichkeit gelingt uns dies aber nicht vollkommen, und ebenso ist alles, was die Wetterzeichen theoretisch vermögen, daß sie den einzelnen Beobachter befähigen, festzustellen, in welcher Form der atmosphärischen Zirkulation er sich befindet. So sind die Begleiterscheinungen der Vorderseite einer Cyclone oder einer „Sekundären“ Zeichen schlechten Wetters, während diejenigen der Rückseite einer Cyclone oder die eines Teiles einer

Anticyklone Zeichen schönen Wetters sind. Das Wort „Borberseite“ enthält aber nicht nur die Idee einer Bewegung, sondern auch die Richtung dieser Bewegung. Und da tritt nun die Ursache zu Tage, warum die Wetterregeln niemals unser Wissen von der Wettervorausage viel weiter fördern können, als es gegenwärtig ist. Es liegt, wie in einem spätern Kapitel über Wettertypen ausführlich dargelegt werden wird, in der Natur der Bewegung der Cyclonen, daß diese Depressionen wohl zunächst ihren Weg in einer gewissen Richtung nehmen, dann aber entweder diese Richtung ändern oder aber sich auflösen; kein Wetterzeichen bietet uns Anhaltspunkte, um die Wahrscheinlichkeit einer dieser Änderungen zu erkennen. Andererseits kann derjenige, der in einer meteorologischen Centralanstalt mit Hilfe synoptischer Wetterkarten das Wetter vorausbestimmt, oft vorhersehen, daß eine Cyclone zum Stillstande gebracht oder von ihrer eingeschlagenen Bahn abgelenkt werden wird; dieser Zweig des Wissens vom Wetter ist zweifellos einer sehr großen Entwicklung fähig.

Es liegt überdies die Frage sehr nahe: Inwieweit hat die Einführung der synoptischen Wetterkarten unsere Kenntnisse über die Wetterregeln gefördert? Insoweit, als dadurch der wahre Sinn derselben erklärt wurde, war die Förderung sehr bedeutend; inwieweit es sich aber um die Verbesserung ihrer Verwendbarkeit handelt, war der Fortschritt äußerst gering. Die neuen Erklärungen derselben haben wir schon gegeben. Der hauptsächlichliche Fortschritt in der Deutung der Angaben der Wetterregeln liegt bei weitem mehr darin, daß der Beobachter die verschiedenen Arten von Regen und schönem Wetter unterscheiden und so seinen Voraussagen eine größere Bestimmtheit geben kann, als daß er in der Lage wäre, den Wert irgend eines Wetterspruchwortes zu erhöhen. Wenn er z. B. einen Hof bei fallendem Barometer und anwachsendem Winde beobachtet, so weiß er, daß er den gesamten Folgeerscheinungen eines cyclonalen Sturmes entgegensehen muß; sieht er aber den Hof bei unverändertem Barometer und wenig heftigen Windstößen, so ist ihm klar, daß er nur einen starken Regen ohne Sturm zu erwarten hat.

Wir haben schon erwähnt, warum die Wetterregeln zuweilen versagen; es geschieht dies entweder in Folge der Änderung der Fortpflanzungsrichtung einer Cyclone, oder weil eine Anticyklone zerfällt, oder aus andern, ähnlichen Ursachen. Für diejenigen, welchen die Natur der Wetteränderungen nicht geläufig ist, dürfte ein Beispiel aus der Wirklichkeit willkommener sein als allgemeine Sätze. Wir wählen als Beispiel das Fehlschlagen einer auf einen Sonnenring gegründeten Wettererwartung. Sehen wir uns die Wetterkarte (Fig. 9, S. 44) vom 5. Februar 1883 um 8 Uhr morgens an. In Folkestone bei Dover in England (auf der Karte mit F bezeichnet) war von 9 Uhr 30 Min. vormittags bis 4 Uhr nachmittags ein Sonnenring

ab und zu sichtbar; das war bedingt durch die Vorderseite einer Cyklone, welche, wie man sieht, an der Nordwestküste von Großbritannien sich befand. Dieser ganze Tag, die folgende Nacht und der darauffolgende Tag waren sehr schön, so daß es scheinen mußte, daß das Wetterzeichen im Stiche gelassen habe. Das ist alles, was man vor den Tagen der synoptischen Wetterkarten darüber hätte sagen können; heute jedoch sind wir in der Lage, die Ursache des Fehlschlagens des Wetterzeichens anzugeben.

Im ersten Rärtchen, in Figur 9, sehen wir über Frankreich eine Anticyklone von 770 mm (30,3 Zoll engl.) angedeutet und die äußerste Grenze einer andern über einem Teile von Norwegen. Der „Sattel“ zwischen beiden bedeckt Dänemark und die Nordsee. Die äußerste Begrenzung einer Cyklone lag damals bei Kopenhagen, während im Nordwesten von Irland eine neue

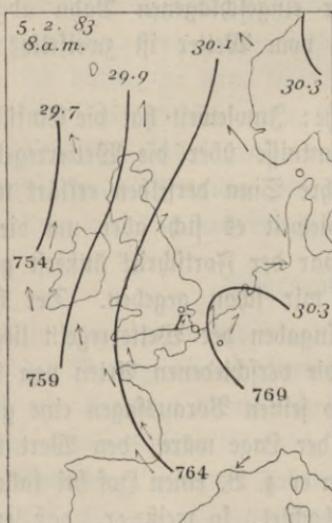


Fig. 9.

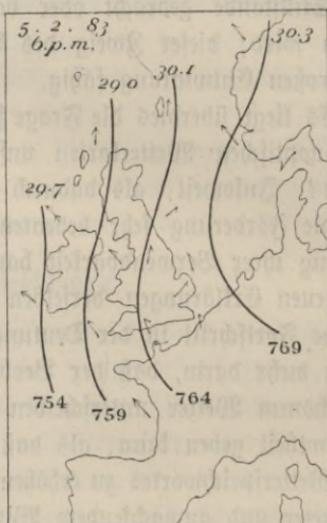


Fig. 10.

Erläuterung der Ursache des Fehlschlagens von Wetterzeichen der Ringerscheinnungen, die Wind und Regen anzeigen.

Cyklone von ungeheurem Durchmesser sich näherte. Der Sonnenringe bildende Teil der Cyklone hatte bereits Dover erreicht, während der regnerische Teil derselben über Irland schon Niederschläge verursachte. Wenn die Cyklone ihre Bahn beibehalten hätte, würde in entsprechender Zeit das Regengebiet England erreicht haben müssen; setzen wir aber den Fall, daß die Cyklone stillstand oder irgend eine Umbildung in den Druckverhältnissen ihr Fortschreiten aufhielt, was würde dann geschehen? Das Vorzeichen des Sonnenringes in Dover würde fehlschlagen, d. h. dem Sonnenringe würde nicht Regen und Wind folgen, wie das sonst gewöhnlich der Fall ist. Wohlán, gerade das ist es, was in unserem Beispiele zutraf. Ein Blick auf Figur 10, welche die synoptischen Wetterzustände 10 Stunden später — um 6 Uhr abends

desselben Tages — darstellt, zeigt uns, daß die zwei kleinen Anticyklonen in eine einzige große zusammengefloßen sind, welche über Schweden und Norddeutschland liegt, während die irische Cyklone verschwunden ist, statt daß sie, wie das gewöhnlich geschieht, ihren Weg über Nordost genommen hätte. Wir sehen auch, daß ein barometrisches Gefälle mit fast geraden Isobaren sich über Großbritannien und Frankreich ausbreitet. Infolge dieser Veränderung blieb es in Dover den ganzen Tag schön, und das Wetterzeichen schien getäuscht zu haben.

Wir werden in einem andern Kapitel, das über die Wettervorhersage mit Hilfe von synoptischen Karten handelt, erklären, warum der mit der Wettervorausage betraute Beamte in einer Centralanstalt nicht mit Sicherheit hätte ankündigen können, daß es in diesem Teile von England nicht regnen werde; und ebenso, wann und warum ihm zuweilen Wetterzeichen behilflich sind, Regen anzukündigen, welchen er auf Grund des Unblickes der Isobaren allein schwerlich erwartet hätte.

Diese Karten geben auch eine Vorstellung von der außerordentlichen Schnelligkeit meteorologischer Veränderungen in einem Klima gleich dem von Westeuropa. Der kurze Zeitraum von 10 Stunden genügte nicht nur, um die allgemeine Luftdruckverteilung sehr wesentlich zu verändern, sondern um sogar neue Isobarenformen zu bilden. Dieselben Karten zeigen aber auch, daß Wetteränderungen nicht nur durch das Vorbeiziehen genau bestimmter Isobarentypen, z. B. von Cyklonen, in der schon beschriebenen Weise verursacht werden, sondern auch durch Rückbildungen von Druckverteilungen und Neubildung von Isobarenformen über dem Beobachtungsgebiete. Diese letztere Bemerkung ist von grundlegender Wichtigkeit.

Wir kommen nun auch zur Frage, warum nicht alle Regenvorzeichen von zunehmendem oder überschüssigem Wasserdampf begleitet sind. Die Antwort darauf ist folgende: Es giebt verschiedene Arten von Regen, solche an der Stirnseite der Hauptcyklonen, welche stets mit großem Wasserdampfgehalte verbunden sind, und leichte Regenschauer bei geradlinigen Isobaren, welche bei mehr trockener Luft auftreten. Auch solche Regenzeichen wie die, welche bei allzu schönem Wetter an der Stirnseite der keilsförmigen Isobaren sich einstellen, verdanken ihren Wert der Thatsache, daß der Keil einer Cyklone vorausgeht, obwohl die Luft in demselben ziemlich trocken ist.

Eine ähnliche Reihe von Erwägungen ergiebt sich bei der Frage, warum vor Regen einerseits und schönem Wetter andererseits nicht stets dieselben Wettervorzeichen vorhergehen.

Wir haben soeben zwei verschiedene Arten von Regen erwähnt, und was das schöne Wetter betrifft, so brauchen wir nur darauf hinzuweisen, daß es in ganz gleicher Weise verschiedene Arten desselben giebt. Zum Beispiel: die Bildung kleiner blauer Flecke in dem sonst bedeckten Himmel auf der

Rückseite einer Cyklone kündigt eine Art schönen Wetters an, während die Strahlungserscheinungen in einer Anticyklone ebenfalls auf Schönwetter deuten, aber auf ein schönes Wetter von ganz anderer Art.

Wir haben dargethan, warum der Wert der Angaben, welche die Wetterzeichen liefern, niemals wesentlich erhöht werden kann; ebenso wird aber kein Fortschritt in der synoptischen Meteorologie jemals die Anwendung der Wetterzeichen entbehrlich zu machen im Stande sein. Unsere eigenen Untersuchungen bei den Stürmen in den Tropen haben gezeigt, daß dort wie in Europa ungewöhnliche Färbung bei Sonnenaufgang und Sonnenuntergang auffallend oft der Bildung einer bedeutenden barometrischen Depression vorausgeht, so daß zuweilen die Angaben der Wetterzeichen jedem andern System der Wettervorausage überlegen sind. Auf isolierten Stationen, besonders auf Schiffen, ist der Beobachter zum größten Teile darauf angewiesen, über das kommende Wetter nach dem Anblicke des Himmels und der Beobachtung des eigenen Barometers sich Aufschluß zu verschaffen. Wir werden in der That am Ende dieses Buches der Erörterung des Problems, wie und mit welchem Erfolge ein einziger, isolierter Beobachter, der auf sich allein angewiesen ist, das Wetter vorherzusagen kann, ein eigenes Kapitel widmen.

Im folgenden Kapitel werden wir eine große Anzahl von Wetterzeichen erörtern, welche mit den Wolken in Zusammenhang stehen und nicht wohl mit bestimmten Isobarenformen in Verbindung zu bringen sind.

---

### Drittes Kapitel.

## Wolken und Wetterregeln nach den Wolken.

Wir wollen in diesem Kapitel die Natur der Wolken erörtern, indem wir zuerst im allgemeinen ihre Entstehung und dann die wechselnden Bedingungen, unter welchen sich die verschiedenen Formen bilden, klarstellen.

Das wird uns zur Klassifikation ihrer verschiedenen Gestalten und Formen führen und uns einen gewissen Einblick gestatten in die wechselnde Geschwindigkeit und Richtung der obern Strömungen der Atmosphäre. Wenn wir dann zu den neuern Untersuchungen über die Wolken kommen, werden wir die Beziehungen derselben zu den großen Gebieten hohen und niedrigen Druckes erwägen müssen, welche uns als Cyklogen und Anticyklogen bereits bekannt sind.

Einige davon haben wir schon im Kapitel über die Wetterregeln kennen gelernt, wo wir zeigten, daß verschiedene Arten von Wolken für verschiedene Teile der Cyklogen charakteristisch sind. In diesem Kapitel nun wollen wir

erklären, wie man im Stande ist, durch das Studium der Wolkenbewegungen in den höhern Luftschichten über die wirkliche Art des Kreislaufes der Luft in verschiedenen Hobarenformen vieles zu lernen.

Im Laufe unserer Bemerkungen werden wir nebenbei Bedeutung und Wert der ältern Wolkenlehre erklären und auch den großen Fortschritt auf dem Gebiete der Wettervorausage auf Grund der Wolkenbeobachtung darthun, welcher durch die neuern Untersuchungen gemacht wurde.

### Benennung der Wolken.

Indem wir an die Frage der Wolkenbenennung herantreten, kommen wir leider zu einem der unbefriedigendsten Abschnitte der Meteorologie. Obwohl die Ausdrücke der Howardschen Wolkenbenennung allgemein gebraucht werden, wird dennoch nicht überall dasselbe Wort für dieselbe Wolkenform angewendet. Das ist der Grund, warum wir, obwohl die Ausdrücke, die wir zur Bezeichnung der Wolken gebrauchen, dieselben sind, die man überall anwendet, sehr sorgfältig und genau die Art der Wolken beschreiben müssen, welche wir mit jedem einzelnen Namen bezeichnen wollen.

Für praktische Zwecke werden die Wolken in vier verschiedene Klassen eingeteilt, entsprechend den auffallendsten Unterschieden ihrer Form. Doch diese Klassen bedeuten nur eine Art Übereinkommen; denn in der Natur gehen alle in unmerklichen Zwischenstufen ineinander über. Diese Hauptformen sind:

1. **Cumulus.** Alle Wolken, welche ein gebirgiges, geballtes, massiges Aussehen haben, sind entweder reine Haufenwolken, oder ihre Benennung muß das Wort „Haufen“ (Cumulus) in Verbindung mit einem andern Namen enthalten.

2. **Stratus.** Alle Wolken, welche wie eine dünne, flache Schichte am Himmel liegen, sind entweder reine Schichtenwolken (Stratus), oder ihre Namen enthalten in der Zusammensetzung das Wort „Schichten“ (Stratus).

3. **Cirrus.** Alle Wolken, welche einen büschelartigen, federförmigen oder lockenartigen Anblick bieten, sind entweder reine Federwolken (Cirrus), oder ihre Namen enthalten in der Zusammensetzung das Wort „Feder“ (Cirrus).

4. **Nimbus** (Regenwolke). Jede Wolke, aus welcher Regen fällt, ist in irgend einer Weise eine Regenwolke (Nimbus).

Es sei besonders hervorgehoben, daß diese Bezeichnungen und die von ihnen abgeleiteten Benennungen, welche wir nun folgen lassen, jene große Mannigfaltigkeit der Wolken nicht erschöpfen, welche sehr geschulte Beobachter auffinden und klassifizieren könnten. Alles, was wir hier zu bieten beabsichtigen, sind nur jene deutlichen Unterschiede, welche jedermann erkennen kann; alle Meteorologen, welche mit einem größern Stabe von Beobachtern zu thun haben, stimmen darin überein, daß man über acht oder zehn Namen nicht hinausgehen kann, soweit es sich um die praktische Verwendbarkeit handelt.

Wir wollen zuerst die einfachen Wolkenformen erklären und dann die mehr zusammengesetzten, wie z. B. Cirrus, Stratus, Cirrocumulus, Cumulostratus u. s. w.

Abgesehen davon, daß die allgemeine Klassifikation die Hauptarten der Wolkenformen festlegt, gestattet dieselbe auch, eine rohe Höhenkala für die Wolken aufzustellen. So sind in Wirklichkeit die Schichten- und Haufenwolken durchschnittlich die niedrigsten; die zusammengesetzten liegen in mittlern Höhen, und die höchstliegende Wolkenform ist der Cirrus. Die absolute Höhe läßt sich sowohl für eine bestimmte Jahreszeit als eine bestimmte Gegend für die einzelne Gattung nur innerhalb gewisser Grenzen angeben. Die Haufenwolke z. B. kann auf die geringe Höhe von etwa 600 m herabreichen und die Federwolke nicht höher liegen als 4000 m; andererseits können sich Haufenwolken bis zu einer Höhe von 8000 m aufstürmen und Federwolken noch in Höhen von 17 000 m vorkommen; doch können sich die letztern niemals unterhalb der Haufenwolken bilden, was immer für eine absolute Höhe sie haben mögen.

Diese relativen Höhen bestimmen auch teilweise die Benennung. Ist eine Wolke sehr hoch, so müssen wir, um die Höhe anzuzeigen, die Bezeichnung „Cirro“ (Feder) dem Worte anfügen, welches ihre Form angiebt, während uns die Verbindung mit „Cumulo“ (Haufen) auf eine niedrige Schicht verweisen wird. Das erste Wort in einem zusammengesetzten Namen giebt uns daher eine Vorstellung von der relativen Höhe; so würde z. B. Cirrocumulus (Federhaufenwolke) eine höhere Wolke bedeuten als Cumulocirrus.

### Cumulus.

Die reine Haufenwolke kann man als eine geballte oder kugelförmige massige Wolke beschreiben, welche von einer ebenen, flachen Grundlage aus nach aufwärts wächst (Fig. 11 a, S. 49). Sie bildet sich zweifellos infolge von Kondensation des Wasserdampfes am obern Ende eines aufsteigenden Luftstromes, wie er in der Figur durch die punktierten Linien angezeigt erscheint. Wenn nämlich die Luft in einer solchen Luftströmung, sei es durch das Eindringen in kältere Schichten als jene, aus welchen die Strömung stammt, sei es infolge der Ausdehnung, sich tief abkühlt, so kondensiert sich der Wasserdampf zu einer Wolke wie der kondensierte Dampf einer Lokomotive.

Die ebene Basis der Wolke bezeichnet die Höhe, in welcher die Temperatur der Kondensation (Taupunkt) erreicht ist, und die obersten, zackigen Ruppen stellen die Enden der sich in den kalten Raum vorschiebenden Luftsäulen dar. Eine Haufenwolke ist in der That das sichtbare Kapital einer aufsteigenden Luftsäule.

## Cumulus. Beziehung des Cumulus zum Cirrus.

Es ist eine sehr bemerkenswerte Eigenschaft aller Haufenwolken, daß man sie niemals in der Zenithgegend sieht, sondern immer nur am Horizont oder in einer mäßigen Höhe über demselben.

Die Ursache liegt auf der Hand; die flache Unterseite der ganzen Wolkenmasse zieht in der Nähe des Zenithes über uns weg und verdeckt auf diese Weise die charakteristischen, massigen Formen, so daß wir die typische Erscheinung dieser Wolken nicht sehen können.

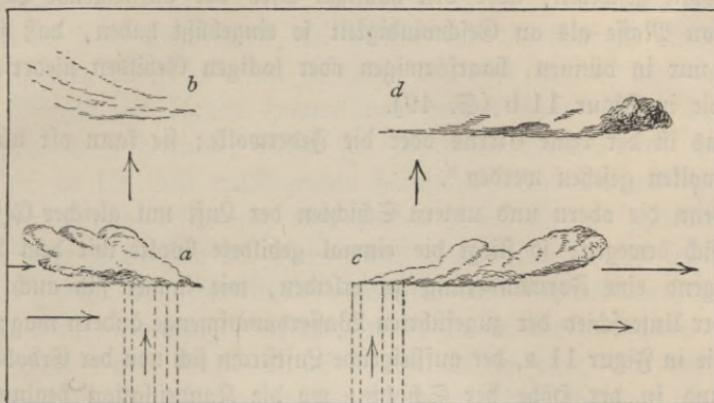


Fig. 11. Cumulus und Cirrus.

- |   |                                |   |                                 |
|---|--------------------------------|---|---------------------------------|
| a | Cumulus mit voreisender Basis. | c | Cumulus mit voreisendem Gipfel. |
| b | Cirrus " " "                   | d | Cirrus " " Kopfe.               |

In Nordeuropa und im Innern mancher Kontinente bildet sich die Haufenwolke nur während der Sommermonate; denn die absolute Menge Wasserdampfes in der Luft reicht während der Wintermonate selten hin, um ein solches Wolkenmassiv hervorzubringen.

### Beziehung des Cumulus zum Cirrus.

Wenn die aufsteigende Luftsäule stationär ist, so erhalten wir eine sehr interessante Erscheinung: Der Gipfel der Wolke scheint und ist in Wirklichkeit im Zustande der Erregung, doch bewegt sich die Wolke als Ganzes nach keiner Richtung hin. Das ist auf den ersten Anblick überraschend; vor Gewittern tritt es nicht selten ein. Wir können aber den ganzen Vorgang und seine Entstehung leicht verstehen, indem wir die stillstehende Wolke von der Höhe eines Hügels oder Berges aus beobachten. Dann sehen wir dieselbe widerspruchsvolle Erscheinung: eine Wolke in hastiger Bewegung, die sich doch nie vorwärts bewegt. Die Ursache ist folgende: So oft ein Teil der Wolke aufwärts dringt, wird er vom Winde weggeblasen und unmittelbar verdampft; an dessen Stelle bildet sich aber sofort aus dem aufsteigenden Luftströme ein Ersatz. Nehmen wir aber an,

ein solcher aufsteigender Luftstrom, ob stationär oder nicht, fahre fort, sich in die Höhe zu heben, nachdem er in einer bestimmten Schichte einen gewissen Teil seines Wasserdampfes zu einer Wolke kondensiert hat; er wird mit der Zeit in eine höhere Schichte gelangen, in welcher der Taupunkt für den nach der ersten Kondensation so sehr verminderten Wasserdampf neuerdings erreicht wird, und nun wird sich eine zweite Wolken-schichte in dieser höhern Lage bilden. Zuweilen mag dies in der Form einer zweiten Haufenwolke geschehen, aber viel häufiger wird der aufsteigende Luftstrom sowohl an Masse als an Geschwindigkeit so eingebüßt haben, daß sich der Dampf nur in dünnen, haarförmigen oder lockigen Gebilden niederschlagen kann, wie in Figur 11 b (S. 49).

Das ist der reine Cirrus oder die Federwolke; sie kann oft über den Haufenwolken gesehen werden<sup>3</sup>.

Wenn die obern und untern Schichten der Luft mit gleicher Geschwindigkeit sich bewegen, so fliegt die einmal gebildete Wolke mit dem Winde, ohne irgend eine Formänderung zu erleiden, wie immer sich auch in der Folge der Unterschied der zugeführten Wasserdampfmenge ändern mag; wenn aber, wie in Figur 11 a, der aufsteigende Luftstrom sich von der Erdoberfläche erhebt und in der Höhe der Schichte, wo die Kondensation beginnt, ein Wind weht, welcher zwar in derselben Richtung, aber schneller bläst als der Wind in der Schichte, in welche die obern Teile der Wolke hinaufreichen, dann erhalten wir eine Haufenwolke mit flacher Basis, deren Kuppen aber nach rückwärts lagern, wie z. B. in der Wolke, welche in der Figur mit a bezeichnet ist, wobei sich die ganze Masse der Wolke, der Endpunkt voraus, mit dem Winde fortbewegt.

In Europa findet man diesen Fall nur auf der Rückseite einer Cylclone, und wir können daraus folgern, daß der Wind an der Basis dieser Wolken eine größere Geschwindigkeit hat als höher oben<sup>4</sup>.

Nehmen wir nun an, daß der aufsteigende Luftstrom zu einem fadenförmigen, dünnen abgeschwächt wurde, dann werden sich unter denselben Bedingungen federartige Wolken bilden, wie in der Figur 11 b, welche ebenfalls mit ihrem Endpunkte nach vorne gerichtet vorwärts bewegt werden; wenn aber dann unter sonst gleichen Bedingungen die höhere Strömung sich schneller bewegt als die niedere, so werden wir in den untern Schichten eine Haufenwolke erhalten, welche sich mit ihren Kuppen voraus fortbewegt wie bei c, und wenn in einer höhern Lage der aufsteigende Luftstrom sich fadenförmig abgeschwächt hat, so werden wir eine leichte Federwolke wie bei d erhalten, welche sich ihrer Länge nach mit dem Winde bewegt. In diesem Falle, welcher bei d nach der Natur gezeichnet ist, bemerken wir, daß die vorderste Locke der Wolke massig ist, ähnlich wie bei einem kleinen Cumulus, und nicht haarförmig gleich den andern Büscheln.

Aus der einfachen Darstellung dieser Wolkenart scheint sich das verbindende Band zwischen einigen Formen der Cirrus und Cumulus zu ergeben. Ist der Cumulus das sichtbare Kapital der aufsteigenden Luftsäule, so ist der Cirrus die sichtbare Form der Kondensation einer Luftsäule, welche fadenförmig abgeschwächt oder ausgezogen ist. Von den drei Fäden, welche die Wolke d gebildet haben, liefen zwei haarförmig aus, aber der dritte etwas dickere hatte genug Inhalt oder Kraft, um ein kleines Wölkchen zu bilden.

Einen gewöhnlichen Fall, bei welchem wir die häufigste Umwandlung einer faserigen Wolke in einen Cumulus verfolgen können, giebt uns jeder schöne Morgen mit blauem Himmel und starkem Tau. Wenn die Sonne ein wenig Kraft gewinnt, bilden sich die ersten Wolkenfäden, welche infolge der in die Luft aufsteigenden Feuchtigkeit entstehen und gewöhnlich zuerst cirrusförmig erscheinen; diese werden schnell dick und schwellen an, so daß in recht kurzer Zeit der Himmel mit echtem Cumulus fast bedeckt wird. Vey hat gezeigt, daß niedersinkende Streifen von Eispartikeln in bündelförmige Cirrus ausgezogen werden, wenn sie in eine Luftschicht kommen, welche schneller oder langsamer sich bewegt als sie selbst. Die Bedingungen für solche Streifen würden sich finden, wenn beim Abfließen der Luft in der Höhe über einer Cyclone Wasserdampf in die kalte, ruhige Luft einer Anticyclone hineingetragen wird.

Kommen wir jetzt zur Bedeutung des Cumulus für die Wettervorhersage! In unserem Kapitel über Wetterzeichen haben wir gezeigt, daß der Cumulus die besonders charakteristische Wolke einer Cyclone ist, und er bringt dann häufig Regenschauer mit sich.

Tritt dies ein, so ist er ein Cumulonimbus (Regen-Haufenwolke), d. h. Regenwolke, welche ein Cumulus ist, um diese Wolke zu unterscheiden von Stratonimbus (Regen-Schichtenwolke), bei welcher es eben aus einer Schichtenwolke regnet. Am Rande der Anticyklonen finden wir häufig die leichte Schönwetter-Haufenwolke, welche augenscheinlich durch den einfach aufsteigenden Luftstrom, welcher die an der Erdoberfläche durch die Sonnenhitze verdampfte Feuchtigkeit in die Höhe führt, gebildet wird, zum Unterschiede vom Cumulus der Cyclone, dessen Bildung wir aufsteigenden Luftströmen zuschreiben können, welche durch die drehende Bewegung eines atmosphärischen Wirbels hervorgebracht werden. Die Form allein befähigt uns nicht zu sagen, ob ein Cumulus schönes oder schlechtes Wetter anzeigt. Diese Wolke muß gleich jeder andern nach ihren Vorbedingungen und den begleitenden Erscheinungen beurteilt werden.

Der Cumulus ist bei weitem die allgemeinste Wolkenform der Tropen, und er kann, je nach den Umständen, sowohl schönes Wetter als auch Regen, der nicht von der Luftdruckverteilung abhängt, anzeigen.

## Kugelig geballter Cumulus.

Es giebt drei Modifikationen von Cumulus, auf die wir besonders hinweisen müssen, weil sie manches Licht über die Natur der Wolkenbildung verbreiten. Indem wir nun der letztern uns zuwenden, müssen wir die Lebensgeschichte dieser Wolken von ihrem Ursprunge bis zu ihrer vollen Entwicklung verfolgen. Zuweilen nimmt die Basis einer Haufenwolke eine guirlandenartige Gestalt an wie in Figur 12 a. In Orkney ist sie bekannt unter dem Namen pocky cloud; es folgt ihr gewöhnlich ein heftiger Sturm. In Lancashire wird dieselbe „Regenballen“ genannt und nur als ein Vorzeichen für Regen angesehen. Wir haben sie in allen Gegenden der Tropen gesehen; in Scandinavien hingegen ist diese Abart gänzlich unbekannt. Als internationalen, technischen Ausdruck hat Poey dafür den Namen Globo-Cumulus beantragt, ein Ausdruck, welcher sehr angemessen zu sein scheint.

Der Ursprung dieser Form wird durch folgendes Beispiel leicht verständlich. An einem Sommerabend gegen Sonnenuntergang sah der Ver-

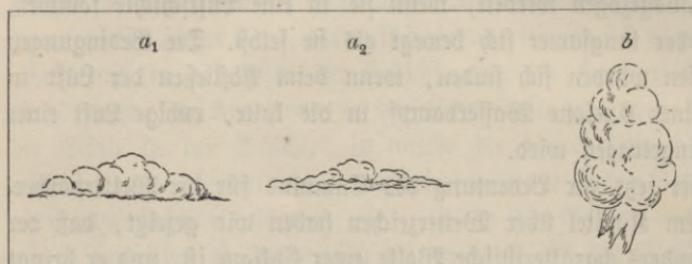


Fig. 12. Kugelig geballte Cumulus.

fasser in London eine Haufenwolke mit flacher Basis, gleich der in Figur 12 a<sub>1</sub>, plötzlich an der Grundfläche sich ausrunden; sie nahm an

dem obern Ende ab, wie dies in Figur 12 a<sub>2</sub> dargestellt ist. Wenige Minuten später war die ganze Wolke verdunstet, und die darauffolgende Nacht war schön.

Die Erklärung ergab sich unmittelbar. Der aufsteigende Luftstrom, welcher die Wolke gebildet hatte, hörte plötzlich auf, und die Abrundung derselben war eben nichts anderes als das Niedersinken der Massen, welchen jetzt die Unterlage abhanden gekommen war.

Ein anderes auffallendes Beispiel stellt in unserer Figur die Form b dar, welche vor einem Regenschauer beobachtet wurde. Da konnte man sehen, wie ein einzelner Cumulus zuerst sich kugelig umgestaltete und dann allmählich in eine zerfetzte Wolke überging; das Ganze verschwand in kurzer Zeit, doch folgten sehr rasch darauf neue regenbringende Wolken; man erhielt den Eindruck, daß die Wölbung durch ein rasches Fallen der Wolken gebildet wurde und die Zerfassung eintrat, als das Fallen weniger rasch sich gestaltete. Die Erscheinung ist leider in der Zeichnung nicht gut wieder-

gegeben. Durch viele ähnliche Erwägungen werden wir zu der Folgerung geführt, daß die für die Bildung des kugelig geballten Cumulus stets notwendige Bedingung das plötzliche Aufhören des aufsteigenden Luftstromes bildet; hieraus ist dann leicht zu verstehen, warum diese Form in einigen Fällen Sturm allein, in andern auch Regen bedeutet.

Es ist uns allen wohl bekannt, daß manchen heftigen Winden oder Regenschauern kurze, gleichsam verunglückte Windstöße vorangehen. Wir brauchen nur anzunehmen, daß der aufsteigende Luftstrom an der Stirnseite eines herannahenden Regenschauers ebenso unstet ist wie der Wind an der Erdoberfläche, und wir haben mit einmal alle Bedingungen, welche zur Bildung der kugelig geballten Haufenwolke notwendig sind. Alle Beobachter kommen darin überein, daß dieselbe an den Rändern von Wolkenmassen sich bildet. Bei Regen oder Gewittern erscheint sie gewöhnlich vor oder gleich nach dem Regen. Wenn aber einige Zeit darauf Sturm folgt, so muß sie durch einen lokalen Sturm oder Regen gebildet worden sein, welcher in irgend einer Beziehung zu dem gestörten Wetter stand, das den Sturm hervorbrachte. In Orkney werden diese Wolkenformen gewöhnlich bei Nordweststürmen auf der Rückseite der Cyclonen beobachtet; der Sturm, welchen sie vorbedeuten, gehört einer andern Cyclone an, die dann gewöhnlich der ersten rasch nachfolgt. In den Tropen hängen diese ausgerundeten Wolken zweifellos stets mit solchen Regen oder Gewitterstürmen zusammen, welche von der Luftdruckverteilung unabhängig sind.

#### Entarteter Cumulus.

Eine sehr ähnliche Reihe von Bemerkungen knüpft sich an ein anderes wohlbekanntes Regenzeichen an: die Erscheinung einer Wolke, wie sie in

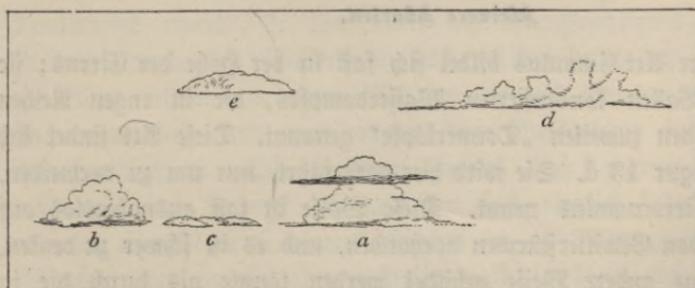


Fig. 13. Entarteter Cumulus und Liniencumulus.

a Cumulus, von einer andern Wolke durchkreuzt. b u. c derselbe von einer andern Seite gesehen. d Liniencumulus oder hoher Cumulus. e entarteter, linienförmiger Cumulus.

Figur 13 a abgebildet ist, wo ein dünner Wolkenstreifen einen gut ausgebildeten Cumulus durchschneidet.

Die Abbildung giebt uns eine gedrängte Ansicht einer

Haufenwolke (b) und eines Theiles einer entarteten Wolke (e). Manchmal wird diese Wolke ganz unglücklich Cumulostratus genannt, wie dies

Howard und andere thun. Wir werden aber sehen, daß sie nichts mit dem wahren Stratus gemein hat, sondern eine Mischung von Cumulus und einer entarteten Wolke ist. Die Entstehung dieser Wolke ist sehr einfach. Wir haben in der vorigen Figur gezeigt, daß ein vereinzelter Cumulus (Fig. 12 a<sub>1</sub>, S. 52) in eine dünne, flache Masse mit kugeligter Basis entarten kann; in einigen Fällen aber tritt das Aufhören des aufsteigenden Luftstromes nur allmählich ein und dann bleibt die Basis der ganzen Masse flach, statt sich guirlandenartig zu wölben.

Diese Erscheinung ist ebenfalls ein Regenzeichen, und zwar aus demselben Grunde, den wir früher beim Beispiele der kugelig geballten Wolke dargelegt haben. Die Thatsache des Fehlens oder allmählichen Auslöschens des aufsteigenden Luftstromes ist an sich schon ein Zeichen gestörter Witterungsverhältnisse, ja in Wirklichkeit schon mehr eine Begleiterscheinung als ein Vorzeichen des Regens. Diese Wolke ist ganz gewöhnlich in dem äquatorialen Stillengürtel und überall auf der Erde, wo Regen aus den Haufenwolken fällt. Ein Beispiel ganz ähnlicher, entarteter Haufenwolken ist sehr häufig bei schönem Wetter in den Passatgebieten zu sehen. Die kleinen, vereinzeltten Cumuli, welche dort so häufig sind, scheinen oft so viel von ihrem Auftrieb zu verlieren, daß sie die gewellten Gipfel nicht zu bilden vermögen; dabei ist aber das Aufhören des Auftriebes nicht so plötzlich oder sind die Wolken nicht schwer genug, um kugelige Formen zu bilden. Man erhält dann eine Wolke, welche unten nahezu flach und oben sanft gerundet ist, ähnlich einer plankonveren Linse, wie in Figur 13 e. Da aber Ley eine ganz gleiche Form als Anfangsform eines Cumulus, dessen steigende Kraft gering ist, beobachtet hat, so müssen wir die Bedeutung dieser Form, wie die jeder andern Wolke, aus den begleitenden Erscheinungen beurteilen.

#### **Kleinere Abarten.**

Eine andere Art Cumulus bildet sich fast in der Höhe der Cirrus; sie erscheinen als Ballen kondensierten Wasserdampfes, die in engen Reihen liegen, und werden zuweilen „Donnerköpfe“ genannt. Diese Art findet sich dargestellt in Figur 13 d. Sie wird hier vorgeführt, nur um zu vermeiden, daß man sie Cirrocumulus nennt. Diese Wolke ist fast ausnahmslos auf der Vorderseite von Gewitterstürmen vorhanden, und es ist schwer zu denken, daß sie auf eine andere Weise gebildet werden könnte als durch die in Form eines dünnen, senkrechten Vorhanges aufsteigende Luft. In unserem Kapitel über Liniengewitter werden wir weitere Ursachen dafür finden, daß die Luft wirklich zuweilen in langen, dünnen Schichten aufsteigt. Diese Wolkenform ist der „einfache Cumulus“ von Weylbach, der „Regencumulus“ von Howard; sie wurde auch hoher Cumulus, Liniencumulus und getürmter Cumulus genannt.

Es giebt noch eine andere Abart von Cumulus, welche hier nur kurz erwähnt zu werden braucht.

Zuweilen wird der Gipfel einer Haufenwolke haarig, wie wenn er ausgekämmt worden wäre; man weiß das nicht zu erklären, es ist aber über schweren Regenwolken regelmäßig zu sehen. Hier und da entwickelt dieser eigentümliche Vorgang am Gipfel eines Regencumulus eine Art flacher Schichtenwolke, welche augenscheinlich den Gipfel berührt, und diese Wolke mag man ganz gut Cumulostratus nennen.

### Stratus.

Wir kommen nun zur zweiten Wolkenart, welcher der Name Stratus (Schichte) gegeben wurde, weil sie stets in dünnen, horizontalen Schichten ausgebreitet liegt. Die reine Schichtenwolke hat nicht die geringste haar- oder fadenförmige Struktur, ausgenommen an den Rändern; denn eine Schichtenwolke, welche viele Zeichnungen zeigt, wäre ein Cirrostratus und hätte einen ganz andern Ursprung. Reiner Stratus ist wesentlich eine Schönwetterwolke und ganz besonders charakteristisch für die Anticyklone. Eine sehr schöne Abart ist oft während heller Nächte zu sehen, wenn die Wolken dünne, unterbrochene Schichten bilden, manchmal gleich einem „matreligen“ Himmel, von dem sie in Wirklichkeit ganz verschieden ist. In Howards erstem Werke über die Wolken wurde der Ausdruck „Stratus“ auf den Bodennebel angewandt; doch ist diese Auffassung gegenwärtig von allen Meteorologen gänzlich verlassen. Was wir reinen Stratus nennen, ist das „Stratopallium“ von Weylbach und der Stratus von Hildebrandson. Die Entstehung dieser Wolke scheint folgende zu sein: Wenn die Luft erträglich ruhig ist und Ausstrahlung eintritt, so daß die ganze Luftmasse sich allmählich abkühlt, bis irgend eine Schichte schließlich die Temperatur des Taupunktes erreicht, so kondensiert sich ihre Feuchtigkeit zu einer Wolke. Zuweilen wird diese Wolkenform auch gebildet durch sich erhebenden Nebel.

Das erklärt mit einem Schlage, sowohl warum die Schichtenwolke flach und dünn, als auch warum diese Wolkenform für die Anticyklone charakteristisch ist. Wir verstehen hieraus auch, warum unter diesen Bedingungen der Himmel sich zuweilen fast plötzlich bedeckt. Sehr häufig erscheint eine Masse Schönwetterstratus in der Mitte gleichförmig, an den Rändern aber haarig oder gestreift, und so bietet sich uns eine Wolke dar, welche durch die Form allein von manchen Arten des Cirrostratus nicht zu unterscheiden ist, obwohl sie sehr verschiedene Entstehung und Begleiterscheinungen hat. Zuweilen ist die untere Fläche einer Wolken-schichte für kurze Zeit gewellt wie die flache Basis eines Cumulus. Die Wolke ist dann wahrscheinlich kein reiner Ausstrahlungsstratus, sondern eine abgeschwächte Form von Stratocumulus, welche infolge des plötzlichen Auf-

Hörrens des erzeugenden Luftstromes in Klumpen zu zerfallen beginnt, ganz so wie der kugelige Cumulus, den wir früher beschrieben haben<sup>5</sup>.

### Cirrus.

Die dritte Hauptform ist der Cirrus (Federwolke). Der Ausdruck ist dem Lateinischen entnommen und bedeutet wörtlich „Haarlocke“. Wir haben die Entstehung des reinen Cirrus bereits erklärt, wie wir auch seine Beziehung zum reinen Cumulus, zugleich mit einer rohen Idee über die Bildung eines Wolkenstreifens durch Strömungen dampfbeladener Luft, welche mit verschiedener Geschwindigkeit, aber in derselben Richtung aufsteigen, auseinandergesetzt haben.

### Cirrusstreifen.

Wenn Federwolken unregelmäßig aufsteigen und nicht alle in derselben Höhe zu schweben scheinen, dann haben wir es, wie schon oben gesagt wurde, mit reinem Cirrus zu thun; doch giebt es eine modifizierte Form, bei welcher ein größerer oder geringerer Teil des Himmels mit langen Streifen von Cirrus bedeckt erscheint, die augenscheinlich alle in derselben Höhe schweben. Der technische Ausdruck hierfür ist Cirrofilum (wörtlich: Haarfaden), ein Name, welcher zuerst von Ley eingeführt wurde. Der Ausdruck ist für den internationalen Gebrauch sehr angemessen, wir wollen jedoch diese Wolkenform Cirrusstreifen nennen<sup>6</sup>. Da dieselbe zum Zwecke der Wettervorhersage die weitaus wichtigste Federwolke ist, wollen wir ihrer Betrachtung einige Absätze widmen.

Zuerst befassen wir uns mit ihrer Entstehung. Wir haben schon gesehen, wie ein Streifen sich bilden kann, welcher mit seinem Endpunkte voraus sich mit dem Winde bewegt, der ihn treibt; aber sehr häufig sieht man das eigentümliche Schauspiel, wie ein langer Wolkenstreifen entweder mit seiner Breitseite oder unter einem Winkel mit seiner Länge sich vorwärts bewegt. Da wir voraussetzen müssen, daß jeder Streifen mit dem Winde, in welchem er schwebt, vorwärts treibt, so müssen wir nun zu erklären versuchen, wie ein solcher Streifen, der sich senkrecht zu seiner Länge vorwärts bewegt, sich bilden kann. Auf den ersten Anblick ist dies eine der verwirrendsten Erscheinungen der Wolkenbewegung. Diese Wolkenbildungen sind aber vollkommen analog der Rauchwolke, welche von einem Dampfer, der vor dem Winde fährt, zurückgelassen wird. Fährt der Dampfer rascher als der Wind, so schleppt er den Rauch hinter sich her, bläst aber der Wind schneller, als der Dampfer fährt, dann wird der Rauch nach vorne getrieben. Nehmen wir nun aber an, der Dampfer fahre nach Osten bei einem Südwestwinde. Es ist aus der Figur 14 (S. 57) klar, daß dann der Rauch desselben in einem Streifen liegen müsse, welcher die Richtung

zwischen Nordwest und Südost einhält und gegen Nordost vorwärts rückt, d. h. also nahe rechtwinklig zu seiner Längsrichtung.

Der Rauch, welcher den Schiffskamin verlassen hat, als der Dampfer in A war, würde vom Winde in der Zeit, in welcher der Dampfer bis B kommt, bis C geblasen worden sein, während in B soeben der letzte den Rauchfang verläßt, so daß die ganze Rauchlinie von B nach C zu liegen kommt, dabei aber mit dem Südwestwinde fortgeführt wird. Der Winkel, welchen der Rauch mit der Richtung des Schiffslaufes macht, hängt offenbar von der Geschwindigkeit des Schiffes einerseits und der des Windes andererseits ab, so sehr, daß wir den Winkel ABC messen, um die Geschwindigkeit des Windes auf dem Meere zu bestimmen.

Genau dasselbe trifft in der Natur zu. Die aufsteigende Säule feuchter Luft, welche möglicherweise einen Cumulus bilden könnte, hebt sich von der Erdoberfläche empor, indem sie mit dem Winde treibt, der gerade bläst; wenn sie dann eine gewisse Höhe erreicht, trifft sie auf eine obere Strömung, welche in einer andern Richtung sich bewegt als die an der Erdoberfläche, und wahrscheinlich beginnt da auch die Kondensation. Der Streifen, welcher unter diesen Umständen sich bildet, wird sich genau so verhalten wie der Rauch eines Dampfers, d. h. er wird schief zur Richtung des Windes

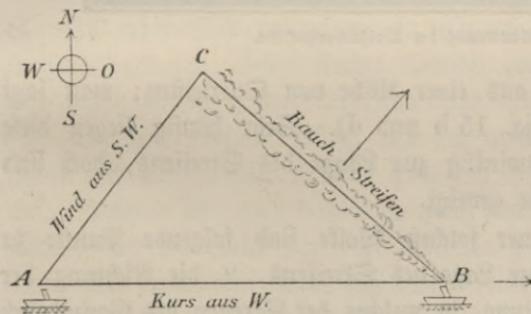


Fig. 14. Bildung von Cirrusstreifen.

liegen, von welchem er getrieben wird. Die Richtung eines Streifens nennt man zuweilen die Richtung seiner Filatur; doch wollen wir einen weniger technischen Ausdruck gebrauchen und dieselbe die Lage des Streifens nennen. Das Dreieck ABC in Fig. 14 heißt das Dreieck der Filatur; es ist aus dem Gesetze der Zusammensetzung der Geschwindigkeiten klar, daß die genaue Richtung der Lage des Streifens von dem Verhältnisse der Geschwindigkeit des untern und obern Luftstromes abhängt<sup>7</sup>.

Wenn die Streifen von niedersinkenden Bündeln von Eis oder Schnee gebildet werden, bleiben die obigen Grundsätze der Streifenbildung ganz dieselben.

### Lage und Bewegung der Streifen.

Bevor wir die Natur der obern Luftströmungen in Cyclonen und Anticyclonen auseinandersetzen, müssen wir vorerst erklären, wie man sowohl die Lage eines Streifens als auch die Richtung, in welcher er sich bewegt,

findet, weil diese beiden Punkte wichtig und für die Beobachtung etwas schwierig sind. Wenn der Himmel mit Streifen gut bedeckt ist, so glauben wir, daß dieselben, wenn wir ihrer Längsrichtung entlang sehen, gegen einen Punkt am Horizonte konvergieren; beobachten wir sie aber transversal oder im Profile, so erscheinen sie uns gewölbt. Die Konvergenz ist zweifellos nur die Folge der Perspektive.

Es ist eine besondere Eigentümlichkeit der Streifen, daß in der einfachsten Form die Fäden, aus welchen sie zusammengesetzt sind, in ihrer Längsrichtung liegen, wie bei a und e in Figur 15, daß aber zuweilen der

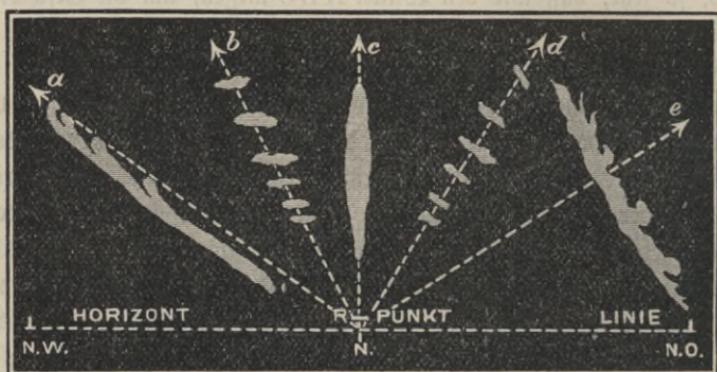


Fig. 15. Erläuterung der Wolkenperspektive.

ganze Streifen aufgebaut ist aus einer Reihe von Querleisten; man sagt dann, „er ist geschichtet“ (Fig. 15 b und d). Sehr häufig liegen diese Leisten oder Schichtungen rechtwinklig zur Länge des Streifens, doch sind sie zuweilen auch gegen dieselbe geneigt.

Bei der Beobachtung einer solchen Wolke sind folgende Punkte zu notieren: 1. Die Richtung oder Lage des Streifens, 2. die Richtung der Schichtungen und 3. die Richtung, in welcher der Streifen als Ganzes sich bewegt. Von diesen Punkten ist der erste und dritte sehr wichtig, während die Richtung der Schichtungen nur nebenbei in Betracht kommt.

Es kommen aber Fälle vor, in welchen der ganze Himmel mit einer netzförmigen Wolke, die einem Schachbrette gleich, bedeckt ist, und dann ist es schwer zu sagen, welches die wirkliche Filatur der Wolke ist.

Wir wollen zuerst lernen, wie man die Richtung der Streifen und Schichtungen bestimmt, da dies viel leichter ist als die Feststellung der Bewegungsrichtung. Die Methode dieser Beobachtung fußt auf einem Fundamentalsatze der Perspektive, welcher besagt, daß eine Linie, gezogen vom Beobachter an den Punkt des Horizontes, gegen welchen parallele Linien zu konvergieren scheinen, die Richtung dieser parallelen Linien angiebt. Nehmen wir also an, daß ein Beobachter in Figur 15 nach Norden schaut und die

Streifen a, b, c, d im Nordpunkte des Horizontes konvergieren sieht, so wird er den Schluß ziehen, daß das, was er sah, der perspektivische Anblick der vier Streifen war, welche in der Richtung jener Linie gelegen sind, welche von ihm zum Nordpunkte gezogen wird, d. h. also in der Richtung Nord-süd. Andererseits wird er erkennen, daß die Schichtungen des Streifens b ostwestlich liegen, d. h. rechtwinklig zur Filatur; denn diese Schichtungen konvergieren nirgends, sondern liegen alle parallel zur Horizontlinie, wenn man gegen Norden schaut. Ebenso wird er feststellen, daß die Schichtungen der Streifen c und d gegen Nordost konvergieren und daß daher dieselben in der Richtung Nordost-Südwest liegen, während der Streifen a als Ganzes nach Süd gerichtet ist.

Das eben Gesagte bildet sehr auffallende Beispiele von der täuschenden Natur der Perspektive, da im Streifen b, in welchem die Schichtungen senkrecht zum Streifen sind, dieselben schief erscheinen, während im Streifen d, wo sie in Wirklichkeit schief sind, dieselben einen Anblick bieten, als ob sie nahezu rechtwinklig zur Lage des Streifens stünden. Der Punkt am Horizont, gegen welchen die Streifen oder Schichtungen konvergieren, heißt ihr Verschwindungspunkt oder noch kürzer ihr V-Punkt. Einige Beobachter ziehen aber die Bezeichnung „Radiationspunkt“ vor und sprechen von einer Strahlung der Cirrusstreifen. Würde man diese Streifen in der Richtung von Ost nach West betrachten, so würden sie uns die Erscheinung eines Bogens darbieten, dessen flacher Scheitel nach Ost oder West gerichtet ist und dessen Enden gegen Nord und Süd sich wenden.

Ein sehr einfacher Weg, um sich in der Wolkenperspektive zurechtzufinden, ist der folgende: Man stelle sich am Ende eines langen Zimmers auf. Nehmen wir an, daß man nach Norden schaut; man bemerkt dann sofort, daß die Linien der zwei Karniese gegen Norden konvergieren, und wenn man annehmen kann, die Linien seien geschichtet gleich denjenigen in Figur 15, etwa wie eine Täfelung längs des Zimmers, so wird man bemerken, daß die Schichtungen in der Art konvergieren, wie es in der Figur dargestellt ist.

Wir kommen nun zur schwierigen Aufgabe, die Bewegungsrichtung des Streifens zu finden.

Gewöhnlich erfolgt die Bewegung des Streifens nicht nach seiner Längsrichtung. Häufig bewegt er sich mit seiner Breitseite vorwärts, d. h. rechtwinklig zu seiner Länge, noch häufiger unter einem schiefen Winkel zu derselben.

Die genauesten Beobachtungen lassen sich ausführen, wenn die Wolken gerade im Zenithe sind. Dann giebt es zweifellos keine täuschende Perspektive und die Richtung, aus welcher die Streifen kommen, ist die gesuchte Richtung ihrer Bewegung. Bewegt sich aber ein Streifen schief zu seiner

Länge, so bietet das immerhin auch hier einige Schwierigkeiten. In den meisten Fällen ist es jedoch unmöglich, eine Wolke gerade im Zenithe beobachten zu können. Das bringt nun die größten Schwierigkeiten mit sich. In der Regel muß man Wolken in einer mäßigen Höhe zur Beobachtung verwenden, und dann kommt der Einfluß der Perspektive in Betracht. Die Perspektive der Bewegung ist zweifellos dieselbe wie die der Form, d. h. der Punkt, von welchem die Bewegung auszugehen scheint, ist der Punkt, von welchem aus die Wolke sich wirklich bewegt, und der Punkt, gegen welchen die Bewegung konvergiert, ist derjenige, gegen welchen die Wolke wandert.

Nehmen wir z. B. den leichten Fall, wo ein schöner, vereinzelter Cumulus rasch von Norden her sich bewegt. Schauen wir irgendwo gegen Nordwest, so zeigt uns ein Blick auf Figur 15, daß eine Wolke, welche in irgend einer der vom Radiationspunkte aus divergierenden Richtungen sich bewegt, eine Bewegung sowohl von Ost als von Nord zu haben scheint, und daher in Wirklichkeit als eine Bewegung aus Nordost erscheint. Umgekehrt, wenn man auf eine Wolke gleich *d* nach Nordost blickt, so würde uns dieselbe etwa aus Nordwest zu kommen scheinen; sehen wir aber auf *e* gerade nach Nord, so würde die Wolke unmittelbar vom Horizont aufzusteigen scheinen. Die Regel lautet daher: Beobachte den Punkt, von welchem die Wolkenbewegung zu divergieren scheint, das ist dann die Richtung, aus welcher die Wolken wirklich kommen. Zuweilen ist es angezeigter, den Punkt zu bestimmen, gegen welchen die Wolken konvergieren, da dann der Radiationspunkt die Richtung angiebt, wohin die Bewegung geht. Wenn möglich, wird man indessen den Punkt der Divergenz wählen, da er leichter zu beobachten ist.

Die Ursache, warum die Bewegung der Cirrusstreifen so viel schwieriger zu beobachten ist als die anderer Wolken, liegt darin, daß man, da sie sehr schmal sind, nur eine sehr kurze Linie erhält, aus welcher man den Radiationspunkt der Bewegung bestimmen kann, wenn letztere nicht gerade in der Richtung der Länge des Streifens erfolgt. Nehmen wir z. B. in Figur 15, wo die punktierten Linien die divergierende Bewegung der Streifen bezeichnen, an, daß wir in der Lage wären, die Bewegung des Streifens *a* an einem Sterne oder einem fixen Punkte zu beobachten, so werden wir finden, daß seine Bewegung mit seiner Längsrichtung zusammenfällt. Die Bewegung des Streifens geht daher vom Radiationspunkte der Lage, d. h. von Norden aus. Wenn wir andererseits den Streifen *e* beobachten, welcher sich thatsächlich nur teilweise seitwärts und nur scheinbar auf seine Längsrichtung senkrecht bewegt, so müssen wir das kurze Stück der punktierten Linie, welches durch den Streifen geht, mit Hilfe des Auges verlängern, bis es den Horizont trifft, und daraus den Radiationspunkt der Bewegung bestimmen.

Beachten wir dann die Verwicklung, wenn der Streifen geschichtet ist. Obwohl die Bewegung des Streifens *b* mit seiner Längsrichtung zusammen-

### Beziehung zu den Cyclonen und Anticyclonen.

fällt, so scheint doch jede Querleiste oder jede Schichtung zur Linie der Bewegung schief gelagert, und dennoch bewegen sie sich rechtwinklig zu ihrer Länge. Die Schichtungen des Streifens d hinwiederum scheinen rechtwinklig zu ihrer Länge sich zu bewegen, in Wirklichkeit aber schief zu derselben.

Eine andere und zuweilen noch größere Schwierigkeit entsteht in Folge der Veränderungen, welche in der Wolke selbst vor sich gehen. Wenn man zwei Photographien einer Wolke im Zwischenraum von nur drei Minuten aufnimmt, ist es zuweilen unmöglich, denselben Teil der Wolke in den Bildern zu identifizieren. Haben wir dann noch den verwickelten Fall eines schief geschichteten Streifens, welcher sehr langsam unter einem beträchtlichen Winkel zu seiner Filatur sich bewegt, so wird jedermann leicht verstehen, daß es nur unter günstigen Umständen und nur einem geschickten Beobachter gelingt, die wahre Richtung seiner Bewegung zu bestimmen.

Dies sind die grundlegenden Sätze, auf welchen die Beobachtung der Wolkenbewegung ruht. Der Beobachter darf sich von den Schwierigkeiten, die sich anfangs ergeben, nicht abschrecken lassen. Wenn er mit den einfachen Fällen schnellbewegter Wolken beginnt und an mehr schwierige Fälle erst herantritt, nachdem er die Bedeutung und Wichtigkeit des Radiationspunktes sich vollkommen eingepägt hat, wird er bald solche Fortschritte machen, daß er im Stande ist, wertvolle Beobachtungen auf dem neuesten Gebiete der modernen Wolkenlehre anzustellen.

Wenn möglich soll auch die Geschwindigkeit der obern Wolken notiert werden; denn rasch bewegte obere Wolken zeigen viel schlechteres Wetter an als langsam ziehende.

### Beziehung zu den Cyclonen und Anticyclonen.

Ley und andere haben durch ihre Beobachtungen festgestellt, daß die Lage der Cirrusstreifen in einer ziemlich konstanten Beziehung zur Form der Isobaren jener Gegenden, wo sie gesehen werden, steht. Daher der große Wert der Cirrus für die Wettervorhersage. Hierzu kommt dann noch die Thatsache, daß die Cirrus die ersten Wolken sind, welche am vorher blauen Himmel erscheinen. Hildebrandson findet als Resultat von 171 Beobachtungen folgende Abweichungen der Streifen von den Isobaren. Die Streifen, deren Abweichungswinkel größer als  $45^\circ$  ist, sind zweifellos mit den Isobaren weniger parallel als jene, bei welchen dieser Winkel kleiner ist als  $45^\circ$ .

Abweichungswinkel	Anticyclonen (Maxima)	Cyclonen (Minima)		Kelförmige Isobaren	Summe
		Bordersseite	Rückseite		
größer als $45^\circ$ . . . .	58	5	8	3	74
kleiner als $45^\circ$ . . . .	12	18	29	38	97
Summe	70	23	37	41	171

Daraus folgt, daß Cirrusstreifen, die in den Maximalgebieten des Druckes auftreten, meist nahe senkrecht auf den Isobaren stehen, während sie um die Minimalgebiete und den keilförmigen Isobaren entlang eher nahe parallel den Isobaren liegen.

Um die Ursache dieser Erscheinung zu erklären, müssen wir nun die Beziehung der obern zu der untern Luftströmung in den Cyclonen und Anticyclonen darlegen. Unsere Kenntnis von den obern Strömungen ist ganz und gar nur aus Cirrusbeobachtungen hergeleitet.

### Senkrechte Aufeinanderfolge der Luftströmungen.

In Figur 16 geben wir eine Darstellung der Winde an der Oberfläche sowie derjenigen der obersten Schichten, sowohl in einer Cyclone als in einer Anticyclone, wie sie von Ley, Loomis und Hildebrandson in Uppsala aus ihren Beobachtungen ermittelt wurden.

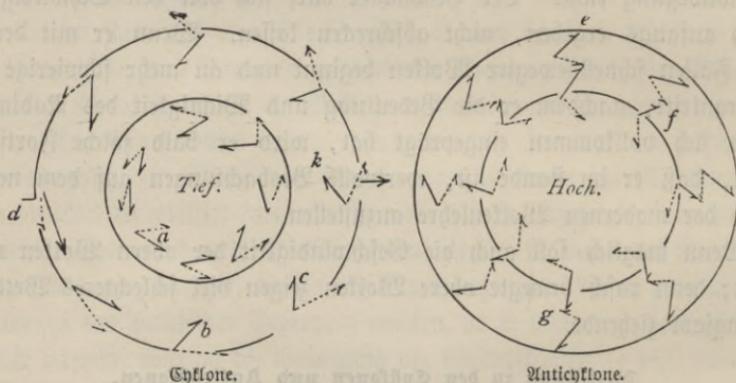


Fig. 16. Oberflächenwinde und obere Strömungen über Cyclonen und Anticyclonen.

Die ausgezogenen Pfeile bedeuten Oberflächenwinde, während die höchsten Strömungen durch punktierte Pfeile angezeigt sind. Dabei wird vorausgesetzt, daß die beiden Pfeile vom Beobachtungspunkte aus divergieren. An jenen Stellen, wo die Geschwindigkeit der beiden Strömungen gewöhnlich verschieden ist, haben wir die betreffenden Pfeile verschieden lang gezeichnet; im übrigen sollen die Pfeile nur die relative Richtung der Winde anzeigen.

Wenden wir uns vorerst zur Cyclone und betrachten wir die Oberflächenwinde, wie sie durch die ausgezogenen Pfeile dargestellt sind. Wir sehen mit einem Blicke, daß die Richtung des Oberflächenwindes im ganzen und großen als eine nach innen sich wendende Spirale zu erkennen ist, auf der rechten Seite mehr einwärts gekrümmt als auf irgend einer andern; überdies biegt sich in allen Teilen der Cyclone der Wind immer weniger nach innen, je mehr wir uns dem Mittelpunkte nähern. In unserer Figur haben wir angenommen, daß die Cyclone sich nach Osten bewegt und daß

sie kreisförmig sei. Die punktierten Pfeile zeigen hinwieder, daß die Winde der höhern Schichten unregelmäßig spiralförmig nach auswärts wehen, daß aber von diesen obern Winden wohl die auf der Vorderseite der Cyclone sehr stark nach auswärts gerichtet sind, die auf der Rückseite derselben jedoch mit den Oberflächenströmungen nahe parallel wehen.

Hätten wir auch die Bewegungsrichtung der niedrigeren Wolken, welche in einer Höhe von 2000 bis 3000 m über der Erde schweben, durch Pfeile dargestellt, so würden wir gefunden haben, daß diese mittlere Schichte fast genau parallel den Isobaren, d. h. nahe in einem Kreise sich bewegt. Wir wissen auch auf Grund von Beobachtungen, daß die obere Strömung der Cirrusregion auf der Vorderseite der Cyclone viel näher der Erdoberfläche liegt als auf der Rückseite derselben. Wenn wir uns die Richtung der Cirrusstreifen ansehen, wie sie angenähert durch eine Linie gegeben erscheint, die durch die Spitzen jedes Pfeilpaares gelegt gedacht wird, so bemerken wir sofort, daß besonders im äußern Kreise, z. B. in b, c, d, die Cirrusstreifen mit den Isobaren an den Punkten der Divergenz der Pfeile einen kleinern Winkel als  $45^\circ$  einschließen für den Fall, daß die Streifen so, wie in Figur 14 dargestellt wurde, sich bilden.

In Wirklichkeit sind die Streifen noch mehr parallel mit den Isobaren, als aus den verallgemeinernden Zeichnungen hervorgeht, da die Mehrzahl der Cyclonen nicht kreisförmig, sondern oval ist. Auch die geringere Krümmung der Winde gegen das Centrum in der mittlern Luftschichte wird bewirken, daß die Streifen weniger rechtwinklig zu den Isobaren liegen, als sie auf der Zeichnung erscheinen. Man beachte auch, daß auf der Vorderseite die Oberflächenwinde schwächer sind als die obern Strömungen, während sie auf der Rückseite bedeutende Geschwindigkeiten besitzen. Man beachte weiter, daß überall, mit nur einer Ausnahme — in der Figur bei a —, der obere Wind stets mehr nach rechts abgelenkt ist als der untere, d. h. daß, wenn der Oberflächenwind Ost ist, der obere mehr aus Südost, und wenn der untere Wind West ist, der obere mehr aus Nordwest weht. Wir können hierfür folgende Regel geben: Stelle dich mit dem Gesichte gegen den Wind, so wird der obere Wind stets mehr aus einer zu deiner Rechten liegenden Weltgegend kommen, und in je höhern Schichten der Wind weht, desto mehr wird er gegen rechts gedreht erscheinen. Das ist das fast allgemein gültige Gesetz der obern Winde für alle Wolkenhöhen auf der nördlichen Halbkugel.

Wenn der Oberflächenwind Ost ist und der der niedern Wolken Süd, so werden die hohen Cirrus aus einem Punkte zwischen Süd und West ziehen; wenn wir aber, bei demselben Ostwinde an der Erdoberfläche, die Cirrus aus Süd kommen sehen, so werden wir wissen, daß der Wind der mittlern Schichten nicht so stark gedreht sein kann, sondern aus einer süd-

östlichen Richtung wehen muß. Diese Reihenfolge, welche wir das Gesetz der senkrechten Aufeinanderfolge der Luftströmungen nennen wollen, ist ein weiterer Fundamentalsatz der Wetterkunde.

In gewissen, genau bestimmten Fällen finden wir eine scheinbar anomale Aufeinanderfolge; doch brauchen wir in diesem elementaren Werke auf solche Unregelmäßigkeiten nicht einzugehen.

Wir kommen nun zur Anticyklone. Betrachten wir wieder Figur 16; wir bemerken hier, daß im allgemeinen die Winde an der Oberfläche und in den hohen Schichten vielmehr einander entgegengesetzt wehen als in den Cyclonen; es werden dabei die Cirrusstreifen in den meisten Fällen auch genauer senkrecht auf den Isobaren stehen, wie z. B. in e, f, g.

Uebersichten wir die Oberflächenwinde in den Anticyklonen, so finden wir, daß dieselben im ganzen spiralförmig auswärts wehen, und zwar in der Richtung der Bewegung eines Uhrzeigers, und daß sie auf den Isobaren um so weniger senkrecht stehen, je ferner vom Centrum sie sind, daß sie aber stets senkrechter gegen die Isobaren wehen als die Winde in irgend einem Teile der Cyclone.

Die obern Winde dagegen wehen spiralförmig einwärts, ebenfalls in der Richtung des Uhrzeigers und auch sehr gegen die Isobaren geneigt.

Wenn wir nun die Beziehung der Cirrusstreifen zu den Isobaren aufsuchen, dürfen wir nicht erwarten, daß die Lage der Streifen ein mehr als mäßig gutes Kennzeichen für die Lage der Isobaren sei.

Ganz abgesehen von der Thatsache, daß es keine feste Demarkationslinie zwischen Cyclonen und Anticyklonen giebt, auf welcher die Streifenrichtung zu den Isobaren plötzlich aus einer parallelen in eine senkrechte übergehen würde, ist es ja klar, daß gar manche Änderung in der Lage der Streifen zu erwarten sein wird, weil dabei viel von dem Verhältnisse der Geschwindigkeiten des obern und untern Windes abhängt.

Überdies hat der Verfasser gefunden, daß zuweilen die Strömung der mittlern Schichten zwischen Oberfläche und Cirrus die Lage der Wolken wesentlich beeinflusst und daß die Richtung mancher Streifen mit Hilfe unseres Satzes nicht erklärt werden kann; trotzdem werden die obigen allgemeinen Regeln über die Lage der Cirrusstreifen sehr wertvoll bleiben.

Das folgende Beispiel einer Beobachtung von Philipp Weylbach in Kopenhagen diene zur Erläuterung unserer allgemeinen Sätze. Figur 17 (S. 65) stellt einen Teil der Cirrusstreifen dar, wie sie am 27. October 1880 um 1 Uhr nachmittags in Kopenhagen gesehen wurden und welche das schlechte Wetter, das am folgenden Tage eintraf, vorher verkündeten. Die Figur zeigt den Himmel mit geschichteten Cirrusstreifen bedeckt, welche in Wirklichkeit eine Schichte von Cirrostratus bildeten, die in großer Menge auftraten und den ganzen östlichen Himmel, vom Zenith bis zum Horizonte,

### Schönwetter- und gefahrdrohende Cirrus.

bedeckten, indem sie lange Bänder bildeten, welche tangentiell zu den Isobaren von Nordnordwest aus divergierten.

Der Barometerstand war 752 mm; es herrschte schwacher Nordwind bei einer relativen Feuchtigkeit von nur 67 %; der übrige Teil des Himmels

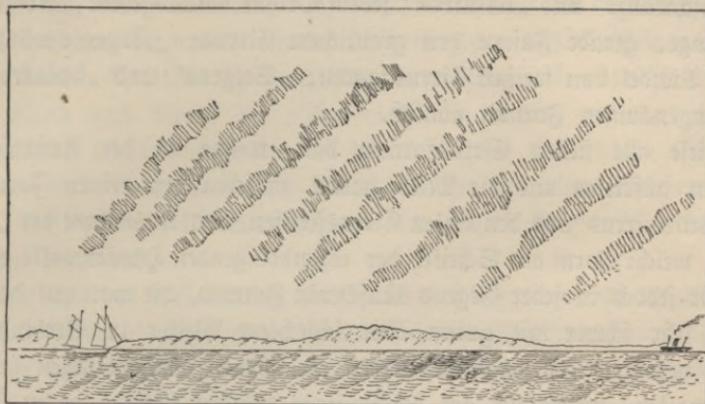


Fig. 17. Konvergierende geschichtete Cirrusstreifen.

war bedeckt mit faserigen Wolken verschiedener Form. Durch einige Stunden zogen die in feinen Linien geschichteten Cirrusbänder aus Nordwest, hierauf hellte sich der Himmel in Kopenhagen für kurze Zeit auf.

Nachmittags wurde die eben beschriebene Erscheinung durch einen gesprenkelten Himmel (ciel pommelé) ersetzt; derselbe war deutlich gezeichnet, aber die Wolken schienen für den Anblick eher schwer; die Bewegung derselben aus Nordwest war langsam.

Gleichzeitig meldete der Telegraph einen Sturm im Südosten von Irland, und am nächsten Tage wütete das Unwetter mit heftigem Schneefalle über Dänemark, während die Depression südlich davon vorbeizog. Die Landschaft in der Figur sieht gegen den Sund hinaus.

Das alles ist leicht zu erklären. Zur Zeit der ersten Beobachtung der Cirrus stand Dänemark mehr unter dem Einflusse der Rückseite einer Cyclone als dem des Keiles, welcher etwas mehr nach Westen lag, während eine neue Cyclone hinter dem Keile sich bildete. Die Isobaren werden dann zweifellos von Nordwest nach Südost liegen müssen, nahe so wie der Zug der Cirrusstreifen. Die Episode des vollkommen aufklarenden Himmels nach dem ersten Erscheinen der gefahrdrohenden Cirrus ist sehr gewöhnlich. Es ist gleichsam der erste Fehlversuch zur Entwicklung von Cirrus durch die anrückende Cyclone, worauf der Himmel neuerdings klar wird.

### Schönwetter- und gefahrdrohende Cirrus.

Es giebt viele Formen des reinen haarförmigen Cirrus, welche überall in der Welt schönes Wetter anzeigen, andere hinwieder, wie „Roßschweife“,

„Kazenschwänze“, „Ziegenhaar“, „Seegras“, „balafres“ \* u. s. w., sind in jedem Lande Vorläufer schlechten Wetters.

In England bedeuten „Roßschweife“ gewöhnlich Wind und „Ziegenhaare“ nur Regen, während in den Tropen sowohl „Roßschweife“ als „Kazenschwänze“ und „balafres“ jedem Orkane vorausgehen. „Roßschweife“ sind lange, gerade Fasern von graulichem Cirrus; „Kazenschwänze“ sind dichtere Bündel von weißen Cirrushaaren; „Seegras“ und „balafres“ sind den ebengenannten Formen ähnlich.

Diese alle stellen Cirrusformen dar, welche an der Außenseite der Cyclonen auftreten und die Mitte halten zwischen den reinen Formen des Schönwettercirrus und den echten Cirrusstreifen, mit Ausnahme der „Ziegenhaare“, welche Form am Scheitel der regenbringenden Haufenwolke erscheint. Es giebt jedoch in jeder Gegend täuschende Formen, die man auf den ersten Anblick sehr schwer mit gutem oder schlechtem Wetter in Verbindung zu bringen vermag. In England werden an schönen Sommertagen vereinzelt Haufenwolken, welche sich am Nachmittage gebildet haben, gegen Sonnenuntergang sehr klein und verschwinden; an ihrer Stelle erscheinen allmählich am Himmel geradlinige Cirrusfasern, welche nach ihrer Form allein von den „Roßschweifern“ und ähnlichen Arten, welche Wind anzeigen, nicht zu unterscheiden sind. Überall in den Tropen besteht der typische Anblick des Himmels aus Klumpen von Cumuluswolken, welche unter Bündeln von Cirrus schweben, und wenn man nicht ihre Begleitererscheinungen in Erwägung zöge, würde man die letztern als gefahrdrohende Cirrus ansehen können. Die Wolken müssen aber immer nach ihren Vorbedingungen und Begleitererscheinungen beurteilt werden. Wenn nach Auflösung einer Cumuluswolke allmählich Cirrusfasern anwachsen, wird uns der allgemeine Eindruck des Wetters sowie das Nachlassen des Windes in unsern Gegenden gewöhnlich vor dem Mißverständnisse schützen, daß man diese „Roßschweife“ eines Sommerabends mit der ähnlichen Wolke verwechsle, welche den Himmel an einem windigen, stürmischen Tage mit Fasern bedeckt.

Die „Kazenschwänze“, welche vor den tropischen Orkanen auftreten, verschwinden nicht wie die gewöhnlichen Cirrusbüschel bald nach Sonnenuntergang, und wenn sie mit einem stetigen, langsamen Fallen des Barometers zusammentreffen, so zeigen sie mit Sicherheit einen gefährlichen Sturm an. Das ist ein treffliches Beispiel für den in der ganzen Wolkenlehre gültigen Satz, daß dieselbe Wolke nicht immer dasselbe Wetter anzeigt, nicht einmal für ein und dieselbe Gegend. Die Erklärung hierfür ist zweifelhaft; einige glauben, daß das Wesentliche bei der Bildung einer Cirrusfaser in

\* balafres, das Gesicht zerfetzen; man könnte daher „balafres“ etwa mit „zerfetzte Cirrus“ übersetzen. Der Übersetzer.

einem dünnen Strömchen dampfreicher Luft zu suchen sei, welches sich langsam aus einer untern Luftströmung in eine obere von verschiedener Richtung und Geschwindigkeit erhebt.

Ist der Auftrieb in diesem Strömchen nur die Wirkung der Sonne, welche die am Boden befindliche Luft erwärmt, so ist der daraus entstehende Federbüschel ein Schönwettercirrus. Ist hingegen das Aufsteigen der Luft dem cyclonalen Auftriebe zu verdanken, dann zeigen die Bündel der Cirrofasern Wind und Regen an. Andere halten dafür, daß das Einfallen dampfreicher, oberer Luftströme an der Stirnseite einer Cyclone in hohen Schichten die Kondensation des Wasserdampfes zu Eizpartikelchen bewirkt, welche in Cirrusbüschel ausgezogen werden, sobald sie sich in etwas tiefere Schichten herabsinken.

Wir sind der Ansicht, daß die Cirrus auf die eine und auf die andere Weise sich bilden; doch ist es unmöglich, sich endgültig auszusprechen, ehe wir nicht eine genauere Kenntniß der Bewegungsvorgänge in der Cyclone besitzen.

### Cirrostratus.

Wir kommen nun zu den zusammengesetzten Wolkenformen, und hier finden wir leider die größte Verwirrung in den Bezeichnungen, welche für dieselbe Wolke von den verschiedenen Meteorologen gebraucht werden. Beginnen wir mit dem Cirrostratus. Darunter verstehen wir eine dünne Wolkenschichte, welche nicht gleichförmig ist wie der reine Stratus, sondern zusammengesetzt aus wie immer verwickelten Cirrusfasern, dabei aber nicht aus gestreiften, gewölbten oder gefleckten Wölkchen besteht.

Zuweilen sind die Cirrusfasern verwoben und dann sieht die Wolke nebartig aus wie ein gewebter Stoff; sie besitzt dann eine unbegrenzte Verschiedenartigkeit der Struktur. Die Wolke, welche wir Cirrostratus nennen, ist identisch mit der, welche auch Howard und Hildebrandson Cirrostratus nennen, und umfaßt dieselben Formen wie das Cirrovelum von Ley. Über die Entstehung des Cirrostratus können wir nur wenig Sicheres sagen. Aus den Beobachtungen ersieht man, daß er gewöhnlich an der Stirnseite der Cyclonen und sekundären Depressionen sich bildet. Wenn die Sonne oder der Mond durch denselben scheint, so finden wir regelmäßig, daß ein Ring entsteht, und können daraus mit Sicherheit den Schluß ziehen, daß diese Wolke aus kleinen Eizkristallen gebildet ist. Schwierigkeiten bietet aber die Erklärung der unzähligen Gestaltungen, welche sie annimmt, und der raschen Veränderungen, welchen sie unterliegt. Obwohl wir gezwungen sind, bei ihrer Benennung das Wort Stratus anzuwenden, weil sie eine dünne Schichte bildet, so ist es doch äußerst zweifelhaft, ob ihre Bildung mit der des reinen Stratus etwas gemein hat, von welchem letzterem wir sahen, daß er der Ausstrahlung in Anticyklonen zu verdanken ist. Sie scheint

aber mit dem reinen Cirrus und noch mehr mit den Cirrusstreifen manches Gemeinsame aufzuweisen. Dennoch wissen wir nicht zu sagen, warum sich an der Stirnseite der Cyclonen schichtenförmige und auf der Rückseite haufenförmige Wolken bilden.

Zuweilen bildet sich der Cirrostratus in niedrigen Schichten und dann mehr kompakt in seiner Struktur; man nennt ihn in dieser Höhe Strato-cirrus<sup>8</sup>. Diese Form ist in Skandinavien unbekannt, aber sehr gewöhnlich in manchen Gegenden der Tropen.

#### Entstehung der Schichtungen.

Der einzig vernünftige Erklärungsversuch in Bezug auf die Bildung der Schichtungen, welche wir sowohl in den Cirrusstreifen als im Cirrostratus vorfinden, besteht in der Annahme, daß ein Streifen oder eine dünne Schichte von Eisnebeln, zuweilen gegenüber einem raschern Winde, welcher ihn plötzlich trifft, relativ in Ruhe sich befinde. Wir können uns vorstellen, daß dann eine flache Schichte sich in kleinen Wellen rechtwinklig zum Winde furcht. Allein das würde zweifellos nur die zum Streifen senkrechten Schichtungen, nicht aber die dazu schiefen Zeichnungen erklären. Wir sehen oft ein deutlich strukturloses Feld von Cirrostratus plötzlich sich schichten, als ob ein Windstoß wie über einen Teich hineingeblasen hätte.

Allein es ist eine Thatsache, daß die Schichtungen zu der Lage der Streifen und zur Richtung der Bewegung des Cirrostratus ebenso oft schief gerichtet sind als nicht. Hier ist wiederum die einzig begründete Annahme die, daß die schiefen Schichtungen in irgend einer Weise die Wirkung eines obern Luftstromes sind, welcher in einer zu dem Oberflächenwinde verschiedenen Richtung weht und so Wolkenrollen erzeugt.

Für den Anblick liegt in der seitlichen Bewegung mancher Cirrusstreifen sicher etwas, was nicht wie das Treiben einer vereinzelt Haufenwolke mit dem Winde aussieht. Wenn die erstern wirklich durch eine dynamische Strömung fortgetrieben würden, während der letztere nur in einem Luftstrom schwebt, so würde der Unterschied wahrscheinlich erklärt sein. Könnte man diesen Gedanken durchführen, so würde man die Bewegung der obern Strömungen genauer erhalten als gegenwärtig; denn jetzt nimmt man stets an, daß die Bewegung einer Wolke dieselbe ist wie die des Windes, in welchem sie treibt.

Zuweilen bildet eine Reihenfolge von aufsteigenden Luftfäden, einer hinter dem andern, nahezu senkrechte, parallele Cirrusfasern, welche man nicht irrtümlich für horizontale Schichtungen ansehen darf<sup>9</sup>. Alle Beobachter stimmen darin überein, daß die Thatsache der Schichtung oder Nebbildung keine praktische Wichtigkeit für die Wettervorhersage auf Grund der Wolkenformen besitzt, und so werden wir keine genauern Beschreibungen der Abarten dieser Formen geben.

### Cirrocumulus.

Die nächste große Klasse zusammengesetzter Wolken ist der Cirrocumulus. Darunter verstehen wir eine durchbrochene WolkenSchichte in großen oder mittlern Höhen, deren Masse nicht aus Fasern besteht wie der Cirrostratus, sondern aus mehr oder weniger geballten oder gerollten Gebilden, welche jedoch nichts von dem gebirgigen Ansehen des reinen Cumulus darbieten.

Deshalb ist auch die Bezeichnung Cirrocumulus bis zu einem gewissen Grade eine unglückliche. Wir sind aber gezwungen, dieses Wort zu gebrauchen, um nicht neue Ausdrücke einzuführen, und wenn nur durch gegenseitige Übereinkunft feststeht, was man mit Cirrocumulus für eine Wolke bezeichnet, liegt nicht viel daran, wenn das Wort nicht ganz logisch ist. Die Wahl des Wortes „Cirrocumulus“ ist deshalb eine unglückliche zu nennen, weil die gegebene Definition der damit bezeichneten Wolke, auch wenn wir die kleinen, hohen Cumulus, welche zuweilen aus haarförmigen Cirrus herauswachsen und die wir oben als reihenbildende oder hohe Cumulus beschrieben haben, ausschließen, noch immer auf zwei verschiedene Wolkenformen paßt.

Die eine Form, welche auf der ganzen Welt bei weitem am häufigsten vorkommt, besteht aus geballten Wolken von flockigem Aussehen, die in den verschiedensten Sprachen unter dem Namen „Wollballen“, „Schäfchen“, „Kammerwolken“ oder ähnlichen Bezeichnungen allgemein bekannt sind. Das ist der Cirrocumulus nach Fikroy, Weylbach, Hildebrandson und nach Howard. Die von Weylbach *nubes hiemales* (Winterwolken) benannten Wolken sind eine Abart dieses Typus; sie bilden sich über Scandinavien und Nordeuropa während der kalten Jahreszeit mit großer Beständigkeit. Die dünne WolkenSchichte liegt dann in einer mäßigen Höhe und zeigt das Bestreben, sich in lange, parallele Bänder schnell bewegter, flockiger Massen anzuordnen.

Es ist außerordentlich schwierig, diese Wolkenart in einem Bilde wiederzugeben. Figur 18 (S. 70) ist jedoch ein ziemlich gelungener Versuch, eine Photographie des flockigen Himmels wiederzugeben. Hier zeigt diese Wolke wie immer ein mehr oder weniger ausgesprochenes Bestreben, sich nach zwei Richtungen anzuordnen: einmal der Länge der Bänder nach und dann nach der Lage der Schichtungen. Die Wirkung dieser zwei sich kreuzenden Richtungen ist zuweilen die, daß die einzelnen Wölkchen, die das Ganze zusammensetzen, eine viereckige oder rautenförmige Gestalt erhalten und so der Anblick des Himmels einem gigantischen Schachbrette gleicht. Wir können über die Bildungsweise des flockigen Himmels wenig sagen, obwohl im allgemeinen kaum ein Zweifel sein dürfte, daß sowohl das wollige Aussehen als die Schichtung der Berührung und rollenden Reibung zweier nach verschiedenen Richtungen sich bewegender Luftschichten zu verdanken ist. Flockige

Wolken stehen thatsächlich von den bündelförmigen Cirrostratus nicht weit ab, obwohl sie von so auffallend verschiedener Form sind. Wir sehen in England oft büschelige Wolken sich rasch, in einigen Minuten, zu flockigen entwickeln und dann wiederum in Büschel und Krausen sich zurückverwandeln. In der Regel entwickelt sich aber der Cirrostratus zu eigentlichem Cumulus und ist daher ein sichereres Anzeichen schlechten Wetters als der flockige Cirrocumulus.



Fig. 18. Flockiger Cirrocumulus.

Wir wissen auf Grund der Beobachtungen, daß der flockige Cirrocumulus in der gemäßigten Zone sich hauptsächlich an den Rändern der Anticyklonen und wohl auch als Vorläufer von Gewitterstürmen und einigen Arten nicht von der Luftdruckverteilung abhängiger Regen bildet. In den beiden letztern Fällen bestehen dann obere Luftströmungen, welche eine vom Oberflächenwinde sehr verschiedene Richtung besitzen, während die Geschwindigkeit der Bewegung von verschiedenen Umständen abhängt. Dies setzt uns in den Stand, die folgende Reihe weitverbreiteter Wetterregeln zu erklären:

„Wenn wolkige Flecken des Himmels Fluren bedecken,  
Sei ruhig, kein Regen wird an Sommertagen dich schrecken“

oder das französische Sprichwort: *El ciel pecoun promet un bel matin* (Ein Schäfchenhimmel verspricht einen schönen Morgen). Andererseits sieht es Virgil als ein Regenzeichen an, wenn es sich trifft

„*Tenuia . . . lanae per caelum vellera ferri*“  
(Daß über den Himmel zarte Wollenfließe eilen).

So auch das Sprichwort in der Nachbarschaft von Pisa:

„Cielo a pecorelle,  
Aqua a catinelle“

(Thut der Himmel Schäfchen führen,  
Kommt der Regen bald in Schürren);

und in Tirol sagt man: „Sind morgens Schäfchen am Himmel, wird's nachmittags hageln oder schneien.“ Auch in Frankreich giebt es ein Sprichwort, das dem oben citierten widerspricht:

„Temps pommelé, fille fardée,  
Ne sont pas de longue durée“

(Floctiger Himmel, geschminkte Maid,  
Beides dauert nur kurze Zeit).

Der Ausdruck *temps pommelé* (gefleckter Himmel) ist etwas doppel-sinnig und könnte auch auf jene Form von Cirrocumulus passen, welche in Nordeuropa als „makreliger“ Himmel (*mackerel sky*) bekannt ist.

Wie immer, wir haben hier jedenfalls eine offen sich widersprechende Reihe von Wetterregeln in Übereinstimmung zu bringen. Die Ursache des Widerspruches scheint darin zu liegen, daß in Nordeuropa meist cyclonale Regen fallen und deshalb denselben nicht floctige Cirrocumulus vorausgehen, so daß das Erscheinen dieser Wolke am Rande einer Anticyklone wenigstens für einen Tag schönes Wetter bedeutet. Dahingegen bilden sich in Zentral- und Südeuropa floctige Wolken gewöhnlich an der Stirnseite einer sekundären Depression, vor Gewitterstürmen und vor Regen, welche von der Luftdruckverteilung unabhängig sind. Wir können uns wohl denken, daß sowohl an den Rändern der Anticyklonen als auf der Vorderseite sekundärer Depressionen, Gewitterstürme u. s. w. obere Luftströmungen von verschiedenen Richtungen gegenüber dem Oberflächenwinde auftreten, zwischen welchen eine Volkenschichte liegt; freilich ist die Entstehungsweise des kondensierten Wassers in den verschiedenen Fällen nicht dieselbe. In den Anticyklonen liefert den Wasserdampf wahrscheinlich die Verdunstung an der Erdoberfläche; er erhebt sich dann infolge der Erwärmung der Luft, bis die Temperatur auf den Taupunkt gesunken ist. In den sekundären Depressionen ist das Aufsteigen desselben eine Folge des dynamischen Auftriebes der cyclonalen oder einer andern Bewegung.

Der Unterschied ist ganz analog demjenigen zwischen den büscheligen Cirrus, die sich des Abends am Rande einer Anticyklone bei schönem Wetter bilden, und derselben Wolke, welche einem gefährlichen Sturme vorausgeht.

In Wirklichkeit sind die Begleiterscheinungen so verschieden, daß die augenscheinliche Ähnlichkeit der gleichnamigen Formen selbst den gewöhnlichsten Beobachter selten irreführt.

Die zweite Hauptart des Cirrocumulus besteht aus rundlichen, isolierten Wölkchen ohne jedes flockige Gewebe. Das ist der wohlbekannte „makrelige Himmel“ von Nordeuropa<sup>10</sup>. Wenn die Wölkchen etwas eckig sind, so erhalten wir die „makrelige Ringe“ genannte Form. Wir können diese Form „rauhes Cirrocumulus“ nennen, um sie von dem flockigen desselben Geschlechtsnamens zu unterscheiden. Wie die flockige Wolke eine der gewöhnlichsten ist, so ist der makrelige Himmel von größter Seltenheit; wir konnten aus diesem Grunde auch keine genügende Anzahl Beobachtungen erhalten, um den Zusammenhang dieser isolierten Wölkchen mit irgend einer bestimmten Form der Isobaren oder irgend einer Art von Regen festzustellen.

Doch verbindet jede Wetterlehre den „makreligen Himmel“ mit schönem Wetter; denn selbst im regenreichen Irland finden wir das Sprichwort:

„Mackerel sky,  
Twelve hours dry“

(Himmel mit makreligen Flocken,  
Zwölf Stunden trocken).

Warum dies der Fall ist, sind wir nicht im Stande zu sagen, über die Thatsache herrscht aber kein Zweifel.

Eine noch seltenere Form von Cirrocumulus erscheint in kleinen, hängenden Vorsprüngen der untern Fläche einer allgemeinen Wolkendecke in Form von Säcken und Beuteln, welche guirlandenförmig einen Teil oder selbst den ganzen Himmel einnehmen. Ley nennt sie Cirrovelum mammatum, wir wollen sie aber guirlandenartige Cirrocumulus nennen. Wenn in den Tropen bei Sonnenuntergang diese Guirlanden eine rosige Farbe annehmen und gleich purpurnen Trauben vom heitern Himmel hängen, kann man sie ihrer Schönheit wegen kaum übersehen.

Zuweilen findet man eine mehr kompakte Form des Cirrocumulus in geringerer Höhe; man wird sie dann zutreffender als Altocumulus oder Cumulocirrus<sup>11</sup> bezeichnen, um die niedrigere Höhe anzuzeigen. Diese sichtliche Häufung von Wolkennamen wird uns durch die Notwendigkeit aufgezwungen, durch dieselben eine Vorstellung von ihrer Höhe zu geben, da es wichtig ist, die Beziehung der Wolkenformen zur Bewegung der höhern Luftströmungen zu kennen. Zum Beispiel könnte am Westrande einer Anticyklone der niedrigere Altocumulus aus Süden ziehen, während der höhere Cirrocumulus eine Südwestströmung anzeigt. Es würden daher Beobachtungen, welche Altocumulus und Cirrocumulus nicht unterscheiden, zu einer widerspruchsvollen oder irrigen Anschauung über den allgemeinen Kreislauf der Luft in einer Anticyklone führen.

## Stratocumulus.

Eine andere große Klasse zusammengesetzter Wolken ist der Stratocumulus. Darunter verstehen wir eine große Masse Wolken, die eine Schichte bilden, welche nicht genügend gleichförmig, um Stratus, und nicht genügend geballt ist, um Cumulus genannt zu werden. Diese Form ist der Cumulostratus von Fitzroy. Howards Cumulostratus ist keine echte Wolkenart, sondern eine Zusammensetzung eines dünnen Stückes von Cirrostratus mit einem Cumulus, an dessen Scheitel er aufsitzt, oder einem vereinzelt Klumpen von Cumulus, den er durchkreuzt, wie in Figur 13 a (S. 53). Die Ableitung des Namens liegt auf der Hand. Die allgemeine Wolkenmasse bildet eine Schichte und deshalb muß der Name das Wort Stratus enthalten; die einzelnen Teile sind aber massig, und um dies auszudrücken, muß in dem Namen auch das Wort Cumulus vorkommen.

Diese Wolkenform ist in Großbritannien und Deutschland typisch für die Vorderseite der Cyclone. Wir können ihre allmähliche Entwicklung durch alle Phasen verfolgen. Cirrusstreifen werden zuerst dicker, senken sich und bilden so Cirrostratus; sowie sich die Regenzone der Cyclone nähert, verliert der Cirrostratus sein faseriges Aussehen, wird noch dichter und senkt sich noch mehr gegen die Erdoberfläche, bis schließlich jede Spur von Struktur in der regellosen, formlosen Masse der Wolken, welche den ganzen Himmel bedeckt, verloren geht. Noch später senkt sich die Wolke wieder tiefer und wird dunkler, bis es zuletzt zu regnen beginnt; dann würde die Wolke Stratocumulus zu nennen sein, weil sie eine Schichte bildet, aus welcher Regen fällt. Wenn dann der Himmel auf einen Augenblick sich lichtet und uns der Anblick der Wolkenzusammensetzung gestattet ist, sehen wir, wie sehr die Wolke von einem reinen gebirgigen Cumulus sich unterscheidet, sowohl weil sie sehr flach als auch verhältnismäßig dünn ist. Wir müssen in der That den Stratocumulus als eine Entwicklung aus dem Cirrostratus ansehen und dürfen ihn nicht als einen Verwandten oder eine Abart des Cumulus auffassen, obwohl wir in den Namen das Wort Cumulus aufnehmen.

Es sei hier auf einen Punkt hingewiesen, den wir nicht leicht zu erklären im stande sind. Auf der Vorderseite der cyclonalen „Rinne“ haben die Wolken ein sehr ausgesprochenes Bestreben zur Stratusbildung, während auf der Rückseite derselben die aufsteigenden Strömungen in Form wohlbegrenzter Luftsäulen vor sich gehen und gebirgige Haufenwolken erzeugen<sup>12</sup>. Dies weist auf einen gewissen Unterschied der Symmetrie in diesen beiden Teilen einer Cyclone hin, und die einzige Vorstellung, die wir uns von der mutmaßlichen Ursache vielleicht machen könnten, dürfte an den Umstand zu knüpfen sein, daß die obere Winde im Vordertheile der Cyclone

denen an der Erdoberfläche viel mehr entgegengesetzt sind als auf der Rückseite derselben, wo sie mit den untern Winden fast parallel wehen. Zum Teil mag auch dazu beitragen, daß bei der fortschreitenden Bewegung der Cyclone als Ganzes dieselbe auf die einwärts biegenden Winde stößt, während sie auf der Rückseite denselben aus dem Wege läuft.

Eine andere Form des Stratocumulus ist in den Tropen sehr häufig. Die Massen, welche die Wolken zusammensetzen, sind weiter getrennt als bei uns und so dünn, daß in der Perspektive jede nur einer schwarzen, dünnen Barre gleicht und so in Folge der breiten Zwischenräume der ganze Himmel nahe dem Horizonte gestreift aussieht wie eine venetianische Blende.

Näher dem Zenithe sieht man nur die unregelmäßige Basis von zerstreuten Wolken, ohne jede Spur einer Anordnung oder von Barren. Der Unterschied zwischen diesen auffallend langen Barren und den wahren Cirrusstreifen ist sofort zu entdecken, wenn man sich nach irgend einer Richtung bewegt. Die Barren des Stratocumulus folgen dem Beobachter und bleiben dem Horizonte parallel, wohin immer man schaut; denn ihre reihenförmige Anordnung ist nur eine Wirkung der Perspektive; dahingegen konvergieren die Cirrusstreifen nach einem und demselben Punkte am Horizonte. Figur 19,



Fig. 19. Stratocumulus, Rollcumulus.

welche ein schönes Beispiel dieser Art von Wolken bietet, ist dargestellt nach einer Photographie des Verfassers in  $18^{\circ}$  südl. Breite und  $4^{\circ}$  östl. Länge, somit im Südostpassat zwischen Goree und Kapstadt. Man sieht sofort, daß die Wolkendecke für einen Stratus zu unregelmäßig ist, daß aber die Massen, in welche die Wolke zerklüftet ist, mit dem reinen Cumulus nichts gemein haben; ebenso erkennt man deutlich, daß die reihenartige Anordnung gegen den Horizont zunimmt. Dies ist die Wolke, welche in England die ganz unglückliche Bezeichnung Rollcumulus erhalten hat.

## Nimbus.

Obwohl der wahre Stratocumulus in nichts mit dem Cumulus verwandt ist, sehen wir doch zuweilen eine Wolke dieses Typus stellenweise mit einem zwar unregelmäßigen, aber entschiedenen Cumulus vereint. Wir müssen auch diese Stratocumulus nennen, da sie durch unmerkliche Grade hindurch in die reinen Formen desselben Namens übergeht.

Zuweilen begegnen wir auch Stratocumuli, welche in der gemäßigten Zone bei schönem Wetter aus Altocumulus sich entwickelt haben, so daß Name und Form dieser Wolke allein uns über Ursprung und Bedeutung derselben wenig sagen.

## Nimbus.

Die mit Nimbus bezeichneten Wolken brauchen uns nicht lange aufzuhalten; wir wollen hauptsächlich nur die unglückselige Verwirrung erklären, welche aus dem unsichern Gebrauche dieses Wortes entstanden ist.

Jede Art von Wolken, aus welchen Regen fällt, ist ein Nimbus. Praktisch genommen giebt es zwei Sorten derselben: Cumulonimbus, die gebirgige Haufenwolke, aus welcher heftiger Regenschauer niedergeht, und reiner Nimbus, eine flache Wolke, mehr schwerem Stratocumulus ähnlich, die sich aus oder jedenfalls unter dem Cirrostratus auf der Vorderseite der außertropischen Cyclonen bildet. Howard definiert den Nimbus folgendermaßen: „Eine Wolke oder ein System von Wolken, aus welchen es regnet. Er ist eine horizontale Schichte, über welche der Cirrus sich ausdehnt, während der Cumulus seitwärts oder von unten eintritt.“

Hildebrandson gebraucht das Wort in einer eingeschränkten Bedeutung; er behält die Bezeichnung Nimbus niedrigern Schichten schwarzer, zerrissener Wolken vor, aus welchen es regnet. Poey nennt dieselben zerrissene Wolken, Fractocumulus.

Weylbach bezeichnet durch den Ausdruck Nimbus die Eigenschaft, die eine Wolke besitzt, unter gewissen Umständen eine Quelle des Regens zu sein oder zu werden, und giebt dann drei Arten derselben an: Nimbo-pallium, die Regenwolke auf der Vorderseite der Cyclone, wir haben sie reinen Nimbus genannt; Nubeculae, leichte Wölkchen, und Nimbostratus, die Regenwolke auf der Rückseite der Cyclone, welche wir als Cumulonimbus bezeichnet haben. Er giebt dann auch einen flachgezeichneten Cumulonimbus an, welcher mit dem, was wir unter diesem Namen begreifen, gleichbedeutend ist.

Die Ursache, warum Nimbus zu einer eigenen Klasse von Wolken gemacht wird, rührt von der Thatfache her, daß im Augenblicke, wo es zu regnen beginnt, eine plötzliche, auffallende Veränderung im Anblicke der Oberfläche der Wolke auftritt, deren genaue Natur wir gegenwärtig nicht zu erklären vermögen.

Folgende bemerkenswerte Beschreibung der Veränderungen, welche in dem Aussehen des Scheitels einer Cumuluswolke auftreten, sobald sie zu regnen beginnt, rührt von Ley her.

„Am sommerlichen Himmel beginnt ein massiver Cumulus, einige Meilen vom Beobachter entfernt, sich zu bilden. Da die Atmosphäre bis zu einer Höhe von etwa 4000—5000 m nahezu ruhig ist, behält der Cumulus seine halbkugelige Form bei, und es türmt sich eine enorme Anhäufung von Wolkenmassen auf, deren Kubikinhalte nach oben einen Raum von einigen 100 englischen Meilen einnimmt, während die außerordentliche Dunkelheit der Wolke darauf hindeutet, daß die Wassertropfchen, aus welchen sie besteht, ziemlich enge aneinander gerückt sind. Solange eine solche Wolke die scharfen Linien ihrer oberen Teile und ihre allgemeine, gerundete Figur beibehält, fällt aus derselben kein Regen. Plötzlich bekommt aber der obere Scheitel der Wolke ein geglätteteres Aussehen, und Cirrusfasern strahlen seitlich von ihm aus. Diese Änderung tritt stets gleichzeitig ein mit dem Niederstürzen eines Regengusses aus der Wolke.

„Die elektrische Ladung, welche das Zusammenstoßen der Tröpfchen der Wolke, solange dieselben kugelförmig blieben, verhinderte, wurde plötzlich in den oberen Teilen der Wolke vermindert, als Wolkenelemente zu Eiszadeln erstarrten, aus deren Ranten und Enden die Elektrizität sofort ausströmt.

„Die jetzt nur mehr mäßig geladenen Tröpfchen vereinigen sich und nehmen in ihrem raschen Falle die kleinern Tröpfchen, mit welchen sie in Berührung kommen, auf.

„Der fallende Regen und vielleicht noch rascher die durchbrechenden Entladungen bewirken ferner ein weiteres ‚Abzapfen‘ der Elektrizität aus der Wolke, d. h. sie erniedrigen das Potential der Wolkenmasse, und der regenerierende Vorgang hält an, bis der ganze oder fast der ganze untere Teil der Wolken verschwunden ist. In diesem Augenblicke, wo nicht nur in den untern Schichten der Atmosphäre, sondern auch in den höhern nur geringe Bewegung besteht, ist die Eiszwolke, welche in den höhern Schichten zurückbleibt, ein echter Cirrus, dessen haarige und verflochtene Formen wahrscheinlich kleinen seitlichen Ungleichheiten des Druckes zu verdanken sind, die durch den Vorgang der Kondensation und des Gefrierens erzeugt werden. Ein so entstandener Cirrus mag nahezu unbeweglich mehr als 24 Stunden am Himmel hängen oder, was noch öfter eintritt, sehr langsam über Gegenden hinziehen, von welchen aus der Regen, durch den er hervorgebracht wurde, nicht zu sehen war.“

Ley sagt weiter, daß er stets aus dem Anblicke des Scheitels einer Wolke zu erkennen vermag, ob es aus ihr regnet oder nicht. Allein das Ausfransen des Regencumulus in Cirrus ist sicherlich keine notwendige Bedingung des Regens.

Die Anspielung auf die Entladung der Elektrizität im Augenblicke des Regenfalles bezieht sich auf die Thatsache, daß freie, statische Elektrizität bestrebt ist, die kleinen Kügelchen kondensierten Dampfes auseinanderzuhalten.

Lord Rayleigh hat experimentell bewiesen, daß schwach elektrifizierte Wassertropfchen das Bestreben haben sich zu vereinigen, daß hingegen stark elektrifizierte Tropfen einander abstoßen. Die genaue Bedeutung dieses Experimentes für die Regenbildung ist nicht zu durchschauen; es zeigt aber unzweideutig, daß ein tatsächlicher Zusammenhang zwischen dem Regen und den elektrischen Auserungen der Wolke besteht. Wir wollen jedoch bemerken, daß die Einwirkung der Elektrizität gegenüber den andern Einflüssen, welche Regen hervorbringen, wohl sicherlich in den Hintergrund tritt.

Die Elektrizität mag den Regen in einer Wolke veranlassen, sie kann aber den aufsteigenden Luftstrom, welcher die Grundursache des Regens ist, nicht hervorrufen. Im Zusammenhange mit dem Aussehen des Scheitels eines Cumulus steht ein wohlbekanntes Sprichwort, welches lautet: „Wenn Wolken wollig aussehcn, ist Schnee zu erwarten.“ Dies bezieht sich auf den Scheitel von Cumuluswolken und nicht auf die gewöhnlichen Cirrocumulus, welche man im Sommer so oft sieht. Man hat Ursache anzunehmen, daß dieses wollige Aussehen daher rührt, daß die Wolke wirklich aus gefrorenen und nicht aus flüssigen Wassertropfen besteht. Der Verfasser hat einige Beobachtungen über das plötzliche Ausprühen von Regen oder Hagel, welches oft unmittelbar nach einem Blitze auftritt, und den Donnererschlag, welcher es begleitet, gemacht. Indem er die Zeit, welche zwischen dem Blitze einerseits, dem Donner und dem Sprühregen andererseits verfloß, zu einem Fünftel einer Sekunde gemessen hatte, fand er, daß der Blitz, der Donnererschlag und das Ausprühen des Regens in der That als gleichzeitig eintretend angenommen werden können, daß aber die drei Eindrücke die Erdoberfläche zu verschiedenen Zeiten erreichen, weil Licht, Schall und fallende Körper mit verschiedenen Geschwindigkeiten begabt sind.

So pflanzt sich das Licht für alle praktischen Fälle unendlich schnell fort; der Schall mit einer Geschwindigkeit von 333 m in der Sekunde, während die Regentropfen eine bestimmte Höhe in einer bestimmten Zeit unter dem Einflusse der Schwere durchfallen. Der Beweis liegt darin, daß man die Entfernung des Ortes des Blitzes gleich findet, wenn man sie einmal aus der Geschwindigkeit des Schalles des Donners und ebenso aus der Geschwindigkeit des Regenfalles bestimmt. Zum Beispiel bei einer Gelegenheit war die Zwischenzeit zwischen Blitz und Donner 5 Sekunden, während der Regen erst nach 19 Sekunden eintrat. Berechnet man nun die Entfernung der Stelle des Blitzes aus der Geschwindigkeit des Schalles, so findet man dieselbe zu 1670 m, wohingegen die Höhe, durch welche ein Tropfen in 19 Sekunden fallen könnte, 1570 m wäre. Der Unterschied ist nur 100 m,

welcher in Rücksicht auf die Natur der Beobachtungen sehr klein zu nennen ist, wenn man beachtet, daß die Verzögerung durch den Luftwiderstand für den fallenden Tropfen uns unbekannt ist. Thatsächlich trifft der Donner immer vor dem Regen ein, und wir können sagen, daß dieselbe durchschlagende Entladung der Elektrizität drei Boten von verschiedener Geschwindigkeit und verschiedener Sprache zur Erde sendet: Das Licht zum Auge, den Schall zum Ohre und den Regen zum Tastsinn.

### Nicht klassifizierte Wolken.

Soviel über die großen Unterabteilungen der Wolken. Wir müssen aber auch einzelne kleinere Formen erwähnen, da sie einige Bedeutung für die Beurteilung des Wetters besitzen.

### Cirrusnebel oder Cirrussehler.

Wenn wo immer in der Welt eine Cyklone heranrückt und wir uns in der Nähe ihrer Zuglinie befinden, sehen wir zuweilen, wie der blaue Himmel zuerst weißlich, hierauf grau wird und dann rieselnden Regen bringt — ohne die Bildung einer eigentlichen Wolkenform. Wenn dies eintritt, so heißt es im Volksmunde: „Der Himmel ist krank“; das ist dann ein fast untrügliches Zeichen von Regen und ein wahrscheinliches für Wind. Ley hat den Namen Cirrusnebel für diese Erscheinung vorgeschlagen. Diese Bezeichnung scheint sehr passend zu sein, wenn wir darauf Bedacht nehmen, daß die rohe Auffassung von der Wolkenhöhe, welche wir sonst mit der Bezeichnung „Cirro“ und „Cumulo“ verbinden, dabei auch zum Ausdruck kommen soll.

Diese Wolke hat nichts von der faserigen oder haarförmigen Struktur, auf welche das Wort Cirrus streng genommen angewendet wird; wenn wir aber daran denken, daß das Wort Cirrus die Idee einer hohen Wolke in sich trägt, dann ist der Ausdruck Cirrusnebel ganz richtig. Sie schwebt ausnahmslos in einer großen Höhe und da sie fast immer, wenn die Sonne oder der Mond durch sie durchscheint, einen Ring zeigt, so müssen wir annehmen, daß sie aus gefrorenen Teilchen oder kristallinem Eisnebel besteht. Nachdem sie sich gebildet hat, ist oft eine Schichte von Cirrostratus zu sehen, welche unterhalb derselben entsteht. Aus alledem können wir die wichtige Folgerung ziehen, daß die obern Schichten an der Stirnseite einer Cyklone sehr kalt sind, obwohl an der Erdoberfläche durchwegs eine überschüssige Wärme für diesen Teil der Cyklone charakteristisch ist.

### Wölkchen, Wölkchensehen.

Wir haben eben vorher bemerkt, daß unter jener Wolkenmasse, welche sich zum Regnen ansammelt, oft abgetrennte, kleine Wolken in hastiger Bewegung

zu beobachten find. In England nennt man fie scud (leichte Wölkchen). In Frankreich heißen fie fuyards oder diabletons, während Boey „Fractocumulus“ vorfchlägt. Wenn diefelben zerfetzt statt formlos find, dann find fie in England wegen ihres ausgefranften Aussehens als wrack (Wolkenfetzen) bekannt. Nach der obigen Befchreibung liegt es auf der Hand, daß diefelben in allen Fällen mehr die Begleiter fchwerer Regenwolken als eigentliche Regenzeichen find. Was wir zu erklären haben, ift ihre Entfiehung. Sie dürften einfach dadurch fich bilden, daß bei aufgewühltem Wetter infolge der unregelmäßigen Art des aufsteigenden Luftftromes kleine Wolkenmassen, ähnlich den gewöhnlichen zerfranften Wolken, entfiehen. Die fcheinbar rafche Bewegung derfelben dürfte aber daher kommen, daß fie der Erdoberfläche näher liegen als die übrigen Wolken, die fie begleiten.

### Wolkenkrausen.

An der Stirnseite gewiffer Arten von Böen und Gewitterftürmen fieht man zuweilen eine lange, fchmale Rolle einer fchwarzen Wolke, die fich reißend fchnell mit ihrer Breitseite nach vorwärts bewegt, wovon in Figur 56 unter der Auffchrift „Pamperos“ ein fehr schön entwickelter Fall zur Darftellung gebracht ift.

Schwarze Wolkenkrausen, allerdings in einer viel weniger ausgesprochenen Form, find in England vor einer gewissen Klaffe von Böen und Regen und an der Stirnseite eines eigentümlich leichten Gewölbes von regenbringenden Wolken fehr gewöhnlich, wie wir dies in Figur 54 im Kapitel über die Böen darftellen.

Es giebt ohne Zweifel noch manche andere kleine Unterfchiede der verfchiedenen Klaffen von Wolken, auf welche auch nur anzufpielen in einem elementaren Werke gleich dem vorliegenden unmöglich ift. Unfer Zweck ift erreicht, wenn es uns gelungen ift, die allgemeinen Gefetze der Wolkenbildung und die Methode, nach welcher aus ihrer wechfelnden Erfcheinung das kommende Wetter zu erkennen ift, zu erklären. Wenige Stunden, welche man der Beobachtung der Veränderung und der Auflöfung der Wolkenformen des mit abgetrennten Cumulus bedeckten Himmels oder der fehr verfchiedenen Veränderungen, welche der Cirrostratus faft von Minute zu Minute erleidet, widmet, werden ein befferer Unterricht für das Verftändnis der Natur der Wolkenformen fein, als wenn man eine große Anzahl Seiten des beften Buches darüber lieft.

Wir wollen nun die verfchiedenen Arten der Wolkenformen, welche wir fchon befchrieben haben, überblicken. Bei der Klaffifikation derfelben fchwebte uns die allgemeine Idee vor Augen, daß, obwohl alle praktischen Meteorologen darin übereinstimmen, es feien für ein großes Netz mit vielen Beobachtern nicht mehr als acht oder neun Hauptarten gut zu verwenden,

dennoch die mehr vorgeschrittenen Wolkenbeobachter eine so magere Unterabteilung nicht befriedigt und daher auch kleinere Abarten aufgezählt werden müssen.

Die zehn Hauptarten sind daher durchaus mit fetten Buchstaben gedruckt, während die kleinern Abarten in gewöhnlichen Lettern gesetzt sind.

Es ist aber noch ein anderer Punkt in unserer Unterabteilung der Arten hervorzuheben. Fast alle die kleinern Abarten sind so selten oder so flüchtig, daß sie für praktische Zwecke beiseite gelassen werden können. Wenn hingegen die wichtigsten zehn Bezeichnungen auf die Wolkenformen beschränkt bleiben, welche wir beschrieben haben — nämlich: Cumulus, reine, geballte, massige Haufenwolke; Stratus, reine Schichtenwolke; Cirrus, reine Federwolke; Cirrostratus, dünne, hohe, büschelig oder wie immer geschichtete Wolke; Altostratus oder Stratocirrus, ähnliche, aber niedrigere Wolke; Cirrocumulus, flockige Wolke in großer Höhe; Altocumulus oder Cumulocirrus, dieselbe Wolkenform, aber tiefer schwebend; Stratocumulus, ausgedehnte, gestreckte, klumpige Wolke; Nimbus, niedrige Regenwolke; Cumulonimbus, hochgetürmte Regenwolke —, dann kann der Verfasser aus seiner Erfahrung der Wolkenbeobachtung unter allen Längen und Breiten zwischen 72° Nord und 55° Süd erklären, daß 90% der Himmelsbedeckung in allen Teilen der Welt mit diesen zehn Worten genügend genau beschrieben sind.

### Wolkenarten

und mittlere Höhen der hauptsächlichsten Arten für Upsala im Sommer <sup>13</sup>.

		Fuß	Meter	
Hohe	{	<b>Cirrus</b> . . . . .	27 000	8200
		Cirrusstreifen		
		Cirrus Schleier		
Mittlere	{	<b>Cirrostratus</b> . . . . .	27 000	8200
		<b>Cirrocumulus</b> . . . . .	20 000	6100
		<b>Altostratus</b> . . . . .	15 000	4600
		<b>Altocumulus</b> . . . . .	12 000	3600
		Kugeliges Altocumulus		
		Makreliger Himmel		
		<b>Stratocumulus</b> . . . . .	6 000	1800
Niedere	{	<b>Cumulus</b> . . . . .	Basis 4 000	1200
		Getürmter oder Vinien-cumulus		
		Kugeliges Cumulus		
		<b>Cumulonimbus</b> . . . . .	Basis 4 000	1200
		Cumulostratus		
		<b>Nimbus</b> . . . . .	4 500	1400
		<b>Stratus</b> . . . . .	1 900	600
Wölkchen, Wolkenfetzen				
Wolkenfrauen				

Ohne Zweifel gelten die für Upsala hier gegebenen Höhen nicht für die ganze Welt, sondern ändern sich mit der Breite und der Jahreszeit. Dieselben wurden hier angeführt, um einen wichtigen Satz zu beleuchten, welcher seine Gültigkeit vom Äquator bis zum Pole behält, daß nämlich die Wolken das Bestreben haben, sich in wenigen Höhenstufen, welche von einander ziemlich weit abstehen, zu bilden. So finden wir in Upsala die hohen, die mittlern und die niedern Wolken in Höhen von etwa 7000, 4000 und 1500 m.

Wenn man die Wolkennamen für solche Beobachter, welche nicht einmal die Unterschiede dieser zehn Hauptarten wahrzunehmen vermögen, noch weiter vereinfachen will, so kann man Cirrostratus und Stratocirrus (Altostratus) gemeinsam unter den Ausdruck Cirrostratus, Cirrocumulus und Cumulocirrus (Alto cumulus) unter Cirrocumulus bringen und den Cumulonimbus einfach als Cumulus behandeln. Dann erhalten wir nur sieben Bezeichnungen: Cirrus, Cumulus, Stratus, Nimbus, Cirrostratus, Cirrocumulus, Stratocumulus, und immer noch wird man in 90 % der Fälle die Himmelsbedeckung mit diesen Namen beschreiben können, nur nicht mit derselben Deutlichkeit wie durch obige zehn Arten.

### Neuere Fortschritte.

Wir wollen dieses Kapitel mit einigen Bemerkungen über die Fortschritte schließen, welche die ausgebildete Kenntnis der Wolken für die Möglichkeit der Wettervorhersage, sei es dem einzelnen Beobachter, z. B. auf einem Schiffe, sei es den meteorologischen Centralanstalten, welche ihre synoptischen Karten auf Grund der telegraphisch aus fernen Orten einlaufenden Beobachtungen zeichnen, gebracht haben. In dieser Hinsicht ist keine Bemerkung so wichtig als die, welche wir in diesem Kapitel so oft mit besonderer Betonung eingestreut haben, daß nämlich der Himmel niemals mechanisch, ohne Berücksichtigung der Begleiterscheinungen, beobachtet werden darf. Wir haben gesehen, daß es sowohl einen Schönwetter-Cumulus giebt als auch einen Cumulonimbus, einen Schönwetter- und einen gefahrdrohenden Cirrus, während flockige Wolken nicht dasselbe bedeuten in London und unter dem Äquator. In der Praxis können die Schön- und die Schlechtwetterformen selten verwechselt werden. Außer diesen giebt es aber noch zuweilen Fälle, welche Schwierigkeiten bieten. In der That sagen uns die Wolken in ihrer Erscheinung nur das, was in Worten folgendermaßen ausgedrückt werden kann: Mehr oder weniger dampfreiche Luft steigt auf oder sinkt nieder unter gewissen Verhältnissen der obern und untern Luftströmung. Die Bedeutung der Wolken muß aus den begleitenden und vorhergehenden Erscheinungen beurteilt werden, gerade so wie der Sinn mancher Worte nur aus dem Zusammenhange zu entnehmen ist.

Überdies wird der Wolkenbeobachter, welcher neben der ältern Lehre, welche nur die Art der Cirrus berücksichtigte, noch die neuern Kenntnisse von der Bewegung der Cirrus benützt, im Stande sein, das Wetter richtiger anzuzeigen als sein Nachbar, der nur die Wolkenform berücksichtigt; und selbst wenn beide dasselbe Wetter voraussagen, würde der erstere zuweilen eine größere Genauigkeit seinen Vorhersagungen geben können als der letztere.

Eine andere wichtige Bemerkung rührt von Lcy her. Er findet, daß gleich jeder andern Erscheinung in der Cyclone auch das Verhältnis der obern Winde zu denen an der Erdoberfläche in Beziehung steht zur Richtung, in welcher die Depression sich bewegt und daß bis zu einer gewissen Grenze die Richtung der höchsten Wolken mit der Bahn der Cyclone zusammenfällt. Wenn zum Beispiel die Cirrus an der Stirnseite einer Cyclone aus Süden ziehen, so wird auch die Depression, wahrscheinlich etwas westlich vom Beobachter, aus derselben Weltgegend vorrücken, während wenn dieselben aus West oder Nordwest kommen, die Depression sehr wahrscheinlich etwas auf der Nordseite ebenfalls aus Westen heranziehen wird. Unglücklicherweise sind die Einzelheiten dieser Beziehungen für ein elementares Buch zu verwickelt und wohl auch zu sehr lokaler Natur.

Wenn wir aber überlegen, inwieweit Wolkenbeobachtungen einer Centralanstalt nützlich sein können, so stehen wir vor einem ganz andern Falle. Die Bedeutung der ganzen neuern Wolkenkenntnis dreht sich um die Beziehung der Wolkenformen zur Gestalt der Isobaren, so daß, wenn schon nicht, wie Lcy sagt, ein einzelner Beobachter in der Mitte von England ein Bild der allgemeinen Luftdruckverteilung und des Wetters, welches über der ganzen Fläche der britischen Inseln zur Zeit seiner Beobachtung herrscht, mit sehr beträchtlicher Genauigkeit entwerfen kann, dies doch einem Beobachter an der Centralanstalt mit absoluter Genauigkeit zu thun möglich ist. Er ist auch häufig in der Lage, einem Beobachter im Mittellande, während dort der Himmel noch wolkenlos ist, zu telegraphieren, daß nach einer gewissen Zeit sich eine gewisse Art von Cirrus bilden werde.

Wolkenbeobachter können einer Centralanstalt in der Vorhersage jener Art von Regen behilflich sein, welche bei schwachen, sekundären Depressionen auftreten, und jener Regen, welche von der Luftdruckverteilung unabhängig und aus den synoptischen Karten schwerlich zu ersehen sind. Hierüber werden wir ausführlich in dem Kapitel, das wir diesem Gegenstande widmen, handeln.

Nehmen wir z. B. an, die Morgenberichte ergeben nur wenig bestimmte Isobarenformen ohne Regen, aber mit einem gut Teil Wolken an verschiedenen Stationen; an der Centrale wird man nur im allgemeinen

schönes Wetter mit vielleicht lokalem Regen vorher sagen; wenn nun aber der Beobachter anstatt des unbestimmten Wortes „Bewölkung“ nicht nur die Art der Wolken genau angeben, sondern auch über die Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung im Verhältnis zum Oberflächenwinde telegraphische Mitteilung machen könnte, dann würde die Centralanstalt in manchen Fällen die beginnende Bildung einer kleinen, regnerischen, sekundären Depression erkennen und die nach verschiedenen Gegenden versendeten Wettervorhersagungen würden an Genauigkeit und Bestimmtheit viel gewinnen.

## Bweiter, fortgeschrittener Teil.

### Viertes Kapitel.

## I s o b a r e n .

In der Einleitung zu den Wetterzeichen haben wir schon die Hauptzüge unseres Wissens von den Isobaren erklärt und ihre Beziehung zu den Veränderungen des Standes der meteorologischen Instrumente, welche am häufigsten beobachtet werden, dargelegt. In dem Kapitel über die Wolken haben wir dem Leser auch den Begriff eines obern Kreislaufes der Luft gegeben, welcher rings um die Cyclonen und Anticyclonen über dem untern Kreislaufe besteht und von diesem in seinem Charakter sehr verschieden ist. Wir müssen nun aber tiefer in den Gegenstand eindringen und manche Einzelheiten, welche wir früher nicht wohl zur Sprache bringen konnten, erklären. Zu diesem Zwecke werden wir nicht nur die Erörterung über die Natur der Cyclonen und Anticyclonen u. s. w. ergänzen, sondern nun auch die zwei weitem Isobarenformen: die V förmige Depression und den Sattel, beschreiben, welche beiden wir in den vorausgehenden Kapiteln ausgelassen hatten.

### Cyclonen.

Wir haben die Cyclone in ihren allgemeinen Zügen schon hinreichend erklärt und Wind und Wetter in ihr beschrieben. Der Leser wird jetzt auch schon erfaßt haben, was unter Mittelpunkt, Rinne, Vorderseite, Rückseite, Intensität, Bahn und Geschwindigkeit der Cyclone zu verstehen ist; ebenso wird er wissen, daß die Cyclone allgemein schlechtes Wetter und raschen Wechsel in der Windrichtung nach genau bestimmten Gesetzen mit sich bringt.

Es wird nun weiterhin unsere Aufgabe sein, die Art des Kreislaufes der Luft, welche ja gerade das Wesen einer Cyclone ausmacht, sowie einige Punkte, welche mit der Fortpflanzung und Bewegung dieser besondern Art von Depression verknüpft sind, zu erörtern. Dem Übereinkommen nach nennt man ein Gebiet niedrigen Druckes nur dann eine Cyclone, wenn die Iso-

baren eine gut begrenzte, geschlossene Kurve bilden. Mit Ausnahme der Vörmigen Depressionen bezeichnet man jedes andere unregelmäßige Gebiet niedrigen Druckes mit der allgemeinen Benennung „Depression“.

#### Allgemeiner Kreislauf der Luft in der Cyclone.

Da in der Cyclone der Oberflächenwind stets ein wenig einwärts und der obere Wind stets mehr oder weniger auswärts gerichtet ist, sind wir gezwungen, daraus den Schluß zu ziehen, daß die Hauptmasse der Luft in der Nähe des Mittelpunktes der Cyclone in aufsteigender Bewegung sich befinden muß; denn widrigenfalls müßte, wenn die Luft nicht nach oben entweichen würde, die Cyclone bald ausgefüllt sein, da ja der Wind stets einwärts bläst. Dieser aufsteigenden Bewegung sind zweifellos Regen und Wolken, welche wir hier zu Hause finden, zuzuschreiben; der Regen in der Nähe des Mittelpunktes, da wo der Auftrieb nach oben am stärksten ist; die Wolken außen ringsherum, wo der Auftrieb weniger stark ist. Hieraus können wir leicht die Wirkung dessen, was wir die Intensität der Cyclone genannt haben, verstehen. Es ist nicht schwer, den Begriff einer Cyclone von so geringer Intensität sich zu bilden, daß sie selbst im Centrum nur Wolken zu erzeugen vermag. Wenn dann die Intensität des aufsteigenden Stromes durch irgend eine Ursache verstärkt werden könnte, so würde sich dort Regen einstellen, wo früher nur Wolken entstanden waren. So erhalten wir einen Anhaltspunkt für das Verständnis der Einflüsse, welche eine schon bestehende Cyclone modifizieren können, worüber wir in spätern Kapiteln mehr im einzelnen uns aussprechen werden.

Wenn z. B. eine Ursache, wie die Erwärmung des Bodens durch die Sonne, die Windgeschwindigkeit verstärkt und so in einer bestimmten Zeit mehr dampfbeladene Luft in den Mittelpunkt geführt wird, so wird der Auftrieb größer werden, und die Neigung zur Regenbildung wächst. Ebenso würde auch bei unverändertem Winde, wenn lokale Verhältnisse, wie etwa eine Hügelkette, den einströmenden Winden einen stärkeren Auftrieb geben würden, der Regenfall eine noch lebhaftere Entwicklung erfahren.

#### Achse der Cyclone.

Kehren wir nun zu unserer Auffassung der Cyclone als eines rotierenden Systems zurück. Es ist klar, daß wir dieselbe als Ganzes für einen außerordentlich komplizierten Wirbel ansehen müssen, etwa analog einem Wirbel in fließendem Wasser, mit dem Unterschiede jedoch, daß der Wasserwirbel nach unten ansaugt, während beim Luftwirbel das Aufsaugen nach oben erfolgt.

Die Linie, welcher entlang ein Luftteilchen bewegt gedacht werden muß, krümmt sich nicht nur unregelmäßig einwärts, sondern auch gleichzeitig aufwärts und schließlich auswärts. Da das Ganze als ein wirbelndes System

zu behandeln ist, muß es eine mehr oder weniger zur Erdoberfläche senkrechte Linie geben, um welche die Luft in dieser verwickelten Weise rotiert. Diese ideale Linie nennt man die Achse der Cyklone.

Es besteht eine große Unsicherheit über die Natur des Luftkreislaufes um diese Achse. Einige Schriftsteller dachten sich dieselbe wie die Achse eines Kreisel's und meinten daher, daß die Achse der Cyklone einer Schwankung in ihrer Neigung unterworfen ist, bei welcher sie stets eine rotierende Luftscheibe senkrecht zu sich selbst hält, so daß die Cyklone in der Richtung, nach welcher sich die Achse gerade neigt, gegen den Boden hinabgedrückt und auf der entgegengesetzten Seite gleichsam in die Luft gehoben würde. Dies, sagen sie, würde die Unregelmäßigkeiten erklären, welche zuweilen auftreten, sowohl in der Lage der steilsten Gradienten in Bezug auf den Mittelpunkt als auch in der Veränderlichkeit der zerstörenden Kraft des Windes.

Bei gleicher Geschwindigkeit wird der Wind zuweilen Häuser abdecken und ein anderes Mal geringen Schaden verursachen. Sie meinen nun, daß im erstern Falle der Wind etwas nach oben, im letztern Falle etwas nach unten gerichtet war. Ebenso glauben sie, daß die Vorstellung einer geneigten Achse durch die Thatsache bestätigt wird, daß in den tropischen Cyklonen der helle Fleck blauen Himmels im Centrum einer Cyklone nicht immer genau senkrecht über dem Orte des niedrigsten Barometerstandes erscheint. Sie stellen sich daher die Achse einer Cyklone wie ein nach oben gerichtetes Fernrohr vor, nicht eigentlich vertikal, sondern gegen den Boden geneigt.

Die unüberwindliche Schwierigkeit dieser Auffassung liegt in der Thatsache, daß die Cyklonen oft mehrere 100 Meilen im Durchmesser haben, sicherlich aber nicht mehr als zwei Meilen hoch sind. Die Größe der Neigung, welche man zuweilen annehmen müßte, um die beobachtete Abweichung der Isobaren zu erklären, würde  $20^{\circ}$  und darüber betragen, und das ist unter den Bedingungen, wie sie auf unserer Erde bestehen, bei einer Scheibe von einigen 100 Meilen Durchmesser eine Unmöglichkeit.

Wenn wir zum Beispiel auch nur einen flüchtigen Blick auf unsere typische Cyklone (Fig. 2, S. 19) zurückwerfen, so sehen wir, daß die Isobare von 735 mm (ca. 29" engl.) nicht konzentrisch ist mit derjenigen von 760 mm (ca. 30" engl.). Man müßte sich also vorstellen, daß die Cyklonen bei vertikaler Lage der Achse kreisförmige, konzentrische Isobaren haben, daß aber die ovale Form und das Zurücktreten der Isobaren auf der einen Seite dem Umstande zu verdanken sei, daß die Achse vorwärts gegen das Wort „Bordseite“ zu geneigt ist.

Eine andere Theorie zur Erklärung all dieser Thatsachen nimmt an, daß die Cyklone aus einer Reihe flacher, horizontaler Schichten aufgebaut ist, welche aber nicht konzentrisch übereinander liegen, sondern durch um-

gebende Einflüsse der Reihe nach mehr oder weniger seitlich verschoben werden. In Figur 2 würde diese Verschiebung gegen die Rückseite zu erfolgt sein, nicht nach vorwärts, wie es die frühere Hypothese verlangt. Diese Ansicht ist wahrscheinlich zum Theile richtig, obwohl die Annahme auszuschließen ist, daß die Bewegung der Luft nach oben nicht zuweilen mehr oder weniger schief gerichtet sei; denn keine Cyclone ist absolut symmetrisch.

Wir sehen oft die wirbelnde, kegelförmige Wolke einer Trombe oder eines Tornado sich gleich einem Elefantenrüssel biegen und gleichzeitig eine wirkliche Neigung der Achse und in einem gewissen Grade seitliche Verschiebung aufweisen. Hier ist aber die senkrechte Höhe ungeheuer viel größer als der Durchmesser, während diese Verhältnisse bei einer Cyclone die umgekehrten sind. Wie dem immer sei, wenn wir annehmen, daß die obere Luftströmungen demselben Gesetze in Beziehung auf die Isobaren unterworfen sind wie die Winde an der Oberfläche, so drängen die Beobachtungen der Cirruswolken zur Annahme, daß die Achse der Cyclone sehr häufig von der Richtung, in welcher sie fortschreitet, rückwärts geneigt ist, wie wenn der untere Teil derselben rascher sich vorwärts bewegen würde als der obere.

Das ist genau das Gegenteil von dem, was man von vornherein hätte erwarten können, da man doch meinen sollte, daß die Reibung an der Erdoberfläche die untern Teile verzögern und daher die Achse der Cyclone nach vorwärts geneigt sein müßte. Die ganze Frage ist, wie man sieht, noch sehr dunkel.

#### Fortschreiten der Cyclone.

Bei der Betrachtung der Art des Fortschreitens der Cyclone treffen wir auf mancherlei Schwierigkeiten. Von vornherein möchte man meinen, daß eine Cyclone als eine rotierende Scheibe aufgefaßt werden könne, welche durch irgend eine Kraft der Erdoberfläche entlang vorwärts getrieben wird; allein gegen diese Annahme liegen entscheidende Gründe vor. Wäre dies nämlich wirklich der Fall, so müßten wir im Stande sein, die drehende und die fortschreitende Bewegung eines Luftteilchens in der gewöhnlichen Weise zusammenzusetzen; thut man dies aber, so erhält man Winde, welche von den thatsächlich beobachteten sehr beträchtlich abweichen. Nehmen wir jenen Teil der Cyclone, in welchem der Wind infolge der Rotation Süd ist, und versuchen wir ihn mit einer auch nur schwachen, fortschreitenden Bewegung aus Westen zusammenzusetzen. Der resultierende Wind müßte dann eine etwas westliche Schiefe erhalten, d. h. auf der Vorderseite müßte er vom Mittelpunkte auswärts wehen. Genau das Gegenteil davon thut er. Die Beobachtungen ergeben, daß der Wind auf der Vorderseite einer Cyclone mehr als in irgend einem andern Teile derselben einwärts weht, und so kann man die Idee einer rotierenden Scheibe nicht beibehalten. Wir sind

fast gezwungen anzunehmen, daß der cyclonale Wirbel in einer analogen Weise sich fortpflanzt wie eine Wasserwelle. Nähert sich eine Welle der Küste, so ist der erste Antrieb, den sie erleidet, nach einwärts, obwohl ihre Bewegung zweifellos nach vorwärts gerichtet ist; wenn sich eine Cyclone nähert, ist der erste Antrieb ebenfalls nach innen gerichtet. Damit ist aber die Analogie auch wahrscheinlich zu Ende.

Eine andere Analogie mit der Wirbelbewegung des Wassers findet man in der Art und Weise, wie eine Cyclone als Ganzes durch ein Gebiet hohen Luftdruckes abgelenkt wird.

Der Versuch belehrt uns, daß ein Wirbelring von Rauch eine große Beständigkeit hat und gedreht und abgelenkt werden kann wie ein elastischer Körper. Ähnlich sehen wir, wie eine Cyclone gegen ein Gebiet hohen Luftdruckes heranrückt und dann von letzterem zurückgestoßen wird, obwohl die Cyclone einige 100 Meilen Durchmesser hat. Man darf allerdings nicht vergessen, daß im Wirbelring jedes Luftteilchen einen ganzen Kreis beschreibt, während in einer Cyclone jedes Teilchen schwerlich einen Halbkreis vollendet, so daß die Analogie eine sehr beschränkte ist.

#### Beständigkeit der Cyclonen.

Trotzdem gelangen wir aus der Vorstellung eines dauerhaften Wirbels zum Verständnis dessen, was seit langem für die Meteorologen eine Verlegenheit war; es fragt sich nämlich, wie die großen Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht mit schönem Wetter vereinbarlich sind. Man hat immer dafür gehalten, daß Temperaturunterschiede zwischen benachbarten Gebieten aufsteigende Luftströme erzeugen, und von diesen glaubte man die Wetterwechsel herleiten zu können. In Wirklichkeit verhält es sich aber ganz anders. In manchen der beständigsten Klimate der Welt, wie in Persien oder Nordafrika, treten Unterschiede zwischen der Nacht- und Tagtemperatur auf, welche oft bis zu 20° C. anwachsen, während dieselben in unbeständigen Klimaten, wie in Großbritannien und Deutschland, höchstens 5° C. erreichen.

Wenn wir dann erwägen, daß ein Unterschied von 9° C. eine Änderung der Dichte oder des spezifischen Gewichtes der Luft hervorbringt, die einer Barometerschwankung von 25 mm gleichwertig ist, so mag man sich mit Recht wundern, daß so große Änderungen so wenig Einfluß auf das Wetter haben.

Sobald wir aber wissen, daß die Cyclone und, wie wir später sehen werden, bis zu einem gewissen Grade auch die Anticyclone Wirbel sind und daß die ganze Erde fortwährend da von dem einen, dort von dem andern derselben bedeckt ist, dann werden wir leicht verstehen, daß dieselben von einer großen Beständigkeit sind und daß Temperaturänderungen wohl die

Geschwindigkeit und Richtung des allgemeinen Kreislaufes beeinflussen, nicht aber irgend ein bestehendes System durchbrechen oder zerstören können. In der That, die Atmosphäre ist keine stagnierende Masse, welche durch irgend eine nichtsagende Störung beherrscht werden kann, sondern sie zerfällt stets in eine Anzahl rotierender Systeme, welche einen sehr beträchtlichen Grad von Beständigkeit besitzen. Bei der Erörterung der täglichen Schwankungen der meteorologischen Elemente werden wir finden, daß der Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht dem allgemeinen Charakter des Wetters nur eine ganz kleine Modifikation ausdrückt<sup>14</sup>.

#### **Einfluß des Regens und der Temperatur.**

Es giebt zwei weitere Punkte, welche mit der Entstehung und der Bewegung einer Cyclone zusammenhängen und die man in einem elementaren Werke wie das vorliegende nur erwähnen kann: der Einfluß des Regensfalles und der Verteilung der Temperatur in der Umgebung der Cyclone. Meistens fällt der größte Teil des Regens auf der Vorderseite des Mittelpunktes oder der Rinne der Cyclone. Es ist nun eine viel verbreitete Auffassung, daß die Cyclone dem verdünnten Raume, welchen der durch irgend eine Ursache entstandene Regen infolge der Kondensation zurückläßt, nachläuft, ja man glaubte sogar, daß diese Kondensation des Dampfes geradezu die Entstehungursache der Cyclone sei. Man nahm an, daß die Luft in den verdünnten Raum eindringe, unter dem Einflusse der Drehung der Erde abgelenkt und zur Umkreisung des Mittelpunktes gezwungen werde und so sich ein Wirbel bilde.

Spätere Beobachtungen haben aber diese beiden Ansichten als vollständig unrichtig erwiesen. Unter gewissen Bedingungen der Druckverteilung der Umgebung tritt der stärkste Regensfall in der Cyclone auf der Rückseite des Mittelpunktes ein; desgleichen geht der Entstehung der Cyclone nicht immer Regen voraus und steht die Tiefe der Depression in keiner wie immer gearteten Beziehung zur Menge des Niederschlages.

In Wirklichkeit tritt der stärkste Regensfall bei den kleinen Gradienten einer sekundären Depression auf, während bei den heftigen Regenschauern das Barometer im allgemeinen steigt.

Die verbreitetste Auffassung der Entstehung der Cyclonen, der auch wir hier Ausdruck verleihen wollen, ist die folgende. Die Luft über dem heißen Äquator steigt auf und sinkt durch ihr eigenes Gewicht gegen die Pole hin herab. Einfache Unregelmäßigkeiten in diesem Abfließen reichen hin, um Wirbel zu erzeugen, ohne daß es einer Bildung verdünnten Raumes durch irgendwelche Kondensation des Wasserdampfes und Wärmeentwicklung bedarf, wie man das leicht durch Versuche mit Wasser oder Rauch nachweisen kann.

Wäre die Atmosphäre vollständig frei vom Wasserdampfe und würde sich die Sonne um eine feststehende Erde bewegen, so würde ein unregelmäßiges Abfließen der Luft in den obern Schichten im Stande sein, eine gewisse Art von Wirbel zu bilden, die allerdings von denjenigen, welche wir jetzt kennen, sehr verschieden wären. Würde aber eine wasserdampflose Atmosphäre mit der Erde rotieren und die Sonne stillstehen, wie es ja tatsächlich der Fall ist, so würden sich zweifellos wolkenlose Cyclonen und Anticyklonen entwickeln, welche vielleicht von den uns jetzt bekannten nicht so sehr verschieden wären; das Hinzutreten des Wasserdampfes muß aber gerade jene rotierenden Systeme hervorbringen, die wir jetzt beobachten.

Obwohl Wärme und Wasserdampf im Mechanismus einer Cyclone eine bedeutende Rolle spielen, werden wir dennoch im Laufe dieses Werkes in reichem Maße zeigen, daß die Cyclonen sozusagen nur Zufälligkeiten in den großen Bewegungen der Atmosphäre und daß die meisten Temperaturänderungen Unterschieden in der Strahlung zu verdanken sind, welche durch Wind, Windstillen, Wolken oder wolkenlosen Himmel häufig erst infolge verschiedener Arten von Luftwirbeln hervorgebracht werden.

In Deutschland, Indien und den Vereinigten Staaten wurde ungeheuer viel über den Einfluß der Temperatur der Umgebung und der durch die Kondensation des Wasserdampfes zu Regen frei werdenden gebundenen Wärme auf die Bestimmung der Bahn der Cyclonen geschrieben. Das meiste hiervon ist aber zu sehr mit Theorie durchsetzt und mit mathematischen Formeln belastet, als daß es in diesem Werke einen Platz finden könnte. Es giebt leider im Englischen keinen zusammenfassenden Bericht über diese Untersuchungen, ausgenommen eine Ausgabe gewisser Abhandlungen von Professor Ferrel, welche durch das Signal Service in Washington veranstaltet wurde, die aber nicht käuflich ist. Dafür findet man dieselben vorzüglich in Sprungs „Lehrbuch der Meteorologie“ wiedergegeben; einen Bericht darüber bringt auch das „Handbuch der ausübenden Witterungskunde“ von J. van Bebber.

Wir werden auf diesen Gegenstand im Kapitel über die Wettervorhersage mit Hilfe synoptischer Karten zurückkommen, da wir dort besser in der Lage sein werden, die Natur und die begleitenden Erscheinungen einer Cyclone zu verstehen.

Wüßten wir, wie hoch die Cyclonen in die Atmosphäre hinaufreichen, so würde unser Wissen über die Natur der Cyclonen bedeutend ausgebildeter sein. In den Gewitterstürmen bemerken wir oft eine vollständige Drehung des Windes an der Oberfläche, während die obern Winde ihre Richtung beibehalten. Das Gewitter zieht gewöhnlich mit dem obern Winde. Leider finden wir keinen Anhaltspunkt für eine allmähliche Entwicklung dieser kleinen Wirbel in regelrechte Cyclonen.

**Tropische und außertropische Cyclonen.**

Nur zu häufig war es in meteorologischen Büchern gebräuchlich, die tropischen Cyclonen für sich, ohne Rücksichtnahme auf die ähnlichen Störungen in den außertropischen oder gemäßigten Zonen, zu behandeln. Ich habe zahlreiche Untersuchungen dieser Phänomene in Indien, in der Chinafee, in Japan und auf Mauritius angestellt und gefunden, daß es, obwohl der allgemeine Charakter aller Cyclonen derselbe ist, in den Einzelheiten Unterschiede giebt, welche ein außerordentlich helles Licht auf die Ursache der großen Verschiedenheit des Himmelsanblickes in den verschiedenen Theilen derselben Cyclone werfen.

Alle Cyclonen kommen in folgenden allgemeinen Zügen überein: daß der Wind um den Mittelpunkt sich dreht und verschieden stark nach innen sich wendet; daß es einen aufsteigenden Luftstrom in denselben giebt und die obere Winde eine nach außen gewendete Drehung erleiden. Es giebt hierfür keinen entscheidenden Beweis als die Thatsache, daß Cyclonen häufig über die Tropen hinausgehen und dort sich mit andern vereinigen, welche sich außerhalb der Tropen gebildet haben. Zwei ähnliche Wirbel können sich leicht vereinigen, hingegen müßten zwei in verschiedenem Sinne rotierende Systeme bei ihrem Zusammentreffen unfehlbar einander zerstören.

Die typische Cyclone ist unbezweifelbar in allen Theilen der Welt oval, indem die innern Isobaren auf der Rückseite enger aneinander rücken als auf der Vorderseite; ebenso breitet sich der Regen vor der Rinne weiter aus als hinter derselben. Doch hat die tropische Cyclone einen auffallenden Zug, welcher in unsern Breiten fehlt. Es ist dies ein blauer Himmelsfleck über dem windstillen Mittelpunkte, welcher in den Ländern, wo diese Orkane herrschen, als „Auge des Sturmes“ oder „Stierauge“ wohlbekannt ist. Überdies treten Cirrus und Sonnenringe rings um die tropischen Cyclonen auf, während dieselben auf der Rückseite der europäischen niemals gesehen werden. Obwohl ferner die Art, wie der Regen auf der Vorderseite der Cyclone aus der Luft herauszuwachsen scheint, überall dieselbe ist, so sind doch Himmelsanblick und Wolken auf der Rückseite eines tropischen Orkans viel gleichmäßiger graulich als in den Cyclonen der gemäßigten Zone. Es giebt dort nicht den scharfen Unterschied zwischen der Art der Wolken auf der Vorder- und Rückseite, welcher in den höhern Breiten so sehr auffällt. Noch hervorstechender ist der Mangel irgend eines auffallenden Windstoßes oder Wetterwechsels beim Vorübergang der Rinne in den Tropen, d. h. im Augenblicke, wo das Barometer zu steigen beginnt. Viele, welche diese Orkane studiert haben, bemerkten kaum irgend eine Änderung, und alle kommen darin überein, daß der Wechsel der Erscheinungen in der Rinne ein sehr schwacher ist.

Wir haben schon im Kapitel über die Wetterzeichen dargelegt, daß die Cyclone gleichsam eine doppelte Symmetrie hat. Eine Gruppe von Erscheinungen, als da sind: Wind, Wolken und Regen, sind um den Mittelpunkt herum angeordnet, während eine zweite Gruppe, wie die verschiedenen Eigenschaften der Wärme und der Wolken auf der Vorder- und Rückseite sowie die Linie der Böen entlang der Grenze des Steigens des Barometers, in Beziehung zur Rinne stehen. Nennt man die erstern die Rotations- und die letztern die Translationserscheinungen einer Cyclone, so finden wir, daß die erstern alle in den tropischen Cyclonen, die letztern in den außertropischen mehr ausgeprägt sind. Ferner finden wir bei der Untersuchung der Karten der Cyclonen, daß die tropischen Orkane einen viel kleinern Durchmesser haben und von viel heftigerem Winde begleitet sind als die übrigen, daß aber ihre fortschreitende Bewegung nur eine halbe bis drei Meilen in der Stunde beträgt; die außertropischen Cyclonen hingegen rotieren viel langsamer, schreiten aber mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 18 Meilen in der Stunde fort.

Wir können daher wohl annehmen, daß das, was wir Rotationserscheinungen nennen, thatsächlich dem Kreislaufe und die Translationserscheinungen der Fortpflanzungsbewegung zu verdanken seien. In dieser Ansicht werden wir bestärkt durch die Untersuchung der japanischen Teifune. Dieses halb tropische Land wird von zwei verschiedenen Arten von Cyclonen, welche mit verschiedener Geschwindigkeit fortschreiten, in den verschiedenen Jahreszeiten durchzogen, und man findet, daß alle Erscheinungen der Rinne bei den schneller ziehenden Cyclonen besser ausgeprägt sind als in denjenigen, welche langsamer fortschreiten.

Diese Untersuchungen führen uns noch zu einer andern sehr wichtigen Schlußfolgerung, daß nämlich die Art der Wolken und das Wetter von der Lage zur Vorderseite der Cyclone abhängt und nicht von der Richtung des Windes. In Europa ziehen die Cyclonen nach Osten, und da erscheint der graue Wolkenhimmel bei Südostwind. In den nördlichen Tropen ziehen aber die Orkane gegen Westen, und derselbe Wolkenhimmel tritt da bei Nordwestwind auf. Man sagt zuweilen, daß die Rückseite der Cyclonen sicher klaren Himmel bringen müsse, weil dort der kalte, trockene Nordwestwind herrscht. Wenn aber eine Cyclone nach Westen fortschreitet, dann bringt selbst in Europa derselbe Nordwestwind Trübung und Dunkelheit.

Die Betrachtung der Cyclonen der südlichen Halbkugel verschieben wir auf das Kapitel über die Winde, da es nicht die Wetterfolge, sondern nur die Richtung des Windes ist, welche in derselben gegenüber dem nördlichen Sturmsystem eine Änderung erleidet.

## Anticyklonen.

Wenn wir zur Darstellung der Oberflächenwinde und obern Strömungen in einer Anticyklone (Fig. 16, S. 62), welche wir im Kapitel über die Wolken gegeben haben, zurückkehren, so werden wir sofort erkennen, daß sie gewisse Analogien, aber auch auffallende Gegensätze zur Gestalt der Cyclonen aufweisen. Die Winde der Anticyklone wehen an der Erdoberfläche in einer Kurve nach außen, oben ebenso nach innen und hieraus folgt der offenkundige Schluß, daß die Luft im Mittelpunkte der Anticyklone niedersteigen muß. Wenn dem so ist, dann muß es im Innern der Anticyklonen ungewöhnlich trocken sein, und das ist es gerade, was die Beobachtung ergibt. Genau derselbe Satz wie bei einer Cyclone gilt auch bei einer Anticyklone, daß sie nämlich als Ganzes betrachtet ein verwickeltes Wirbelsystem darstellt<sup>15</sup>, welches eine so große Beständigkeit besitzt, daß die täglichen Änderungen der Temperatur es nicht zu beeinflussen vermögen.

Es wird angezeigt sein hervorzuheben, wieviel höher die Art der Erklärung des Wetters, die wir jetzt geben können, steht, als diejenige, welche wir bei Behandlung der Wetterzeichen anwenden konnten. Damals sagten wir nur, daß es eine trockene Beobachtungsthatfache sei, daß das Centrum einer Cyclone regnerisch und das einer Anticyklone hell sei. Jetzt legen wir aber klar, daß diese zwei Arten von Wetter die notwendige Folge verschiedener Arten atmosphärischer Wirbel sind.

### Luftdruck in Cyclonen und Anticyklonen.

Gleichzeitige Beobachtungen auf dem Gipfel und am Fuße hoher Berge haben gezeigt, daß der Druckunterschied für eine gegebene Höhe in den Cyclonen immer kleiner ist als in den Anticyklonen; ebenso daß das Fallen des Barometers auf dem Gipfel stets weniger ausgesprochen ist als am Fuße eines Berges. Wenn zum Beispiel in einer Cyclone der Druckunterschied zwischen der obern und der untern Station 100 mm war, so wird er in einer Anticyklone 106 mm betragen, und wenn das Barometer am Meerespiegel 25 mm fällt, so wird es auf einem 2000 m hohen Berge etwa 18 mm fallen.

Wir folgern hieraus, daß die Gradienten zwischen einer Cyclone und der benachbarten Anticyklone um so kleiner werden, je höher wir steigen, und es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, daß wir auf eine Umkehrung des Gradienten stoßen würden, wenn wir uns hoch genug erheben könnten, d. h. daß wir dann den höhern Druck über der Cyclone finden würden.

In Figur 20 haben wir eine ideale Skizze der wahrscheinlich vorhandenen jenen vertikalen Gradienten in einer Cyclone und ihrer benach-

barten Anticyklone gegeben. Die Grundlinie bedeutet die Erdoberfläche. Wenn der Luftdruck in der Anticyklone hier 31" engl. und in der Cyklone nur 27" engl. ist, dann muß die Isobare von 27" engl. jene Lage in vertikaler Richtung haben, wie wir sie gezogen haben. Da aber in der Anticyklone der Luftdruck nach oben rascher abnimmt, so ist es wahrscheinlich, daß in einer gewissen Höhe, welche wir hier zu 3100 m angenommen haben, überhaupt kein Gradient bestehen wird und daß noch höher hinauf

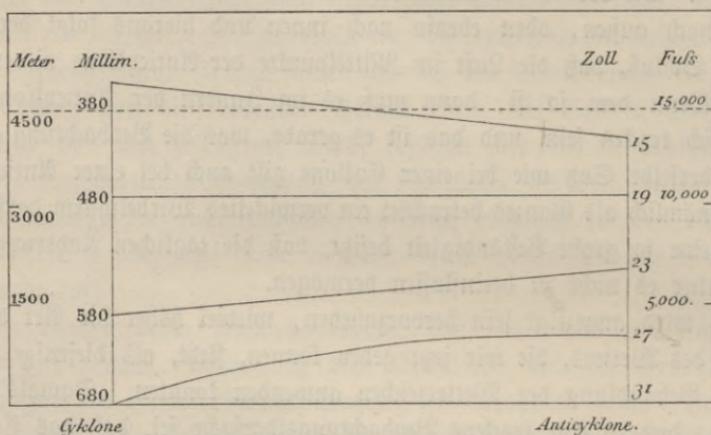


Fig. 20. Wahrscheinliche Gradienten in senkrechter Aufeinanderfolge über Cyclonen und Anticyklonen.

der Druck in der Cyklone thatsächlich größer und so der Gradient gegenüber demjenigen an der Erdoberfläche umgekehrt wird. Wenn wir daher die Analogie der Cyclonen mit Wasserwirbeln anwenden wollen, so dürfen wir uns dieselben doch offenbarlich nicht als napfförmige Depressionen ausmalen, welche die ganze Tiefe der Atmosphäre einnehmen, ähnlich wie die kleinen Wirbel in einem Flusse. Die große Tragweite dieser vertikalen Gradienten für die Aufgabe der barometrischen Höhenmessung liegt auf der Hand.

Dies bringt uns auf die interessante Frage, ob denn die Gradienten es sind, welche die Richtung der obern Winde bestimmen. Einige hielten dafür, daß die aufsteigenden Strömungen in einer Cyklone ein so großes Bewegungsmoment besitzen, daß sie im stande sind, mäßige, entgegengesetzte Gradienten zu überwinden. Andere hinwieder halten daran fest, daß nur eine vollständige oder teilweise Umkehrung der an der Erdoberfläche bestehenden Gradienten in den höhern Schichten die beobachteten obern Winde zu erzeugen vermögen.

Wir besitzen gegenwärtig noch kein genügend großes Beobachtungsmaterial, das uns eine Entscheidung in dieser Frage ermöglichen würde; manche Darstellungen der Isobaren über einer Cyklone sind denn auch mehr als problematisch.

### Gegenüberstellung des cyclonalen und anticyclonalen Wetters.

Ein anderer Punkt, der noch viel Unsicherheit bietet, ist die Beziehung der Anticyklonen zu den Cyclonen. Eine teilweise Abhängigkeit derselben voneinander ist unzweifelbar vorhanden, da die Cyclonen stets das Bestreben aufweisen, dem Rande der Anticyklonen, an deren Grenzen sie sich bildeten, entlang zu ziehen. Es giebt aber auch manchmal Cyclonen, welche sich von den Anticyklonen, an welchen sie sich bildeten, losreißen, und dies scheint zu beweisen, daß sie auch unabhängig davon bestehen können.

### Gegenüberstellung des cyclonalen und anticyclonalen Wetters.

Es ist vielleicht die beste Methode, den Gegensatz zwischen cyclonalem und anticyclonalem Wetter darzulegen, wenn wir auf die Weise vorgehen, welche in Figur 21 und 22 ihren Ausdruck findet. Wir wissen alle, wie sehr das Wetter von der Tageszeit sowohl als von der Jahreszeit und von lokalen Eigentümlichkeiten beeinflusst wird. Wir haben daher für die Karten denselben Tag zweier verschiedener Jahre und dieselbe Stunde des Morgens sowie denselben Teil von Westeuropa gewählt. Jeder Einfluß der Tages- und Jahreszeiten und der Örtlichkeit ist daher in beiden Fällen derselbe, und der ganze Unterschied, welcher an diesen beiden Tagen in Wind und Wetter sich zeigt, ist ganz und gar auf Rechnung cyclonaler oder anticyclonaler Einflüsse zu setzen.

In Figur 21 sind die synoptischen Verhältnisse von Luftdruck, Temperatur, Wind und Wetter für Westeuropa um 8 Uhr morgens am 17. Mai 1877 dargestellt. Wir sehen da eine kleine ovale Cyclone von sehr mäßiger

Intensität über dem Südwesten von England. Der Wind umkreist dieselbe in der gewöhnlichen Art, erregt aber, da die Gradienten nicht steil sind, nirgends eine so frische Brise, wie sie in Brest herrscht. In der Nähe des Mittelpunktes und etwas entfernt von der Stirnseite finden wir, wenn wir auf die Wettersymbole blicken, nichts als Regen angezeigt, außerhalb des Regengebietes bedeckten Himmel und abgetrennte Wolken und darüber hinaus an einigen Punkten blauen Himmel. Die Bahn der Cyclone ist durch die Buchstaben *x x* angezeigt, wodurch uns die Lage der Stirnseite gegeben ist. Endlich läuft die Isotherme von  $15^{\circ}$  C. ( $60^{\circ}$  F.) nördlich der

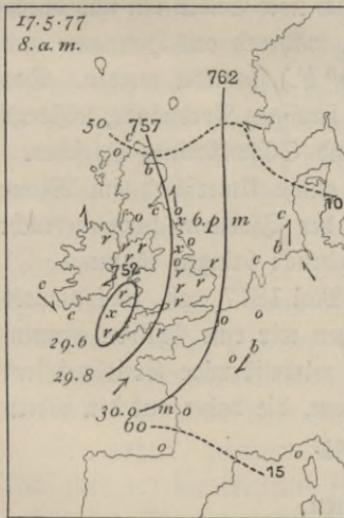


Fig. 21. Cyclonales Wetter.

Pyrenäen, während die von  $10^{\circ}$  C. ( $50^{\circ}$  F.) den Norden von Schottland und Dänemark durchschneidet.

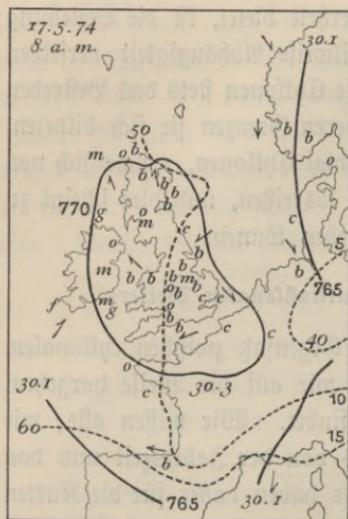


Fig. 22. Anticyklonales Wetter.

Sehen wir uns Figur 22 an, welche die Bitterungsverhältnisse für den 17. Mai 1874 und für dieselbe Morgenstunde giebt. Diesmal liegt über den britischen Inseln eine Anticyklone; die Gradienten sind viel weniger steil und daher der Wind überall schwach und veränderlich. Der allgemeine Kreislauf der Luft ist deshalb hier viel weniger ausgeprägt als in dem vorher beschriebenen Rärtchen; dennoch ist es ganz augenscheinlich, daß der Wind im großen und ganzen nach auswärts und in der Richtungsbewegung des Uhrzeigers gedacht wehte. Die Wettersymbole sind sehr interessant. Fast jede Station, welche in dem vorigen Rärtchen (Fig. 21) Regen meldete, ist jetzt mit einem b

bezeichnet, was blauen Himmel bedeutet, oder in manchen Orten mit m, was Strahlungswetter anzeigt.

Und wenn wir auch beispielsweise für Jano in Dänemark dasselbe Symbol c in beiden Rärtchen vorfinden, womit abgetrennte Wolken gemeint sind, so wissen wir doch gut, daß es sich nicht auf dieselbe Wolkenart bezieht. Auch die Temperatur zeigt einen ausgesprochenen Gegensatz. Zwar hat sich die Lage der Isotherme von  $15^{\circ}$  C. nicht verändert, aber die von  $10^{\circ}$  C. biegt im Norden von Schottland plötzlich nach Süden um und durchzieht England und den Westen von Frankreich, während aus Hannover und den Niederlanden Temperaturen von  $5^{\circ}$  C. ( $40^{\circ}$  F.) gemeldet werden. Das kommt zum Teil auf Rechnung der überwiegend häufigen Nordwinde, während im obenstehenden Rärtchen (Fig. 22) Süd- und Südwestwinde herrschen.

Diese Beispiele belehren uns, daß der ganze Unterschied im Wetter dieser beiden Tage durch die Verschiedenheit der Isobaren hervorgebracht wurde, was wir auf folgende Weise zum Ausdruck bringen können:

Das Wetter über England war am 17. Mai 1877 naß, weil damals die Luft einen Wirbel jener Art bildete, welchen wir eine Cyklone nennen. Es war schön am 17. Mai 1874, weil der wirbelförmige Kreislauf jene Form besaß, welche wir die anticyklonale nennen, die daher aus den höhern Regionen der Atmosphäre trockene Luft herabzog.

### Vförmige Depressionen.

Wir müssen nun eine sehr interessante Isobarenform beschreiben, der man in England den Namen V-Depression gegeben hat, die aber von deutschen Schriftstellern zungenförmige Depression genannt wird. In diesen

haben die Isobaren die Form des Buchstabens V und umschließen ein Gebiet niedrigen Druckes. Auf der nördlichen Halbkugel ist der Scheitelpunkt des

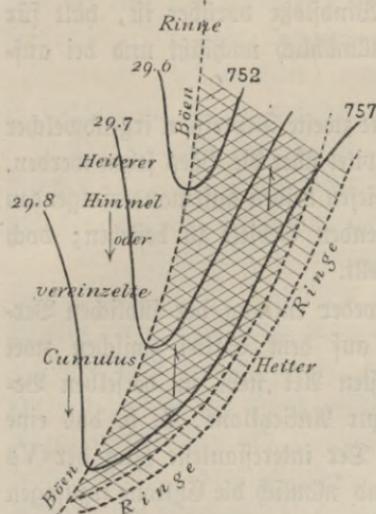


Fig. 23. Wetter in V-Depressionen.

V gewöhnlich nach Süden gerichtet wie in Figur 23. Der Wind befolgt das allgemeine Gesetz der Gradienten und weht an der Vorderseite der Rinne aus Süd und Südwest, auf der Rückseite aus Nord und Nordwest. Die Linie der Rinne ist unmittelbar gegeben durch die Verbindung der südlichsten Punkte der aufeinanderfolgenden Isobaren. In der Wirklichkeit ist sie fast immer gebogen, wobei sie ihre konvexe Seite gegen Osten kehrt, wie in der Figur.

Da das V gewöhnlich nach Osten vorwärts schreitet, so bezeichnet diese Linie die Lage jener Orte, an welchen das Barometer, nachdem es mehr oder weniger gefallen war, eben zu steigen beginnt. Diese Linie heißt die Rinne des V.

Das sind die allen V gemeinsamen Eigentümlichkeiten; die Lage des Regengebietes teilt aber diese Depressionen in zwei verschiedene Arten. Bei der ersten Art, welche in Großbritannien bei weitem die gewöhnlichere ist, geht ein schmaler Wolkenstreifen, welcher die Form einer Sichel des zunehmenden Mondes besitzt, dem Regengebiete voran. Er ist in Figur 23 dargestellt, wo die einfache Schraffierung die Lage und Form dieses Wolkenstreifens und die doppelte Schraffierung die des Regengebietes kennzeichnet. Die Rückseite des Regengebietes ist durch die Rinne scharf begrenzt; diese letztere steckt auch die Lage einer Linie von Böen ab. Darüber hinaus finden wir dann abgetrennte Wolken und schließlich blauen Himmel.

Die Wetterfolge beim Vorüberziehen eines V dieser Art ist für einen Beobachter der Natur der Sache nach die folgende: Auf blauem Himmel folgen Sonnenringe, dann Wolken, später bei fallendem Barometer und Südwestwind Regen; hierauf setzen heftige Windstöße ein, während welchen der Wind ohne allmählichen Übergang nach Nordwest umspringt. Bei steigendem Barometer klart dann der Himmel rasch auf.

Die andere, seltener Art der V weist eine bewölkte Vorderseite auf, bildet aber auf der Rückseite ein Regengebiet von der Form der Sichel des zunehmenden Mondes. Die Vorderseite dieses Gebietes ist durch die Rinne scharf begrenzt, während die Rückseite desselben durch Wolken zu blauem Himmel übergeht. Abbildungen findet man in Figur 49, 50, 51 im Kapitel über die Böen.

Die Wetterfolge für einen einzelnen Beobachter wird hierbei folgende sein: Das Barometer fällt bei wolkeigem Himmel und Südwestwind; eine schwere Wolkenbank zieht aus Nordwest heran und das Barometer beginnt zu steigen; sobald der erste Anprall der Windstöße vorüber ist, hält für einige Zeit Regen mit Wind an, welcher allmählich nachläßt und bei aufklarendem Himmel aufhört.

Diese Klasse der V zieht gewöhnlich eine zweite Depression irgendwelcher Art nach sich, wie wir in Figur 49 im Kapitel über die Böen sehen werden. Es scheint eine gewisse Beziehung zwischen diesen beiden aufeinanderfolgenden Depressionen und dem zwischen ihnen liegenden Gebiete zu bestehen; doch ist diese Frage noch nicht genügend klargestellt.

Die V bilden sich im allgemeinen entweder entlang der südlichen Verlängerung der Rinne einer Cyklone oder auf dem Sattel zwischen zwei benachbarten Anticyklonen. Das V der ersten Art steht in derselben Beziehung zu dem „Keile“ wie die Cyklone zur Anticyklone, d. h. das eine ist soviel als das Gegenteil vom andern. Der interessanteste Zug der Vs ist ihre Beziehung zu den Cyklonen. Während nämlich die Cyklone sozusagen eine doppelte Symmetrie besitzt, indem eine Gruppe von Erscheinungen, wie Temperatur und Wolkenform, symmetrisch auf die Vorder- und Rückseite der Rinne sich verteilen und eine andere Gruppe, wie Wind und Regen, symmetrisch um den Mittelpunkt derselben sich anordnen, hat die Vförmige Depression nur eine Linie der Symmetrie, nämlich die Rinne, zu der allein sowohl Wind als Wetter auf der Vorder- und Rückseite in fester Beziehung stehen. Wenn wir bedenken, daß trotz kreisförmiger Isobaren der Wind in den außertropischen Cyklonen plötzlich umschlägt, wenn die Rinne vorüberzieht, und daß die V überhaupt nichts Cyklonenartiges an sich haben, so werden wir die Schwierigkeiten begreifen, welche viele gegen die Annahme der Cyklonentheorie erhoben haben; desgleichen verstehen wir, daß es auf den ersten Blick viel einfacher erscheint, einen Kampf zweier entgegengesetzter Luftströme anzunehmen, als an eine Rotation großer Wirbel zu denken.

Obwohl die Cyklone ein Wirbel ist, weisen die entgegengesetzten Eigenschaften der Vorder- und Rückseite auf keine eigentliche Rotation hin; das V ist aber ein Ding ganz anderer Natur. Es war ein Irrtum anzunehmen, daß das schlechte Wetter im V von derselben Art sei wie das in der echten Cyklone. Es ist sehr schwierig, sich eine vernünftige Vorstellung von der allgemeinen Luftcirculation in einem V zu machen. Die Winde der Vorderseite sind denen der Rückseite nicht genau entgegengesetzt, und über die Bewegung der obern Winde wissen wir gar nichts, so daß wir gezwungen sind, die Ergebnisse künftiger Forschungen abzuwarten.

## Südliche „Bursters“.

V-Depressionen sind in den Tropen nichts weniger als gewöhnlich; doch habe ich eine Böe dieser Art bei Neu-Kaledonien, in etwa  $22^{\circ}$  südl. Breite, beobachtet. Ich habe übrigens gefunden, daß eine große Anzahl der sogen. „Bursters“ (heftige Böen) von Australien jener Klasse der V angehören, in welchen der Regen auf der Rückseite der Rinne fällt.

Der Scheitel des V ist in der südlichen Hemisphäre gegen Norden gerichtet, und der Wind weht auf der Vorderseite aus Nordost oder Nord, auf der Rückseite der Rinne aus Südwest oder Süd (siehe Fig. 39).

Der erstere bläst in Australien über einen glühenden Kontinent heißen Sandes hin. Die Windstöße schwellen in der Nähe der Rinne an und Wolken von erstickendem Staube vereinigen sich mit einer Hitze, die einem Backofen Ehre machen würde, derart, daß das Dasein fast unerträglich wird. Hierauf springt der Wind plötzlich nach Südwest oder Süd um und heftige Regen werden von den frostigen Winden, die von dem eisumlagerten Südpole kommen, dahergetrieben. Die Temperatur sinkt mitunter in einer Stunde um etwa  $20^{\circ}$  C. Zuweilen begleitet den „Burster“ eine Wetterfolge, welche der beim Vorüberziehen der Rinne einer Cyklone sehr ähnlich ist.

## Sattel.

Die letzte Isobarenform, welche wir zu beschreiben haben, ist der Sattel oder Paß niedrigern Druckes, welcher zwischen zwei benachbarten Anticyklonen liegt. Wir wollen eine der gewöhnlichsten Arten eines europäischen Sattels beschreiben. In Figur 24 sehen wir, daß ein Teil einer Anticyklone über dem Golf von Biscaya, eine andere Anticyklone nordwestlich davon über der skandinavischen Halbinsel liegt. Während ferner ein Gebiet verhältnismäßig niedrigen Druckes nordwestlich gegen Island sich erstreckt, bedeckt ein anderes Centraleuropa und den Norden von Italien, so daß ein Sattelrücken oder Paß niedrigern Druckes über England liegt. In der Mitte des Sattels giebt es keinen Gradienten und herrscht daher Windstille, während ringsherum Wind und Wetter nach den gewöhnlichen Gesetzen der Isobaren auftreten.

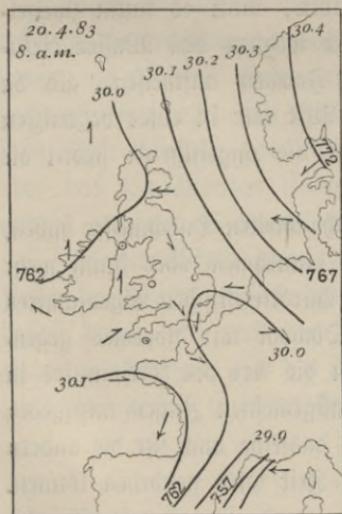


Fig. 24. Wind im „Sattel“.

Das Wetter ist schwül, drückend und ermattend; im Sommer treten in verschiedenen Gebieten der Sattels häufig heftige Gewitterstürme auf.

Im allgemeinen giebt es in einem Sattel keine bestimmte Wetterart. Er bewegt sich selbst nicht, und es läßt sich kein Gesetz ableiten, nach welchem man vorhersehen könnte, ob der Sattel bestehen bleiben wird oder ob das Gebiet, welches er heute bedeckt, morgen von einem andern Typus der Luftdruckverteilung eingenommen werden wird.

Die Bedeutung dieser Isobarenform für die Wettervorhersage liegt in der Thatfache, daß der Sattel zwischen den beiderseitigen, gewöhnlich beständigen Anticyklonen sozusagen eine Linie der Schwäche darstellt, der entlang die Störungen sich fortpflanzen können.

Obwohl man nun für einen Sattel in allgemeinen Ausdrücken unstetes Wetter mit wenig Wind getrost voraussagen kann, ist doch die Bewegung der Cyclonen, wenn sie auf einen Sattel treffen, leider ganz unsicher. Zuweilen durchkreuzen sie Europa zwischen den zwei Anticyklonen hindurch in südöstlicher Richtung, noch öfters aber wird der eigentliche Kern der Cyclone abgelenkt oder sie erlischt, während eine unregelmäßige Depression mehr oder weniger tief in den Sattel sich einschiebt.

### Ursprung der Isobaren.

Die sekundären Depressionen, der „Keil“ und die geradlinigen Isobaren, haben wir schon früher genügend beschrieben, so daß wir nun mit einigen allgemeinen Bemerkungen über die ganze Frage der Gestalt und Form der Isobaren schließen können. Vor allem die Frage: Welches ist die Bedeutung der sieben Grundformen? Nach der Analogie des Wassers, auf welches wir uns schon so oft bezogen haben, kann es kaum zweifelhaft sein, daß gerade so, wie die Arten, nach welchen das Wasser circulieren kann, nur eine begrenzte Anzahl von Formen aufweisen, als da sind: Wirbel, Stauwasser u. s. w., auch die Luft nur in einer begrenzten Anzahl von Formen sich bewegt, von welchen die angeführten sieben die wichtigsten sind.

Eine Cyclone mag 500 oder nur 10 deutsche Meilen Durchmesser haben, ein Keil mag den ganzen Atlantischen Ocean einnehmen oder kaum mehr als einen Kilometer messen, ihre entsprechenden charakteristischen Eigenschaften werden dadurch in keiner Weise geändert. Obwohl wir überdies gegenwärtig nur für die Cyclonen und Anticyklonen die Art des Kreislaufes in den untern und obern Schichten derselben in allgemeinen Zügen anzugeben vermögen, so ist es doch nicht zweifelhaft, daß dasselbe auch für die andern fünf Zonen in einer ähnlichen Weise mit der Zeit wird geschehen können. Die Schlußfolgerung ist unausweislich. Denn gerade so wie wir für die Cyclonen und Anticyklonen gezeigt haben, daß nicht nur das Wetter in allgemeinen Zügen, sondern auch die weniger hervortretenden Eigenschaften jeder Wellenform von der Art des Kreislaufes der Luft in denselben abhängt,

ebenso müssen Wetter und Wolken in den übrigen fünf Formen die Folgewirkung irgend einer Art atmosphärischer Bewegung sein.

In einem wirbelreichen Flusse ist die allgemeine Ursache jeder Bewegung das Herabfließen des Wassers von der Quelle zur Mündung; allein das Wasser kann hier nicht einfach wie ein Gewicht über eine schiefe Ebene hinabgleiten, es muß dabei horizontale oder vertikale Wirbel bilden. In der Atmosphäre ist die ursprüngliche Quelle aller Bewegung die allgemeine Cirkulation der Luft zwischen dem heißen Äquator und den kalten Polen. Dabei müssen, wie beim Wasser, sich Strudel oder Wirbel bilden, und die Isobaren zeigen den veränderlichen Druck an der Erdoberfläche an, wie er durch das ungleiche Abfließen der Luft hervorgebracht wird. Hätten wir eine Reihe von Barometern auf dem Grunde eines Flußbettes aufgestellt, und würden wir dieselben gleichzeitig beobachten, so würden wir unterhalb der Wirbel eine Druckabnahme und unter dem Stauwasser eine Druckzunahme finden, und wir könnten Isobaren zeichnen, welche uns die Lage der Wirbel genau so wie bei der Luft angeben würden.

Es muß jedoch besonders betont werden, daß die Druckveränderung in einem cyclonalen Wirbel nicht so wie bei einem Wasserwirbel nur der Centrifugalkraft zu verdanken ist. Die Druckabnahme, wie sie selbst in einer gewöhnlichen Cyclone auftritt, würde durch die Centrifugalkraft auch nicht des wildesten Orkans, der je geweht hat, hervorgebracht werden. Die Entstehungsurache dieser Druckabnahme ist gegenwärtig noch nicht genügend bekannt.

Wenn wir die Änderungen, welche zwei synoptische Karten aufweisen, erörtern, so sprechen wir von Änderungen der Form und der Lage der Isobaren, als ob diese Linien graphische Abstraktionen wären. In Wirklichkeit verfolgen wir aber mit Hilfe dieser Linien die stets veränderlichen atmosphärischen Wirbel: das Verschwinden der alten, das Entstehen von neuen oder das Verschmelzen einiger schon bestehender Systeme zu einer neuen, anders gearteten Störungsform.

Um der Gefahr theoretischer Irrtümer zu entgehen, bestimmen wir die Arten der Wirbel einfach durch gewisse abstrakte Formen von Isobaren und stellen dann nur nach der Beobachtung die Beziehung gewisser bestimmter Arten des Wetters und des Aussehens des Himmels mit verschiedenen Teilen jedes isobarischen Gebildes fest.

Fünftes Kapitel.

Barogramme, Thermogramme, Meteorogramme.

Wir haben schon gesehen, daß eine Reihe synoptischer Karten gleichsam eine Reihe von Ansichten aus der Vogelperspektive ist, und zwar nicht nur des Wetters, sondern auch der über einem ansehnlichen Gebiete an den Instrumenten angestellten Beobachtungen. Infolge der großen Kosten, welche das Telegraphieren verursacht, kann man dieselben selten öfters als alle acht Stunden entwerfen, und doch wissen wir alle aus Erfahrung, daß während dieser Zeit sehr große Änderungen im Wetter vor sich gehen können. Jedes gut ausgerüstete Observatorium ist deshalb mit Instrumenten versehen, welche ununterbrochen den Stand des Barometers und des Thermometers, die Richtung und Geschwindigkeit des Windes, die Zeit und die Menge des Regens selbstthätig aufzeichnen; zuweilen sind diesem noch ein selbstregistrierendes, feuchtes Thermometer zur Verzeichnung der Feuchtigkeit und ein Elektrometer\* beigegeben.

Die Linie, welche von einem Barographen auf dem Papiere gezogen wird, heißt Barogramm; die des Thermographen Thermogramm; die Aufzeichnungen der Windinstrumente heißen Anemogramme; sind alle diese oder ein Teil davon auf einem Blatte beisammen, so nennt man es ein Meteorogramm, weil die Kurven von meteorologischen Instrumenten gezeichnet werden. Figur 25 ist der Abdruck eines Meteorogramms, wie solche das britische

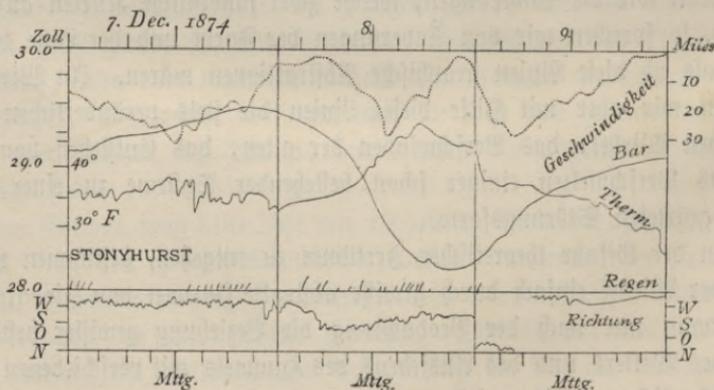


Fig. 25. Ein Meteorogramm.

Meteorological Office veröffentlicht. Wir wollen der Betrachtung desselben einige Absätze widmen, um darzulegen, wie man mit Hilfe dieser ununterbrochenen Aufzeichnungen die Lücken in der Geschichte der Wetteränderungen

\* In neuerer Zeit gewöhnlich auch ein Sonnenscheinautograph.

## Meteorogramme.

auszufüllen in der Lage ist, da ja die synoptischen Karten die Wetterlage nur in beträchtlichen Zwischenräumen zur Darstellung bringen.

Wir müssen betonen, daß wir bei der Beschäftigung mit denselben uns nicht mehr mit Allgemeinheiten, sondern mit den wirklichen Veränderungen und dem Wetterwechsel jedes Tages befassen. Wir wollen auch hervorheben, daß es die Aufgabe und den Gegenstand der Wetterkunde bildet, die Einzelheiten der Wetterfolge, wie sie an irgend einem Orte sich abspielt, womöglich mit großer Genauigkeit darzulegen, und daß die synoptischen Karten nur ein Mittel zu diesem Zwecke sind.

Seit der Entdeckung des Barometers und Thermometers wurden fortwährend unzählige Versuche gemacht, die Natur der Wetteränderungen mit Hilfe von Berechnungen zu entdecken, welche sich auf die Schwankungen dieser Instrumente, wie sie an einzelnen Orten beobachtet wurden, stützten; der Erfolg war aber ein sehr geringer. Wir werden bald sehen, warum dies der Fall sein mußte und der Natur der Sache nach gar nicht anders sein konnte.

## Meteorogramme.

Wenden wir uns also unserem vorliegenden Meteorogramme in Figur 25 zu. Die Barometerkurve ist mit Bar. bezeichnet, und die dazu gehörige Skala findet sich am Rande. Die Thermometerkurve ist mit Therm. erkenntlich gemacht, während die oberste Kurve, unter welcher „Geschwindigkeit“ angemerkt ist, die Änderungen der Windgeschwindigkeit anzeigt. Man beachte, daß der Übersichtlichkeit halber die obere Querlinie als Grundlinie dieser Kurve gewählt wurde und daher die Windgeschwindigkeit nach unten abgezählt werden muß. Der Regen ist am Grunde der Figur durch kleine, schiefe Linien wiedergegeben, welche der am Ende jeder Stunde gemessenen Regenmenge proportional sind, so daß wir mit einem Blicke übersehen können, wann und wie viel Regen gefallen ist. Unterhalb all dieser Kurven ist eine weitere, mit „Richtung“ bezeichnete eingetragen, welche die Richtung des Windes zur Darstellung bringt. Die Bezeichnungen der letztern Kurve verlangen ein Wort der Erklärung, da wir auf einem rechtwinkligen Diagramm eine kreisförmige Skala wiederzugeben haben. Man bemerkt am untern Ende der Zeichnung den Buchstaben N für den Nordwind; wenn wir dann aufwärts gehen, begegnen wir der Reihe nach Ost, Süd und West, und schließlich bezeichnet die obere Querlinie der Richtungskurve wiederum Nord. Auf diese Weise ist es uns möglich, mit einem Blicke zu erkennen, ob der Wind viert oder zurückdreht. Wenn der Wind viert, hebt sich die Linie in die Höhe, wenn er aber zurückdreht, senkt sich die Kurve. Um diese Zeichnung leicht lesen zu können, ist wohl etwas Übung notwendig; doch wenn man sich einmal daran gewöhnt hat, erweist sie sich als sehr bequem.

Um aber dieses Meteorogramm vollkommen zu verstehen, müssen wir die Karten, welche in Figur 26 und 27 wiedergegeben sind und für den 8. und 9. Dezember 1874 gelten, näher ansehen. Die allgemeinen Züge derselben sind sehr einfach. Die Cyclone, welche wir in der ersten Karte herankommen sehen, durchkreuzt England; wir finden dieselbe auf der zweiten Karte schon in Holland, und nun wollen wir sehen, wie dieser Zug der Cyclone die Wetterfolge in Stonyhurst bei Manchester (auf der Karte mit S bezeichnet) beeinflusst hat.

Das Meteorogramm Figur 25 bezieht sich auf die drei Tage vom 7.—9. Dezember 1874, während die Karten nur die letzten zwei Tage wiedergeben. Das Barometer stieg nahezu bis Mitternacht am 7., und zwar

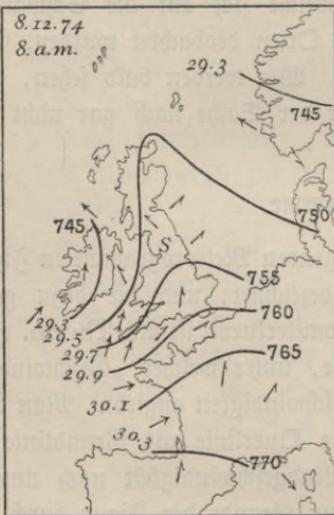


Fig. 26.

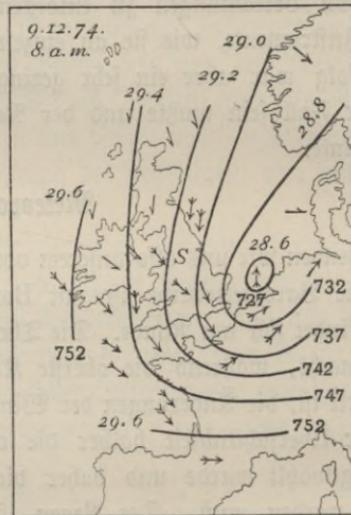


Fig. 27.

Karten zur Erläuterung des Meteorogramms.

unter dem Einfluß des „Reises“, welchen wir auf der Karte für den Morgen des 8. über der Nordsee liegen sehen. Die Kurve sagt uns weiter, daß das Quecksilber in Folge des Herannahens einer Cyclone rasch fällt. Dieses Fallen hält an bis gegen Mitternacht, von wo ab dann das Barometer stark zu steigen beginnt und den ganzen nächsten Tag zu steigen fortfährt. Die Karten allein würden es uns kaum ermöglichen, die genaue Bahn der vorüberziehenden Cyclone anzugeben, aber aus den Windkurven erkennen wir, daß das Centrum derselben fast ganz genau über Stonyhurst hinwegzog.

Die Temperaturkurve ist viel verwickelter. Am ersten Tage bemerken wir eine sehr unregelmäßige Linie, welche kaum eine Spur des gewöhnlichen täglichen Ganges der Temperatur aufweist, da der höchste und der niedrigste Punkt derselben kaum eine Stunde auseinanderliegen und beide auf die

Mitte des Tages fallen. Das ist leicht zu erklären. Der Beobachtungsort stand den ganzen Tag unter dem Einfluß einer Cyclone bei Nordwestwind und kaltem Regen. Dies und vorüberreichende Wolken verursachten die plötzliche Änderung, welche die Kurve anzeigt. Am nächsten Tage findet man eine größere Annäherung der Kurve an die regelmäßige Temperaturschwankung, allein die höchste Temperatur wurde um 6 Uhr abends erreicht und Mitternacht des zweiten Tages erweist sich viel wärmer als am ersten Tage. Auch finden wir hier nicht die plötzlichen Schwankungen des vorhergehenden Tages, obwohl fast in jeder Stunde Regen gefallen war. Die Erklärung für all das liegt im folgenden.

Angefangen vom frühen Morgen des ersten Tages, begann der Wind von Westnordwest gegen Süd und Südsüdost zurückzudrehen. Das bewirkte eine Zunahme der Wärme und den höhern Stand derselben um Mitternacht des zweiten Tages; zwar nahm der tägliche Gang der Temperatur seinen gewöhnlichen Lauf, wurde aber von der Hebung der mehr allgemeinen Erwärmung überlagert. Warum der Regen nicht bewirkte, daß das Thermometer fiel, wird aus dem Umstande klar, daß sich all dies auf der Vorderseite einer intensiven Cyclone zutrug, und wir erinnern uns noch, daß der sanfte, warme, rieselnde Regen, welcher da fällt, von den frostigen Schauern auf der Rückseite einer Depression sehr verschieden ist.

Am dritten Tage ist das Thermogramm noch viel merkwürdiger. Unmittelbar nach Mitternacht fiel das Thermometer um  $2,8^{\circ}$  C., gerade als die Rinne der Cyclone vorüberzog, und der Wind sprang von Südwest nach Nord über. Den ganzen Tag über fiel die Temperatur, und während die Mitternacht des zweiten Tages die wärmste war, ist nun die des dritten Tages die kälteste. Es wurde auch kein Regen mehr verzeichnet, und so müssen die kleinen, raschen Temperaturänderungen infolge vorüberziehender Wolken eingetreten sein. Es mag hier auch bemerkt werden, daß bei Tag eine vorüberziehende Wolke das Thermometer infolge Verhüllung der Sonne sinken macht, während derselbe Vorgang bei Nacht eine Steigerung der Temperatur infolge der Verhinderung der Ausstrahlung gegen den kalten Himmelsraum bewirkt. Die allgemeine Erklärung des verzeichneten Temperaturganges liegt aber darin, daß kalte Winde einsetzten, sobald das Barometer zu steigen begann, und der Einfluß derselben offenbar die tägliche Temperaturschwankung überdeckte.

Obwohl das Thermometer den ganzen Tag sank, d. h. obwohl es keine Stunde gab, in welcher die Temperatur nicht niedriger gewesen wäre als in der vorhergehenden, so folgt daraus doch mit nichten, daß kein täglicher Gang derselben mit einem regelrechten Maximum und Minimum vorhanden gewesen sei. Da aber die Erklärung der Überdeckung mehrerer Kurven das Eingehen in einige weitere einschlägige Einzelheiten erfordert, so wollen

wir unsere Bemerkungen darüber bis nach der Betrachtung der Windkurven unseres Meteorogramms verschieben.

Vorerst also von der Geschwindigkeitskurve. Setzen wir als bekannt voraus, daß der regelmäßige Gang der Windgeschwindigkeit in einem Anwachsen derselben von 4 Uhr morgens bis 2 Uhr nachmittags und in einem darauffolgenden allmählichen Abfallen besteht; der auffallendste Zug in unserer Windkurve ist dann das Anschwellen des Windes um die Mitte des Tages, mit andern Worten, die Regelmäßigkeit dieser täglichen Schwankung trotz der großen cyclonalen Änderungen, welche vor sich gehen. Der Einfluß der letztern ist in den verhältnismäßig großen Geschwindigkeiten — 50 bis 60 km in der Stunde — zum Ausdruck gekommen, welche der Wind in den ersten beiden Tagen bald nach Mittag erreichte. Die Kurve für den letzten Tag, 9. Dezember, ist aber sehr verschieden. An diesem Tage herrschten die stärksten Winde vor 6 Uhr morgens, während zur heißesten Tageszeit, wo der Wind in der Regel am stärksten ist, die Geschwindigkeiten stetig abnahmen. Die Ursache hiervon lag darin, daß am frühen Morgen die steilen Gradienten der Rückseite der Cyclone über den Beobachtungsort hinwegzogen, während dieselben um die Mitte des Tages so flach wurden, daß die auf ihre Rechnung kommende Geschwindigkeit das Anwachsen, welches infolge der Tageseinflüsse natürlicherweise eintreten sollte, verdeckte. Die Windstille unmittelbar vor Mitternacht des 8. und das unmittelbar darauffolgende Anschwellen des Windes zu einer Geschwindigkeit von 31 engl. Meilen (50 km) in der Stunde ist sehr interessant; denn die Windstille eignet dem Mittelpunkte einer intensiven Cyclone und der starke Wind ist die Folge der steilen Gradienten, welche wir in Figur 27 auf der Rückseite der Depression sehen.

Die Änderung der Windrichtung an diesen drei Tagen ist ziemlich einfach. Die natürliche tägliche Schwankung der Windfahne besteht in einem schwachen Vieren des Vormittags und Zurückdrehen, sobald die Sonne unter ist<sup>16</sup>. Allein in dem stürmischen Wetter, auf welches sich unsere Kurven beziehen, ist ziemlich jede Spur davon verschwunden. Am 7. hielt sich der Wind hübsch gleichmäßig zwischen West und Nordwest, und von einer täglichen Drehung ist kaum ein Zeichen vorhanden. Am nächsten Tag, den 8., drehte der Wind beim Herannahen der Cyclone rasch nach Südsüdost zurück. Er vierte dann ebenso rasch nach Südwest, und gerade um Mitternacht, da das Barometer zu steigen begann, sprang er nach Nord und Nordost um und drehte dann im Laufe des Tages nach nahezu Nordwest zurück. Aus diesen Änderungen und dem plötzlichen Überspringen von West nach Nord ist es augenscheinlich, daß das Sturmcentrum sehr nahe an dem Beobachtungsorte vorüberzog. Alle Spuren des täglichen Ganges sind zweifellos durch diese größern Schwankungen verhüllt.

## Überdeckung der Schwankungen einer Kurve durch die einer andern.

Die einfache Vorstellung, daß das wirkliche Wetter die Resultierende oder die Summe verschiedener Einflüsse ist, mag nun hinreichend klar sein; doch müssen wir etwas mehr in die Einzelheiten dessen eindringen, was man aus der Betrachtung der Kurven der Instrumente lernen kann. Die Vorstellung der Überdeckung von Kurven verschiedener Art der Schwankung und die Ableitung einer resultierenden Kurve aus derselben dürfte manchem unserer Leser nicht geläufig sein. Wir wollen die Erklärung dieses Vorganges mit einem leichten Beispiele beginnen.

Hier und in diesem ganzen Werke werden wir das Wort „Wechsel“ nur zur Bezeichnung von Änderungen des Wetters benutzen, welche von den Cyclonen u. s. w. herrühren, und das Wort „Schwankung“ zur Bezeichnung jener Änderungen gebrauchen, welche von der Tageszeit bedingt sind. Der Vorübergang einer Cyklone oder die Ersetzung derselben durch eine Anticyklone verursacht thatsächlich einen Wetterwechsel, die Einflüsse der ständigen, täglichen Änderungen bringen nur eine gewisse Schwankung in den erstgenannten größern Änderungen hervor.

Versuchen wir z. B. festzustellen, welcher Art die Kurve wäre, die der Thermograph zeichnen würde, wenn die regelmäßige tägliche Temperaturschwankung mit ihrem Maximum um 2 Uhr nachmittags und ihrem Minimum um 4 Uhr morgens auf einen gleichmäßigen Abfall der Temperatur, der andern als den Tageseinflüssen, z. B. dem Einsetzen kalter Nordwinde, zu verdanken ist, aufgelegt würde. Die Linie, auf welche die Tageskurve gelegt wird, heißt das Niveau der Schwankung. In der bekannten Kurve der täglichen Schwankung, wie in B und C (Fig. 28, S. 108), stellt die horizontale Linie A die mittlere Temperatur des Beobachtungsortes vor, und die Linien B und C sind die sie ergebenden Kurven. Die einzige Folge einer Verschiebung des Niveaus von A würde, wenn die Kurven selbst unverändert blieben, die sein, daß die ganze Zeichnung der Grundlinie näher oder ferner gebracht würde. Denn ob das Niveau von A  $5^{\circ}$  C. oder  $20^{\circ}$  C. beträgt, die Form und Größe der täglichen Schwankung in B und C würden immer dieselben bleiben.

Handelt es sich nun aber um Kurven eines bestimmten einzelnen Tages, dann stellt die horizontale Linie A nicht mehr die mittlere Temperatur des Beobachtungsortes vor, sondern das Niveau der Temperatur, welches infolge allgemeiner Ursachen von der Tageszeit unabhängig ist. Wenn der Thermograph die Kurve B oder C gezeichnet hat, so läßt sich auf Grund geometrischer Betrachtungen die Linie A ziehen, welche nun das Niveau der allgemeinen Temperatur darstellt, die von der Kurve des täglichen Ganges überlagert ist. Da B wie C Tageskurven sind, welche nur in der Größe

der Schwankung, nicht aber in der Form verschieden sind, so wollen wir unsere Aufmerksamkeit auf C beschränken. Man bestimme dann, wenn C die vom Thermographen gegebene Kurve ist, die mittlere Temperatur des Tages, indem man das Mittel aus den Angaben für jede volle Stunde nimmt. Man markiere diesen Wert  $m$  auf der vertikalen Stundenlinie für den Mittag und verbinde dann  $n$  und  $t$ , die Punkte, wo die Kurve die

erste und zweite Mitternachtsvertikale trifft; dann ist die Linie A, welche man mit  $n$   $t$  parallel zieht, das gesuchte Niveau der Schwankung. Die Linie  $n$   $t$  wurde in der Zeichnung größerer Übersichtlichkeit halber weggelassen.

Sehen wir nun aber voraus, daß zwar die tägliche Schwankung in B oder C dieselbe bleibe, aus andern Ursachen aber die allgemeine Temperatur so gleichmäßig falle, daß sie durch eine gerade Linie, z. B. D, darstellbar sei; wir fragen nun: Wie würde dann die resultierende Kurve aussehen? Wir können dieselbe leicht graphisch finden, indem wir die Linie D ziehen und dieselbe als das veränderliche Niveau ansehen, auf welches sich B oder C überlagern muß. Um dies auszuführen, brauchen wir nur die Werte von C oder D zu verschiedenen Stunden auf das denselben Stunden entsprechende

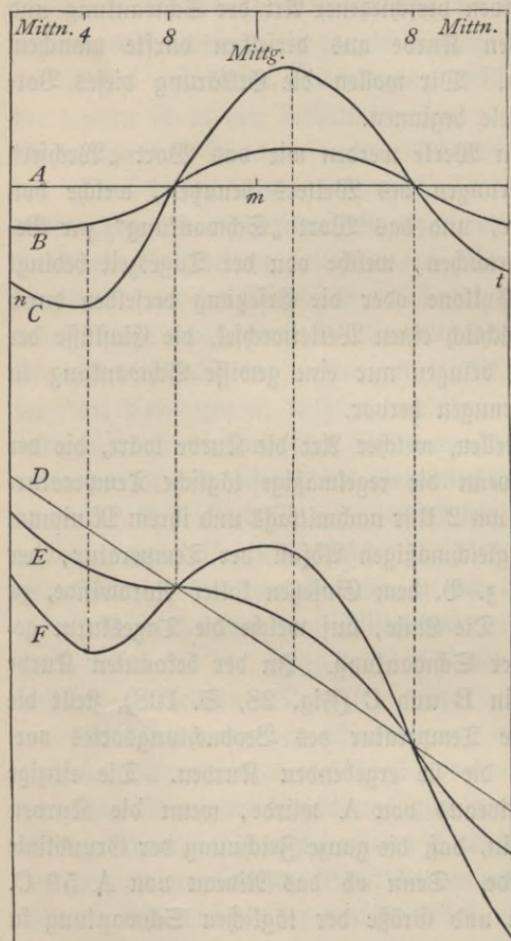


Fig. 28. Überlagerung von Kurven.

Niveau der Linie D aufzutragen. Die Minima E und F um 4 Uhr morgens haben z. B. dieselben Abstände von D, wie die in B und C von A zur selben Stunde, ebenso schneiden die Tageskurven überall die Linie des allgemeinen Niveaus um 8 Uhr morgens und 8 Uhr abends, und haben die Maxima um 2 Uhr nachmittags überall die gleichen Abstände von ihrem Niveau. Sehen wir uns nun die resultierenden Kurven E und F an. Die letztere, welche die stärker ausgeprägte ist, vermag das stetige Fallen der

Linie D sozusagen umzukehren, und jedermann wird an ihr erkennen, daß sie eine tägliche Schwankung aufweist. Wenden wir uns aber zur Kurve E. Hier ist die Tageschwankung so klein, daß sie den Verlauf der Linie D wohl abzulenken, nicht aber umzukehren im Stande ist, und wir erhalten so das scheinbar unmögliche Resultat, daß das Thermometer den ganzen Tag fallen und dennoch ein sehr deutliches Maximum und Minimum aufweisen kann, welches nur den Grad des Gefälles im allgemeinen Verlaufe der Kurve modifiziert. Eben das ist es, was am 9. Dezember 1874 in Stonyhurst zutraf, und in unserem Meteorogramm (Fig. 28) dargestellt ist. Das Thermometer fiel da den ganzen Tag; wenn wir aber im Geiste die zwei Punkte, wo die Kurve die beiden in Betracht kommenden Mitternachtslinien schneidet, verbinden, sehen wir sofort, daß um 3 Uhr nachmittags ein Tagesmaximum im allgemeinen Verlaufe der Kurve ausgeprägt ist. In diesem Falle ist die Kurve so unregelmäßig, daß wir zwar das Vorhandensein eines Tagesmaximums entdecken, die Größe desselben aber nicht einmal angenähert bestimmen können. Es liegt nun auf der Hand, daß wir aus einer mehr regelmäßigen Kurve, wie E es ist, leicht D bestimmen könnten; die Methode ist genau dieselbe, welche wir zur Ermittlung von A aus B angewendet haben. In der That können wir E und F ziehen, wenn uns B, C und D gegeben sind; ist aber E und F gegeben, so können wir dieselben auflösen in die Linie des allgemeinen Temperaturganges D und in die Kurven der täglichen Schwankung B und C.

Ist die Niveaulinie des allgemeinen Temperaturganges so unregelmäßig, daß sie nicht durch eine gerade Linie für 24 Stunden dargestellt werden kann, dann sind wir nicht mehr in der Lage, die allgemeinen und die täglichen Änderungen abzusondern, da wir dann das Niveau der allgemeinen Änderungen, welches hierbei eine gekrümmte Linie ist, nicht zu ziehen wissen.

Wir haben unsere Erläuterungen an die Temperaturkurven geknüpft, weil ihre tägliche Schwankung die einfachste und augenscheinlichste ist, doch finden dieselben allgemeinen Grundsätze auf die Kurven aller meteorologischen Elemente ihre Anwendung.

In Großbritannien und Deutschland sind die täglichen Schwankungen in den Barogrammen, verglichen mit den allgemeinen Änderungen, so klein, daß man sie gewöhnlich vernachlässigen kann; in den Tropen dagegen fällt das Barometer regelmäßig in 6 Stunden um 2 mm, während die infolge eines heranrückenden, entfernten Orkanes eintretenden allgemeinen Änderungen nur die Hälfte dieser Größe erreichen. Hier ist dann die Unterscheidung zwischen den allgemeinen Änderungen und den täglichen Schwankungen des Druckes von vitaler Bedeutung.

Die Aufgabe, die verschiedenen Ursachen der Bewegung des Barometers zu sondern, ist in allen Teilen der Meteorologie so wichtig, daß wir bei der Behandlung dieses Gegenstandes mehr in die Einzelheiten eingehen müssen.

### Barometergang.

Der Grad der Geschwindigkeit, mit welcher das Barometer steigt oder fällt, wird als Barometergang bezeichnet. Derselbe wird gewöhnlich ausgedrückt, indem man angiebt, wieviel Zehntel eines Millimeters (oder Hundertstel eines Zolles) der Barometerstand in einer Stunde sich ändert.

In einem so veränderlichen Klima wie Großbritannien und Deutschland ist ein Gang von weniger als 0,5 mm ein schwacher, während ein solcher von mehr als 1 mm als ein starker anzusehen ist. Nur in wenigen Fällen wird derselbe im Laufe des Jahres jemals 2,5 mm überschreiten, obwohl in Ausnahmefällen schon ein solcher von 5 mm verzeichnet wurde. In den Tropen erreicht er schon in der täglichen Schwankung einen Wert von 0,5 mm, ein Überschreiten desselben muß dort als Warnung vor einer drohenden Gefahr angesehen werden.

Da viele eine sehr unklare und ungenaue Vorstellung von der Beziehung des Fortschreitens der Cyclonen und der Gradienten zum Barometergange haben, mag es angezeigt sein, hierüber nähere Erklärungen zu bieten. Aus

der Betrachtung des Aufzuges einer Cyclone in Figur 29 ist zu ersehen, daß das Fallen des Barometers in A von drei Dingen abhängt: von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Cyclone, von der Steilheit der Gradienten und von der Lage des Beobachtungsortes in Bezug auf den Mittelpunkt der Cyclone. Nehmen wir an, daß die Strecke A B von dem Mittelpunkte der Cyclone

in vier Stunden zurückgelegt wird, so würde der Barometergang in A  $2,5 : 4 = 0,625$  mm sein,

weil die Isobaren von 2,5 zu 2,5 mm gezeichnet sind. Es liegt auf der Hand, daß dieser Gang verdoppelt wird, wenn man entweder die Geschwindigkeit der Cyclone oder die barometrische Differenz zwischen den Isobaren verdoppelt. Der Beobachter in E auf der Bahnlinie der Cyclone wird bei gleicher Geschwindigkeit und gleichen Gradienten einen viel stärkern Barometergang beobachten als der in A, welcher mehr seitwärts der Bahnlinie sich befindet. In unserer Zeichnung ist die Strecke E D beiläufig die Hälfte von A B, so daß der Barometergang in E das Doppelte von dem in A betragen wird.

Aus diesen Betrachtungen kann man ersehen, daß ein rasches Fallen des Barometers gefahrdrohend ist, weil es im allgemeinen anzeigt, daß der Beobachter nahe der Bahnlinie der Cyclone sich befindet, daß die Gradienten steil sind und daß die Störung sich rasch vorwärts bewegt. Die erste dieser Ursachen bewirkt ein fast vollständiges Umschlagen des Windes beim Vorübergange des Centrums, was den Schiffen sehr gefährlich ist, die zweite ver-

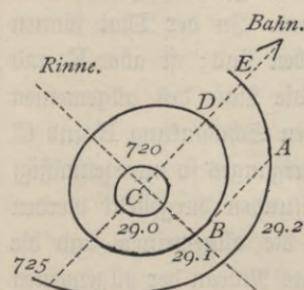


Fig. 29. Barogramme, Barometergang, Ausfüllung von Cyclonen.

Bahn.  
E  
A  
D  
A  
B  
29.2  
29.1  
725  
720  
29.0  
C  
Rinne.

ursacht heftige Winde, während die dritte die Gewalt des Wetters nach allen Richtungen anschwellt.

Wir werden bei der Erörterung der Böen und Gewitterstürme sehen, daß das Barometer oft in wenigen Minuten, gerade wenn der Regen beginnt, plötzlich 2,5 mm steigt. Die Ursache dieser Erscheinung ist unsicher, doch müssen wir bemerken, daß dieses Ansteigen ganz und gar anderer Natur ist als dasjenige, welches beim Vorübergange eine Cyclone sich einstellt. Wir dürfen daher nicht in den Irrtum verfallen, daß wir alle barometrischen Änderungen als identisch behandeln und den Barometergang einer Böe mit demjenigen der Cyclone vergleichen. Eine Schwierigkeit für die Erklärung entsteht zuweilen durch die Windstöße in der Rinne einer Cyclone. Wenn der Wind unter Stößen und heftigem Regen herumdreht, steigt das Barometer plötzlich stark; wir nennen dies einen Barometersprung. Hier und da kommt ein leichtes Fallen vor, aber gleich darauf steigt das Barometer rasch und stetig. Es ist fast unmöglich zu sagen, welchen Anteil am ersten Barometersprunge die Windstöße haben und wieviel von dem allgemeinen Anstiege des Druckes dem Vorbeiziehen der Cyclone zu verdanken ist.

Wir haben schon erklärt, daß ein Barogramm gleichsam ein vertikaler Durchschnitt einer Cyclone ist, während die synoptische Karte einen Horizontalschnitt darstellt. Selbstverständlich gilt dies nur unter der Voraussetzung, daß die Cyclone während der Zeit, welche zwischen dem Anfang und dem Ende des Barogramms verlossen ist, weder in Tiefe noch in Form sich änderte. In Wirklichkeit ist nun aber eine Cyclone in ununterbrochener Veränderung begriffen, sowohl in Bezug auf die Tiefe als auch auf die Form; insolgedessen ist es außerordentlich schwer, aus zwei selbst in kurzen Zwischenräumen entworfenen Karten zu erkennen, wie die Druckänderungen die Barometerkurve in irgend einem Orte beeinflusst haben. Zwei oder mehr Reihen allgemeiner Änderungen gehen gleichzeitig vor sich, und da fällt uns die Aufgabe zu, ihre Zusammensetzung zu entwirren. Die Wichtigkeit der Erforschung dieser Frage wird aber aus der Bemerkung klar, daß hiervon alle scheinbar unregelmäßigen Bewegungen des Barometers abhängen. Würde das Barometer vor Regen immer fallen und immer steigen, wenn sich das Wetter bessert, dann wäre die Wetterkunde die einfachste aller Wissenschaften. Leider sehen wir es oft regnen, während das Barometer steigt, und den Himmel sich aufheitern, während der Luftdruck noch abnimmt. Diese Ausnahmen sind bisher noch nicht erklärt, doch wollen wir die Erklärung im vorliegenden Buche geben.

Nehmen wir an, daß eine Cyclone, wie in Figur 29 (S. 110), deren Centrum in C ist, die mit „Bahn“ bezeichnete Linie entlang sich bewege und zwar mit solcher Geschwindigkeit, daß sie eine Strecke gleich A B in vier Stunden durchlaufe. In Anbetracht, daß der Druckunterschied in A und B

2,5 mm beträgt, daß die Linie A B parallel der Bahn der Cyklone ist und daß B auf der Linie der Rinne liegt, wo das Barometer selbstverständlich zu steigen beginnt, ist es augenscheinlich, daß das Barometer in A, wenn die Cyklone ohne Änderung in Bezug auf die Tiefe des Centrum's sich fortbewegt, um 2,5 mm in diesen vier Stunden fallen und dann wieder zu steigen beginnen wird.

Nehmen wir weiter an, daß die Cyklone während der Vorwärtsbewegung des Mittelpunktes sich auszufüllen beginnt und zwar um 4 mm in den 4 Stunden (dies liegt ganz innerhalb der Grenzen der wirklichen Vorkommnisse), so wird das Barometer in dieser Zeit um den Überschuß von 1,5 mm steigen. Man kann sich den Vorgang ja in der That so vorstellen, daß es infolge des Heranrückens der Rinne der Cyklone um 2,5 mm gefallen, infolge der Ausfüllung der Cyklone aber um 4 mm gestiegen sei, so daß ein Gewinn von 1,5 mm erübrigte. Auf diese Weise gelingt es uns, die scheinbare Unregelmäßigkeit zu erklären, daß das Barometer beim Herannahen einer Cyklone steigt, und erkennen wir daraus den ungeheuern Nutzen, welchen die synoptischen Karten der Wissenschaft gebracht haben. Früher waren diese barometrischen Unregelmäßigkeiten unerklärbar; jetzt wissen wir, daß Wind und Regen von der Form und nicht von dem Zahlenwerte der Isobaren abhängen. Daher kommt es dann, daß Wind und Wetter an der Station A trotz der Ausfüllung der Cyklone und des Steigens des Barometers bleiben werden, wie sie für die Vorderseite einer Cyklone charakteristisch sind. Wir kommen auf diesen Gegenstand noch zurück und werden im Kapitel über die Wettervorhersage für einen einzelnen Beobachter ein auffallendes Beispiel dieser Art anführen.

### Wogen.

Jede Luftdruckänderung, welche weder durch das Vorüberziehen irgend einer Depression noch von dem täglichen Gange verursacht wird, werden wir eine barometrische „Woge“ nennen. Die Bezeichnung Welle wurde häufig für barometrische Änderungen angewendet, aber dies geschah in einer so unbestimmten Weise, daß es uns am besten scheint, für eine genau bestimmte und wichtige Erscheinung ein neues Wort einzuführen.

Wir haben eben erklärt, wie infolge der Ausfüllung einer fortschreitenden Cyklone ein Überschuß für die Druckzunahme resultieren kann. Es wäre ebenso leicht möglich, daß in derselben Zeit eine Cyklone sich vertieft und dann hätten wir auf der Rückseite der Cyklone bei aufklarendem Wetter ein Sinken des Barometers. Zuweilen ist die Ausfüllung einer Cyklone örtlich ziemlich begrenzt, andere Male hingegen nimmt die Woge ungeheurere Dimensionen an. Nichts ist im Winter gewöhnlicher zu finden, als eine Cyklone von mittlerer Größe, mitten auf dem Atlantischen Ocean, welche am folgenden

Tage in der Form der Isobaren sich kaum geändert hat, obwohl der Luftdruck in ihr und in ihrer Umgebung vielleicht 10 mm gesunken ist.

Auf der synoptischen Karte ist dies auf den ersten Blick kaum zu bemerken, da man in der Form der Linien eben keine Änderung sieht. Richtet man aber die Aufmerksamkeit auf die Zahlen an den Isobaren, welche den Barometerstand angeben, so bemerkt man, daß die Isobare von 740 mm von gestern heute nur mit 730 mm bezeichnet erscheint. In gleicher Weise wird eine feststehende Anticyklone oft um 2,5 oder 5 mm, ohne eine Verschiebung oder wesentliche Änderung ihrer Form auf der Karte, steigen oder fallen; gleichzeitig wird dann an irgend einer Station das Barometer ohne erkennbare Ursache und ohne merkliche Wetteränderung gestiegen oder gefallen sein.

Untersuchen wir eine Anzahl dieser Wogen, so finden wir in ihnen das entschiedene Bestreben, von West nach Ost oder von Südwest nach Nordost sich fortzupflanzen. Nehmen wir zum Beispiel an, es sei an einem Tage in den Vereinigten Staaten eine tiefe Depression mit einer oder mehreren Cyclonen vorhanden, in der Mitte des Atlantischen Oceans eine Anticyklone und über Europa eine Reihe flacher Depressionen. Wir werden vielleicht am nächsten Morgen finden, daß sich die amerikanischen Cyclonen ausfüllen, der hohe Druck über dem Atlantischen Ocean, aber ohne Änderung der Lage, abnimmt, während das europäische System thatsächlich unverändert bleibt. Am dritten Tage mag es sich dann ereignen, daß, während nur geringe Änderungen in Amerika vorkommen, die atlantische Anticyklone ihre Höhe wieder gewinnt, dafür aber über ganz Europa eine bedeutende Druckabnahme sich einstellt.

Dies ist die „barometrische Welle“ von Birt und andern Schriftstellern; man legt derselben gegenwärtig geringe Bedeutung bei. Der Verfasser glaubt aber, daß sie den Keim großer Entwicklungsfähigkeit in sich trägt. Die Unmöglichkeit, die ganze Barometeränderung in ihre zwei Komponenten, Wogen und Cycloneneintwirkung, zu zerlegen, wie sie in den meisten Fällen besteht, bietet gegenwärtig eine unüberwindliche Schwierigkeit bei Verfolgung der Wogen. Nichts ist leichter, als die Zeit, zu welcher das Barometer seinen niedrigsten Stand erreicht hat, zu beobachten. Allein wir sind nicht im Stande zu sagen, wieviel davon auf Rechnung der Depression der Cyclone und wieviel auf die durch die Woge bewirkte Vertiefung zu stellen ist. Aus unserer letzten Figur ist es deutlich, daß wir nur die Zeit beobachten, zu welcher der Stand am niedrigsten ist.

Eine Woge hat aus sich selbst kein charakteristisches Wetter, aber das Vorüberziehen derselben übt auf das charakteristische Wetter jeder Isobarenform einen mäßigen und einen kräftigen Einfluß auf die Bildung neuer Systeme aus.

Bezeichnen wir als Stirnseite der Woge die Linie, wo der Druck überall in Abnahme, als Rückseite die Linie, wo er überall in Zunahme begriffen ist, als Rinne derselben die Linie des Überganges vom Fallen zum Steigen: wir finden dann, daß die Vorderseite einer fortschreitenden Woge oder die einfache Vertiefung durch die Woge den typischen Charakter der Vorder- und der Rückseite einer Cyklone nicht ändert, wohl aber ihre Intensität im allgemeinen verstärkt; hingegen vermindert der ansteigende Theil einer Woge die Intensität und bewirkt daher besseres Wetter. Die Druckerniedrigung in einer Anticyklone bewirkt die Verminderung der Trockenheit und die Zunahme der Neigung zur Wolkenbildung. Druckerhöhung hat natürlich den entgegengesetzten Erfolg. Das Bestreben jeder Herabdrückung des Barometerstandes ist auf der ganzen Welt die Bildung cyclonaler Systeme, das der Druckzunahme die Auflösung bestehender Cyklonen.

Wir werden eine Menge Beispiele für dieses wichtige Prinzip bei der Erläuterung der Typen des Wetters der gemäßigten Zone finden. Hier sind, wie wir schon bemerkt haben, Woge und Cyklone so verschlungen, daß wir sie nur theilweise entwirren können; in den Tropen finden wir aber daselbe Gesetz unter einfachen Bedingungen wieder. Im südindischen Ocean zum Beispiel liegt während der Dauer des Nordwestmonsuns (von beiläufig Dezember bis März) eine langgestreckte Furche niedrigen Druckes, ungefähr in  $10^{\circ}$  südlicher Breite, da, wo der Südwestmonsun den Südostpassat trifft. Während dieser ganzen Zeit geht durch diese allgemeine Depression eine Reihe von kleinen Wogen, langsam, vielleicht 2 mm in sechs oder sieben Tagen sinkend und dann um ebensoviel in der nächsten Woche steigend. Die Beobachtungen haben nun ergeben, daß sich Orkane fast ausnahmslos während der fallenden Phase der Woge bilden, und praktische Wetterprognosten, wie Meldrum auf Mauritius, sehen besonders dann nach Anzeichen ernstlich schlechten Wetters aus, wenn die leiseste Spur einer nicht vom täglichen Gang herrührenden Druckverminderung sich zeigt. Wir glauben, daß derselbe Grundsatz der Beobachtung der Wogen auch in der gemäßigten Zone bei der Wettervorhersage mit großem Nutzen angewendet werden könnte, trotz der Schwierigkeiten, auf welche wir schon hingewiesen haben, und die der praktischen Verwertung allerdings sehr hinderlich sind.

Bei so verwickelten Problemen, wie sie in der Wetterkunde vorkommen, ist es durchaus notwendig, kurze, einfache Ausdrücke zur Bezeichnung gewisser Gruppen zu besitzen. Hier und durch das ganze Werk hindurch werden wir alle Druckänderungen, welche dem Vorüberziehen eines sich nicht ändernden Gebietes niedrigen Druckes zu verdanken sind, als Änderungen durch Cyklonen, und alle, welche durch eine Woge oder durch die Ausgleichung bestehender Systeme hervorgebracht werden, als Änderungen durch Wogen bezeichnen; wir werden von Wogen sprechen, welche über die Cyklonen, und von Cyklonen,

welche über die Bogen hinwegziehen. Das wird besonders im Kapitel über die Wettervorhersage für einen einzelnen Beobachter von Nutzen sein, wo wir die scheinbaren Unregelmäßigkeiten im Verhalten des Barometers eingehend zu erklären haben werden.

### Deutung der Meteorogramme.

Wir müssen nun die Beziehung der Karten zu den Meteorogrammen noch weiter erforschen und ihren beiderseitigen Wert und ihre Bedeutung erklären.

In der Praxis wird man selten öfter als dreimal im Tage synoptische Karten zeichnen können<sup>17</sup>, und es ist leicht zu verstehen, daß wohl allgemeine Änderungen, wie die Bildung und das Fortschreiten der Cyclonen, auf denselben mit der größten Deutlichkeit ersichtlich gemacht werden können, die Art der täglichen Schwankungen mit Hilfe derselben aber nicht genau zu ermitteln ist. Wir werden dies ausführlicher im Kapitel über die täglichen Wetterwechsel erläutern; hier müssen wir jedoch erwägen, wie die Änderungen, welche von der Tageszeit abhängen, mit den allgemeinen Änderungen in Zusammenhang zu bringen sind.

Fast auf der ganzen Welt nimmt an der Erdoberfläche die Windgeschwindigkeit bei Tag zu und bei Nacht ab, wie wir es in unserem Meteorogramm Figur 25 sehen, und dies ist sowohl in Cyclonen als auch in Anticyclonen der Fall. Wie können wir das vereinbaren mit der Thatsache, daß die Geschwindigkeit des Windes, wie aus den für dieselbe Stunde an verschiedenen Tagen gezeichneten Karten ersichtlich ist, den verschiedenen isobariischen Gradienten proportional ist? Die naheliegende Antwort lautet, daß die mittlere Geschwindigkeit des Windes als die anzusehen ist, welche vom Gradienten herrührt — wir wollen annehmen, daß der Gradient 24 Stunden unverändert bleibt —, und daß die tägliche Schwankung der Geschwindigkeit die vom Gradienten herrührende überlagert. Sehen wir den Fall, der Wind ändere infolge der Tageschwankung seine Geschwindigkeit zwischen 16 und 32 km in der Stunde, so daß seine mittlere Geschwindigkeit 24 km in der Stunde und die Schwankung infolge der Tageseinsflüsse 16 km betragen würde. Nehmen wir an, daß der Gradient unverändert geblieben sei. Dann wird eine synoptische Karte, welche zur Zeit des Minimums — etwa 4 Uhr morgens — gezeichnet wurde, eine Geschwindigkeit von 16 km in der Stunde bei dem bestehenden Gradienten angeben. Eine andere Karte, welche zur Zeit des Maximums der Windgeschwindigkeit — etwa 2 Uhr nachmittags — entworfen wurde, würde für denselben Gradienten eine Geschwindigkeit von 32 km in der Stunde aufweisen, und so weiter für jede andere Stunde.

Die tägliche Änderung der Richtung des Windes führt uns zu einigen andern Erwägungen. In der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel

viert der Wind gewöhnlich während des Tages und dreht während der Nacht zurück, aus welcher Richtung er immer kommen mag. In Bezug auf den Winkel, welchen der Wind mit den Isobaren macht, wissen wir, daß er bei

Tag kleiner ist als bei Nacht. Stehen wir mit dem Rücken gegen den Wind, so liegt die Isobare meistens unter einem Winkel von  $35^{\circ}$  rechts von der Windrichtung, so daß, wenn der Wind z. B. von Süd nach Südwest tagsüber viert, während die Lage der Isobare

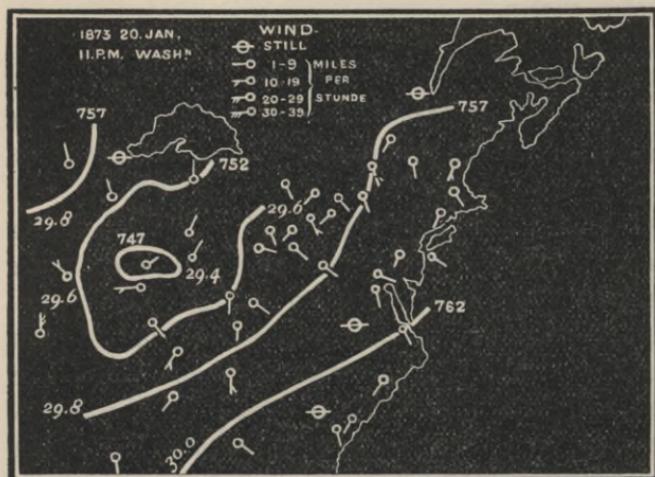


Fig. 30. Tägliche Schwankung des Windes in Cyclonen.

unverändert bleibt, der Winkel zwischen Isobare und Wind verkleinert werden würde.

Es wurde schon bemerkt, daß der Wind in einer Cyclone stets nach einwärts, in einer Anticyclone stets nach auswärts gekrümmt ist. Wir

folgern daher aus der Thatsache des Bierens des Windes tagsüber, daß der Wind in Cyclonen bei Tag etwas weniger einwärts, in Anticyclonen etwas weniger auswärts gerichtet ist als bei Nacht. Das Folgende wird die obigen Grundsätze erläutern. In den

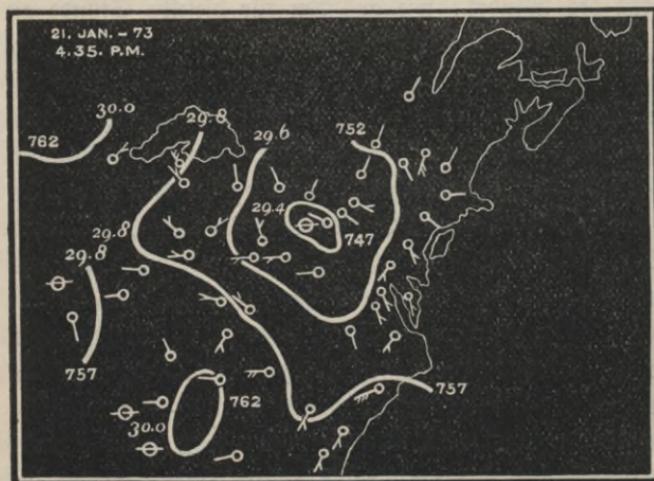


Fig. 31. Tägliche Schwankung des Windes in Cyclonen.

Figuren 30, 31 und 32 geben wir verkleinert die täglichen Wetterkarten der Vereinigten Staaten für 11 Uhr abends des 20. Januar 1873, von 4 Uhr 35 Minuten nachmittags und 11 Uhr abends am 21. Januar wieder.

Diese Karten kann man als die Wiedergabe einer sich frei bewegenden Cyclone ansehen, deren Intensität, gemessen durch die Gradienten, ziemlich konstant ist. Wenn wir aber auf die Windpfeile sehen, so bemerken wir,

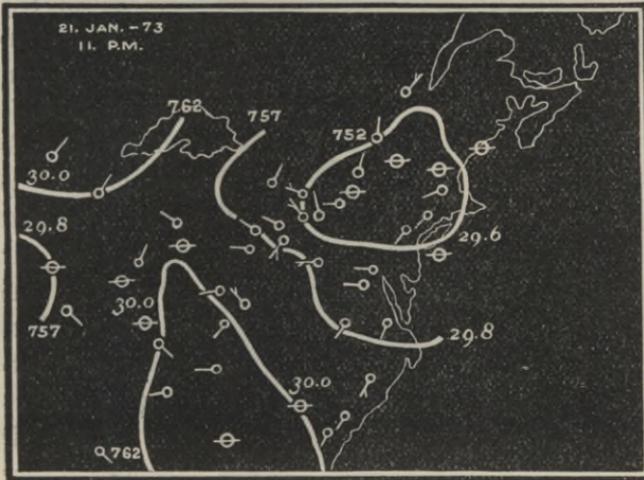


Fig. 32. Tägliche Schwankung des Windes in Cyclonen.

daß in den zwei Karten für 11 Uhr abends nur in der ersten eine Station sich findet, an welcher der Wind 20 englische Meilen (32 km) in der Stunde überschreitet, in der letztern gar keine; in der Karte für 4 Uhr 35 Min. nachmittags giebt es aber nicht nur drei Stationen mit dieser Geschwindigkeit und eine sogar mit mehr als 30 engl. Meilen (48 km), sondern eine weit größere Anzahl, deren Pfeile mehr als 10 engl. Meilen (16 km) in der Stunde angeben, wie dies aus den Federn der Pfeile zu ersehen ist. Aus den Originalkarten ist zu entnehmen, daß die Summe der Windgeschwindigkeiten an allen 75 Stationen in der ersten Karte 449 engl. Meilen (722 km) und 8 Kalmen, in der zweiten 681 engl. Meilen (1096 km) und nur 5 Kalmen betrug, in der dritten aber ein Herabfallen auf 420 engl. Meilen (675 km) und ein Anwachsen der Kalmen auf 12 sich zeigte, obwohl die Gradienten fast konstant blieben.

Sehen wir uns nun die tägliche Änderung der Richtung des Windes an. Auf der Karte von 4 Uhr 35 Min. nachmittags sind die Pfeile, wenn auch nicht gerade deutlich, in Bezug auf das Centrum der Cyclone eher weniger nach einwärts gebogen als in den Karten für 11 Uhr abends, so daß an jeder Station der Wind, aus welcher Richtung er immer weht, während des Tages ein wenig mit der Sonne zu vieren und des Nachts zurückzudrehen scheint, soweit als dies nicht durch größere, von der Cyclonenbewegung herrührende Änderungen überdeckt ist. Ähnlich würde der Wind, wenn die Karten zur selben Stunde für eine Anticyclone gezeichnet worden wären, um 4 Uhr 35 Min. nachmittags etwas weniger nach auswärts gekrümmt erscheinen und an jeder Station während des Tages ein wenig gebiert und des Nachts zurückgedreht haben.

Die Beziehung des Wetters zu den täglichen Änderungen desselben, zu der Häufigkeit des Regens und der Wolken zu verschiedenen Stunden ist

etwas mehr verwickelt. Nehmen wir einmal an, aller Regen sei cyclonaler Art gewesen und die Kurve täglicher Regenhäufigkeit würde ein Maximum um 2 Uhr nachmittags und ein Minimum um 4 Uhr morgens aufweisen.

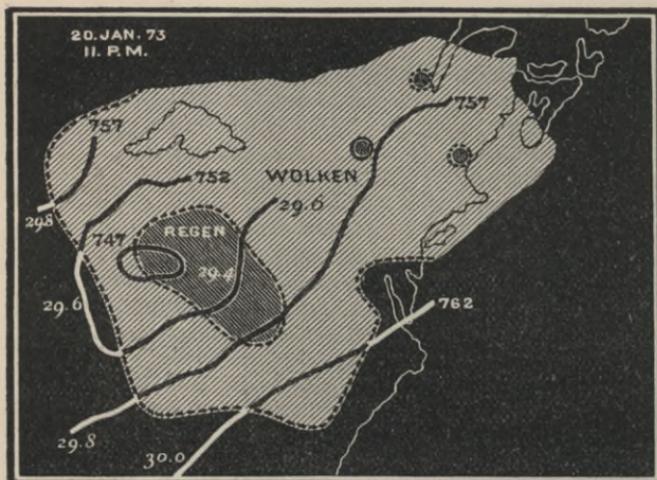


Fig. 33. Tägliche Schwankung des Regens und der Bewölkung in Cyclonen.

Wolkengebietes zu den niedrigsten Isobaren unverändert blieb, daß aber sowohl Regen als Wolken um 2 Uhr nachmittags sich weiter vom Centrum weg ausdehnen als um 4 Uhr morgens. Unter der Annahme einer stationären, sich nicht ändernden Cyclone würde es daher für einen Beobachter, der sich

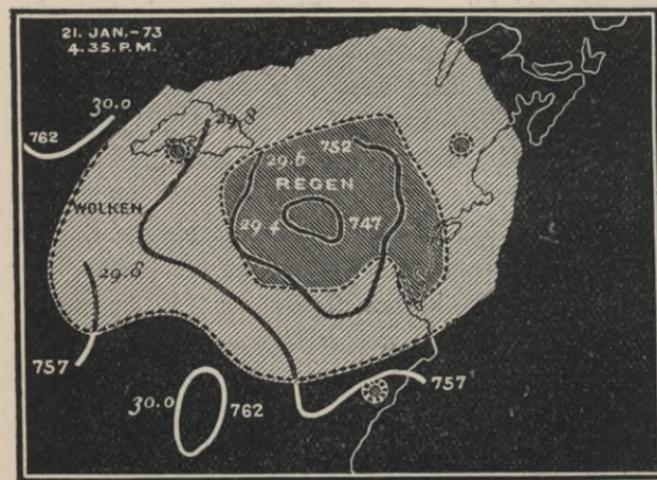


Fig. 34. Tägliche Schwankung des Regens und der Bewölkung in Cyclonen.

nachmittags ausdehnt, der Regen vormittags beginnen und abends wiederum aufhören. Als Erläuterung hierfür geben wir in den Figuren 33, 34 und 35 in einer Skizze die Lage von Wolken und Regen in einer typischen Cyclone von ziemlich konstanter Form und Gradienten für den 20. Januar 1873

Was hätten wir da in den synoptischen Karten, wenn sie für diese zwei Stunden und eine bestimmte Cyclone entworfen worden wären, für Unterschiede zu erwarten? Man würde aus denselben zweifellos erkennen, daß die allgemeine Lage des Regen- und des kleineren Regengebietes, wie es die Karte für 4 Uhr morgens zeigt, befindet, während der ganzen 24 Stunden regnen, hingegen würde an einer Station zwischen der Grenze dieses Regengebietes und derjenigen, bis zu welcher es sich um 2 Uhr

um 11 Uhr abends und den 21. um 4 Uhr 35 Min. nachmittags und 11 Uhr abends in den Vereinigten Staaten. Es ist dies dieselbe Cyclone,

deren Winde wir schon untersucht haben.

Aus diesen Kartchen ist deutlich zu ersehen, daß das Gebiet des Regens und der Wolken für 11 Uhr abends des ersten Tages um den Mittelpunkt der Cyclone sich in der Karte für 4 Uhr 35 Min.

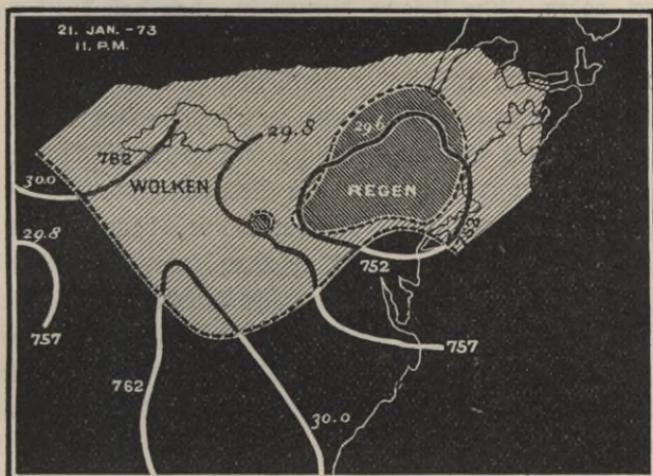


Fig. 35. Tägliche Schwankung des Regens und der Bewölkung in Cyclonen.

nachmittags bedeutend vergrößert und in der für 11 Uhr abends des zweiten Tages wiederum verkleinert zeigt. Die punktierte Linie an der Außenseite des bewölkten Gebietes zeigt an, wo durch die Beobachtung das Ende der Wolken und das Erscheinen des blauen Himmels festgestellt wurde. Jener Teil, wo die einfache Schattierung ohne punktierte Linie endet, giebt an, wo die Beobachtungen aufgehört haben, und daß die Wolken da sich bis zu einer unbekanntem Entfernung ausdehnten.

Das möge vorerst zum Verständnis der Beziehungen der täglichen Schwankungen, welche wir in den Meteorogrammen vorfinden, zu den Erscheinungen, welche die Natur des Wetters betreffen, das wir aus den synoptischen Karten ableiten, genügen. Wir müssen nun aber einige kleinere Erscheinungen in den Cyclonen betrachten, welche man nur aus den Meteorogrammen und aus der Beschreibung der Wetterfolge jedes Tages in Worten kennen lernen kann.

Wir haben in großen Zügen die Aufeinanderfolge von blauem Himmel, Wolken, Regen und zurück zum blauen Himmel in einer Cyclone schon erklärt. Es ist aber klar, daß viele Einzelheiten einer Cyclone uns verloren gehen, weil die Stationen, aus welchen die Daten zur Zeichnung der synoptischen Karten einlaufen, selten weniger als 120—160 km entfernt sind. In der Praxis werden wir kaum je mehr als eine oder zwei Stationen haben, welche Sonnenringe melden; hieraus könnten wir niemals die Gestalt des ringbildenden Teiles einer Cyclone ableiten. Wenn wir aber in einer großen Zahl der Fälle sehen, daß die ringbildende Wolke fast nie lange andauert und ausschließlich auf der Vorderseite eines regelmäßigen Wolken-

gebietes sich einstellt, dann schließen wir daraus, daß der Streifen solcher ringbildenden Wolken sehr schmal ist, wie wir es auch in unserer Skizze der Cyclone gezeichnet haben. Die Ursache hiervon ist, daß das Wolkengebiet mit derselben Geschwindigkeit sich fortpflanzt wie die Cyclone, d. h. etwa 32 km in der Stunde; da überdies gewöhnlich Ringe nur etwa eine halbe Stunde sichtbar bleiben, so wird die Breite der ringbildenden Wolken nicht viel mehr als 16 km sein können. Freilich, wenn man die Karten für jede Stunde des Tages und mit Hilfe von Stationen, welche nur 8 oder 16 km voneinander entfernt sind, zeichnen könnte, dann würden wir zweifellos aus dem Meteorogramm nichts erfahren, was man nicht schon aus den Karten ableiten konnte. Da aber solche Beobachtungen nicht zu haben sind, so ist es von der höchsten Wichtigkeit, genau zu wissen, wie die von den Instrumenten gezeichnete kontinuierliche Kurve an jeder Station mit den zeitlich distanten Beobachtungen an weit zerstreuten Orten in Zusammenhang zu bringen ist.

Das auffallendste Beispiel von der Bedeutung der Meteorogramme für die Feststellung der Natur einer Cyclone sind die Erscheinungen der Rinne. Diese sind auf eine Linie von nur  $1\frac{1}{2}$  bis 3 km Breite beschränkt, und es wäre ganz und gar unmöglich, die Bedeutung des Umkehrens des Barometerganges aus den Karten allein zu erforschen. Es kann sich treffen, daß bei der Untersuchung von 50 Karten verschiedener Cyclonen in keiner einzigen derselben die Rinne thatsächlich über einer Beobachtungsstation liegt.

Wenn man aber in einer großen Anzahl von Cyclonen sieht, daß, wann immer das Barometer zu steigen beginnt, Böen auftreten und zwar unabhängig von der Tageszeit, dann muß die Ursache hierfür diesem Teile der Cyclone zugeschrieben werden. Da nun diese Erscheinung an allen Orten eintritt, über welche die Rinne der Cyclone hinwegzieht, wie immer entfernt vom Centrum sie liegen, so würde man, wenn es möglich wäre, eine synoptische Karte mit einer großen Anzahl naheliegender Stationen zu zeichnen, eine Böenlinie finden, und zwar gerade in der Rinne der Cyclone, die alle Punkte, an welchen das Barometer zu steigen beginnt, verbindet.

Diese Schlußfolgerung kann man ableiten sowohl aus der Betrachtung der Geschichte des Vorüberganges einer einzelnen Cyclone und aus der Beobachtung, daß die Böe an jeder Station zugleich mit der Rinne sich einstellt, als auch aus den Beobachtungen einer und derselben Station, welche zeigen, daß bei jeder vorüberziehenden Cyclone Rinne und Böe gleichzeitig eintreffen. Die letztere Schlußfolgerung beruht auf der Annahme, daß von einer großen Anzahl von Cyclonen nicht zwei in derselben Entfernung von der Station vorüberziehen, so daß also bis zu einem gewissen Grade eine große Anzahl verschiedener Teile einer einzelnen Cyclone und eine große Anzahl einzelner Teile verschiedener Cyclonen dasselbe Resultat ergeben.

Die Methode des Meteorologen ist hierbei in der That analog derjenigen des Mikroskopisten, welcher die Abbildung der Organe eines Thieres dadurch herstellt, daß er eine Reihe von Schnitten durch irgend einen Teil derselben führt.

Es giebt noch manche andere Schlußfolgerungen, welche man hier machen könnte, wie zum Beispiel, daß das Gefälle der Barogramme die Art der Gradienten anzeigt, welche über einen Ort hinwegschreiten, oder daß Böen und Gewitterstürme, ja sogar einzelne Windstöße jeder seine charakteristische Spur in der Barometerkurve zurückläßt, die von einem gewiegten Beobachter jederzeit nachher abgelesen werden kann. Wir haben schon dargestellt, wie manche Schwankungen des Thermographen uns ihre eigene Geschichte von kalten Regenschauern oder vorüberziehenden Wolken erzählen, und so ließen sich noch manche Schlüsse aus diesen Kurven ableiten. Wir könnten auch darauf hinweisen, wie die Windkurven jeden launenhaften Windstoß in der ihnen eigenen, angemessenen Weise wiedergeben und wie kleine Einzelheiten in der Beziehung der Windrichtung zum Centrum der Cyclone und Anticyclone, ja sogar kleinere tägliche Schwankungen sowohl in der Stärke als in der Richtung des Windes aus den Anemogrammen genauer ermittelt werden können als aus den Karten. Die Erörterung all dieser Dinge ist aber für ein elementares Buch nicht angezeigt. Der Zweck dieses Kapitels wird immerhin erreicht sein, wenn wir dem Leser eine klare Vorstellung darüber verschafft haben, daß die Beobachtungen an irgend einer Station einen Durchschnitt der Wetterwechsel darbieten, welche auf den synoptischen Karten in der Horizontalebene zur Darstellung kommen, und jedes selbstregistrierende Instrument in seiner eigenen Sprache und gleichsam mit seinem eigenen Alphabete die Geschichte jedes Tages schreibt.

### Beschreibende, nicht instrumentale Beobachtungen.

Bisher haben wir die Aufzeichnungen der Instrumente erörtert. Allein wie sorgfältig wir immer die von ihnen gezogenen Kurven lesen mögen, es bleibt doch noch immer ein gut Teil des Wetters übrig, über welchen sie uns nichts sagen. Keine mechanische Registrierung des Druckes, der Temperatur oder des Windes kann uns je den Mangel einer guten Beschreibung der Wetterfolge mit Worten ersetzen. Kein Instrument kann uns die verschiedenen Wege verzeichnen, auf welchen ein blauer Himmel bewölkt wird, ob das Blau allmählich blaß und trüb wird, oder ob große, langgezogene Wolken den Himmel unwiderstehlich übersfluten. Auch kann dasselbe nie die feinen Unterschiede in der Art, wie der Wind bläst, verzeichnen, die zu empfinden wir durch unsere Sinne fähig sind. Unser Auge sagt uns mit einem Blitze, daß ein Südwestwind eine lange See erregt, während ein Nordwest die Oberfläche des Oceans in Linien von Schaum aufwühlst, und daß die

launenhaften Windstöße eines heranziehenden Regenschauers kleine Wirbel auf der staubigen Straße dahintreiben.

Ebenso vermögen die kurzen Wolkenbenennungen, wie: „vereinzelte Wolken“, „ganz bedeckt“, „nebelig“, oder selbst die genauern Bezeichnungen: Cirrus, Cumulus u. s. w., nie mehr als ein lebloses Bild des Himmels zu geben, das ganz anders erscheint als der Himmel, wie wir ihn kennen.

Die alten Mythenerzähler zeichneten sich in ihren Wetterbeschreibungen aus. In ihrer eigentümlichen Bildersprache sehen wir ein lebhaftes Gemälde von Wolken und Gewitterstürmen wiedergegeben, welches wir mit der mehr nüchternen Ausdrucksweise der modernen Zeit schwerlich vereinbaren können. Die griechischen Dichter kannten den Unterschied zwischen den wohlthätigen täglichen Winden, welche mit der Dämmerung einfielen, und den gefährlichen Windstößen eines herannahenden Gewittersturmes, und sie verwechselten niemals den Wind, welcher in den Siebeln der Fichten seufzt, mit den nordwestlichen Böen, welche die Bäume über die Risse hinabstürzen.

Alles, was die Aufzeichnungen der Instrumente darüber zu sagen vermögen, würde man aus der Untersuchung ableiten können, ob die Geschwindigkeitskurve in einem Zusammenhang steht mit der Tageszeit oder ob sie vollständig willkürlich verläuft und ob die Kurve der Windrichtung unstet sei oder ob gewisse Richtungen, wie der Nordwest, höhere Geschwindigkeiten aufweisen als andere.

Auf der andern Seite geben aber die Instrumente nicht nur den allgemeinen Eindrücken, welche wir aus den Sinneswahrnehmungen ableiten und die auch der Wilde empfängt, Genauigkeit, sondern sie ermöglichen es uns auch, gewisse Änderungen aufzufinden, welche unsere Empfindung allein nie entdecken könnte. Durch die Ausmessung der Wärmekurve sind wir zum Beispiel in der Lage, die normale Größe des täglichen Ganges zu berechnen und den für London gefundenen Wert mit demjenigen für Berlin oder Wien zu vergleichen, und wir können auch aus gewissen Einbiegungen der Temperatur Schlüsse ziehen, welche einem halbcivilisierten Menschen niemals zum Verständnis gekommen wären. Ebenso verhält es sich mit dem kleinen Anschwellen der Windgeschwindigkeit um die Mittagsstunde, welche von einigem wissenschaftlichen Interesse ist, die aber ohne Anwendung der Instrumente nie entdeckt worden wäre.

Fügen wir noch bei, daß die Erfindung des Barometers uns einen neuen Begriff vermittelt hat, nämlich die Bedeutung der veränderlichen Schwere der Atmosphäre, welche von unsern Vorfahren geleugnet wurde. Dieses Buch ist die Antwort auf die Frage, welche Förderung die Wissenschaft vom Wetter aus der Beobachtung dieses Instrumentes erhalten kann.

Es wird ein dasselbe von andern Büchern unterscheidender Zug sein, daß wir es unternommen haben, daß Wetter in den verschiedenen Isobarenformen soweit möglich in der Sprache der populären Wetterregeln zu beschreiben. Diese Sprache, welche eine Menge Überbleibsel der mythischen Ausdrucksweise enthält, ist noch im gangbaren Gebrauche und giebt ein viel genaueres Bild als die mehr formale Sprachweise der Fachmeteorologen. Es ist viel lebensfrischer, von der Vorderseite einer Cyklone zu sagen, daß sie schmutzig oder dumpfig ist, als zu berichten: Himmel bewölkt, Feuchtigkeit 98 %; oder zu sagen, daß die Sonne in geradlinigen Isobaren „Wasser zieht“, als zu bemerken: c. 9, Stratus ( $\frac{9}{10}$  bewölkt, Stratuswolken). Wir benutzen auch in der That die Ausdrucksweise der populären Wetterlehre, um die Ablesung der Instrumente sozusagen in die Sprache des gewöhnlichen Lebens zu übersetzen.

Überdies haben wir auch die kleinern Schwankungen mancher Kurven der Instrumente sorgfältig zu untersuchen und werden in verschiedenen Kapiteln die genaue Bedeutung der Resultate verschiedener arithmetischer Berechnungen klarstellen, welche man aus den Zahlenwerten erhält, die von den Thermogrammen u. s. w. abzuleiten sind.

Die Probleme, welche der Meteorologe zu lösen hat, sind so verwickelt und verschiedenartig, daß er nicht umhin kann, jede mögliche Hilfe von welcher Seite immer zu begrüßen. Unser Bestreben war es, dem Leser die Ergebnisse aller Richtungen der Untersuchung vorzulegen und die alte und neue Wetterlehre in eine einzige enggeschlossene Wissenschaft zu vereinigen.

## Sechstes Kapitel.

### Winde und Kalmen.

In den vorhergehenden Kapiteln haben wir nur festgestellt, daß in den meisten Fällen die Stärke oder Geschwindigkeit des Windes angenähert proportional der Dichte oder Gedrängtheit der Isobaren ist. Wir wollen aber jetzt mehr in die Einzelheiten der Frage eintreten und die wirklichen Zahlen geben, welche Wind und Gradienten verbinden. Wir werden dann die verschiedenen Ursachen der Änderung hervorheben, welche uns verhindern, irgend ein Windgesetz mit mathematischer Genauigkeit abzuleiten, und denselben Gedanken durchführen in Beziehung auf den Winkel, welchen die Windrichtung und die Isobaren miteinander bilden. Endlich werden wir diese und andere Sätze über den Wind auf die südliche Halbkugel ausdehnen und dann mit einigen allgemeinen Bemerkungen schließen.

### Gradienten.

Die relative Nähe zweier Isobaren wird nicht durch die Anzahl Kilometer, welche sie voneinander entfernt sind, gemessen, sondern durch die Steilheit des barometrischen Gefälles, welches sie anzeigen. Nehmen wir zum Beispiel an, daß zwei Isobaren um 5 mm im Barometerstande unterschieden sind; sagen wir, sie seien bezw. 755 und 760 mm; wir messen dann ihre relative Nähe nicht dadurch, daß wir sagen, sie seien 50 oder 150 km voneinander entfernt, sondern wir stellen uns das barometrische Gefälle vor, welches auf 50 oder 150 km eine Senkung von 5 mm besitzt. Um dasselbe dann auf ein allgemeines Maß zurückzuführen, wählen wir eine Längeneinheit — in England 15 Seemeilen oder 17 statute miles, sonst aber gewöhnlich einen Äquatorgrad oder zuweilen eine geographische Meile — und berechnen, wieviel Zehntel eines Millimeters (oder wieviel hundertstel Zoll) der Barometer auf diese Längeneinheit fällt. Mit andern Worten, wir behandeln das barometrische Gefälle wie die Neigung eines Bergabhanges, welche man gewöhnlich durch die Angabe ausdrückt, wieviel Meter Steigung auf einen Kilometer kommen.

Das Gefälle zwischen zwei Isobaren heißt der barometrische Gradient, welcher natürlich senkrecht auf oder rechtwinklig zu den Isobaren gemessen wird, genau auf dieselbe Weise wie die Böschung eines Berges zwischen zwei Isohypsen.

Es sei z. B. in Figur 36 die Linie A B senkrecht zu den Isobaren gezogen und einen halben Äquatorgrad (30 Seemeilen) lang, die Isobaren

geben einen Unterschied von 5 mm (0,2'' engl.). Wir würden dann sagen, zwischen den beiden Stationen A B war ein Gradient von 10 mm (oder bei Annahme der englischen Längeneinheit 0,10''). Wenn dann die Entfernung der beiden Iso-

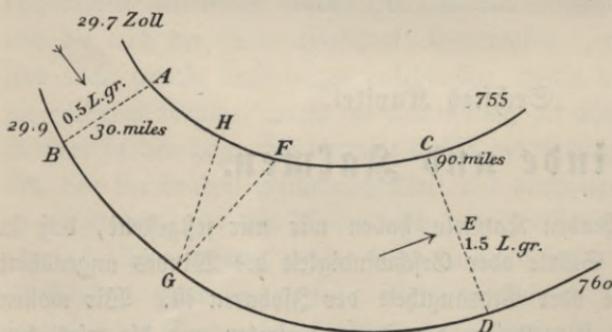


Fig. 36. Barometrische Gradienten.

baren C und D anderthalb Äquatorgrad (90 Seemeilen) beträgt, so ist der Gradient für einen Beobachter in E nur  $5 : 1,5 = 3,3$  mm (oder bei Annahme der englischen Längeneinheit  $0,2 \times 1,5 : 90 = 0,033''$ ); die letztere Zahl würde den gesuchten Gradienten geben<sup>18</sup>.

In der Praxis stoßen wir nur zu häufig auf den Fehler, daß die Druckdifferenz zwischen zwei Orten F und G genommen wird und aus ihrer

Entfernung in Graden (Seemeilen) der Gradient berechnet wird. Dies giebt immer einen gegenüber dem wahren zu kleinen Gradienten; denn die Linie des Gradienten ist immer die kürzeste, welche zwischen zwei Isobaren gezogen werden kann. In unserem Falle ist G H und nicht F G die richtige Linie, auf welcher der Gradient gemessen werden muß. Die beste Methode, Gradienten auf einer synoptischen Karte zu messen, ist die folgende: Man geht von der Station E, deren Gradient gesucht wird, aus, zieht durch E auf der Karte die Linie C D senkrecht zu den Isobaren und mißt ihre Länge an dem Maßstabe der Karte ab. Dies geht viel schneller und ist viel genauer, als wenn man zwei Punkte zu finden sucht, welche nahe senkrecht zu den Isobaren stehen. So gemessene Gradienten sind in unsern Gegenden selten größer als 4—5 mm ( $4\text{--}5/100''$  auf die englische Längeneinheit), obwohl in besonders großen Stürmen viel größere Werte vorkommen. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Gradienten klein oder mäßig sind, wenn sie unterhalb 1 mm ( $1/100''$ ), und steil, wenn sie über 2 mm ( $2/100''$ ) betragen. Drückt man die Gradienten, wie wir es gethan, in Millimetern auf dem Äquatorgrad aus, wie es allgemein geschieht, oder in hundertstel Zoll auf 15 Seemeilen, wie dies in England gebräuchlich ist, so bleiben die Zahlen für das Gefälle nahezu die gleichen; denn 1 mm ist nahezu 0,04'' und 15 geographische Meilen sind genau ein Grad.

### Beziehung der Windgeschwindigkeit zum Gradienten.

Es wird interessieren zu erfahren, welche Windgeschwindigkeit bei irgend einem Gradienten herrscht.

Folgendes sind die Zahlen, welche die Herren Whipple und Baker in New bei London gefunden haben, und zwar in englischen wie in metrischen Maßeinheiten.

Gradient auf 15 Seemeilen in engl. Zollen	Windgeschwindigkeit in engl. Meilen per Stunde	Gradient in Millimetern auf den Längengrad	Geschwindigkeit in Metern per Sekunde
0,002	5,0	0,203	2,23
0,005	7,0	0,508	3,13
0,007	7,5	0,711	3,35
0,010	9,2	1,016	4,11
0,012	11,6	1,219	5,19
0,015	12,6	1,524	5,63
0,017	15,0	1,727	6,70
0,020	16,5	2,032	7,38
0,022	19,1	2,235	8,54
0,025	22,0	2,540	9,83
0,027	22,2	2,743	9,92
0,030	25,2	3,048	11,40

Loomis fand folgende Werte für die Vereinigten Staaten:

Gradient in Millimetern auf den Grad	Geschwindigkeit in Metern per Sekunde	Gradient in Millimetern auf den Grad	Geschwindigkeit in Metern per Sekunde
2,09	7,20	2,80	10,64
2,31	8,18	2,90	11,09
2,48	9,03	3,08	11,44
2,61	9,66	3,36	11,80
2,72	10,28	3,73	12,20

Dies stimmt sehr befriedigend mit den englischen Beobachtungen.

Professor Loomis findet, daß die Windgeschwindigkeit auf dem Atlantischen Ocean bei demselben Gradienten um 40 % größer ist als in den Vereinigten Staaten. Das ist zweifellos die Folge einer gewissen Anzahl geschützt liegender Stationen auf dem Lande. Fast jeder Platz empfindet gewisse Winde mehr als andere und wird daher zuweilen für einen beträchtlichen Gradienten geringen Wind anzeigen. Wenn man dann den Durchschnitt der Beobachtungsergebnisse nimmt, wird der Mittelwert kleiner sein, als wenn jede Station allen Winden gleich ausgesetzt wäre, wie dies auf offener See der Fall ist<sup>19</sup>.

Für denselben Gradienten ist der Wind in den Tropen stärker als in den höhern Breiten; besonders im Indischen Ocean weht der Nordost- und Südwestmonsun mit gleichbleibender Stärke bei einem Gradienten, welcher in der gemäßigten Zone veränderliche Winde geben würde, und die Gewalt des Südwestmonsuns steht außer jedem Verhältnisse mit der Steilheit der Gradienten gegenüber dem, was wir in Europa beobachten.

#### Schwankung in der Geschwindigkeit und im Gradienten.

Es giebt verschiedene Quellen der Abweichungen von diesen allgemeinen Gesetzen des Verhältnisses der Geschwindigkeit zum Gradienten; in einem elementaren Buche wie das vorliegende können aber nur einige hiervon erklärt werden. In Großbritannien findet man, daß bei einem gegebenen (mäßigen) Gradienten die Nord- und Ostwinde stärker sind als die Süd- und Westwinde. Ley hat z. B. für Kew folgende Unterschiede gefunden:

Gradient auf 15 Seemeilen in engl. Follen	Geschwindigkeit der Winde aus SSE gen S bis NW in engl. Meilen	Geschwindigkeit des Windes aus NNW gen N bis SE
0,006	4,14	6,89
0,009	6,41	8,63
0,012	8,37	10,93
0,015	11,21	14,27
0,016	13,56	16,98

Die Ursache, warum die Mittel dieser Werte mit der mittlern Geschwindigkeit für dieselben Gradienten, wie sie von Whipple für dieselbe Station abgeleitet wurden, nicht übereinstimmen, ist leicht anzugeben. Letzterer faßt die Winde aller Richtungen für denselben Gradienten zusammen und zieht aus allen diesen das Mittel. Ley trennt die zwei Hauptrichtungen. Da aber die eine Richtung, nämlich der Südwestwind, viel häufiger ist als die andere, so müssen seine Zahlen dem Gewichte nach, proportional der Häufigkeit der zwei Richtungen, genommen werden, um die Zahlen von Whipple zu erhalten.

Die lokalen Schwankungen des Windes sind zu einfacher Natur, als daß sie vieler Erklärung bedürften. Was wir hier allein zu erwägen haben, ist die Frage, wie sie die Wettervorhersage beeinflussen. Wäre jede Station gleichmäßig jeder Windrichtung ausgesetzt, so möchte es möglich sein, Prognosen auszugeben, in welchen die Stärke des Windes, wie sie von irgend einem Instrumente angegeben wird, annähernd mitgeteilt würde.

Wenn wir es aber mit einem Sturm zu thun haben, welcher mit Südost beginnt und sich zu Nordost entwickelt, so liegt es auf der Hand, daß wir nur in allgemeinen Ausdrücken die wahrscheinliche Windstärke anzugeben vermögen, da es keinen Ort giebt, welcher von diesen beiden Windrichtungen gleichmäßig getroffen wird.

Die Beziehung der täglichen Schwankung der Windgeschwindigkeit zum Gradienten wurde schon im Kapitel über Meteorogramme erörtert, und andere tägliche Änderungen im Winde, wie Land- und Seebrise oder die Thalwinde, werden wir am passendsten im Kapitel über die täglichen Wetteränderungen behandeln. In der gemäßigten Zone sind aber die bei weitem störendsten Elemente in der einfachen Beziehung des Windes zum Gradienten die Böen und Gewitterstürme. In beiden steigt das Barometer gewöhnlich plötzlich, zuweilen um 2,5 mm, wofür uns die Ursachen gegenwärtig ganz in Dunkel gehüllt sind. Auch finden wir in beiden heftige, tobende Windstöße, welche zum isobariſchen Gradienten in keiner wie immer gearteten Beziehung stehen. Manche sich widersprechende Beobachtungen auf diesem Gebiete sind zweifellos dem Mangel an Sorgfalt in der Unterscheidung der einen Art des Windes von der andern zuzuschreiben.

Loomis hat darauf aufmerksam gemacht, daß er bei den Nordstürmen (norther) von Neumexiko einen vollständigen Mangel an Übereinstimmung zwischen Wind und Gradient gefunden hat, und der Verfasser hat gezeigt, daß in den nortes von Panama der Wind ganz außer Verhältnis zum Gradienten steht. Finley hat auch für die Vereinigten Staaten sogenannte Stürme geradliniger Isobaren oder lange Streifen von Winden, die 2 bis 5 km in der Breite einnahmen, gefunden. Sie wehen mit einer Geschwindigkeit von 100—130 km in der Stunde und erstrecken sich über ein Gebiet

von 130—160 km in der Länge. Sie treten an der Seite cyclonaler Depressionen auf, in einiger Entfernung vom Centrum derselben, hängen aber mit keiner Biegung der Isobaren zusammen. Auch andere Winde, welche nicht direkt mit dem Gradienten der Isobaren in Zusammenhang stehen, wurden in verschiedenen Gegenden der Erde beobachtet, und wir werden daher zur Schlußfolgerung geführt, daß, obwohl die Luftcirculation der Atmosphäre auf die Isobaren zu beziehen ist, dennoch gewisse Winde vorhanden sind, welche durch andere Ursachen als diejenigen, durch welche die Isobaren bedingt sind, ihren Antrieb erhalten. Zum Zwecke der Klassifikation wollen wir dieselben allgemein „nichtisobarische Winde“ nennen. Dieselben hängen sehr wahrscheinlich mit der Erscheinung zusammen, auf welche wir früher hingewiesen und die wir „nichtisobarischen Regen“ genannt haben.

Wir wissen nicht zu sagen, welches die Entstehungsweise der Winde in Gewitterstürmen und der nichtisobarischen Winde ist; die Ursache derselben ist aber gewiß verschieden von derjenigen in den Cyclonen. Wir müssen daher, wenn wir über den Wind sprechen, sorgfältig vermeiden, die zwei Arten, welche miteinander thatsächlich wenig gemeinsam haben, zu vermengen. Aus alledem geht hervor, daß nur trügerische Resultate aus dem blinden Vertrauen auf die Angabe der Instrumente erlangt werden, und ebenso, daß was immer für statistische Werte, welche aus der Vermengung verschiedener Arten von Winden abgeleitet werden, zu widersprechenden Folgerungen führen müssen<sup>20</sup>.

Wir müssen auch bemerken, daß die einfache Mitteilung, ein Sturm habe mit dieser oder jener Stärke oder Geschwindigkeit geweht, uns nur sehr wenig über den wahren Charakter des Windes und die Größe der Zerstörung, welche er verursacht haben kann, besagt. Die Aufzeichnung eines Instrumentes, daß ein Wind 60 km in der Stunde zurückgelegt habe, kann sich ergeben sowohl bei einem gleichmäßigen Anhalten des Windes als auch bei stürmischen Windstößen, welche mit ruhigeren Zwischenräumen abwechselten. Der angerichtete Schaden würde im letztern Falle vielfach größer sein als im erstern.

Überdies giebt es eine Menge kleiner Unterschiede im Wehen des Windes, welche die Instrumente nicht wiederzugeben vermögen. Wir wissen alle, daß die Schornsteine bei Westwind stärker rauchen als bei Ostwind (in England). Wir haben ja eben gezeigt, daß die Geschwindigkeit dieser Winde bei gleichen Gradienten nicht dieselbe ist. Es wurde mit großer Wahrscheinlichkeit darauf hingewiesen, daß dieser Unterschied davon herkomme, daß der Wind nicht horizontal weht und der Ostwind wohl ein bißchen nach aufwärts abgelenkt ist<sup>21</sup>.

Eine andere auffallende Erscheinung im Winde ist der Unterschied zwischen dem Seegange, welcher durch einen Südweststurm auf der Border-

seite der Cyclone, und dem, welcher durch einen Nordwest auf der Rückseite derselben erregt wird. Der erstere bewirkt einen hohen Seegang mit einer nur geringen Menge weißen Wassers, der letztere durchfurcht die Oberfläche des Oceans in langen Strichen von Schaum. Es giebt noch andere Gründe, die uns annehmen lassen, daß die Winde auf der Vorderseite der Cyclone nach oben gerichtet sind, während die Luftströmungen auf der Rückseite schief nach unten wehen. Wenn dem so ist, läßt sich die kalte, trockene Klarheit der Nordwestwinde (Rückseite der Cyclone) leicht erklären. Die Staubwirbel, welche gewissen Arten von Regen vorhergehen, sind ebenfalls bekannte Beispiele für den eigentümlichen Charakter, welcher verschiedenen Winden zukommt.

### Beziehung der Windrichtung zum Gradienten.

Wir wollen nun die Einzelheiten der Beziehung der Windrichtung sowohl zum Gradienten als zur Lage oder Richtung der Isobaren gleichzeitig betrachten.

Wenn wir nur vom Gradienten sprechen, so erhalten wir dadurch keine Andeutung über die Richtung des Windes; denn das barometrische Gefälle kann nach einer beliebigen Richtung sich erstrecken oder von einer beliebigen Seite angesehen werden. Bleiben wir der Analogie der barometrischen Gradienten mit der Neigung eines Bergabhanges treu; die Richtung, nach welcher die Gradienten abfallen, nennen wir die Abdachung des Gradienten, um so das Wort Richtung dem Winde vorzubehalten. Wenn z. B. die Isobaren von Ost nach West laufen, können sie entweder nach Nord oder nach Süd abfallen; wir können aber auch sagen, daß die Gradienten nach Nord oder nach Süd abdachen, gerade so wie bei einem Berge. Man könnte auch die Analogie von geologischen Ausdrücken hernehmen und dann sagen, daß die Isobaren von Ost nach West streichen, die Gradienten aber nach Nord oder Süd sich senken.

Durch diese Verbindung der Vorstellung des Gradienten mit der Abdachung und gleichzeitig mit dem Buys-Ballotschen Gesetze erkennen wir sofort, daß die allgemeine Windrichtung bei ostwestlich laufenden oder streichenden Isobaren westlich sein wird, wenn die Abdachung der Gradienten nach Norden liegt, östlich, wenn dieselbe nach Süden gerichtet ist. Wir sagen daher im erstern Falle, daß wir Gradienten von einer gewissen Größe für westliche Winde, im letztern Falle, daß wir Gradienten von einer gewissen Größe für östliche Winde haben. Das Gleiche gilt für jede andere Richtung. In Figur 36 haben wir für die Geschwindigkeit, wie schon erklärt wurde, bei A B einen Gradienten von 10; jetzt können wir noch beifügen, daß dieser Gradient ein solcher für nordwestliche Winde ist. Demgemäß haben wir auch in E einen Gradienten von 3,3 für südwestliche Winde. Durch

diese einfache Ausdrucksweise sind wir in die Lage versetzt, sowohl die wahrscheinliche Richtung als die Stärke der Winde zu ermitteln, wann immer wir eine synoptische Karte betrachten.

### Neigung der Winde zu den Isobaren.

Das Buys-Ballotsche Gesetz genügt recht gut für die allgemeine Krümmung der Richtung der Winde, der Gegenstand ist aber einer viel größern Verfeinerung fähig. Der spitze Winkel zwischen der Windrichtung und den Isobaren heißt die Neigung des Windes zur Isobare. Whipple hat für New eine mittlere Größe dieser Neigung von  $52^{\circ}$  gefunden, indem er alle Arten von Wind und alle Arten von Isobaren in die Untersuchung einbezog; Loomis hat für die Vereinigten Staaten einen durchschnittlichen Winkel von  $42^{\circ}$  abgeleitet.

Indem dann aber Ley, Loomis, Hildebrandson und andere die Neigung des Windes in verschiedenen Isobarenformen und in verschiedenen Teilen jeder Form in Betracht zogen, kamen sie zu einer Reihe bemerkenswerter Gesetze in Bezug auf den allgemeinen Kreislauf der Luft in denselben. Sie finden, daß der Wind im rechtsseitigen Teile der Vorderseite einer Cyklone mehr gegen die Isobaren geneigt und nach innen gekrümmt ist als in einem andern Teile derselben, und daß die Neigung auf der Rückseite sehr klein, ja gelegentlich umgekehrt, d. h. ein wenig nach außen gerichtet ist.

Wir haben die Einzelheiten dieser Oberflächenwinde der Cyklone wie auch der Anticyklone im Kapitel über die Wolken untersucht. Dort haben wir jede dieser Isobarenformen gesondert behandelt; wir können aber beide in einer sehr bemerkenswerthen Weise verbinden, wenn wir die Aufmerksamkeit auf einige allgemeine Werte lenken, welche von Loomis aus Beobachtungen auf dem Atlantischen Ocean abgeleitet wurden. Er bezieht sich auf eine ideale Cyklone mit einer benachbarten Anticyklone und findet, daß die Neigung des Windes zu den Isobaren, ausgehend von der Anticyklone, mit etwa  $52^{\circ}$  beginnt und dann allmählich abnimmt bis zu  $25^{\circ}$  in der Nähe des Centrums der Cyklone. Das ist zweifellos ein verallgemeinerter Fall, da wir ja schon gezeigt haben, daß die Neigung auf verschiedenen Seiten der Cyklone nicht dieselbe ist. Sehr wichtig ist es, sich dabei vor Augen zu halten, daß bei jeder Isobarenform jeder Teil derselben seine eigene Windgeschwindigkeit und Windrichtung in Beziehung auf den Gradienten besitzt.

Eine weitere wesentliche Ursache für die Veränderung dieser Neigung ist einzig und allein die tägliche Schwankung. Wir haben schon im Kapitel über die Meteorogramme zur Genüge erklärt, daß die tägliche Schwankung, welches immer die Neigung sein mag, die irgend einem Teile einer beliebigen Isobarenform zu verdanken ist, eine Modifikation derselben

bewirkt, ohne die durch allgemeine Ursachen erzeugte Windrichtung wesentlich zu ändern.

Die Land- und Seebrisen werden wir im Kapitel über die täglichen Wetteränderungen behandeln.

### Kalmen.

Wir haben schon festgestellt, daß die Kalmen dort auftreten, wo kein barometrischer Gradient vorhanden ist. Die anhaltendsten Windstillen treten in der Kalmenregion (doldrums), d. h. auf jenem Sattel niedrigen Druckes nahe dem Äquator auf, welcher rings um die Erde zwischen dem Nordost- und Südostpassat liegt.

In den gemäßigten Zonen treten die beständigsten Kalmen nahe den Mittelpunkten der stationären Anticyklonen auf. Die mehr kurzlebigen Kalmen findet man in den Centren der Cyclonen, entlang den Rändern der „Keile“ und auf den „Sätteln“.

Wir halten es nicht für notwendig, besondere Beispiele, sei es für Stürme, sei es für Kalmen, zu geben, da dieselben im Laufe dieses Werkes durch zahlreiche Karten im Überfluß Beleuchtung finden. Es reicht hin, die Aufmerksamkeit auf die Figuren 65 und 66 für die Südweststürme in Großbritannien, die Figuren 77 und 78 für die Oststürme und die Figuren 22 und 24 für die Kalmen hinzulenken.

### Winde der südlichen Halbkugel.

Bisher haben wir unsere Aufmerksamkeit nur den Winden der nördlichen Halbkugel zugewendet. Nachdem wir nun die Winde dieser Halbkugel gründlich verstehen gelernt, wird es ein leichtes sein, die Änderungen zu verfolgen, welche sie südlich vom Äquator erleiden. Die allgemeinen Gesetze, als da sind: daß jede Isobarenform die ihr eigenen Winde hat; daß in den Cyclonen der Wind einwärts, in den Anticyklonen auswärts bläst; daß die Geschwindigkeit hauptsächlich durch den Gradienten bestimmt wird; die Beziehung der täglichen zu den allgemeinen Winden, sie alle gelten für beide Halbkugeln. Worin sie sich unterscheiden, das ist jener Teil des Buys-Ballot'schen Gesetzes, welcher für einen Beobachter, der den Rücken gegen den Wind kehrt, die Lage des ihm nächstliegenden niedrigen Druckes angiebt. Für die südliche Halbkugel lautet das Gesetz wie folgt: Stelle dich mit dem Rücken gegen den Wind, dann wird der Druck zu deiner Rechten niedriger sein als zu deiner Linken. Es ist dies genau das Gegenteil von dem, was nördlich vom Äquator gilt.

Die notwendige Folge hiervon ist, daß der Oberflächenwind rings um die Cyclone oder Anticyclone in der entgegengesetzten Richtung weht wie auf der nördlichen Halbkugel; das will sagen: In einer Cyclone dreht sich

der Wind in der Richtung der Bewegung des Uhrzeigers, aber einwärts gebogen; in der Anticyklone entgegengesetzt der Bewegung des Uhrzeigers, aber nach außen gebogen.

Der allgemeine Kreislauf der obern Luftströmungen ist genau analog der nördlichen Halbkugel: in der Höhe der niedrigen Haufenwolke parallel zu den Isobaren und in der Höhenschichte der hohen Cirrus in Cyclonen mehr oder weniger auswärts, in Anticyklonen einwärts gerichtet.

Aus diesem Grunde ist die senkrechte Aufeinanderfolge der obern Luftströmungen entgegengesetzt der in Europa. Hier kommen die obern Winde der Reihe nach immer mehr aus einer Richtung zur Rechten, wenn man mit seinem Gesichte gegen den Wind steht, während sie im gleichen Falle auf der südlichen Halbkugel immer mehr aus links kommen. Zum Beispiel wenn in Europa der Oberflächenwind Süd war, werden die niedrigsten Wolken aus Südsüdwest, die nächsthöheren aus Südwest und die höchsten Cirrus vielleicht aus West ziehen. In Australien hingegen würde bei demselben Oberflächenwinde aus Süd die Reihenfolge der obern Luftströmungen Südsüdost, Südost und Ost sein.

Die tägliche Schwankung der Windgeschwindigkeit wird im Kapitel über diesen Gegenstand ausführlich erörtert werden.

Die Aufeinanderfolge der Winde beim Vorübergang einer Cyclone an einer australischen Station würde von der in Europa verschieden sein. An jedem Orte südlich vom Äquator wird, wenn eine Cyclone südlich vom Beobachter vorbeizieht, der Wind über Nord, wenn sie aber nördlich vorbeizieht, über Süd umgehen. Das ist das gerade Gegenteil von dem, was in Europa zutrifft. Ringwood hat hervorgehoben, daß wir das allgemeine Gesetz in beiden Fällen auf die gleiche Weise ausdrücken können, wenn wir sagen: Auf beiden Hemisphären geht der Wind an der polaren Seite um, wenn das Centrum der Cyclone auf der äquatorialen Seite, er geht auf der äquatorialen Seite um, wenn das Centrum auf der polaren Seite des Beobachtungsortes vorüberzieht. Dies alles kann man durch einige aus der Wirklichkeit genommene Beispiele besser erläutern als durch verallgemeinerte Skizzen, um so mehr, als man die gleichen Figuren benutzen kann, um einige andere interessante Erscheinungen zur Darstellung zu bringen.

In Figur 37 geben wir das Beispiel einer gewaltigen Cyclone, welche am 13. Februar 1861 im Indischen Ocean zwischen  $10^{\circ}$  und  $20^{\circ}$  südlicher Breite und  $80^{\circ}$  östlicher Länge von Greenwich herrschte, wie dieselbe Meldrum auf Mauritius gezeichnet hat. Die allgemeine Drehung der Winde in der Richtung der Bewegung der Uhrzeiger ist augenfällig; wir werden aber bemerken, daß die Einwärtsbiegung der Winde an den meisten Orten, besonders aber westlich vom Centrum, sehr beträchtlich ist. Südlich vom Centrum war der Wind Südost, westlich davon Südwest, nördlich Nordwest

## Winde der südlichen Halbkugel.

und am östlichen Rande der Cyclone zwischen Nordnordwest und Nordost. Die vier am stärksten gefiederten Pfeile bezeichnen einen Wind von Orkanstärke; in der Steilheit der

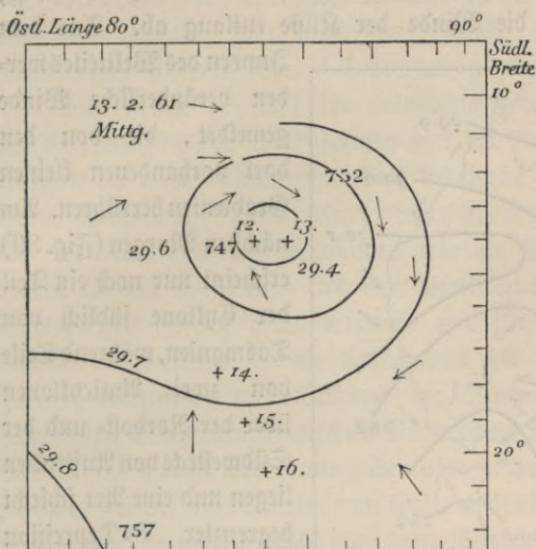


Fig. 37. Ein tropischer Hurrican (südl. von Ägypten).

Gradienten ist nichts zu entdecken, was auf so hohe Geschwindigkeiten schließen ließe.

Die Bahn der Cyclone ist durch Kreuzchen gekennzeichnet; man ersieht aus denselben, daß die fortschreitende Bewegung, wie gewöhnlich in diesen Breiten, eine sehr langsame war. Vom 12. zum 13. ging ihr Weg ein ganz wenig nach Osten mit einer Geschwindigkeit von 5 km per Stunde; hierauf wendete sich die Bahn gegen Süden, und ihre Geschwindigkeit wurde etwas größer.

Wir haben dieses Beispiel aus dem südindischen Ocean angeführt, zum Teil um zu zeigen, daß eine tropische Cyclone bezüglich aller hauptsächlich

charakteristischen Merkmale von einer außertropischen nicht verschieden ist. Den Gegensatz der Aufeinanderfolge der Winde werden wir aber besser an einem Beispiele aus Australien verstehen, weil die Witterungsverhältnisse dieses Welttheiles denen von Europa oder der Vereinigten Staaten viel ähnlicher sind als die niedriger Breiten.

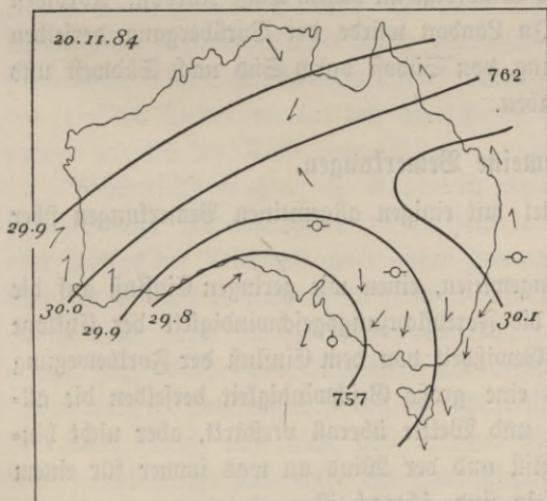


Fig. 38. Cyclone in Australien.

21. November 1884 für Australien wieder; wir verdanken dieselben Herrn Ellery vom Government-Observatory in Melbourne. Wir sehen in der ersten Karte (Fig. 38) den höchsten Druck über Queensland liegen und

eine mäßig große Cyclone die Bai von Australien bedecken. Der Wind dreht sich um die letztere in der auf dieser Halbkugel eigenen Weise: auf der Vorderseite Nord und Nordost, auf der Rückseite Süd und Südwest; Land- und Seebrisen lenken die Winde der Küste entlang ab. Aus dem

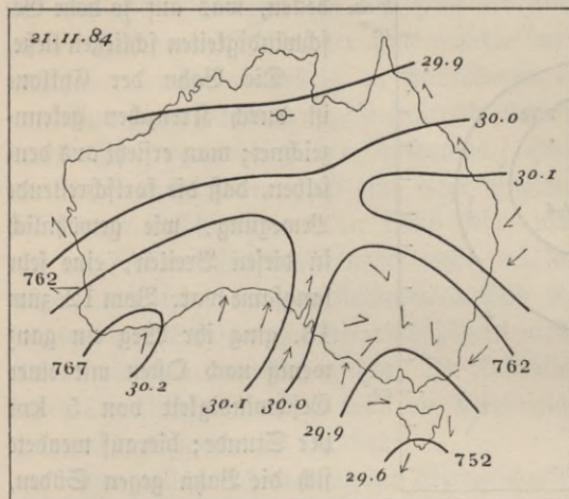


Fig. 39. V-Depression in Australien.

den zwei Anticyklonen bildet. Die Drehung der Winde um dieses V vollzieht sich aus Nord auf der Vorderseite in Süd und Südwest auf der Rückseite, so daß in Melbourne die Windfolge an diesem Tage Nordost, Nordwest und endlich Südwest war. In London würde der Vorübergang derselben Isobarenform eine Winddrehung von Südost durch Süd nach Südwest und Nordwest mit sich gebracht haben.

### Allgemeine Bemerkungen.

Wir wollen dieses Kapitel mit einigen allgemeinen Bemerkungen über den Wind schließen.

Vor allem sei darauf hingewiesen, einen wie geringen Einfluß auf die Geschwindigkeit des Windes die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Cyclone ausübt. Alles, was wir mit Gewißheit von dem Einfluß der Fortbewegung der Cyclone wissen, ist, daß eine große Geschwindigkeit derselben die allgemeine Intensität von Wind und Wetter überall verstärkt, aber nicht hindert, daß das Centrum windstill und der Wind an was immer für einem Punkte, wo die Gradienten klein sind, schwach ist.

In Bøen ist die Unabhängigkeit der Windgeschwindigkeit von derjenigen der Bøe, als Ganzes genommen, noch auffallender. Die letztere mag vielleicht nur 30 km in der Stunde betragen, während der Wind zu einer Geschwindigkeit von 100 km anschwellt. Zur Erklärung dieser Thatsache

gelangen wir, wenn wir annehmen, daß sich ein Impuls fortpflanzt, welcher den Wind zu einer solchen Geschwindigkeit anschwellt; die Auffassung, daß der Wind oder Windstoß als ein selbständiges Ganzes über die Erdoberfläche hinzieht, wäre aber ganz falsch. Solche Impulse sind in der Rinne einer Cyklone oder V-Depression gegeben.

Wir haben es nicht für notwendig gehalten, die allgemeinen Gesetze der Abhängigkeit der Winddrehung von der Rotation der Erde auseinanderzusetzen, da man dieselben in jedem Lehrbuche der Physik finden kann. Die Vervollkommnung, wenn wir so sagen wollen, von Halleys alter Theorie der Nordost- und Südwestwinde, wie sie Professor Ferrel gegeben hat, wurde überall in Europa und den Vereinigten Staaten angenommen. In England ist dieselbe kaum bekannt, und für dieses Werk ist sie zu mathematisch. Zweifellos ist die Erdrotation die wirkliche Ursache für die allgemeine Ablenkung und Drehung der Winde<sup>22</sup>. Nach der Theorie müßte jeder kleine Temperaturunterschied einen Wind veranlassen, welcher vom kalten Gebiete ins warme weht; wir haben aber schon dargethan und werden es im nächsten Kapitel über Wärme und Kälte noch näher erklären, daß Temperaturunterschiede, wenn sie selbst über weite Gebiete sich erstrecken, einen wunderbar kleinen Einfluß auf den Wind haben. Das Höchste, was lokale Temperaturunterschiede bewirken, sind lokale Winde, wie etwa die Land- und Seebrisen oder die Thalwinde. Theoretisch würden dann die kalten Winde fast geradlinig gegen das warme Gebiet strömen müssen, nur mit einer kleinen Abweichung nach rechts oder links infolge der Erdrotation. Ebenso müßte jeder Druckunterschied einen vom hohen zum niedrigen Drucke hinströmenden, nahezu geradlinigen Wind veranlassen. In unserem Kapitel über das tägliche Wetter werden wir aber Land- und Seebrisen finden, welche nahezu parallel der Küste wehen<sup>23</sup>.

Andererseits müßten die Winde in einer Cyklone, wenn wir dieselbe schlechterdings als eine wirbelnde Luftsäule ansehen, den Isobaren parallel oder infolge der Fliehkraft nach außen gewendet wehen. In Wirklichkeit ist aber der Wind stets nach innen gerichtet und ist die Depression einer Cyklone gewiß nicht durch die Fliehkraft verursacht. Der heftigste Wind, der je geweht hat, würde das Barometer um mehrere Zehntel eines Millimeters fallen machen, statt dessen finden wir Depressionen von 50 mm und mehr bei einem Winde von nicht über 80 km Geschwindigkeit in der Stunde. Das ist allerdings nur unter der Voraussetzung richtig, daß die wirbelnde Luft wie eine Flüssigkeit wirkt.

Man hat die Ansicht ausgesprochen, daß die Reibung des Windes an der Erdoberfläche die Ursache der Einbiegung desselben gegen das Centrum sei und daß ohne diese Reibung der Wind den Isobaren parallel wehen würde, wie wir dies in der Schichte der untersten Wolken vorfinden. Es

ist außerordentlich wahrscheinlich, daß dies teilweise richtig ist; denn einige Versuche mit wirbelndem Wasser haben gelehrt, daß durch die Reibung am Boden kleine Partikelchen sich im Centrum sammeln, statt an die Wände des Gefäßes hinzuströmen.

### Verhältnis zwischen Windstärke und Windgeschwindigkeit.

Schließlich wollen wir ein paar Worte über das Verhältnis der Windstärke zur Windgeschwindigkeit sagen. Die Windgeschwindigkeit ist eine reale Größe, welche theoretisch vielleicht der Messung zugänglich ist, obwohl wir gegenwärtig weit davon entfernt sind, sie genau messen zu können. Es ist aber ganz gewiß, daß es nichts dergleichen wie eine absolute Stärke des Windes giebt, welche einer gegebenen Windgeschwindigkeit entspricht. Die Theorie der Stromlinien lehrt uns, daß dieselbe Größe des Druckes, welcher auf einen Körper ausgeübt wird, selbst wenn eine nicht kompressible Flüssigkeit auf denselben stößt, auch auf der Rückseite besteht, falls die Stromlinien der Flüssigkeit rückwärts von dem getroffenen Körper sich schließen, und dies ist stets der Fall, wenn die Ränder des Körpers die Continuität der Flüssigkeit nicht brechen und sich so keine Strudel oder Wirbel bilden können. Wenn z. B. ein Schiff vor Anker liegt, wird derselbe Druck, welchen der Strom auf das Ankerseil ausübt, auch nach rückwärts wirksam, sobald der Fluß sich hinter dem Schiffe wieder geschlossen hat, so daß der ganze Druck, welchen es dann erleidet, nur auf Rechnung der Reibung des Wassers an der Fläche des Schiffes zu stehen kommt. Dies ist natürlich nur unter der Voraussetzung richtig, daß die Umrißlinien des Schiffes so sanft sind, daß sie die Stromlinien nicht brechen und so keine Wirbel und Strudel verursachen.

Dasselbe gilt auch vom Winde. Wenn wir zwei quadratische Platten von verschiedener Größe senkrecht gegen den Wind aufstellen, werden wir bemerken, daß sie weder den gleichen noch einen der Größe ihrer Flächen proportionalen Druck angeben; bei leichten Brisen aber wird keine von beiden etwas anzeigen. Die Ursache hiervon liegt darin, daß bei leichtem Winde eine so dünne, bewegliche Flüssigkeit wie die Luft selbst um die scharfen Kanten der Platten herumgleiten kann, ohne Wirbel zu bilden; weil sich dann hinter der Platte kein luftverdünnter Raum bildet, wird auch kein Druck angezeigt. Bei starken Winden werden die Stromlinien gebrochen, und jede Plattenform wie auch jede verschiedene Größe jeder Plattenform bildet dann verschiedene Reihen von Wirbeln rings um den Rand derselben. Dann ist die Größe der Luftverdünnung hinter den verschiedenen Platten weder gleich noch proportional der Größe derselben, und daher giebt jede Form und jede Größe der Anemometer für jede Windgeschwindigkeit ganz andere Werte an.

Daraus folgt, daß wir wohl angeben können, daß der Druck auf die Fläche von einem Quadratfuß zwanzig Pfund war und daß wir diesen Druck mit einem andern vergleichen können, welcher auf eine Platte von derselben Größe, Form und Aufstellung ausgeübt wird; wir sind aber nicht berechtigt, ganz allgemein zu sagen, daß der Winddruck zwanzig Pfund auf den Quadratfuß betragen hat; denn eine Platte von 10 Quadratfuß Fläche würde, selbst wenn sie dieselbe Form gehabt hätte, auf den Quadratfuß einen ganz andern Wert ergeben haben.

## Siebentes Kapitel.

# Wärme und Kälte.

In diesem Kapitel beabsichtigen wir etwas mehr in die Einzelheiten der Vorgänge einzudringen, durch welche die Temperaturänderungen hervorgerufen werden. Welches sind die Ursachen brennender Hitze und frostiger Kälte? Warum ist derselbe Tag eines Monats in einem Jahre heiß, im andern Jahre kalt? Warum folgen sich in derselben Jahreszeit warme und kalte Tage scheinbar ohne irgendwelche Ordnung? Und warum ist England so viel wärmer als Frankreich, obwohl das letztere dem Äquator näher liegt?

Alle diese Fragen werden wir beantworten und dabei hervorheben, wie leicht dies alles mit Hilfe der synoptischen Karten zu erklären ist. Viele Meteorologen haben versucht, die Schwierigkeiten bei der Befreiung des Temperaturganges von den jährlichen und täglichen Schwankungen durch die Anwendung der alten Methode der Mittelwerte zu besiegen; dieser Weg konnte aber nur zu unbefriedigenden, trügerischen Resultaten führen.

## Tagesisothermen.

Die Frage, welche wir zu lösen haben, ist die folgende. Wir wissen, daß die Sonne die Hauptquelle aller Wärme ist, und wenn die Wirkung ihrer Strahlen durch nichts gestört würde, hätten wir eine regelmäßige Temperaturabnahme vom Äquator zum Pole, welche wir thermisches Gefälle nennen wollen. Täglich würde, während sich die Erde unter der Sonne dreht, eine genau bestimmte Welle der Temperaturschwankung dieses allgemeine Gefälle überlagern. Die Linien, welche das so veränderte Gefälle darstellen, wollen wir Tagesisothermen nennen. Vor allem müssen wir nun die Gestalt dieser Linien zu einem beliebigen Augenblicke für die ganze Erde bestimmen und dann zusehen, welche Veränderungen die Tagesisothermen im Aussehen einer synoptischen Karte, die eine beliebige lokale Wärme- oder

Kälteentwicklung darstellen, hervorbringen. Wenn wir auf einer solchen Karte um 8 Uhr morgens an irgend einer Stelle auf der Vorderseite der Cyclone Erwärmung bemerken, wie können wir dann entdecken, wieviel davon durch cyclonale Ursachen und wieviel durch den täglichen Gang der Temperatur verursacht ist? In der That, wie können wir beweisen, daß diese Wärme der Cyclone und nicht der Tageszeit zu verdanken ist?

Zuerst wollen wir uns eine Vorstellung von der Temperaturverteilung über der Erde in einem bestimmten, beliebigen Augenblicke des Tages machen. Der Verfasser hat anderwärts gezeigt, daß die allgemeine Gestalt der Isothermen in einer beliebigen Breite gleich derjenigen der Linien in Figur 40 wäre, wenn es ein gleichförmiges thermisches Gefälle vom Äquator zum Pole gäbe und keine störenden Einflüsse, wie die ungleiche Verteilung von Land und Meer, vorhanden wären.

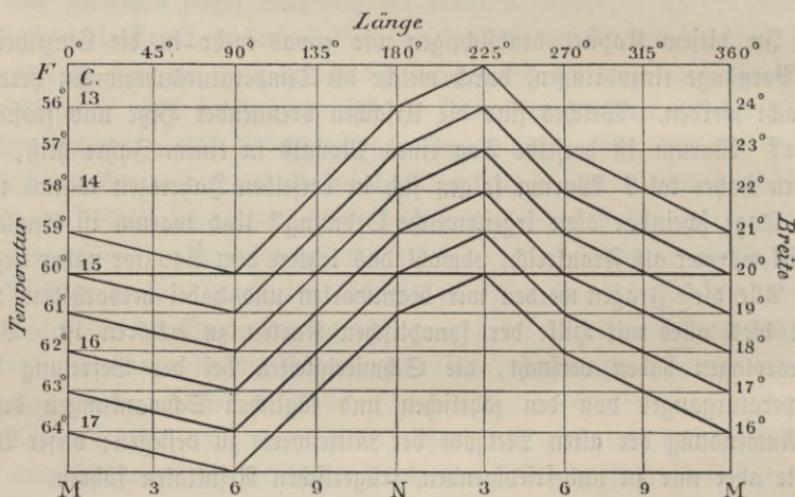


Fig. 40. Erläuterung der Form der Tagesisothermen

Die Figur 40 giebt die ideale Form der Isothermen wieder. Mittag befindet sich in der Mitte derselben unter der Länge von 180°, und die Linien stellen die tägliche Schwankung jeder Isotherme der Breite entlang dar. Die Skala zur Rechten der Figur giebt die Breitengrade an, die zur Linken die Grade der Temperatur. Bei dieser idealen Skizze haben wir angenommen, daß das allgemeine thermische Gefälle vom Äquator weg 0,5° C. Temperatur auf einen Breitengrad beträgt. Das Princip, auf welchem die Zeichnung beruht, ist das folgende: Nehmen wir an, daß in 20° Breite um Mitternacht eine Temperatur von 15° C. herrsche und daß um 6 Uhr morgens das Thermometer um einen Grad gefallen sei, dann müssen wir in dieser Breite um einen Grad gegen Süden gehen, wenn wir der Lage der

Isothermen von  $15^{\circ}$  um diese Stunde folgen wollen. Wenn wir in dieser unserer Welt ohne Störung und ohne Rücksicht auf die Breite innerhalb 24 Stunden rund um die Welt herumgehen könnten, so würde uns die Linie, welche mit  $15^{\circ}$  bezeichnet ist, die Reiseroute vorstellen, welche wir einhalten müßten, wenn wir den ganzen Tag die gleichmäßige Temperatur von  $15^{\circ}$  behalten wollten. Würden wir um Mitternacht links von der Figur ausgehen, so müßten wir bis 6 Uhr morgens einen Meridiangrad (15 geographische Meilen) südlich und 90 Grade auf dem Breitenkreise östlich zurücklegen. Zwischen 6 Uhr morgens und 3 Uhr nachmittags müßten wir dann 75 geographische Meilen (5 Meridiangrade) nach Norden und 135 Grade nach Osten gehen, wenn wir unser Thermometer beständig auf  $15^{\circ}$  C. halten wollten, und von da bis Mitternacht müßten wir, um der Isotherme von  $15^{\circ}$  zu folgen, weitere 30 Grade nach Osten und 60 geographische Meilen (4 Meridiangrade) nach Süden marschieren. Man beachte, daß die Bewegung nach Osten in Graden des Breitenkreises auszudrücken ist; denn die Anzahl der Meilen, welche auf einen solchen Grad gehen, ändert sich nach der Breite. Die Figur beruht auch auf der Voraussetzung, daß das thermische Gefälle vom Äquator bis zum Pole ziemlich gleichförmig bleibe und daß der tägliche Gang der Temperatur in Breiten, welche  $5^{\circ}$ — $10^{\circ}$  Breitenunterschied aufweisen, sich nicht viel ändere.

Wenn dann keine Unregelmäßigkeiten infolge von Cyclonen und ungleicher Erwärmung von Land und Meer beständen, würde das Tages-thermogramm für jeden Ort in seiner Form dem Zuge einer der Isothermen sehr ähnlich sein, wie wir sie auf der Karte gezeichnet haben; wir hätten dann nur die Längengrade in Zeit zu verwandeln und die Temperaturgrade nach einer passenden Skala zu reduzieren. In der That können wir uns vorstellen, daß die Kurven der Figur mit der Achsendrehung um die Erde wandern, und dann annehmen, daß das Steigen oder Fallen der Temperatur an irgend einer Station durch den Vorübergang dieser Form von Isothermen verursacht wird, genau so, wie das Fortschreiten verschiedener Isobarenformen über einen Beobachtungsort hinweg die Bewegung des Barometers an demselben hervorbringt. Z. B. in der Zeichnung (Fig. 40, S. 138) giebt die starke horizontale Linie die Lage des Schnittes durch die täglichen Isothermen an, welche über eine beliebige Station in der Breite von  $20^{\circ}$  Nord sich hinbewegt. Geht man wieder von der ersten Mitternacht zur Linken der Zeichnung aus, so wird hier das Thermometer wieder  $15^{\circ}$  C. zeigen. Um 6 Uhr morgens würde das Thermometer auf  $14,5^{\circ}$  gefallen sein, da um diese Zeit diese letztere Isotherme auf die Breite von  $20^{\circ}$  herabfällt. Zwischen 6 Uhr morgens und 3 Uhr nachmittags schreiten 5 Isothermen über die Station weg, so daß um die letztere Stunde das Instrument  $17^{\circ}$  C. zeigen würde. Von da ab beginnen niedrigere Isothermen über die

Station hinwegzuziehen, und die Temperatur würde in dem Verhältnisse, wie es in der Figur angegeben ist, fallen, bis sie endlich beim Eintritte der zweiten Mitternacht wieder  $15^{\circ}$  erreicht hätte.

### Wie die Tagesisothermen die allgemeinen verändern.

Nehmen wir diese synoptische Verteilung der Wärme als Grundlage, so ist es leicht anzugeben, wie der tägliche Gang der Temperatur beliebige Isothermen, welche wir in einer synoptischen Karte vorfinden, verändert.

Zuerst wollen wir aber die Abdachung des thermischen Gefälles auf der Weltkarte als die Richtung, nach welcher die Gradienten schauen, bestimmen, indem wir voraussetzen, daß die Isothermen thatsächlich relative Höhen darstellen. Z. B. in allen Kurven ist morgens nach 6 Uhr die Abdachung des Gefälles nordwestwärts, hingegen am Nachmittag nordostwärts.

Nehmen wir nun an, wir finden zu einer beliebigen Stunde eine gewisse Form der Isothermen auf der synoptischen Karte; diese Linien stellen die Tagesisothermen dar, wie sie durch lokale Strahlung u. s. w. modifiziert wurden.

Wir können aber auch sagen, die Karte gebe uns eine Temperaturverteilung, die durch Strahlung oder cyclonale Ursachen hervorgerufen wurde und von dem täglichen thermischen Gefälle überlagert ist. Solange die Richtung oder die Abdachung des täglichen Gefälles sich nicht ändert, wird sich auch die Form der Isothermen nicht ändern, nur die Zahlen, welche ihnen beizusetzen sind, werden andere sein; das will sagen, die Fortpflanzung eines gleichförmigen Gefälles ändert wohl die Höhe, aber nicht die Form der Isothermen.

Es stelle z. B. das Quadrat  $ABab$  in Figur 41 ein Gebiet von, sagen wir, 30 Breitengraden und 30 Längengraden (zwei Stunden) dar, wo

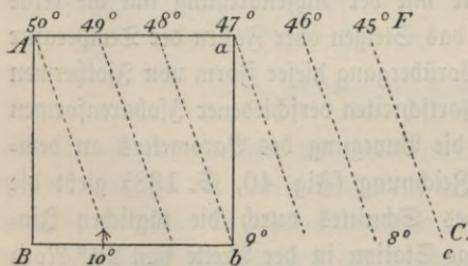


Fig. 41. Thermisches Gefälle und die Form der Isothermen.

immer auf der Erde es liegen mag; die schiefen, punktierten Linien seien ein sehr übertriebenes thermisches Nachmittagsgefälle von  $10^{\circ}$  bis  $8,5^{\circ}$  C. im Verhältnisse von  $\frac{3}{4}$  auf die Stunde. Setzen wir auch voraus, daß der Wind u. s. w. einer Cyklone innerhalb des Quadrates die Isothermen stark gebogen habe; die daraus entstehende Form

würde dann zusammengesetzt sein aus der cyclonalen Störung und dem einfachen Gefälle, wie es das Diagramm giebt, überlagert von der erstern.

Wenn nun das tägliche thermische Gefälle über das Quadrat in zwei Stunden hinwegziehen würde, während die Cyklone stillsteht, so würde die einzige Wirkung die sein, daß bei gänzlich ungeänderter Form der Iso-

thermen jede Linie um  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  niedriger wäre. Die Isotherme von klein a würde nach groß A, die von klein b nach groß B, die von c nach b und so fort gelangt sein, d. h. soviel als daß die Linien an ihrem Orte bleiben würden, nun aber die Zahlen  $8,5^{\circ}$ ,  $8^{\circ}$  und  $7,5^{\circ}$  erhalten hätten, obwohl die Form der Umbiegungen dieselbe geblieben wäre.

Wenn hingegen die Richtung des täglichen Gefälles innerhalb dieser zwei Stunden von Nordost nach Nordwest sich geändert hätte, d. h. von einer Nachmittagsabdachung in eine Morgenabdachung übergegangen wäre, dann würde die Form der umgebogenen Isothermen sehr stark geändert worden sein.

Diese Auffassung von der Fortpflanzung einer Art Welle und der Überlagerung cyclonaler oder anticyclonaler Wärmestörungen über ihre

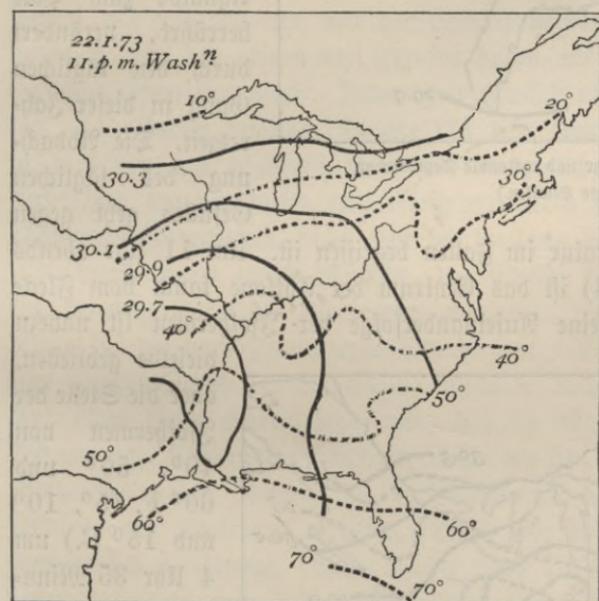


Fig. 42. Tagestemperatur und cyclonale Temperatur. (Vereinigte Staaten.)

Abdachung ist sehr brauchbar. Der Verfasser hat auf den täglich dreimal erscheinenden Wetterkarten in den Vereinigten Staaten beobachtet, daß die Form der Isothermen sich zwischen Morgen und Nachmittag stets mehr ändert als zwischen Nachmittag und Abend, wie auch daß die Form der Nachmittags- und Abendisothermen nahezu konstant bleibt, obwohl die Zahlenangaben für dieselben sich ändern.

Als Beispiel geben wir in den Figuren 42, 43, 44 Verkleinerungen der Karten von 11 Uhr abends am 22. Januar 1873, sowie von 4 Uhr 35 Minuten nachmittags und 11 Uhr abends des folgenden Tages für die Vereinigten Staaten. Diese sollen uns zu einem doppelten Zwecke dienen. Erstens sollen sie uns zeigen, warum die Temperaturverteilung zur selben Stunde an zwei aufeinanderfolgenden Tagen um 11 Uhr abends so verschieden war, und zweitens sollen sie uns die tägliche Schwankung zwischen 4 Uhr 35 Minuten nachmittags und 11 Uhr abends des zweiten Tages durch die Form der Isothermen beleuchten.

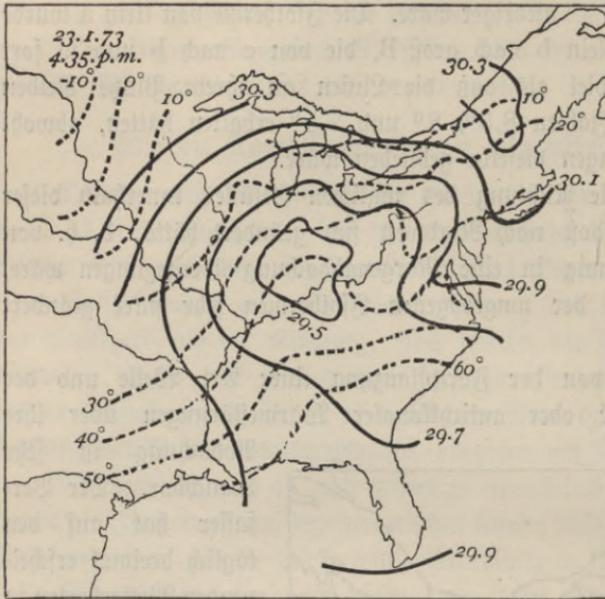


Fig. 43. Tages-temperatur und cyclonale Temperatur. (Vereinigte Staaten.)

Wir werden letzteres zuerst betrachten. Die Isothermen auf der Karte von 4 Uhr 35 Minuten nachmittags stellen die Temperaturverteilung dar, welche vom Einfluß einer Cyclone auf ein allgemeines, unregelmäßiges thermisches Gefälle vom Äquator zum Pole herrührt, verändert durch den täglichen Gang in dieser Jahreszeit. Die Abdachung des täglichen Gefälles geht gegen

Nordost, weil die Temperatur im Fallen begriffen ist. Um 11 Uhr abends desselben Tages (Fig. 44) ist das Centrum der Cyclone kaum vom Flecke gerückt, auch die allgemeine Aufeinanderfolge der Isothermen ist nahezu

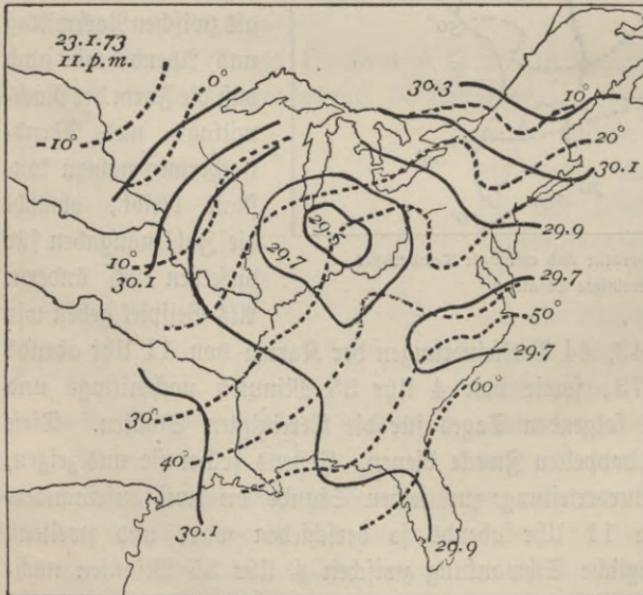


Fig. 44. Tages-temperatur und cyclonale Temperatur. (Vereinigte Staaten.)

dieselbe geblieben, aber die Stelle der Isothermen von 40°, 50° und 60° F. (5°, 10° und 15° C.) um 4 Uhr 35 Minuten nachmittags ist im allgemeinen genommen um 11 Uhr abends von den Isothermen 30°, 40°, 50° F. (0°, 5°, 10° C.) eingenommen, und im Westen sind an die Stelle derjenigen von 10°, 20° 30° F. (—10°,

## Die Temperaturstörung einer Cyclone.

—5°, 0° C.) um 4 Uhr 35 Minuten nachmittags, abends um 11 Uhr die von 0°, 10° und 20° F. (—15°, —10°, —5° C.), allerdings weniger genau, getreten; das will sagen, daß der tägliche Gang im Nordwesten kleiner war als im Süden.

Die Erklärung hierfür liegt darin, daß der Abfall der thermischen Gradienten nicht wesentlich verrückt wurde, obwohl die Temperatur durchschnittlich um 10° F. (5° C.) gefallen ist, so daß die Form und Lage der Temperaturstörung, wie sie von der Cyclone hergebracht wurde, dieselbe blieb und nur die Zahlen der Isothermen um nahe 10° F. (5° C.) sich änderten\*.

## Die Temperaturstörung einer Cyclone.

Nachdem wir nun den Einfluß des täglichen Ganges beseitigt haben, können wir die Art der von der Cyclone hergebrachten Wärme besser verstehen. In den obigen drei Figuren haben wir nach zwei Methoden den täglichen Gang eliminiert. Indem wir nämlich als erste und dritte Figur (42, 44) Karten derselben Stunde (11 Uhr abends) nehmen, können wir in denselben den täglichen Gang als ausgeglichen betrachten; der ganze Unterschied zwischen diesen zwei Isothermenreihen wird dann auf Rechnung allgemeiner Änderungen, nicht aber der täglichen Schwankung, zu setzen sein.

Durch unsere zweite Methode, den Einfluß des täglichen Gefälles auf eine beliebige Form der Isothermen abzuleiten, sind wir in der Lage, eine Karte für die dazwischenliegende Stunde von 4 Uhr nachmittags (Fig. 43) zum gleichen Zwecke der Erforschung cyclonaler Wärme gebrauchen zu können. Auf allen diesen Karten sehen wir, daß die allgemeine Art, wie sich die Wärme einer Cyclone entwickelt, in einem gewissen keilförmigen Vorstoße der Isothermen gegen Norden auf der Vorderseite der Cyclone und auf der Südseite des Centrum derselben besteht und daß diese Wärme mit der Cyclone sich fortbewegt. Man beachte, daß der lokale thermische Gradient dieser Jahreszeit vom kalten Innern des Continentes zum warmen Meere hin gegen Nordwest streicht, während die Abdachung des täglichen thermischen Gefälles gegen Nordost gewendet ist. Es ist nicht die angenehme Wärme eines schönen Tages, sondern das trübe, feuchte, unangenehme Gefühl, von

\* Ein Intervall von 10° F. ist eigentlich 5,55° C.; nur um auch in den Celsiusgraden gleichmäßige Zwischenräume zu schaffen, haben wir es gleich 5° C. gesetzt. Ebenso sind wohl +50° F. gerade +10° C.; wenn wir aber für 40°, 30°, 20°, 10°, 0° F. der Reihe nach setzen 5°, 0°, —5°, —10°, —15° C., so wissen wir wohl, daß wir dabei nicht die richtige Umwandlung der Fahrenheitgrade in Celsiusgrade ausgeführt haben, sondern auf Kosten der Genauigkeit dieser Umwandlung die Gleichheit der Intervalle gewahrt haben. Die genaue Umwandlung wäre: 50°, 40°, 30°, 20°, 10°, 0° F. = 10,0°, 4,4°, —1,1°, —6,7°, —12,2°, —17,8° C.

welchem wir sagten, daß es vor einer Cyclone empfunden wird. Dies ist jene Art von Wärme, welche neuralgische Schmerzen und ähnliche Beschwerden in alten Wunden hervorruft und eine Anzahl Wetterzeichen entwickelt, welche mit der Stirnseite einer Cyclone verbunden sind. Es giebt wohl kein sprechenderes Beispiel für die Notwendigkeit, den Angaben der Instrumente einen beschreibenden Bericht über das Wetter beizulegen. Weder ein Thermogramm noch eine Wetterkarte kann zwischen der einen oder andern Art von Wärme einen Unterschied machen.

Die Ursache dieser Wärme ist unklar. Der Verfasser hat gezeigt\*, daß sie mit Nichten infolge des Zurückdrehens des Windes gegen Süd, das sich einstellt, bevor das Regengebiet der Cyclone heranrückt, entsteht; diese Temperaturerhöhung scheint vielmehr eine besondere Eigentümlichkeit der cyclonalen Vorgänge zu sein.

In den gewöhnlichen Wirbeln von Staub oder Blättern finden wir die Teilchen dort am stärksten verdichtet, wo die Richtung der Drehung und des Fortschreitens zusammenfällt, d. h. wenn die Wirbeldrehung derjenigen der Uhrzeiger entgegengesetzt ist und der Wirbel in einer beliebigen Richtung fortschreitet, so tritt, wenn wir gegen die Vorderseite desselben schauen, die Verdichtung stets am rechteitigen Rande des Wirbels auf.

Wenn wir überlegen, daß eine Karte der Wärmeverteilung in einer Cyclone einen keilförmigen Vorstoß der Isothermen in das Gebiet eines allgemeinen thermischen Gefälles aufweist, so ist es dann leicht zu verstehen, wie man eine solche Form in ein abgesondertes Wärmegebiet und das allgemeine thermische Gefälle zerlegen kann, welches vom erstern überlagert wird. Wir sind dadurch zu der Auffassung geführt worden, daß die Cyclone ein Wärmegebiet entwickelt, welches wie alle andern Eigenschaften eines solchen Wirbels mit ihr fortschreitet.

Aus diesem Grunde finden wir ausnahmsweise auf der Nordseite der Cyclonenbahn eine hohe Temperatur; es tritt dies in jenen seltenen Fällen ein, wenn die Depression statt nach Osten, wie es die allgemeine Regel ist, westwärts fortschreitet. Wir werden auf die Wichtigkeit dieser Thatsache zurückkommen und dieselbe im Kapitel über die Wetterprognose mit Hilfe synoptischer Karten durch ein Beispiel beleuchten.

Wir müssen nun aber die Temperaturänderung in den Vereinigten Staaten während der 24 Stunden, auf welche sich unsere Karten beziehen, mehr in den Einzelheiten beschreiben.

In der ersten Karte Figur 42 (S. 141) liegt der Mittelpunkt einer unregelmäßigen Cyclone in der Nähe von Memphis; die Isotherme von

\* *Abercromby*, On the Heat and Damp which accompany Cyclones. Quarterly Journal of the Meteorological Society vol. II (London), p. 274.

50° F. (10° C.) dringt in die Depression ein; die Isotherme von 40° F. (4,4 C.) reicht fast so nördlich hinauf, als St. Louis liegt, und das ganze Mississippithal unterhalb dieser Stadt ist warm. Um 4 Uhr 35 Minuten nachmittags des nächsten Tages (Fig. 43, S. 142) hatte sich die Cyclone in nordwestlicher Richtung bis Indianapolis bewegt, und die Isotherme, welche jetzt am tiefsten in die Cyclone eindringt, ist die von 40° F. (4,4° C.). Die Temperatur ist im ganzen Mississippihale infolge der kalten Winde der Rückseite gefallen. Was nun aber am meisten hervorzuheben ist, das sind die Temperaturen, welche an den Stationen von Ohio, gerade an der Vorderseite der Ausbuchtung der Isotherme von 40° F. (5° C.) nach oben, beobachtet wurden. Es waren die folgenden: Toledo 19° F. (— 7,2 C.), Cleveland 27° F. (— 2,8° C.), Pittsburg 31° F. (— 0,6° C.). Um 11 Uhr abends desselben Tages (Fig. 44, S. 142) war das Centrum der Cyclone nur wenige Kilometer vorwärts geschritten; dies genügte aber, um die eben genannten Stationen mehr innerhalb des Gebietes höherer Isothermen zu bringen, als dasjenige war, in welchem sie nachmittags sich befanden; das will sagen, daß das Thermometer an allen diesen Stationen zwischen 4 Uhr 35 Minuten nachmittags und 11 Uhr abends gestiegen ist, obwohl man nach dem gewöhnlichen Gange erwarten mußte, daß es mit dem Niedergange der Sonne fallen werde. In der That sind die Zahlen für Toledo um 3° F. (1,7° C.) für Cleveland und Pittsburg um 2° F. (1,1° C.) höher als nachmittags. Während nun die Temperatur in Ohio stieg, haben manche Stationen am Mississippi infolge täglicher Ursachen 5—8° F. (2,8—4,4° C.) Wärme eingebüßt; andere Stationen, wie Montgomery, Alabama, haben um nicht weniger als 13° F. (7,2 C.) infolge des Zusammenwirkens cyclonaler Einflüsse abgenommen. Ein Blick auf die Karten setzt uns unmittelbar in die Lage, dies zu erkennen; denn während die Stationen am Mississippi am gleichen Teile der Cyclone sich befinden, waren die letztern Stationen um 4 Uhr 35 Minuten nachmittags auf der Vorderseite, um 11 Uhr abends auf der Rückseite der Cyclone.

Vor wenigen Jahren noch konnte man für die scheinbare Gesetzwidrigkeit, daß es mit niedergehender Sonne wärmer wird, keine Erklärung geben; jetzt wissen wir aber, daß dies die Folge der Temperaturstörung durch eine Cyclone ist, welche die gewöhnlichen Schwankungen überlagert, die durch tägliche Einflüsse hervorgebracht werden. Im Kapitel über die Meteorogramme haben wir gezeigt, wie ähnliche Änderungen die Kurve des Thermographen beeinflussen; jetzt haben wir dieselbe Erscheinung nach der vollständig richtigen Methode der synoptischen Karten beleuchtet, um so einen zusammenfassenden Überblick über dieselben zu gewinnen.

Nichts könnte die außerordentliche Erleichterung besser darthun, welche uns die synoptischen Karten für die Untersuchung von Temperaturände-

rungen, die von dem täglichen Gange abweichen, gewähren. Dennoch dürfen wir uns nicht verhehlen, daß, gleichwie es auf den ersten Blick durchaus kein Leichtes ist zu erkennen, wie sich Änderungen in der Lage der Isobaren in einem Barogramme abspiegeln, ebenso nur ein gut Stück Erfahrung den Meteorologen befähigen kann, den Einfluß der Änderung der Isothermen in Lage und Form auf die Angaben eines einzelnen Thermometers hin rasch und richtig zu erkennen, oder die Vorstellung der Fortpflanzung der Tagesisothermen über ein verwickeltes System von Temperaturstörungen mit Leichtigkeit zu verfolgen. Unser Beispiel ist eines der einfachsten, das der Verfasser ausfindig machen konnte. In der ersten und dritten Karte haben wir die täglichen Einflüsse damit ausgeglichen, daß wir für jeden Tag die Karte für dieselbe Stunde zeichneten. Durch dieses Mittel konnten wir erklären, warum die atlantischen Staaten am ersten Tage kälter waren als am zweiten und warum umgekehrt das Mississippithal am zweiten Tage kälter war als am ersten.

Durch die zweite und dritte Karte haben wir die Art und Weise beleuchtet, in welcher allgemeine Änderungen die täglichen Schwankungen überlagern, wenn die letztern, wie es während der Wintermonate der Fall ist, nicht sehr bedeutend sind, und haben gleichzeitig die charakteristische Natur des täglichen Temperaturfalles bei einem vorhandenen Systeme von Isothermen klar gemacht.

Es giebt nahezu 80 Stationen in den Vereinigten Staaten und Canada; während der fraglichen  $6\frac{1}{2}$  Stunden gingen an jedem Orte Änderungen nach jeder Richtung und von verschiedener Größe vor sich, aber nicht eine davon, mag sie noch so unregelmäßig scheinen, war derart, daß sie nicht mit Hilfe der hier abgeleiteten Grundsätze hätte erklärt werden können.

### Wärmequellen.

Wir mußten die Frage der täglichen Temperaturschwankung in erster Linie behandeln, um über die Schwierigkeit mancher Vorstellungen, welche aus dieser Ursache von Verwicklungen entstehen, hinwegzukommen. Bevor wir nun aber die Änderungen in den Isothermen von Tag zu Tag weiter verfolgen, müssen wir die verschiedenen Quellen von Wärme und Kälte, mit welchen wir es zu thun haben, kennen lernen. Hierbei dürfen wir nie vergessen, daß die natürliche Temperaturverteilung in einem unregelmäßigen Gefälle vom Äquator bis zu den Polen besteht und daß dasjenige, was wir zu erklären haben, die Abweichungen von dieser idealen Verteilung sind, die in der Wirklichkeit auftreten. Wir werden finden, daß Orte weit im Norden zuweilen viel wärmer sind als solche am Äquator, und daß manche Teile von Europa im März kälter sind als im Januar. Alle diese Anomalien können wir leicht erklären, doch müssen wir zu diesem Zwecke mit den Wärmequellen beginnen.

Die hauptsächlichste Wärmequelle ist die Sonne, so daß wir, wenn alle übrigen Umstände die gleichen bleiben, die größte Wärme da haben werden, wo die geringste Bevölkerung ist, d. h. in den Anticyklonen. Dies kann jedoch nicht ohne weiteres als allgemeine Regel verwendet werden. In dem anticyklonalen Gürtel, welcher die Erde in der Nähe des Äquators in den Tropen umgiebt, wurden einige der höchsten bekannten Hitzegrade beobachtet, besonders in der Sahara und in Australien. Allein in den höhern Breiten hat die Sonne einen mächtigen Feind an dem kalten Weltenraume, welcher die Erde umgiebt. Im Sommer ist die Sonne kräftiger, und so erhalten wir dann heiße Tage und kalte Nächte. Zur Winterszeit, wenn die Sonne niedrig steht, übertrifft die Ausstrahlung in den Raum die Einstrahlung der niedrig stehenden Sonne, und dann ist es bei klarem Wetter kalt. Wenn wir den Einfluß der Wolken auf die Isothermen im allgemeinen zu erörtern haben, müssen wir daher stets die Jahreszeit und die Breite in Erwägung ziehen.

Eine andere sehr kräftige Quelle unregelmäßiger Isothermen finden wir im Winde. Im allgemeinen gesprochen, werden südliche Winde die Isothermen zweifellos nach Norden ausbiegen und nördliche und östliche Winde gegen Süden hinabdrücken, doch auch dieser Vorgang ist gar manchen Unregelmäßigkeiten unterworfen. Der große Unterschied in der Ausstrahlung von Land und Wasser zu verschiedenen Jahreszeiten bewirkt, daß ein kontinentales Gebiet im Winter kälter und im Sommer wärmer ist als das Meer unter derselben Breite. Das ist der Grund, warum ein Ostwind, der im Sommer vom Lande her in das benachbarte Meer hinausweht, warm, im Winter kalt ist.

Wir haben schon den Gedanken berührt, daß es eine besondere Wärmeart giebt, welche von den Cyclonen entwickelt wird; andere kleinere Quellen der Wärmeänderung, wie niedersinkende Winde, welche die Wärme des Föhns erzeugen, brauchen wir hier nur zu erwähnen.

Wenn alle diese Wärmequellen sich vereinen, eine senkrechte Sonne, ein wolkenloser Himmel, südliche Winde und dürerer Boden, wenn heiße, leichte Windstöße die Luft mit brennenden Sandteilchen erfüllen, bis die trübe Sonne in einem Meere von geschmolzenem Kupfer zu leuchten scheint und der vergiftete Hauch des Samum launenhaft durch die Wüste bläst, dann mag der Wanderer auf seiner Hut sein und eiligt in der nächsten Zufluchtsstätte Sicherheit für sein Leben suchen.

Ein Beispiel großer Hitze findet man in den Karten Figur 82 und 83, welche das erste Eintreffen des Südwestmonsuns in Hindostan zur Darstellung bringen. Das Datum des 17. und 18. Juni 1881 fällt mit dem Ende der warmen Jahreszeit in Indien zusammen. Unsere Figuren zeigen in beiden Karten ein Wärmegebiet von mehr als 100° F. (37,8° C.) in der

Wüste von Scinde. Dies wäre beiläufig um  $\frac{1}{2}$  6 Uhr abends (Ortszeit), und es ist gewiß, daß näher gegen Mittag zu noch viel höhere Temperaturen beobachtet wurden. Aus den Jobaren ist zu entnehmen, daß der etwaige Wind Süd oder Südwest gewesen sein muß; in Folge des Fehlens eines Gradienten in der Nähe des Mittelpunktes der Depression wehte er gewiß nur schwach. Der Boden ist dort salziger Sand, und wir wissen, daß ähnliches Material in Australien auf nahe  $200^{\circ}$  F. ( $93^{\circ}$  C.) erwärmt wurde. In Scinde giebt es um diese Jahreszeit einen gefährlichen Wind, welcher dem Samum von Arabien und der Sahara genau analog ist. Beide sind sicherlich mit den Tromben und Tornados verwandt; leider haben wir aber keine wissenschaftlichen Beobachtungen weder über die vermeintlichen giftigen, tödlichen Eigenschaften dieser Winde noch über die gefährliche Art der Hitze, welche sie mit sich führen.

Es giebt eine Art warmen Wetters, für welche man gegenwärtig keine Erklärung weiß. Wir haben gesehen, daß in der kalten Jahreszeit in den Anticyklonen gewöhnlich kaltes Ausstrahlungswetter herrscht, doch findet man zuweilen eine Anticyklone mit warmer Luft und einem eigentümlich zart bewölkten Himmel. Eine solche Anticyklone bedeckt zuweilen das kontinentale Europa und ist stets begleitet von einer fernen Cyclone, welche auf ihrer Nordseite vorbeizieht. Wir wissen für diese Wärmen keinen Grund anzugeben; alles, was wir hier thun können, ist die Feststellung der Thatsache für künftige Untersuchungen.

### Ursachen der Kälte.

Die hauptsächlichste Ursache aller Kälte ist die Ausstrahlung in den Weltraum. Der freie Raum, welcher die Erde umgiebt, hat zum mindesten eine Temperatur von  $130^{\circ}$  C. unter dem Gefrierpunkt. Der Einfluß dieser frostigen Hülle ist es, den wir zu fühlen bekommen.

Der größere Teil dieses Einflusses ist aber indirekt. Wir fühlen die Kälte dieses Raumes nicht, wie wenn wir in der Nähe eines Eisberges ständen, denn alle unsere Kältegrade werden durch Ausstrahlung hervorgerufen. Die Körper an der Erdoberfläche strahlen so lange in den kalten Weltraum aus, bis sie einen großen Teil ihrer ursprünglichen Wärme verloren haben, und die Luft selbst kühlt sich sowohl durch eigene Ausstrahlung als durch Berührung des kalten Bodens ab.

In einer stillen Winternacht strahlen z. B. verschiedene Körper — sagen wir eine Eisenplatte, die am Boden liegt, und eine Grasfläche — in verschiedenem Maße, je nach ihrem verschiedenen Strahlungsvermögen, gegen den Himmel aus. Die Ausstrahlung des Eisens geht sehr rasch vor sich, doch ist dasselbe gleichzeitig ein so guter Wärmeleiter, daß es als Ersatz für den Verlust durch die Ausstrahlung eine bedeutende Wärmezufuhr vom

Boden erhält. Das Gras strahlt weniger gut aus, ist aber auch ein sehr schlechter Wärmeleiter, so daß es seinen Wärmeverlust durch Leitung schwerer ersetzen kann, obwohl es weniger Wärme als das Eisen durch Strahlung verliert, und daher schließlich viel kälter wird. Das ist die Kälte, welche wir thatsächlich im Freien empfinden und die ein frei ausgelegtes Thermometer fallen macht.

Ein sehr verblüffendes Ergebnis dieser Vorgänge ist die Thatsache, daß die Luft unter solchen Verhältnissen wärmer wird, wenn wir bis zu einer gewissen Höhe uns erheben. Dadurch wird unumstößlich bewiesen, daß wir die Kälte des Weltraumes nicht direkt empfinden. Die größte Kälte wird zweifellos erzeugt, wenn die größte Anzahl jener Ursachen zusammentrifft, welche die Ausstrahlung begünstigen. Diese sind: windstille Luft, klarer Himmel und Fehlen des Wasserdampfes in der Atmosphäre. Die letztere Bedingung ist sehr interessant. Tyndalls Untersuchungen scheinen darzuthun, daß der Wasserdampf jene Art Wärme, welche vom Boden ausgestrahlt wird, kräftig absorbiert, so daß der Boden, wenn viel Wasserdampf in der Luft ist, seine Wärme nicht so rasch verlieren kann, als wenn die Luft trocken ist.

Alle diese Bedingungen einer großen Kälte sind in Sibirien in der vollendetsten Weise erfüllt. Wir haben da den Mittelpunkt eines großen, trockenen kontinentalen Gebietes, welches zur Winterszeit andauernd von einer Anticyklone bedeckt wird; gleichzeitig ist die Breite eine so hohe, daß die Kraft der Sonne nur sehr schwach ist. Hier finden wir also Windstille, Trockenheit und eine schwache Sonne, und hier wurden denn auch die größten Kältegrade beobachtet, wenn wir vielleicht einige zweifelhafte Daten im Norden von Smiths-Sund, viele Grade nördlicher als Sibirien, ausnehmen. Ein gutes Beispiel hierfür werden wir in den zwei Karten finden, welche wir im Kapitel über die Typen des Nordostmonsuns wiedergeben (Fig. 80 u. 81). Auf denselben sehen wir, daß es im südlichen Sibirien, welches von einer Anticyklone bedeckt ist, Stationen giebt, an welchen das Thermometer mehr als  $34^{\circ}$  C. ( $-30^{\circ}$  F.) unter dem Gefrierpunkte zeigt<sup>23</sup>.

Wenn wir die wenigen extremen Fälle, welche in Großbritannien vorkommen, betrachten, finden wir, daß alle Fröste in diesem Lande „hausbacken“ sind, d. h. daß die kalten Winde niemals außerordentlich tiefe Temperaturen von den Ebenen Europas oder von den Bergen Norwegens herbringen. Wenn sich aber schwache Gradienten für den Ost- und Nordostwind über Großbritannien ausbreiten und trockene kalte Luft die nächtliche Ausstrahlung begünstigt, dann entwickeln sich hier die rauhesten Fröste. Wir finden dann die Temperatur in den meisten Stationen des Inlandes von England und Irland um  $5-10^{\circ}$  C. tiefer und die Isothermen von diesen kalten Centren aus ringsherum allmählich ansteigen. Werfen wir einen Blick

auf eine synoptische Karte von Europa für 8 Uhr morgens, so finden wir unter den obigen Verhältnissen, daß England und Irland abge sonderte Kälteinseln im allgemeinen thermischen Gefälle vom kalten Kontinent bis zum warmen Atlantischen Ocean bilden. Bei der Thatsache, daß der Frost von der Ausstrahlung abhängt, können wir leicht erklären, daß die Kälte oft lokal ist. Die Ausstrahlung ist aber sehr empfindlich; der leiseste Windhauch oder irgend ein lokaler Schutz stören schon das freie Spiel derselben, und so kann es oft vorkommen, daß zwei nur wenige Kilometer voneinander entfernte Stationen um 5—8° C. verschiedene Temperaturen aufweisen.

Eine weitere Kältequelle ist der Wind. Wenn derselbe von einem erkalteten Kontinente herweht, können wir zweifellos recht niedrige Temperaturen verzeichnen. Das ist aber nicht dieselbe Art von Kälte wie die Ausstrahlungskälte. Hier haben wir ein anderes der unzähligen Beispiele für die Notwendigkeit, zwischen verschiedenen Arten derselben Erscheinung zu unterscheiden, vor uns. Der 1. Januar kann in einem Jahre in Folge des Windes, im andern in Folge der Ausstrahlung kalt sein. Es ist dies die Wirkung verschiedener Arten von Kälte, die in der wissenschaftlichen Wetterlehre nicht miteinander verwechselt werden dürfen.

### Der „Blizzard“ und der „Barber“.

Ein sehr bemerkenswertes Beispiel kalten Windes ist uns in den Blizzards der Vereinigten Staaten gegeben. Das sind heftige Winde bei plötzlich hereinbrechender Kälte, das Gegenteil der windstillen Fröste der Anticyklonen. Sie sind das Ergebnis des Vorüberziehens der Rückseite von Cyclonen oder V-Depressionen in den Wintermonaten, wie wir dies aus Figur 42 und 43 ersehen. Wir erhalten dann heftige, starke Nordwestwinde, welche von einem Kontinente herwehen, dessen Temperatur viele Grade unter 0 ist, und zwar unter Begleiterscheinungen, welche auf das Leben geradezu vernichtend einwirken. Der Wind treibt die Kälte bis auf die Knochen hinein, selbst durch einen Pelz hindurch, und wirbelt einen erblindenden Staub von pulverförmigem Schnee auf. Unter diesen Verhältnissen sind die Reisenden im Westen, wenn sie keinen Wald erreichen können, durchwegs verloren; die Natur kann nur für wenige Stunden Widerstand leisten, und gewinnt man unterdessen kein Obdach, so wird man vom Tod durch Erfrieren ereilt. Eine sehr bemerkenswerte Erscheinung begleitet diese Todesart. In den meisten Fällen findet man, daß die Opfer derselben sich auszuziehen begonnen haben. Wenn der Körper zu einem Eiszapfen geworden, fließt nur mehr wenig Blut träge durch die Adern; dann tritt Delirium ein, und unter dem Einflusse eines trügerischen Wärmegeföhles beginnt der Reisende sich seiner Kleider zu entledigen.

Eine andere unangenehme Art von Kälte findet man im Golf von St. Lorenz. Bei starkem Winde wird da die Luft oft bedeutend kälter als das offene Wasser. Da das letztere warm ist, beginnt es zu „rauchen“, und der Dampf gefriert zu eigentümlich scharfen Eiszadeln. Die oben beschriebenen staubartigen Schneekristalle des Nordwestens sind gewöhnlich kleine, trockene, sechsseitige Blumenblättchen, und obwohl sie durchdringend sind wie der Sand, sind sie doch weich. Die zuletzt beschriebene Art von Schnee aber ist so feucht und scharf, daß dieselbe, wenn sie vom Sturme getrieben wird, fast die Haut vom Gesichte herabreißt. Daher der volkstümliche Name „Barber“ (Barbier), welcher dieser Erscheinung gegeben wird.

Derselbe Name „Barber“ wird einer andern Art von Kälte an den Küsten von Neu-Schottland und Neu-England gegeben. Wenn ein Schiff von einem Sturmwinde in einer kalten, arktischen Strömung festgehalten wird, so gefriert der aufgespritzte Schaum im Momente, wo er das Deck oder das Takelwerk berührt. Jeder Block wird in einen Eisklumpen verwandelt, die Menschen werden mit Eis überzogen und einem Eiszapfen gleich, und zuweilen bildet sich am Bug eine solche Eismasse, daß das Steuerruder aus dem Wasser gehoben und das Schiff infolge der Unmöglichkeit einer Steuerung unlenkbar wird.

Die letzte Kältequelle, welche wir erwähnen müssen, ist der Regen. Natürlich ist nicht jeder Regen kalt. Auf der Vorderseite der Cyclone ist der Regen warm, und ein Regenschauer bewirkt kein Sinken des Thermometers. Auf der Rückseite der Cyclone hingegen, sowie in Gewitterstürmen und sekundären Depressionen sind die Niederschläge mehr oder weniger kalt und bewirken ein Fallen des Thermometers. Der Einfluß derselben ändert sich aber sehr in verschiedenen Ländern und zu verschiedenen Jahreszeiten. In England und Deutschland ist im Sommer regnerisches Wetter, unabhängig von jeder andern Kälte, kühl, weil es die Sonnenstrahlen abhält, im Winter ist es hingegen warm, weil ein bedeckter Himmel den Wärmeverlust durch Ausstrahlung verhindert. In den Tropen ist bewölkttes Wetter kälter als ein schöner Tag, soweit dies auf das Thermometer ankommt, weil die Sonnenstrahlen zurückgehalten werden; wenn aber nicht einmal ein leichter Wind herrscht, dann wird ein bewölktter Tag drückender für die Empfindung der Menschen als ein solcher mit Sonnenschein.

Fassen wir alle Wirkungen der Wärme und der Kälte kurz zusammen: Im Winter haben Wind, Wolken und Regen in der gemäßigten Zone das Bestreben, die Temperatur zu erhöhen, weil sie die Erkaltung durch Ausstrahlung verhindern. Heitere Windstille aber verursacht rauhen Frost. Im Sommer üben Wind, Wolken und Regen einen abkühlenden Einfluß aus, weil sie die warme Ausstrahlung abhalten. Die heitere Windstille ist hingegen zu dieser Jahreszeit heiß, weil sie den Sonnenstrahlen ungehinderten

Einfluß gestattet. Wir können in der That die sich entgegenwirkenden Kräfte der heißen Ein- und der kalten Ausstrahlung als miteinander in fortwährendem Kampfe stehend ansehen. Die Kugelform der Erde schwächt im Norden die Kraft der Sonnenstrahlen; Wasserdampf, in welcher Form immer, bildet gleichsam einen Schirm für die Erde und verhütet, daß sie einerseits dürr gebrannt wird, andererseits fest gefriert. Die ununterbrochene Cirkulation der Atmosphäre bildet zuweilen Wirbel in cyclonaler Form und entwickelt dabei dichte Wolkenmassen, welche die Erde gegen die Strahlung der Jahreszeit und der Breite schützt. Zu andern Zeiten bildet diese Cirkulation in den Anticyklonen Wirbel mit niedersinkender Bewegung, und die klare, trockene, stille Luft gewährt der Strahlung vollen Spielraum, so daß eine oder andere Extrem der Wärme oder der Kälte sich entwickeln kann.

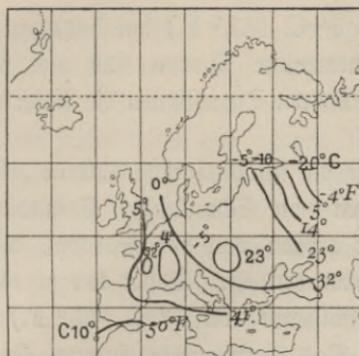
Die Aufgabe des Meteorologen besteht nun darin, die Verteilung von Wärme und Kälte über der Erde von Tag zu Tag, wie sie durch die verschiedenen Formen der atmosphärischen Cirkulation verändert wird, durch die Anwendung der allgemeinen Gesetze, welche wir eben abgeleitet haben, zu verfolgen.

### Beispiele täglicher Temperaturänderungen über Europa.

Betrachten wir z. B. die Temperaturänderungen, welche an den drei Tagen vom 26. bis 28. Februar 1865 in Europa auftraten. Es sind das die drei Tage, für welche wir in Figur 68—70, wenn wir den Typus des Westwetters erörtern, synoptische Karten geben werden. Wir haben nun zu erklären, warum in Europa die Temperatur in diesen Tagen sich gerade so verändert hat, wie es thatsächlich geschah.

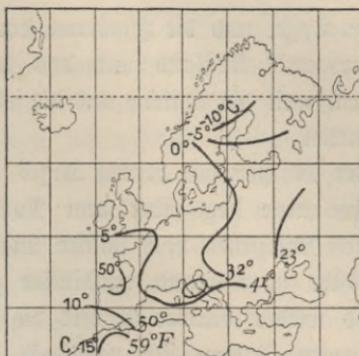
Die Isothermen für die fragliche Periode sind in den Figuren 45 bis 47 wiedergegeben. In allen dreien erscheint ein thermischer Gradient, der von Südwest nach Nordost verläuft, statt einer Abdachung nach Nordwest, welche die ungestörten Isothermen um 8 Uhr morgens — dies ist die Stunde, für welche die Karten gezeichnet sind — haben müßten. Die Ursache dieser allgemeinen Erscheinung liegt darin, daß im Winter ein kontinentales Gebiet stets kälter ist als die Meeresoberfläche, weshalb das allgemeine Temperaturgefälle, was immer für Schwankungen von Tag zu Tag vorkommen mögen, stets vom kalten Rußland gegen das von Feuchtigkeit gebadete Portugal hin ansteigen muß. Dieser Zug gehört der Jahreszeit an und findet sich auf jeder Karte vor. Was wir nun zu erklären haben, das ist die Schwankung in der Lage der Isothermen, welche durch den Wechsel von lokaler Wärme- und Kälteentwicklung verursacht wird. Blicken wir gleichzeitig auf die synoptischen Karten sowohl des Druckes als der Temperatur, so sehen wir am Morgen des 26. Februar eine V-Depression über Großbritannien liegen, welche warme Südwestwinde auf der Vorderseite mit sich bringt. Über

Beispiele täglicher Temperaturänderungen über Europa.



26. Feb. 1865, 8 V.M. Greenwich.

Fig. 45.

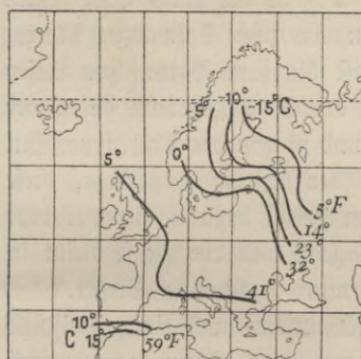


27. Feb. 1865, 8 V.M. Greenwich.

Fig. 46.

Isothermen in Europa an drei aufeinanderfolgenden Tagen.

Skandinavien erstrecken sich geradlinige Isothermen; eine Anticyklone dehnt sich vom Atlantischen Ocean her über Westeuropa aus, und über Rußland liegt ein windstillter Sattel. Aus diesen Gründen war England warm, wie es der Vorstoß der Isothermen von  $5^{\circ}$  C. ( $41^{\circ}$  F.) zeigt; das kontinentale Europa und Rußland waren aber sehr kalt. Im letztern Lande werden  $-20^{\circ}$  C. ( $-4^{\circ}$  F.) gemeldet, und lokale Kälteinseln von  $-15^{\circ}$  C. ( $+5^{\circ}$  F.) treten in verschiedenen Teilen von Frankreich und Deutschland auf. Letzteres verdient besonders bemerkt zu werden, da es für die überraschenden lokalen Temperaturschwankungen, welche oft durch lokale Unterschiede der Strahlung hervorgebracht werden, äußerst charakteristisch ist. Das ist dieselbe Erscheinung wie alle Fröste, welche in Großbritannien vorkommen und welche wir früher erwähnt haben.



28. Feb. 1865, 8 V.M. Greenwich.

Fig. 47. Isothermen in Europa an drei aufeinanderfolgenden Tagen.

Man beachte auch, daß sie keinen wie immer gearteten Einfluß auf die Wetterentwicklung besitzt; sie ist vielmehr ein Ergebnis der allgemeinen Circulation der Atmosphäre, welche der Strahlung freies Spiel gewährt, nicht aber eine Ursache dieser Circulation selbst, obwohl das allgemeine thermische Gefälle von Portugal gegen Rußland hin ein wichtiger Faktor für die Bestimmung der Bahn der Cyclonen ist. Am nächsten Morgen haben sich das V von England und die geradlinigen Isothermen von Skandinavien zu einer gut begrenzten Cyclone umgeändert und einige sekundäre Depressionen erscheinen in verschiedenen Teilen von Europa, während ein windstillter „Keil“ England bedeckt. England ist daher infolge der Ausstrahlung, welche im „Keile“ herrscht, kälter als am vorher-

gehenden Tage, und die Isotherme von  $5^{\circ}$  C. ( $41^{\circ}$  F.) hat sich nach Süden zurückgezogen. Rußland und das kontinentale Europa sind viel wärmer geworden, weil die Cyclone und die sekundären Depressionen die Ausstrahlung verhinderten.

Am Morgen des dritten Tages ist die skandinavische Cyclone erloschen, aber eine neue liegt über dem Norden von Schottland. Sekundäre Depressionen überziehen noch immer einen großen Teil von Europa, während das Wetter in Rußland windstill geworden ist. Daher kommt es, daß England wieder wärmer ist und die Isotherme von  $5^{\circ}$  C. ( $41^{\circ}$  F.) neuerdings gegen Norden sich vorschiebt. Das kontinentale Europa ist etwas kälter, ohne besondere lokale Fröste; Rußland ist bedeutend kälter, aber nicht so kalt wie am ersten Tage, weil die Bedingungen der Ausstrahlung nicht so günstig sind. Keine dieser lokalen Änderungen reicht südlich bis Spanien, und wir sehen daher, daß die Lage der Isothermen von  $10^{\circ}$  C. ( $50^{\circ}$  F.) im Laufe dieser drei Tage kaum sich ändert.

Wir können auch die Temperaturänderungen über Europa durch die Betrachtung der Isotherme von  $0^{\circ}$  C. ( $32^{\circ}$  F.) in ein helles Licht setzen. Am ersten Tage erstreckt sie sich von Belgien bis zum Schwarzen Meere; am zweiten Tage wurde sie zurückgetrieben fast bis zum Bottnischen Busen einerseits und nach Polen andererseits. Am dritten Tage rückte sie wieder vor, aber nicht so weit wie am ersten Tage, und so geht der Kampf zwischen der Kälte und der Sonne fort, bis endlich der letztern es gelingt, diese Isotherme über Europa hinaufzudrängen. Im Herbst beginnt dieser Kampf aufs neue, aber dann wird die Sonne geschlagen, und der Frost bleibt in den nördlichen Teilen dieses Kontinentes für mehrere Monate Sieger.

Würde es uns der Raum gestatten, so hätten wir auch einige Beispiele der entgegengesetzten Wirkung der Strahlung, wie sie im Sommer vorkommt, gegeben, wo dann eine Anticyclone nicht mehr Kälte, sondern Wärme bedeutet. Man kann dann England oft wärmer finden als Frankreich, weil die Sonnenstrahlen, wenn das windstille Centrum einer Anticyclone über England liegt, hier eine größere Kraft besitzen als am mehr windigen Rande derselben, welcher unter diesen Umständen Frankreich bedeckt.

Wir wollen aber wenigstens auf die Figuren 21 und 22 verweisen, welche sich auf denselben Tag, nämlich den 17. Mai, zweier verschiedener Jahre beziehen und in welchen die tägliche Schwankung dadurch eliminiert ist, daß sie für dieselbe Tagesstunde entworfen wurden. Am ersten Tage (Fig. 21) bedeckt Großbritannien eine Cyclone, und die Isotherme von  $10^{\circ}$  C. ( $50^{\circ}$  F.) reicht bis in den Norden von Schottland und Dänemark hinauf; dies ist dem Einflusse südlicher Winde und dem bewölkten Himmel zu verdanken.

Am zweiten Tage (Fig. 22) läuft die Isotherme von  $10^{\circ}$  C. ( $50^{\circ}$  F.) von Nord nach Süd durch England, und ein Stück der Linie von  $5^{\circ}$  C.

(40° F.) erscheint über dem nördlichen Deutschland. Dies zeigt, daß westlich von der Isotherme von 10° C. die Temperatur zu 15° C. (60° F.) ansteigt, und daß daher der westliche Teil von England und Irland wärmer ist als am selben Tage des andern Jahres, an welchem nirgends eine Temperatur von 10° C. verzeichnet wurde. Das ist die Folge der Windstillen und des blauen Himmels der Anticyclone. Der Rückgang der Temperatur in Deutschland rührt von dem allgemeinen thermischen Gefälle dieser Jahreszeit her, denn das kontinentale Mitteleuropa wird erst im Juni warm.

Wenn wir alle diese Beispiele zusammenfassen, so ergibt sich uns schon ein Spielraum der Temperaturschwankung von 38° C. (100° F.) bis — 35° C. (— 30° F.) in Europa, Asien und Amerika. Daraus kann sich der Leser schon eine ganz richtige Vorstellung von der Art der Temperaturänderungen machen.

### Vorhersage der Temperatur.

Aus alledem wird klar sein, daß wir zwar einige allgemeine Gesetze der Temperaturänderungen ableiten können, daß aber die Abweichungen, welche in der Wirklichkeit eintreten, zahllos sind. Wer dieselben vorhersagen will, muß in jedem Lande die Eigenschaften der verschiedenen Winde und die Stärke der verschiedenen Strahlungsarten zu jeder Jahreszeit aus der Erfahrung kennen.

In Deutschland z. B. wird er bald unterscheiden lernen zwischen der gleichförmigen, trüben Wärme einer Wintercyclone, der drückenden, schwülen Hitze eines sommerlichen Gewittersturmes und der klaren, kühlen Luft bei heißer Sonne in einer Anticyclone des Frühlings. Alle Zweifel, welche bezüglich des Verlaufes künftiger Temperaturänderungen aufsteigen können, entstammen denselben Quellen, welche jede Vorhersage stets unsicher machen. Diese liegen in der Schwierigkeit, die künftige Bahn der Cyclone vorauszu sehen oder zu erkennen, ob etwa plötzlich eine neue Luftdruckverteilung auftreten wird. Hat man über die künftigen Bewegungen der Luftdruckverteilung richtig geurteilt, so wird man selten in Bezug auf die Art der Temperaturänderungen, welche dieselben begleiten, einen Irrtum begehen.

### Primäre und sekundäre Wirkungen der Wärme.

Wir schließen mit einer wichtigen Überlegung. Wir wissen, daß die Wärme die erste bewegende Ursache (primus motor) der Atmosphäre ist. Woher kommt es aber dann, daß lokale Temperaturunterschiede so wenig Einfluß auf die Wetterfolge haben? Die größten Tageschwankungen findet man in den Anticyclonen, welche das beständigste Wetter aufweisen, und in den Keilen, wo die größten Gegensätze von Kälte und Wärme aneinander grenzen, sind gewiß nicht diese lokalen Temperaturunterschiede die Ursache

der nachfolgenden Cyclone und des Regens. Gleichzeitig ist es gewiß, daß die Strahlungskälte in Sibirien die Ursache der andauernden Anticyclone ist, welche während der Wintermonate dieses Land bedeckt. Das will sagen, daß wir uns vorstellen können, bei der allgemeinen Circulation der warmen Luft des Äquators gegen die Pole werde die Richtung der Strömungen durch die Oberflächentemperatur der Erde wesentliche Ablenkungen erfahren und das Abfließen in einer Jahreszeit vielleicht über einer kalten, in einer andern Jahreszeit über einer warmen Oberfläche leichter von statten gehen.

Wie dem immer sei, wir fühlen uns von dem scheinbaren Widerspruche betroffen, daß, obwohl die Änderungen der Temperatur von Tag zu Tag zweifellos eine Folge der Bewegung der Cyclonen u. s. w. sind, doch die allgemeine Lage der Gebiete cyclonaler Thätigkeit selbst wieder eine Wirkung der Strahlung sind.

Wahrscheinlich ist jene Auffassung die richtige, welche beiden Einflüssen Gewicht beilegt, und zwar insoweit, als wir es in jedem meteorologischen Problem mit den Wirkungen von Ursachen zu thun haben, welche in sehr verwickelter Art aufeinander ein- und einander entgegenwirken.

Wir haben die Beständigkeit rotierender Systeme wie die der Cyclonen und Anticyclonen schon erklärt und die Vorstellung, wie die täglichen Schwankungen nur die Intensität, nicht aber die Form des Wirbels beeinflussen, erläutert. Es sei aber hier einer Beobachtung Erwähnung gethan, welche in dieser Frage wahrscheinlich von einiger Bedeutung ist. Unsere synoptischen Karten geben nur die Oberflächentemperatur an, die Wärme der obern Luftströmungen haben wir nicht in Betracht gezogen. Nun haben die Untersuchungen ergeben, daß in den Cyclonen die Temperatur nach oben um  $0,5^{\circ}$  C. auf je 100 m Erhebung abnimmt; in Anticyclonen hingegen, in welchen durch die Ausstrahlung unten starke Erkältung hervorgebracht wird, nimmt die Temperatur der Luft aufwärts eine kurze Strecke lang zu und beginnt erst dann wieder zu fallen, wenn man höher hinaufsteigt.

Diese Thatsache ist interessant in ihrer Verbindung mit der andern, daß der Druck in Cyclonen langsamer nach oben abnimmt als in Anticyclonen. Eine eingehendere Behandlung derselben ist mit größern Schwierigkeiten verbunden und verlangt auch noch weitere Untersuchungen. Wir haben derselben hier nur Erwähnung gethan, um unserem Zwecke, eine Darstellung des gegenwärtigen Standes der Wetterkunde zu geben, gerecht zu werden.

## Achstes Kapitel.

**Böen, Gewitterstürme und nichtisobarische Regen.**

In diesem Kapitel werden wir den Leser in Einzelheiten einer Art von Wetter einführen, welche von allem, was wir bisher beschrieben haben, gänzlich verschieden ist. Bisher haben wir uns mit den Erscheinungen von Wind und Regen befaßt, welche an die Cyklonen und raschen Änderungen des Druckes gebunden sind. Jetzt beabsichtigen wir, jene Wetteränderungen zu behandeln, welche nur indirekt mit der Druckverteilung der Umgebung zusammenhängen und bei welchen das Barometer, wenn es überhaupt sich ändert, steigt. Die Isobaren, welche uns durch die verwickelten Erscheinungen des cyclonalen Wetters hindurch ein unfehlbarer Führer waren, versagen jetzt gänzlich, und unter der Aufschrift „Nichtisobarische Regen“ werden wir gewisse Regenfälle kennen lernen, deren Entstehungsursache uns gegenwärtig eigentlich unbekannt ist. Das Interesse, welches sich an so auffallende Naturerscheinungen, wie es die Böen, die Gewitterstürme, die Tornados und Tromben sind, knüpft, wird noch dadurch gesteigert, daß ein großer Teil der Untersuchungen über dieselben aus den letzten Jahren stammt und daher noch nicht in die populäre Litteratur Eingang gefunden hat, so daß sie über den beschränkten Kreis der Fachmeteorologen hinaus kaum bekannt sind. Wir wollen nun einige der hervorstechendsten Ergebnisse, welche durch dieselben zu Tage gefördert wurden, darlegen.

**Einfache Böen.**

Wenn wir die Grade allmählich anwachsender Winde beobachten, so finden wir, daß mit zunehmender Stärke das Bestreben, mehr und mehr in Windstößen zu wehen, zunimmt. Diese Stöße werden stufenweise immer heftiger und in ihrer höchsten Entwicklung fallen sie mit einem Dröhnen gleich dem Donner einer Kanone ein. Das ist es, was die Seeleute den „Kanonenwind“ (blowing in great guns) nennen. Diese Windstöße sind es, welche die Segel in Bänder zerreißen und mehr als jede Gewalt eines gleichmäßigen Windes die Schiffe entmasten. Diese Stöße dauern nur wenige Minuten, sie scheinen aber sehr nahe verwandt zu sein mit den einfachen Böen. In einer echten einfachen Böe braucht im allgemeinen der Wind nicht von so ungewöhnlicher Heftigkeit zu sein, daß er in Donnerschlägen weht; nachdem er aber zuerst eher etwas nachgelassen hat, bricht er dann plötzlich mit einem heftigen Stoße ein, welcher von Regen oder Hagel, je nach der Intensität und andern Verhältnissen, begleitet ist, während die ganze Erscheinung selten länger als 5—10 Minuten andauert.

Auf dem Meere sieht man häufig gleichzeitig zwei oder mehrere Böen vorbeiziehen. Man kann dann deutlich beobachten, daß über der Böe ein dichter, scharfbegrenzter Cumulus schwebt, daß die ganze Störung nur eine kleine Strecke über die Erdoberfläche hinaufreicht, daß die Böe nahezu in derselben Richtung sich bewegt wie der Wind und daß der Wind vor oder während der Böe nur wenig oder gar nicht seine Richtung ändert. Wir sehen dann auch, daß die Gestalt der Böe nur die eines unregelmäßigen Streifens ist, welcher die Neigung zeigt, eher nach der Richtung des Windes als nach einer andern Seite sich in die Länge zu ziehen und daß die Bewegung der Böe als Ganzes bedeutend langsamer ist als die Geschwindigkeit des Windes, welcher das erste Einsetzen der Böe begleitet. Beobachten wir dann gleichzeitig aufmerksam das Barometer, so sehen wir, daß es, wenn die Böe genügend heftig ist, ununterbrochen steigt, zuweilen sogar 2,5 mm, und gleich, nachdem die Böe vorüber ist, auf seinen frühern Stand zurückkehrt.

Man kann in diesem plötzlichen Steigen keinen Unterschied bemerken, wenn die Böe von Regen, Hagel oder Blitz und Donner begleitet ist. Obwohl wir nicht im Stande sind, genau zu erklären, warum der Wind zuweilen auf diese unregelmäßige Weise weht, so haben wir es doch mit einer verhältnismäßig einfachen Erscheinung zu thun.

### Gewitterböen.

Die einfachste Art eines Gewittersturmes wird man sehr zutreffend als eine nicht nur von Wind und Regen, sondern auch von Blitz und Donner begleitete Böe beschreiben können. In Großbritannien sind diese Gewitterböen an den äußersten West- und Nordwestküsten sehr gewöhnlich, während sie im mittlern und östlichen England sehr selten vorkommen. An einem häßlichen, stürmischen Tage werden eine oder zwei der gewöhnlichen Böen, die gerade außerordentlich heftig auftreten, vom Blitz und dem einen und andern Donnerschlage begleitet sein. Das hauptsächlichste Interesse, welches sich an diese Art von Gewitterstürmen knüpft, besteht darin, daß durch sie der Beweis erbracht wird, daß zwischen den gewöhnlichen Böen und einer solchen, welche von elektrischen Entladungen begleitet ist, kein wesentlicher, sondern nur ein gradueller Unterschied besteht. Der Anblick und die Bewegung der Wolken sowie das plötzliche Steigen des Barometers sind in beiden Fällen dieselben. Die Cumulusbildung über den Böen zeigt unverkennbar an, daß ein aufsteigender Luftstrom vorhanden ist und wir können dann leicht verstehen, daß die Kondensation des Wasserdampfes, wenn der Auftrieb nur klein ist, so allmählich von statten geht, daß die Elektrizität, welche unter diesen Umständen wohl wahrscheinlich abgeführt wird, zu keiner durchbrechenden Entladung kommt; wenn aber der Aufstieg so heftig ist, daß die feuchte Luft in die kalten, trockenen Schichten derart

hineingetrieben wird, daß die Elektrizität nicht mehr zu einer stillen Ausströmung Zeit findet, dann wird eine durchschlagende Entladung mit Blitz und Donner sich einstellen. Im nördlichen Europa ist diese Art der Gewitterstürme im Winter viel gewöhnlicher als im Sommer; bei allen andern Arten der Gewitterstürme ist das Gegenteil der Fall. Das ist so sehr richtig, daß es in Island gar keine Sommergewitter, sondern nur Wintergewitter dieses Böentypus giebt. In Norwegen kommen beide Arten vor; die Wintergewitter erweisen sich dort zerstörender, weil sie niedriger ziehen und daher die Wahrscheinlichkeit, daß der Blitz einschlägt, größer ist. Die Sommergewitter sind aber in diesem Lande nicht annähernd so heftig wie in südlicheren Breiten.

### Barometergang in Böen und Gewitterstürmen.

Wir haben oben erwähnt, daß das Barometer in dem Augenblicke steigt, in welchem der Regen einer Böe oder eines Gewittersturmes die Erdoberfläche trifft. Dies ist ebenso richtig für den Äquator als für den Polarkreis. Da diese Thatsache für die Behandlung der verwickeltern Erscheinung der sogen. Linienböen von großer Wichtigkeit ist, wollen wir der Erläuterung der Einzelheiten dieser Barometerschwankungen einige Absätze widmen. In Figur 48 geben wir einen Lichtdruck der Barometerkurve, wie sie der Barograph des Verfassers am 18. Mai 1878 gezeichnet hat. Das Original

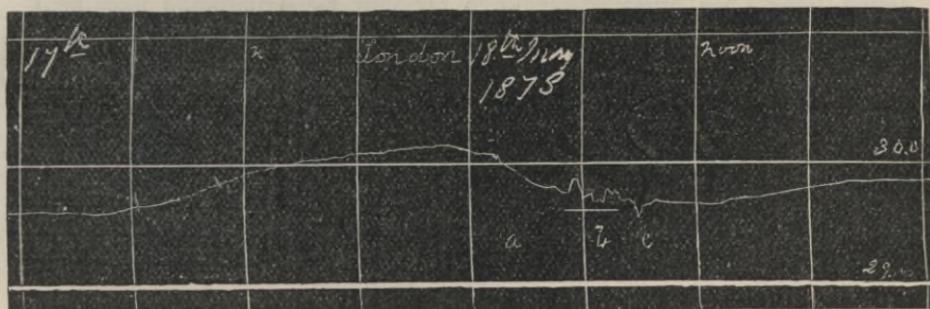


Fig. 48. Barometerkurve bei Gewittern.

war auf berußtem Papiere registriert und ist hier photographisch wiedergegeben, ohne jede Änderung von seiten des Retoucheurs. Dadurch wurde es möglich, die feinsten Schwankungen getreu zur Darstellung zu bringen. Jene, welche mit empfindlichen, selbstregistrierenden Instrumenten vertraut sind, werden leicht jene charakteristische Unruhe der ganzen Kurve wiedererkennen, welche von keiner Hand kopiert werden kann. Die vertikalen Linien der Figur stellen die Zeit in sechs Stunden Abstand dar; die horizontalen Linien bezeichnen einen Wert von 0,5 engl. Zollen (12,5 mm). Beschränken wir unsere Aufmerksamkeit auf den rechtseitigen Teil der Kurve;

wir ſehen da bald nach Mitternacht am 17. Mai eine kleine, eigentümliche Einſenkung, welche ſofort von einem plötzlichen Anſtieg gefolgt iſt. Die Schwankung iſt mit a bezeichnet; ſie erfolgte während eines Gewitterſturmes.

Gerade vor 6 Uhr morgens und einige Zeit nachher ſehen wir noch bemerkenswertere Schwankungen, ſie ſind mit b bezeichnet. Auch dieſe waren von einer Reihe von Gewitterſtürmen begleitet, von welchen keiner beſonders heftig war. Noch ſpäter, etwa um 8 Uhr morgens, bemerken wir bei c eine einzelne Einſenkung; dieſe trat bei düſterem, drohendem Wetter ein, doch war ſie am Orte der Beobachtung, in London, weder von Wind und Regen noch von Donner begleitet.

Die Wetterkarte dieſes Tages wies eine Anzahl kleiner ſekundärer Depressionen über Großbritannien auf, jedoch ohne ſolche Einbiegungen der Iſobaren, welche die eigentümlichen Schwankungen des Barometers erklären könnten.

Die Entſtehung dieſes charakteriſtiſchen Anſteigens des Barometers in Böen und Gewitterſtürmen iſt biſlang noch unbekannt. Man hat vermutet, daß es durch einen Luſtſchwall, welcher vom Regen niedergeführt wird, verurſacht werde. Es iſt auch äußerſt wahrſcheinlich, daß dem teilweise ſo iſt, denn man kann zuweilen einen kleinen Anſtieg bei einem Regenguß, welcher weder von Donner noch von Wind begleitet iſt, beobachten. Andererſeits iſt es ebenſo ſicher, daß dieſes Niederſtürzen der Luſt die Erſcheinung nicht vollkommen erklärt, weil ſie zuweilen ohne jeden Regen oder auch in einer Größe auftritt, welche zur Heftigkeit des Regens in keinem Verhältniſſe ſteht. Noch verwirrender erſcheinen die kleinen Einſenkungen der Barometerkurve während der Gewitterſtürme, von welchen wir in der Figur einige Beiſpiele vor uns haben. Dieſe Einſenkungen ſind ſeltener als die Erhebungen, und wenn ſie auch meiſtens, wie in unſerem Beiſpiele, mehr oder weniger mit Erhebungen verbunden ſind, ſo kommen ſie doch auch gelegentlich allein vor. Zur Zeit der erſten Einſenkung in unſerer Figur, etwa um 1 Uhr morgens, war die Herabdrückung des Barometers von Sturm begleitet; im ſpättern Falle, etwa um 8 Uhr morgens, war an Ort und Stelle weder Sturm noch Regen zu beobachten, obwohl es zweifellos iſt, daß nicht gar weit entfernt Stürme herrſchten. Wir werden dadurch zur Schlußfolgerung veranlaßt, daß manche dieſer ſonderbaren Schwankungen des Barometers einer Art echter Wellenwirkung zu verdanken ſind, durch welche die Störung, welche vielleicht durch den fallenden Regen hervorgebracht wird, inſolge der Elektrizität der Luſt bis in einer gewiſſen Entfernung vom Orte der urſprünglichen Störung fortgepflanzt wird. In Verbindung mit dieſer Vorſtellung, daß durch den niederfallenden Regen Luſt mit herabgeriſſen wird, mag es angezeigt ſein, auf die auffallenden Wirkungen hinzuweiſen, welche häufig

bei Schneelawinen zu beobachten sind, die stets eine ungeheure Menge eingeschlossener Luft mit sich führen. Es ist regelmäßig zu bemerken, daß die Kleider der Personen, welche vom Windstoße einer Lavine erfaßt werden, in Fetzen zerrissen werden. Man hat andererseits auch die Ansicht ausgesprochen, daß, wenn der Regen die Folge eines aufsteigenden Luftstromes ist, die Gegenwirkung eine um so gewaltigere sein müsse, je stärker der Auftrieb war. Leider ist unsere Kenntnis der Dynamik bewegter Luft nicht so weit fortgeschritten, daß wir im Stande wären, genau anzugeben, welches unter diesem Verhältnisse die Beschaffenheit des Druckes sein muß.

Doch wenn wir auch nicht im Stande sind, die Entstehung dieser Barometerschwankungen genügend zu erklären, so wissen wir doch sicher, daß ihre Natur von denjenigen Bewegungen, welche durch die Wirkung der Cyclone oder die Fortpflanzung anderer Isobarenformen über einer Station hervorgebracht werden, gänzlich verschieden ist. Wir können, so oft wir auf einem Barogramm diese eigentümlichen Unregelmäßigkeiten bemerken, sofort schließen, daß sie nicht von Cyclonen, sondern von Böen oder Gewitterstürmen herrühren. Dadurch sind wir in die Lage versetzt, unsere Kenntnis der Methode, Barogramme zu lesen, welcher wir schon so viel Aufmerksamkeit gewidmet haben, zu vervollkommen. Diese Vertiefungen und Erhebungen können wir in der That als einen weitem Buchstaben jenes barographischen Alphabets ansehen, durch welches geübte Meteorologen die Geschichte des Wetters aus einer Barometerkurve lesen können. Diese Kenntnis führt uns noch zu einer andern sehr wichtigen Schlußfolgerung. Da nämlich dieses Ansteigen des Barometers von dem in Cyclonen vorkommenden ganz verschieden ist, so ist es nicht gestattet, aus dem einen dieselben Folgerungen zu ziehen wie aus dem andern. Wenn z. B. auf der Rückseite einer Cyclone das Barometer im Maße von 5 mm in der Stunde (etwa 0,9 mm in 10 Minuten) steigen würde, so wäre dies wo immer in Europa ein ungewöhnlicher Fall, und wir würden erwarten müssen, daß ein heftiger Sturm damit verbunden sei. In einem Gewittersturme mag aber das Maß des Steigens zwei- oder dreimal so groß sein, ohne daß dabei mehr als einige wenige unregelmäßige Windstöße sich einstellen. Wenn es aber vorkäme, daß wir bei dem Entwerfen unsererer synoptischen Karten Barometerablesungen solcher eigenartigen Anstiege einzubeziehen hätten, so dürfen wir aus dem so entstandenen Laufe der Isobaren nicht dieselben Schlüsse ziehen wie sonst; denn in diesem Falle sind sie auf eine andere Weise zu Stande gekommen. Wir haben eben den Irrtum zu vermeiden, daß wir zwei gänzlich verschiedene Erscheinungen, welche allerdings eine Eigenschaft, nämlich das Ansteigen des Barometers, gemein haben, als gleichartig ansehen.

### Linienböen.

Wir haben ſchon dargelegt, daß die Rinne einer Cyklone oder einer V-Depreſſion aus einer Linie von Böen beſteht. Wir haben uns dabei einen langen, engen und dünnen Streifen von Regen und Wind vorzuſtellen, welcher, mit ſeiner Breitſeite vorwärts, wie eine Mauer oder ein Vorhang, mit derſelben Geſchwindigkeit wie die Depreſſion ſelbſt über ein Land dahinzieht. Dieſe Geſchwindigkeit ſteht in keiner Beziehung zu der des Windes in der Böe. Thatsächlich wird die Geſchwindigkeit der Böe ſelbſt viel kleiner ſein als die des erſten Windstoßes derſelben; die erſtere wird wahrſcheinlich nicht über 60 km in der Stunde betragen, während die letztere bis zu 100 und 130 km in der Stunde anſchwellen dürfte. Wir wollen nun in einige ſehr intereſſante Einzelheiten dieſer Klaſſe von Störungen eingehen, die wir zum Zwecke der Klaſſifikation „Linienböen“ nennen wollen.

Die Natur dieſer Klaſſe von Böen läßt ſich am beſten aus dem Beispielerklärung jener Böe erläutern, welche einem engliſchen Kriegſſchiffe, der *Eurydice*, den Untergang brachte. Es war dieſes eines der größten Unglücke, welches ſeit vielen Jahren die engliſche Marine traf.

Unter den Wettertypen geben wir in Figur 74 die Karte eines großen Teiles der nördlichen Hemisphäre für den 18. März 1873, 43 Minuten nach Mittag (Greenwichzeit). Werfen wir einen Blick auf dieſelbe, um die allgemeine Druckverteilung dieſes Tages uns anzusehen. Die Böe, welche

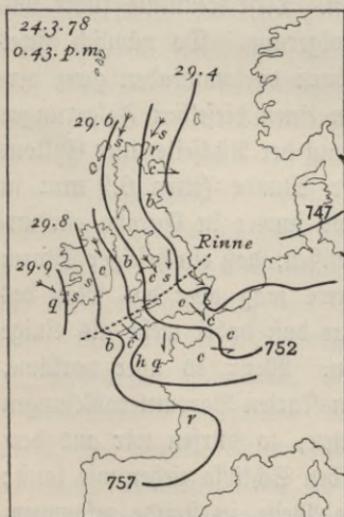


Fig. 49. *Eurydice*-Böe. Isobaren und Wind um 12 Uhr 43 Min. nachmittags.

wir jetzt betrachten, gehörte einer jener zahlreichen Depreſſionen an, welche auf einer großen Teile der Erde umfaſſenden Karte kaum zur Darſtellung kommen. Wir geben daher in Figur 49 die Einzelheiten für Druck, Wind und Wetter über Großbritannien und Frankreich für dieſelbe Tageszeit in vergrößertem Maßſtabe wieder. In dieſer Figur bemerken wir eine äußerst verwickelte Luftdruckverteilung. Was uns am meiſten angeht, iſt die Biegung der Isobare, welcher entlang wir eine punktierte Linie gezogen haben, die an dem einen Ende durch das Wort Rinne bezeichnet iſt. Dieſe Biegung ſtellt eine ſchwache V-Depreſſion dar, welche in gewiſſem Sinne eine ſekundäre Depreſſion jenes ſchlecht begrenzten Stückes einer Cyklone

iſt, das den ſüdlichen Teil von Skandinavien bedeckt. Im Laufe des Tages ſchien dieſe Cyklone um eine andere ſich zu drehen, welche des Morgens

über den Karpaten lag, und in Verbindung mit diesen größern Veränderungen drehte sich die Rinne des V um einen Punkt nahe dem Skag in Dänemark, gleich der Speiche eines Rades. Figur 49 zeigt die Lage der Rinne um 12 Uhr 43 Minuten mittags. Die Linie an der Vorderseite des halbmondförmigen, schattierten Gebietes in Figur 50 zeigt angenähert die Lage der

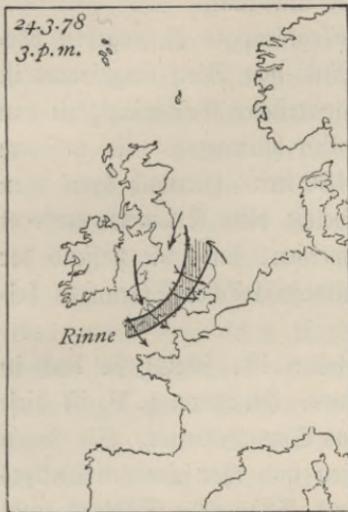


Fig. 50. Gurydice-Vö. Das von der Vöe um 3 Uhr nachmittags überzogene Gebiet.

Rinne um 3 Uhr nachmittags; um 6 Uhr abends zog dieselbe von Harmouth durch die Straße von Dover nach der Normandie. Infolge dieser radartigen Bewegung besaßen verschiedene Teile der Rinne verschiedene Geschwindigkeiten. Während der eben angegebenen Stunden bewegte sich der nördliche Teil der Rinne mit einer Geschwindigkeit von nur 50 km in der Stunde über England hinweg, während das äußerste, südwestliche Ende derselben die Gegend mit einer Geschwindigkeit von nicht weniger als 80 km in der Stunde durchquerte. Jener Teil, welcher die Gurydice traf, bewegte sich 60 km in der Stunde.

Soviel von der Bewegung des V als Ganzes. In Figur 49 herrscht auf der Vorderseite des V West-, auf der Rückseite Nordwestwind, doch war da noch kein genau begrenztes Regengebiet entwickelt. Um 3 Uhr nachmittags hatte sich aber die Depression so viel vertieft, daß Ley die Karte Figur 50 entwerfen konnte. Der schattierte Streifen in dieser Figur bezeichnet das Gebiet, in welchem es um diese Zeit regnete oder schneite. Die ausgezogenen Pfeile geben den allgemeinen Zug der Oberflächenwinde, die punktierten den der obern Strömungen an. Der Verfasser hat überdies gezeigt, daß der vordere Rand des Regengebietes in der Hauptsache mit der Rinne der V-Depression, die wir in Figur 49, drei Stunden früher, gesehen haben, zusammenfiel, so daß wir es hier zweifellos mit einem V jener Art zu thun haben, in welcher der Regen auf der Rückseite der Rinne auftritt. An allen Stationen herrschte des Morgens bei bewölktem Himmel Westwind; hierauf türmten sich im Nordwesten verderbendrohende Wolkenbänke auf und bald darauf begann es unter entsetzlichen Windstößen zu regnen oder zu schneien, wobei der Wind nach Nordwest umschlug. Nachdem der erste Anprall nachgelassen hatte, dauerte Regen oder Schnee noch kürzere oder längere Zeit an, worauf dann der Himmel wieder aufklarte.

Die Gurydice war eine voll ausgerüstete Korvette, die aus Westindien heimkehrte. Um 3 Uhr 45 Minuten nachmittags — dreiviertel Stunden

ſpäter als die Zeit, für welche die Karte Figur 50 entworfen iſt — war ſie auf der Höhe von Bentnor auf der Inſel Wight und lief frei mit allen Segeln vor dem Winde; es herrſchte nahezu Weſt. In dieſem Augenblicke wurde ſie plötzlich von einem Stoße aus Nordweſt getroffen; ehe die Segel eingezogen werden konnten, lag ſie auf der Seite, füllte ſich, da die Luſtöffnungen der Leeſeite offen waren, mit Waſſer und ſank.

Wir haben uns alſo im ganzen ein ſtreifenförmiges Regengebiet vorzuſtellen, das auf der Vorderſeite mit einer Linie von Böen eingefäumt iſt und mit ihrer Breitſeite voraus und einer veränderlichen Geſchwindigkeit von 20—80 km in der Stunde über Großbritannien hinwegzog. In unſerem Falle war die Länge der Böenlinie mehr als 480 km. Hiernach kann man leicht verſtehen, wie es kommt, daß Orte, welche viele Kilometer entfernt liegen, gleichzeitig von den Böen getroffen werden, und wie paſſend der Name Linienböen iſt, welchen wir dieſer Art atmosphäriſcher Störungen beilegen.

Obwohl dieſe Art Linienböen bei uns ſelten iſt, ſcheint ſie doch in andern Theilen der Erde ſehr häufig vorzukommen. In Iowa z. B. iſt dieſe Art von Böen beſonders charakteriſtiſch für das Sommerwetter. Sie treten da gewöhnlich nach einer Zeit anhaltenden heißen und eher ſchwülen Wetters auf, wenn der Wind anhaltend aber mäßig aus Süd- oder Südweſt weht und das Barometer ſich kaum ändert. Die Sturmwand wird dann im Nordweſten erſcheinen; drohende ſchwarze, aufgetürmte Wolken oder zuweilen eine ungeheure Wolkenrolle kommt immer näher, und der wilde Sturm zieht einher unter heftigen, kurzen Stößen, welche junge Bäume niederbrechen und den Regen horizontal dahinjagen. Das Barometer ſteigt dabei raſch. Solche Windſtöße dauern nicht lange an, wiederholen ſich aber mit allmählich abnehmender Stärke von Zeit zu Zeit. Es folgt hierauf ein ſtetig rieſelnder Regen, dann klart der Himmel auf, und der Sturmwind dreht nach Süden zurück, worauf das Wetter wieder ebenſo heiß wird wie vor dem Sturme. Dieſe Beſchreibung, welche wir Dr. Hinrichs aus Iowa verdanken, weiſt ganz deutlich auf Linienböen hin, welche mit jener Klaſſe von V-Depreſſionen verbunden ſind, bei denen der Regen der Rinne nachfolgt. Dr. Hinrichs' Karten geben nicht die Geſtalt des Regengebietes ſo wie die Figuren 49 und 50, ſie zeigen aber, daß die Böen über den Staat Iowa mit einer halbmondsförmigen Vorderſeite, ganz ſo wie die Gurydice-Böe, hinziehen.

Wenn wir dieſe Klaſſe von Böen mit der reinen und einfachen Böe, die wir zuerſt beſchrieben haben, vergleichen, erkennen wir ſofort, daß dieſe zwei Arten mit Ausnahme des Namens wenig miteinander gemein haben. Die früher beſchriebene Art ſcheint einfach eine lokale Verſtärkung eines allgemeinen Windzuges zu ſein; die letztere Art hingegen iſt mit einer genau

bestimmten, aber verwickelten Form atmosphärischer Cirkulation verknüpft, die wir besser verstehen werden, wenn wir zuerst eine vollständig analoge Klasse der Gewitterstürme beschreiben.

### Gewitterstürme, verbunden mit Linienböen.

Die Böen sind selten von genügender Bedeutung, um die Aufmerksamkeit so vieler Beobachter auf sich zu ziehen, daß wir die Einzelheiten ihrer Gestalt und ihres Fortschreitens genau bestimmen könnten. Die Gewitterstürme hingegen sind eine so auffallende Witterungserscheinung, daß man dieselben viel leichter verfolgt. In den letzten Jahren wurde ein außerordentlicher Aufwand an Arbeit darangesetzt, um das Fortschreiten und die Entwicklung solcher Störungen von Stunde zu Stunde zu verzeichnen.

Es zeigte sich dabei, daß zwar nicht alle, aber viele europäische Gewitterstürme den eben beschriebenen Linienböen vollkommen ähnlich sind. Manche der Bezold'schen Karten von Gewitterstürmen in Bayern, welche die Gestalt derselben über den vom Sturme heimgesuchten Gebieten in den aufeinanderfolgenden Stunden wiedergeben, weisen lange, schmale Streifen auf, welche mit ihrer Breitseite voran das Land durchqueren; also genau analog der Art, wie das Böengebiet, welches wir in Figur 50 zeichneten.

Das Bemerkenswerte daran ist aber, daß, obwohl einige dieser Sturmstreifen mit Rinnen von Cyclonen oder V's zusammenhängen, sich häufiger noch ganz gleiche Streifen auf der Vorder- oder Rückseite einer Cyclone vorfinden. Wir wissen da nicht, mit welchem besondern Teile der Cyclone dieselben in Zusammenhang zu bringen wären, und können nur feststellen, daß der vordere Rand des Streifens gewöhnlich senkrecht auf der Linie der Bahn jener Depression steht, in welcher der Streifen sich bildete.

Wir wollen zuerst das Beispiel eines Sturmes und einer Gewitterböe geben, welche mit der Rinne einer V-Depression in Verbindung steht. Am 16. Juli 1884 lag etwa um 6 Uhr 15 Min. abends die Rinne einer V-Depression über Hamburg und verursachte wie gewöhnlich gewaltige Windstöße und starken Regen unter vielem Blitz und Donner. Dies war sozusagen nur ein Stück eines Liniengewittersturmes. Dr. Sprung zeichnete durch die Verbindung der Barometer- und anderer Kurven von Hamburg mit den Aufzeichnungen anderer Observatorien und der synoptischen Karte für Deutschland für 8 Uhr abends desselben Tages in der Weise, wie wir es im Kapitel über Meteorogramme erklärt haben, die hübsche Karte, welche wir, um sie mit unsern übrigen Darstellungen in Übereinstimmung zu bringen, mit einigen unbedeutenden Modifikationen in Figur 51 (S. 166) wiedergeben.

Die Isobaren sind sowohl in Millimetern als in Zollen angegeben; t bezeichnet die Linie der Rinne, das schattierte Band r giebt die Lage und Ausdehnung des Regenstreifens an, der lange punktierte Pfeil bezeichnet die

Richtung, in welcher das ganze System ſich fortpflanzte, und die kleinen ausgezogenen Pfeile geben Richtung und Stärke des Windes in den einzelnen

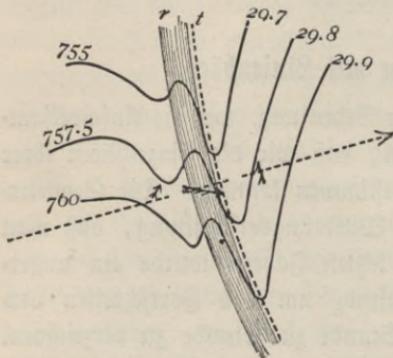


Fig. 51. Liniengewittersturm.  
t Rinne der V-Depression.  
r Streifenförmiges Regengebiet.

Teilen. Das Ganze ist der Hauptsache nach offenbar eines jener V, in denen der Regen gleich nach dem Vorübergang der Rinne einsetzt; allein die eigentümliche Umbiegung der Isobaren im Regenstreifen ist ganz verschieden von allem, was wir bisher kennen gelernt haben, und der starke Westwind mit vierfach gestiebertem Pfeile ist nach unsern gewöhnlichen Erfahrungen mit diesen Isobaren ganz unvereinbar. Woher kommt dies alles? Betrachten wir zuerst die Umbiegung der Isobaren nach oben. Alle Barographen

zeigten etwa 7 Minuten nach dem Vorübergang der Rinne, gerade als der Regen begann, ein plötzliches Steigen, ähnlich dem, welches wir in Figur 48 mit b bezeichneten; dieses Steigen des Barometers war wie gewöhnlich ganz verschieden von der allgemeinen Druckzunahme, wie sie der Rückseite eines V entspricht. Legen wir einen langen, schmalen, abgegrenzten Kamm hohen Druckes auf die Rückseite eines V, so erhalten wir ein umgekehrtes V oder einen „Keil“ genau von der Form, wie sie unsere Figur unter dem Regenstreifen zeigt. Wir dürfen denselben aber nicht so behandeln, wie die gewöhnlichen keilförmigen Isobaren, welche wir früher beschrieben haben. Die Form ist zwar dieselbe, die Ursache ist aber verschieden.

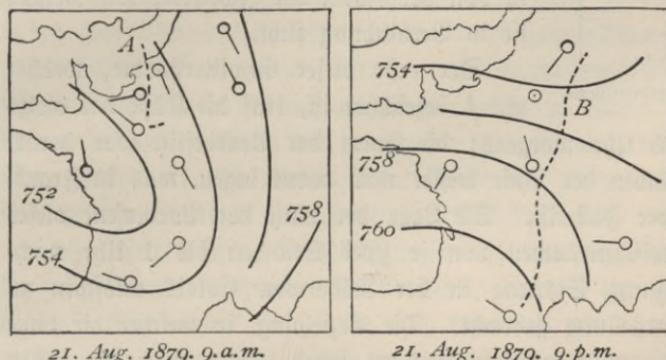
Kommen wir nun zur Windfolge. Wir finden auf der Vorderseite des V einen schwachen Südostwind, dann zur Zeit, da der Regen einsetzt, und knapp davor eine sehr heftige Böe aus West und endlich einen leichten Südwestwind auf der Rückseite des ganzen Störungsgebietes. Der westliche Windstoß ist nahezu senkrecht zu den Isobaren und zur Lage des Regenstreifens. Da aber hier die Isobaren nicht die Linien der allgemeinen atmosphärischen Strömungen darstellen, sondern zum Teil durch rein lokale Ursachen entstanden sind, so dürfen wir nicht überrascht sein, daß das Buys-Ballotsche Gesetz hier nicht zur Geltung zu kommen scheint.

Die Temperatur war wie gewöhnlich auf der Vorderseite sehr hoch, auf der Rückseite für diese Jahreszeit sehr niedrig. Könnten wir die Isothermen ziehen, so würden wir finden, daß sie nahezu in nord-südlicher Richtung verlaufen. Es ist uns gegenwärtig nicht möglich anzugeben, inwieweit diese Kälte dem mechanischen Mitreißen kalter Luft durch den heftigen Regen zuzuschreiben ist und wieviel auf Rechnung der allgemeinen Zufuhr kalter Luft auf der Rückseite des V zu stehen kommt.

Der Regenstreifen war in diesem Augenblicke ein langes, schmales Band, das sich mit der Breitseite vorwärts bewegte und offenbar mit der Rinne der V-Depression zusammenhing.

Wir wollen nun ein Beispiel von Liniengewitterstürmen geben, welche weder mit der Rinne eines V noch der einer Cyklone in Verbindung stehen, obwohl auch sie mit der Breitseite voraus und nahezu senkrecht zur Depression, mit der sie einigermaßen zusammenhängen, fortschreiten.

In Figur 52 geben wir synoptische Karten für Frankreich vom 21. August 1879 um 9 Uhr morgens und 9 Uhr abends (Pariser Zeit).



21. Aug. 1879. 9. a. m.

21. Aug. 1879. 9. p. m.

Fig. 52. Gewittersturm in Frankreich.

Die ausgezogenen Linien sind die Isobaren, einige Pfeile geben die allgemeine Richtung der Winde an, und die einzige punktierte Linie in jedem Kärtchen bezeichnet die mittlere Lage der

Gewitterstürme, welche um die betreffende Stunde wüteten. In Frankreich bestimmt man die Lage des Gewittersturmes zu einer bestimmten Stunde durch die Zeit, welche in der Mitte zwischen dem ersten und letzten Donner liegt. Hört man z. B. den ersten Donner um 8 Uhr morgens und den letzten um 10 Uhr morgens, so würde 9 Uhr morgens als die Stunde angegeben werden, zu welcher der Sturm über die Station hinwegzog. Diese Methode ist offenbar schlechter als diejenige, nach welcher die Zeiten des ersten und des letzten Donners angemerkt werden und hiernach dann die Gestalt des Sturmes auf der Karte entworfen wird. Die barometrischen Änderungen während des Tages waren thatsächlich viel verworrener, als es nach dem Anblicke der Karten für das begrenzte Gebiet von Frankreich scheinen möchte. Die große sekundäre Cyklone, deren Centrum morgens über dem Westen von Frankreich lag, scheint dieses Land in ostwestlicher Richtung durchquert und in einer verwickelten Weise mit einer größern Depression, welche am frühen Morgen über dem Nordwesten von Irland lag, sich verschmolzen zu haben. Um 9 Uhr abends aber bedeckte den ganzen Südwesten von Frankreich eine ausgebildete Anticyklone, deren Entstehung wir nicht zu verfolgen vermögen.

In Figur 53 (S. 168) geben wir eine Darstellung der Lage zweier Gruppen von Gewitterstürmen von Stunde zu Stunde, welche Frankreich

im Laufe dieses Tages durchzogen. Dieselben sind mit A und B bezeichnet. Solche Linien nennt man „Isobronten“, d. h. Linien gleichzeitiger Donnerentwicklung. Unsere Figur kann für den Zug dieser Art von Gewitterstürmen als typisch für ganz Europa angesehen werden.



Fig. 53. Bahn der Gewitterstürme.

Diese Art von Gewitterstürmen ist gekennzeichnet als eine lange, schmale Linie, welche mit ihrer Breitseite voraus gegen Ost oder Nordost sich bewegt und fast ganz unabhängig ist von der Form der Isobaren, mit welcher sie in Verbindung steht.

Der erste dieser Gewitterstürme, welcher mit A bezeichnet ist, traf die Küste des Golfes von Biscaya um 5 Uhr morgens; die Form der Vorderseite war derart gebogen, daß die Enden der Linie weiter nach vorne lagen, was in Frankreich sehr häufig der Fall ist. Die Lage der Linie der Vorderseite dieses Sturmes ist in Zwischenräumen von je zwei Stunden bis 1 Uhr nachmittags, wo die ganze Störung in der Nähe von Calais erloschen zu sein scheint, zur Darstellung gebracht. Die Beziehung, in welcher die Lage des Gewittersturmes zur sekundären Cyclone stand, kann man am besten durch Bezugnahme auf die Karte Figur 52 erkennen. Die punktierte Linie zeigt daselbst, daß die Vorderseite des Sturmes A nordöstlich vom Centrum der Cyclone lag, und soweit wir aus der kleinen Anzahl der Windpfeile auf die Natur der Störung zu schließen vermögen, scheint der Wind auf der Rückseite des Sturmes eine kleine lokale Ablenkung erfahren zu haben. Der Wind auf der Rückseite hätte bei der Form der Isobaren, wie sie dargestellt sind, Südost sein sollen; auf der Karte aber erscheint in manchen Orten die Windrichtung westlich und nordwestlich.

Die zweite Gruppe der Gewitterstürme, welche mit B bezeichnet ist, begann in Biarritz um 3 Uhr nachmittags und bewegte sich in einer mehr westlichen Richtung als der vormittägige Sturm unregelmäßig über das Land hin. Der Sturm scheint auf seinem Wege während des Tages ganz außerordentlich an Ausdehnung zugenommen zu haben, da wir um 9 Uhr abends seine Vorderseite von der Nähe von Brüssel bis Perpignan in den Pyrenäen auf eine Länge von 150 geographischen Meilen sich erstrecken sehen. Das wird uns vielleicht in stand setzen, den zerstörenden Charakter des Hagel- und Gewittersturmes in Frankreich zur Darstellung zu bringen. Wir haben hier eine Linie von Zerstörungen in einer Ausdehnung von 150 und einer Breite von 5 geographischen Meilen, welche wie ein Vorhang mit der Geschwindigkeit von 50 km in der Stunde über das Land hinwegschwebte, die Weinberge im Werte von Hunderttausenden verwüstete

und im letzten Augenblicke noch die Arbeit des ganzen Jahres dem Landwirte vernichtete.

Wir kommen nun aber zu einigen Eigenschaften dieser Gewitterstürme, welche am meisten verwirrend wirken. Betrachten wir Figur 52, in welche wir die Lage der Vorderseite des Sturmes um 9 Uhr vormittags durch eine punktierte Linie eingezeichnet haben; es hält sehr schwer, da einen Zusammenhang zwischen der Form der Isobaren und der Lage des Gewittersturmes zu erkennen. So weit wir es überblicken können, findet sich da keine Spur der Rinne einer Cyclone oder V-Depression, und alle allgemeinen Anzeichen würden dafür gesprochen haben, daß nach dem Vorübergange desselben das Wetter sich bessern werde. Ob zahlreichere Beobachtungen von näher aneinandergeliegenen Stationen das Vorhandensein sekundärer Depressionen nachgewiesen hätten, wissen wir nicht zu sagen. Soviel steht fest, daß dieser Fall durchaus kein vereinzelter ist, auch in andern Ländern kommen solche Fälle vor. Die Natur dieser Klasse von Gewitterstürmen muß daher von weitem künftigen Untersuchungen ihre Erklärung erwarten; alles, was wir hier thun können, ist der Hinweis auf diese scheinbare Ausnahme von den allgemeinen Gesetzen des Wetterlaufes, wie wir ihn schon früher gegeben haben. Wir müssen diese Fälle auch besonders als solche hervorheben, bei welchen der Regen mit andauernd ansteigendem Barometer fällt. Ebenso müssen wir betonen, daß es zwar des Morgens nicht möglich war vorherzusagen, wann und wo Gewitterstürme auftreten werden, daß man aber mit Gewißheit sagen konnte: im Laufe des Tages werden mehrere in vielen Teilen Frankreichs vorkommen. Sekundäre Depressionen können sich im Sommer niemals ohne elektrische Störungen bilden.

Die Einzelheiten von Regen und Wolken in Gewitterböen und Liniengewittern sind außerordentlich interessant; wir verdanken sie hauptsächlich den Untersuchungen von Dr. Köppen. Die Annäherung einer Gewitterböe kündigt sich uns durch eine rasche Anhäufung von schweren Wolken an. Wir sehen dann einen dunkeln, schwarzen Saum, der häufig einer langgestreckten Rolle oder Welle gleicht, und hinter demselben einen eigentümlichen, leichten, gleichförmig grauen Himmel. Der schwarze, niedrige Streifen geht am Zenith vorüber, und der heftige Regen beginnt, sowie die leichten, grauen Wolken heranziehen. Der erste Regen ist gewöhnlich der stärkste, und nach einer längern oder kürzern Dauer lösen sich die Wolken allmählich auf. Das ist jener Regen, bei welchem plötzlicher Anstieg des Barometers beobachtet wird. Der Wind, der zu Beginn des Aufbaues der Wolkenbank sehr schwach aus Südost wehte, fällt, sowie die dunkle Wolkenrolle oberhalb vorüberzieht, in heftigen Stößen aus Westen ein und läßt dann wieder bald nach Beginn des heftigen Regens nach. Eine gute Darstellung einer sehr ausgesprochenen Wolkenrolle findet man in Figur 56 im Kapitel über

„Pamperos“. Einen idealen Durchſchnitt einer ſolchen Böe geben wir in Figur 54. Wir wollen annehmen, daß inſolge allgemeiner Urſachen, wie

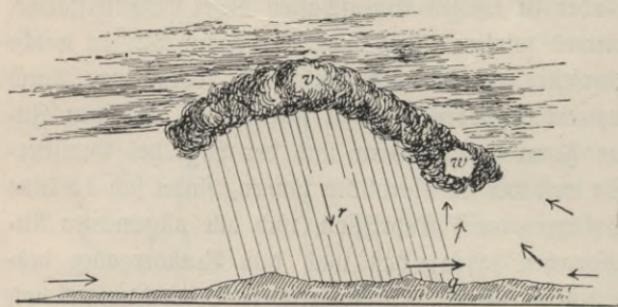


Fig. 54. Allgemeiner Kreislauf der Luft in einer Linienböe.  
Wolkengebölbe.

z. B. die Rinne einer V-Depression eine ist, ein kalter Westwind auf einen warmen Südost oder Süd trifft. Der letztere steigt in die Höhe, wie es durch kleine Pfeile angezeigt ist, und wirbelt da, wo die schwarze Wolken-

rolle sich befindet; hier bildet dann die Vermischung beider Luftströme ein gigantisches, dunkles Gewölbe, aus welchem heftiger Regen niederprasselt. Die leichten grauen Wolken, welche der Beobachter hinter der schwarzen Rolle sieht, sind nur Schein, hervorgerufen durch den Blick in den Regen, welcher aus dem weiten Gewölbe herabfällt. Die großen Regentropfen bringen mechanisch eine gewaltige Menge kalter Luft mit sich, welche auf der Vorderseite der Böe hinausstürzt; die Zeit ist zu kurz, als daß diese Luft irgend eine Ablenkung durch die Erdrotation erleiden könnte; sie erzeugt den Windstoß  $q$ , welcher durch einen langen Pfeil angedeutet ist.

Unser Durchſchnitt durch die Böe ist also der durch einen vertikalen Wirbel; das ganze System ist vielleicht nicht  $1\frac{1}{2}$  km hoch und nicht einmal 1 km tief, während die Längenausdehnung des Sturmes über 300 km betragen kann. Unsere Darstellung der Böe muß als eine lange, nahezu gerade horizontale Achse erscheinen, welche sich mit der Breitseite nach vorwärts bewegt und um welche herum der Wind einen vertikalen Wirbel bildet, dessen Bewegung derjenigen der Uhrzeiger entgegengesetzt ist. Jede solche Böe ist stets gleichsam eine Episode in der Geschichte des allgemeinen Verlaufes der atmosphärischen Circulation. Es gelingt vielleicht\* einigermassen, uns vorzustellen, wie ein Westwind mit breiter Front auf einen südlichen Luftstrom der Rinne eines V oder einer Cyklone trifft; wir sind aber gegenwärtig nicht im stande, uns eine Vorstellung zu bilden von einem Luftstrom mit gerade gestreckter Front, welcher durch die gekrümmten Isobaren einer

\* Das „vielleicht“ ist wohl sehr zu betonen; die alte Vorstellung vom Kampfe zweier Luftströme dürfte man schwerlich mehr ausleben lassen. Jeder Wind ist die Folge von Luftdruckunterschieden. Übereinander kommen gewiß oft verschiedene Winde vor, überdies kann zweifellos auch in vertikaler Richtung eine Störung des Gleichgewichtes vorkommen. Das Resultat davon mag man dann immerhin durch das Bild des Kampfes der Winde allgemein verständlicher machen. Der Übersetzer.

Anticyklone hindurch fortschreitet wie die französischen Gewitterstürme in Figur 52.

Linienböen und Gewitterstürme von einer andern Art sind in den Tropen sehr gewöhnlich. Der Verfasser hat ein sehr auffallendes Beispiel hiervon im Indischen Ocean beobachtet, da wo der Südostpassat und der Nordwestmonsun zusammentreffen. Es gab da keine Windstillen, sondern die beiden Luftströme stießen einer Linie entlang aufeinander, deren Lage durch eine lange, dunkle, schwarze Wolke, begleitet von heftigen Windstößen, erkenntlich war. Auf gleiche Weise sind die täglichen Gewitterstürme, welche in so vielen Ländern zur Zeit, da die Seebrise einsetzt und den vorherrschenden Landwind gleichsam angreift, entstehen, einem langen vertikalen Wirbel zuzuschreiben, welcher da sich bildet, wo die beiden Winde sich treffen\*. Man kann die Ausdehnung des letztern zuweilen beobachten, während der andere längs der Küste landeinwärts fortschreitet. Die sogen. north-westers von Kalkutta, welche dort während der heißen Jahreszeit auftreten, gehören dieser Klasse an.

### Gewitterstürme in sekundären Depressionen.

Wir müssen noch einer Klasse von Gewitterstürmen Erwähnung thun, welche wohl verwickelter sind als die einfachen Böen, aber doch auf mancherlei Weise von den Gewitterböen sich unterscheiden. Dieselben sind mit sekundären Depressionen verbunden und in England viel häufiger als die Liniengewitterstürme. Dennoch hat man noch keinen über ein genügend großes Gebiet verfolgen können, so daß wir nicht in der Lage sind, über ihre Gestalt und Bewegung Genaueres zu sagen. Alles, was wir darüber wissen, ist, daß, so oft wir im Sommer eine sekundäre Depression auf den Wetterkarten bemerken, sicher jedesmal Gewitterstürme im Laufe des Tages auftreten, ohne daß wir anzugeben vermöchten, in welchem Teile der kleinen Depression sie sich bilden werden.

Die allgemeinen Züge dieser atmosphärischen Störung werden wir am besten durch Bezugnahme auf Figur 55 (S. 172) verstehen, in welcher wir ein typisches Beispiel jener Druckverteilung geben, mit welcher in Großbritannien die Sommergewitter verbunden sind. Die Isobaren, Windpfeile und Wettersymbole geben synoptisch die Verhältnisse von Nordwesteuropa für 8 Uhr morgens am 3. Juli 1883. Die allgemeinen Züge der Druckverteilung zeigen eine Anticyklone über Skandinavien, ein Bruchstück einer großen Depression im Westen von Irland und eine verworrene Menge von sekundären Depressionen über Großbritannien und dem Norden von Frankreich. Die

\* Der Übersetzer muß wieder darauf hinweisen, daß diese Vorstellung vom Aufeinandertreffen der Winde nur in Ermangelung eines tiefern Einblickes in die Vorgänge bei dieser Erscheinung angewendet wird. In Wirklichkeit wird hier wohl ebensowenig ein Kampf der Winde stattfinden wie in der Cyclone.

allgemeine Windrichtung iſt ſüdlich; doch bewirken die Iſobaren, welche die Lage der ſekundären Depressionen über dem mittlern England und dem nördlichen Frankreich anzeigen, eine nicht unbeträchtliche Ablenkung des Windes.

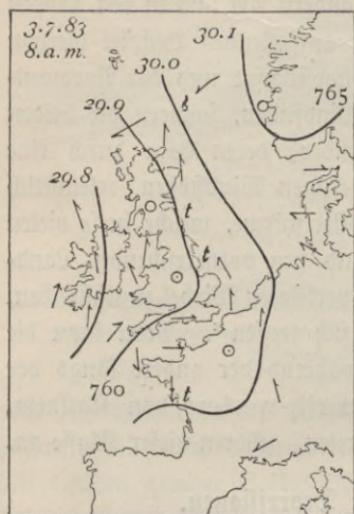


Fig. 55. Bedingungen für Gewitterſtürme.

In beiden Fällen bemerken wir eine teilweise Drehung des Windes um eine centrale Windſtille. Dieſe letztere iſt durch das Symbol eines kleinen Kreiſes mit einem Punkte im Centrum bezeichnet. Im Augenblicke, für welchen die Karte gezeichnet wurde, waren drei Gewitterſtürme im Fortſchreiten begriffen: zwei an der Oſtküſte von England — in Shields und Spurn-Head — und einer in Frankreich in V'Orient. Alle dieſe Stationen ſind mit dem Zeichen t verſehen.

Die beſondern Eigentümlichkeiten dieſer Klaſſe von Gewitterſtürmen ſind: das windſtille, ſchwüle Wetter, das mit ihnen verbunden und von den Windſtößen einer Linienböe ſo ſehr verſchieden iſt, ſowie eine begrenzte Drehung des Oberflächwindes während des Fortſchreitens des Gewitters. Ein anderer ſehr bemerkenswerter Zug iſt der, daß die Drehung des Oberflächwindes nur bis in eine ſehr geringe Höhe hinaufreicht, ſo daß, wenn es einmal möglich iſt, einen Blick auf die höhern Wolken zu werfen, man findet, daß dieſelben während der ganzen Dauer dieſer atmosphäriſchen Störung dieſelbe Richtung ihrer Bewegung beibehalten.

Dieſe iſt die bekannte Klaſſe der Gewitterſtürme bei ſchwülem Wetter, in welchen der Donner gegen den Wind kommt. Wenn die ſekundäre Depression einer Station ſich nähert, weht der Wind mehr oder weniger gegen ihr Centrum und gewinnt ſeine frühere Richtung erſt nach dem Vorübergang der Depression wieder. In einem Falle, gleich demjenigen in unſerer Figur, wird die Bewegung des Sturmes nordöſtlich ſein, und die Drehung des Windes würde an jedem Orte davon abhängen, auf welcher Seite des Centrums die Station zu liegen kommt.

Böen und Rinnen ſekundärer Depressionen erſchöpfen durchaus nicht alle Verhältniſſe, in welchen Blitz und Donner ſich entwickeln, nicht einmal innerhalb der Grenzen von Europa. Es würde jedoch weit über den Zweck dieſes Buches hinausgehen, wollten wir unſere Unterſuchungen auf andere Urſachen der Gewitter ausdehnen. Wir haben daher nur die drei wichtigſten Quellen elektriſcher Entladungen angeführt, welche über mehr als 80% der europäiſchen Gewitterſtürme Rechenschaft geben. Das Wichtigſte hierbei iſt die Thatſache, daß es mehrere verſchiedene Arten von Gewitterſtürmen giebt, von denen jede gewiſſe unterſcheidende Eigenſchaften beſitzt.

## Allgemeine Bemerkungen.

Wir dürfen vielleicht diese kurzen Darlegungen über Gewitterstürme mit einigen wenigen allgemeinen Bemerkungen abschließen. Etwas, was jedermann vor allem auffallen muß, ist, daß in der gemäßigten Zone manche Länder mehr von den Gewitterstürmen heimgesucht werden als andere. Frankreich leidet z. B. darunter mehr als jeder andere Teil von Europa. England ist am wenigsten betroffen. Wir werden wenigstens zwei Ursachen finden, welche die Entwicklung der Gewitterstürme modifizieren. In erster Linie ist es die geographische Lage eines Landes in Bezug auf die jahreszeitlichen Gebiete hohen und niedrigen Druckes. Von diesem Gesichtspunkte aus können wir leicht verstehen, daß Frankreich dem Einflusse kleiner sekundären Depressionen, welche vom Atlantischen Ocean hereinziehen und erlöschen, ehe sie Centraleuropa erreichen können, mehr ausgesetzt ist als irgend ein anderer Teil des Kontinents. Wenn wir die Karten eines großen Gebietes betrachten, wie wir solche im Kapitel über die Wettertypen geben werden, können wir leicht begreifen, daß über Frankreich ein unregelmäßiger „Sattel“ so oft zurückbleiben müsse, als eine Cyklone die atlantische Anticyklone verläßt, um nordostwärts zu ziehen, und wir wissen, daß solche Sättel der Bildung der Gewitterstürme sehr förderlich sind.

Die zweite Ursache, welche die Bildung von Gewitterstürmen modifizieren dürfte, ist der Wasserdampfgehalt der Luft. Die Versuche belehren uns, daß die Entladung der Reibungselektricität von den hygrometrischen Bedingungen der Atmosphäre sehr beeinflusst wird. Wenn man in unsern Gegenden an feuchten Tagen eine Reibungselektrifiziermaschine in Bewegung setzt, so wird die Elektricität ebenso schnell entweichen, als sie entwickelt wird, und es ist keine Ladung zu erreichen; dagegen ist es ein leichtes, an trockenen Tagen Funken zu erhalten.

Nach dieser Analogie möchte man fast geneigt sein anzunehmen, daß dieselbe atmosphärische Störung, welche im trockenen Klima von Frankreich heftige Gewitterstürme erzeugt, in der dampfreichen Atmosphäre von Großbritannien ihre Elektricität entweder geräuschlos abgeben oder jedenfalls nur ein schwaches Gewitter veranlassen würde. Dampfreiche Luft ist zweifellos leichter als trockene Luft, und die stille Entladung einer Reibungselektrifiziermaschine bei feuchtem Wetter ist gewiß dem Niederschlage einer dünnen Wasserschicht auf der Oberfläche der isolierenden Träger zuzuschreiben. In der Atmosphäre können wir uns eine Isolierung nicht denken. Die Luft ist voll von Eis- oder Wasserstaub, und wir wissen, ohne die Art und Weise genau zu kennen, daß die elektrischen Entladungen sich leicht von Wolke zu Wolke fortpflanzen.

Wir können beim gegenwärtigen Stande der Wissenschaft nicht mit voller Sicherheit sagen, ob die Elektricität nur eine Folgeerscheinung der

atmoſphäriſchen Störungen iſt oder ob ſie bei der Erzeugung eines Sturmes eine Hauptrolle ſpielt. Soweit wir die Sache überblicken können, ſpricht alles zu Gunſten der Annahme, daß die Elektrizität nur eine ſekundäre Erſcheinung iſt. Wir können nicht annehmen, daß eine ungewöhnlich große Menge Elektrizität ohne eine beſtimmte Urſache entwickelt wird, und es iſt eine offen zu Tage liegende Thatſache, daß es bei gewitterſchwangerem Wetter oft eine große Menge Regengüſſe ohne Donner giebt, welche von denjenigen, die mit Blitz und Donner auftreten, nur in der Heftigkeit und Intenſität verſchieden ſind.

Andererſeits iſt es ganz ſicher, daß die elektriſchen Entladungen in beſtimmter Weiſe mit der Bildung von Hagel und ſehr großen Regentropfen verknüpft ſind; gegenwärtig ſind wir aber nicht im ſtande, eine erſchöpfende Erklärung der Beziehung dieſer zwei Erſcheinungen zu geben.

### Nichtisobariſche Regen.

Wir haben es hier mit dem am wenigſten befriedigenden Teile der Wetterkunde zu thun, nämlich mit der Natur jener Regen, welche mit keiner beſtimmten Iſobarenform verbunden ſind, und die wir deſhalb nichtisobariſche Regen nennen. Wir haben ſchon den ſehr bemerkenswerten Fall der Liniengewitterſtürme beſchrieben, deren Lage aus der Betrachtung der Iſobaren nicht zu erkennen iſt; zahlreiche andere Fälle weniger auffallender Art kommen fortwährend vor. Die Wichtigkeit, dieſen Regen in einer zuſammenfaſſenden Darſtellung der Wetterkunde einen beſondern Platz einzuräumen, mag man aus der Thatſache abnehmen, daß in Großbritannien zwar die Gruppe der Winterregen cyclonal, dafür aber ein gut Teil der Sommerregen nichtisobariſch iſt. Im kontinentalen Europa gehört dieſer Art noch eine größere Anzahl von Regen an. Hierher gehören auch die meiſten tropiſchen Regen mit Ausnahme der bei Orkanen fallenden; ebenſo ſind ſchlechtweg alle heftigen Regen am Äquator und jeder Regenfall im Kalmengebiet nichtisobariſch.

### Der Südweſtmonſun.

Bei weitem die auffallendſten nichtisobariſchen Regen der Welt ſind die Niederſchläge des Südweſtmonſuns im Indiſchen Ocean. Betrachten wir den Wechſel der Jahreszeiten in Ceylon, um ihn mit den Änderungen des Druckes über Indien zu vergleichen. Im Februar finden wir eine flache, anhaltende Depreſſion — keine Cyklone — über dem untern Bengal, einen Gürtel hohen Druckes — quer über die Bai von Bengal — von Madras bis Rangoon und eine allgemeine Druckabnahme von dieſem Gürtel bis zum Äquator. Hieraus können wir naturgemäß erwarten, wie es auch in der That zutrifft, daß über dem untern Bengal leichte Südweſtwinde, über Madras veränderliche Briſen und über Ceylon ein leichter Südweſtmonſun weht; daß

aber der Südwestwind so schön und trocken sein müsse, wie er ist, liegt nicht ohne weiteres auf der Hand. Der niedrige Druck über Bengal wird allmählich immer ausgesprochenener und breitet sich, begleitet von dem Südwestwinde, langsam nach Süden aus, bis er auch Ceylon in sein Gebiet einbezogen hat. Diese Verhältnisse sind Ende Mai am ausgesprochensten, und wir erhalten die trockene, fast wolkenlose, heiße Jahreszeit von Indien und Ceylon bei leichten Südwestwinden; dann beginnt sich der Himmel zu bewölken, und plötzlich bricht der Regen herein mit einer Reihe von schrecklichen Gewitterstürmen, worauf dann das schlechte, feuchte Wetter zwei bis drei Monate anhält. Der Regen beginnt in Ceylon und rückt dann langsam an den Westküsten von Indien und Birma — mit Verschönerung von Madras — vor, bis er Kalkutta und das untere Bengal drei oder vier Wochen später als Colombo erreicht hat. Wir werden da von der befremdenden Thatsache überrascht, daß diese bei weitem auffallendste Wetteränderung des ganzen Jahres von keiner Änderung in der Form der Isobaren begleitet ist. Wir geben im Kapitel über die Wettertypen zwei Darstellungen (Fig. 82 und 83) der Isobaren von Indien für die Zeit gerade nach dem Einbrechen des Monsuns über Bombay und Kalkutta. Der einzige Unterschied zwischen diesen Isobaren und denen vor 14 Tagen, wo noch die heiße, trockene Jahreszeit herrschte, liegt darin, daß der Luftdruck etwas niedriger ist, daß die Lage des niedrigsten Barometerstandes ein wenig den Ganges hinauf sich bewegt hat und daß die Verzerrung der Isobaren durch sekundäre Depressionen mehr hervortritt. Ist der Monsun einmal häuslich etabliert, so können wir allerdings gewisse leichte Veränderungen in der Form der Isobaren und der Gradienten bemerken, welche die Unterbrechungen des Regens begleiten; zuweilen fallen auch heftige Regen während des Vorüberganges einer kleinen Cyklone, die von der Bai von Bengal das Land hinaufzieht; aber wir finden keine solche Veränderung der Isobaren, welche im Stande wäre, die plötzliche Wetteränderung zu erklären, welche in der Sprache des Volkes „der Einbruch des Monsuns“ heißt.

Die Niederschläge des Monsuns unterscheiden sich — wenn durch nichts anderes — schon durch die Art des Regens von den cyclonalen. Der Regen auf der Vorderseite einer bengalischen Cyklone scheint aus der Luft herauszuwachsen, während er bei den Gewitterstürmen zur Zeit des Monsuns aus cumulusförmigen Wolken fällt. Die einzige vernünftige Annahme, welche zur Erklärung dieses Hereinbrechens des Regens gemacht wurde, ist die, welche das Einfallen feuchter Luft aus dem Kalmengebiete, nicht aber die Änderung der Richtung des Windes oder der Form der Isobaren als die Ursache des Wetterwechsels ansieht; denn das Hereinbrechen des Regens fällt augenscheinlich mit dem Verschwinden des Gürtels hohen Druckes im Süden der Bai von Bengal zusammen.

Man hat bisher keinen befriedigenden Weg zur Erklärung der Ursache und noch viel weniger der Menge der nichtjobarischen Regen gefunden. Sie sind für alle, welche in Europa mit der Wettervorhersage sich befaßt haben, der gefürchtete Popanz; nur in Japan kann man eigentümlicherweise den Regen leichter vorhersagen als die Windrichtung. Herr Finley, Beamter des Signal Office der Vereinigten Staaten, hat einige interessante Studien über lokale Regen, welche auf den Jjobarenkarten nicht ersichtlich sind, gemacht. Er nimmt eine Karte der Vereinigten Staaten und setzt überall die Windpfeile ohne die Jjobaren ein. Sehr häufig findet er einige weite Gebiete, welche im allgemeinen von südlichen Winden bestrichen sind, und andere mit im allgemeinen nördlichen Winden. Er zieht dann Linien, um die Länderstrecken zu bezeichnen, wo diese Winde aufeinander treffen und wo sie divergieren. Dabei findet er, daß es in den erstern Gebieten stets lokale Regen giebt, während in den letztern selten ein solcher eintritt. Dies würde zweifellos auf lokale, vertikale Wirbel beim Zusammentreffen dieser Luftströmungen als der Ursache des Regens hinweisen.

Wir können gegenwärtig nicht sagen, ob dies im allgemeinen zutrifft oder ob die Bedingungen in kleinen V oder sekundären Depressionen zu suchen seien, welche man entdecken würde, falls man die Jjobaren mit Hilfe genügend eng aneinanderliegender Stationen ziehen könnte. Wichtig bleibt aber, daß man nicht alle Arten von Regen vermenge, wenn man allgemeine meteorologische Probleme zu erörtern unternimmt.

## Neuntes Kapitel.

### Pamperos, Tromben und Tornados.

Wir werden nun zwei bemerkenswerte Arten von Stürmen beschreiben, welche in La Plata einerseits und in den Vereinigten Staaten andererseits auftreten.

#### Pamperos.

Leider wird das Wort pampero in der Argentinischen Republik und den Nachbarstaaten derselben in einer sehr schwankenden Weise gebraucht. Man nennt zuweilen jeden Südwestwind, welcher von den Pampas herweht, Pampero. Noch eine andere Verwirrung wird dadurch hervorgebracht, daß man gewisse trockene Staubstürme pamperos sucios, trockene Pamperos, nennt. Der echte Pampero kann als ein Südwestwind beschrieben werden, der von einem plötzlichen Windstoß eingeleitet wird, welcher gewöhnlich von Regen

und Donner begleitet ist und eine ganz besondere Form einer Wolkenrolle mitführt. Wir wollen hier der Beschreibung folgen, welche Dr. Christison in den Proceedings of the Scottish Meteorological Society (Nr. 9, S. 330) gegeben hat. Wir werden dann keine Schwierigkeit haben, die Linienböen als die Ursache der Pamperos zu erkennen.

Das Barometer fällt vor dem Pampero ziemlich stetig zwei bis drei Tage und steigt dann wieder nach Vorübergang der Böe einige Tage. Wir besitzen nicht genug Barometerbeobachtungen, um in Bezug auf die genaue Lage der Böe zur Rinne der herrschenden Depression irgend welche allgemeine Sätze aufzustellen; in zwei genau verfolgten Fällen begann das Barometer einige Stunden vor dem Hereinbrechen des Sturmes zu steigen.

Die Temperatur ist vor der Böe immer sehr hoch. Der plötzliche Windwechsel bewirkt dann ein rasches Sinken des Thermometers, das zuweilen in sechs Stunden  $18^{\circ}$  C. beträgt.

Donner begleitet den Pampero in etwa drei Vierteln der Fälle; mit seltenen Ausnahmen regnet es dabei stets mehr oder weniger stark.

Der Wind weht bei dieser Art von Pamperos fast unveränderlich als mäßiger oder schwacher Ostwind durch mehrere Tage hindurch, worauf ein plötzlicher Schwall des Südwestwindes mit seiner vollen Gewalt einfällt. Dieser hält etwa 10—30 Minuten an und hört hierauf entweder ganz auf oder weht noch einige Stunden mit veränderlicher Kraft fort. Mit Ausnahme eines einzigen Falles sah man den obern Wind vor, während und nach dem Pampero ununterbrochen aus Nordwest kommen.

Man wird die allgemeine Erscheinung eines Pampero am besten aus der Beschreibung eines solchen verstehen. „Am frühen Morgen eines Novembertages herrschte ziemlich starker Nordostwind. Der Himmel war wolkig, aber außer im Südwesten nicht ganz bedeckt. Die Wolken bewegten sich sehr langsam aus West oder ein klein wenig südlich davon und sandten lange Streifen gegen Osten aus. Gegen 8 Uhr morgens waren die drohenden Massen im Südwesten nahe genug herangerückt, um an deren Front zwei dichte, vollständig regelmäßige Wolkenbataillone erkennen zu lassen, welche eines hinter dem andern in enger Berührung, aber noch nicht miteinander vermischt, einherzogen. Durch den auffallenden Unterschied ihrer Farbe — das erste war von einem gleichmäßigen Bleigrau, das zweite schwarz wie der Rauch eines Dampfers — stachen sie vollständig voneinander ab. Als dieselben in den Zenith gelangten, konnte man sehen, daß die Frontlinie, obwohl leicht gewellt, in ihrer allgemeinen Richtung ganz gerade war und die Bänder eine gleichmäßige Breite hatten. Wie sie so mit großer Geschwindigkeit unterhalb der andern Wolken hinzogen, ohne sich mit denselben zu vereinen, und ihre eigene Gestalt unverändert beibehielten, schien ihre Gewalt unwiderstehlich, als ob sie nicht aus Dampf, sondern aus fester

Masse gebildet wären. Die Länge dieser wunderbaren Wolken konnte nicht abgeschätzt werden, da die beiden Enden derselben hinter dem Horizont verschwanden; wahrscheinlich war aber die sichtbare Länge derselben 80 km; denn der ‚Cerro‘ gewährt eine Rundsicht von 30 km. Ihre Breite war nicht groß, denn sie benötigten nur wenige Minuten, um über uns hinwegzuziehen; sie nahmen dann infolge der Perspektive allmählich ab, um am Horizonte zu reinen Linien zusammenzuzurumpfen. Im Augenblicke, da das erste Band über uns anlangte, ging der Wind, welcher noch immer, und zwar etwas stärker aus Nordost wehte, über Nord nach Südwest um, und zur selben Zeit fiel ein heftiger, kalter Windstoß von der bleifarbigigen Wolke herab und hielt so lange an, bis beide Bänder vorübergezogen waren. Aus keinem von beiden fiel jedoch Blitz oder Regen; gleichsam als Nachhut dieser regulären Armee folgte ein verworrener Pöbelhaufen von Wolken unter ununterbrochenem Grollen des Donners. Die letztern Wolken waren es offenbar, aus welchen der Regen fiel. Derselbe stellte sich aber erst 15 Minuten nach dem Vorübergange der beiden regelmäßigen Bänder über dem Orte, wo die Beobachtungen gemacht wurden, ein. Beim Vorüberziehen des Sturmes wurde der ganze Himmel verdunkelt, und Wind, Regen und Donner dauerten, wenn auch nur in mäßiger Stärke, noch einige Stunden lang an.“ Die

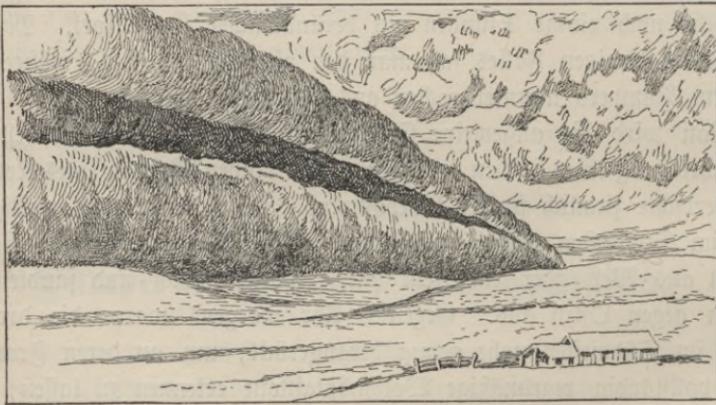


Fig. 56. Wolkenkrause in einem Pampero.

Zeichnung (Fig 56), welche nach einer gleichzeitig entworfenen Skizze aufgenommen ist, stellt die nördliche Hälfte der Sturmwolke dar, als sie sich in einiger Entfernung vom Beobachter befand und in der Richtung von Westen her vorrückte.

Aus alledem ist ersichtlich, daß der Wechsel des Windes, die raschen Änderungen der Temperatur und die typischen Wolkenrollen im wesentlichen identisch sind mit jener Klasse von atmosphärischen Störungen, welche wir im vorhergehenden Kapitel unter der Aufschrift „Linienböen und Linien-

gewitterstürme“ beschrieben haben. Wir müssen jedoch daran erinnern, daß in diesen südlich vom Äquator sich abspielenden Erscheinungen Nordost-, Südwest- und Nordwestwinde den Südost-, Nordost- und Südwestwinden der nördlichen Halbkugel entsprechen.

### Tromben.

Die Tromben sind Wirbelwinde, welche man als eine rings um eine mehr oder weniger vertikale Achse wirbelnde Luftmasse beschreiben kann, deren Höhe gegen ihren Durchmesser ungeheuer groß ist. Eine mäßig große Trombe kann eine Höhe von 30 m bei einem Durchmesser von nur 3 m haben. Die Größenverhältnisse derselben sind jedoch sehr verschieden; ihre Heftigkeit schwankt vom harmlosen Staubwirbel der Straßen bis zum Vernichtung bringenden Tornado der Vereinigten Staaten. Unter Tromben verstehen wir gewöhnlich unsere Wasser- oder Windhosen, welche hinter der Heftigkeit der Tornados weit zurückstehen. Da aber die letztern die schrecklichsten aller Wettererscheinungen auf dem ganzen Gebiete der Wetterkunde sind, müssen wir ihrer Erörterung einige Seiten widmen.

### Tornados.

Ein Tornado ist ein Wirbelwind von ausnehmend großer Heftigkeit; trifft er einen See oder das Meer, so wird er zu einer gewaltigen Wasserhose. Charakteristisch für den Tornado ist die Form eines Trichters oder einer Röhre, als welche der um eine fast senkrechte Achse rasend schnell rotierende Luftcylinder in Erscheinung tritt. Diese Röhre schreitet in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel gegen Nordosten mit einer Geschwindigkeit von etwa 50 km in der Stunde fort und schlägt dabei alles, was auf ihrer Bahn liegt, in Trümmer. Der Durchmesser der eigentlichen Röhre mißt oft nur einige Meter, und auch das Zerstörungsgebiet hat selten mehr als einen Kilometer Durchmesser. Die Höhe des Trichters ist die der untersten Wolkenschichte, welche hierbei stets niedrig ist. Die obern Luftströmungen werden, wie wir dies auch bei den Gewitterstürmen gefunden haben, von dem gewaltigen Aufruhr unterhalb gar nicht berührt. Der Trichter als Ganzes hat vier verschiedene Bewegungen:

1. Eine fortschreitende — gewöhnlich nordostwärts —, von unterschiedlicher Geschwindigkeit, die man aber im Durchschnitt auf 50 km in der Stunde schätzen kann.

2. Eine verwickelte Rotation. Der horizontale Teil dieser Rotation geht stets in einer der Bewegung der Uhrzeiger entgegengesetzten Richtung vor sich, d. h. in derselben Weise wie bei den gewöhnlichen Cyclonen. Hierzu kommt aber noch im Centrum des Cylinders ein gewaltiger, nach auswärts gerichteter Strom von Dampf und Staub, welcher den Trichter bildet; über-

dies scheinen zuweilen kleine Wolken an den Außenseiten des Trichters herabzuschießen, wenn sie in einiger Nähe desselben schweben. Man besitzt jedoch keine authentischen Beweise dafür, daß durch die eigene Kraft der niedergehenden Strömung je irgend ein Gegenstand bis zum Boden herabgeführt worden wäre. Die geringe absteigende Bewegung der kleinen Wolken ist wahrscheinlich nur als schwacher Wirbel aufzufassen, der infolge des heftigen Hinauffstürzens der Luft im Innern der Röhre entsteht.

3. Ein Hinundherpendeln des Trichters gleich dem Baumeln einer Peitsche oder eines Elefantenrüssels, obwohl im allgemeinen die Richtung der Röhre senkrecht bleibt.

4. Eine steigende und sinkende Bewegung, d. h. das Ende des Trichters hebt sich zuweilen vom Boden ab in die Höhe und senkt sich dann wieder; ein derartiges Aufundnieder wiederholt sich fort und fort. Dieses Spiel bewirkt eine recht merkliche Veränderung im Anblicke des Tornado. Ist das Ende des Trichters ein Stück über den Boden gehoben, so sieht sich das Ganze mehr zugespitzt an und richtet an den Orten, über welchen er vorbeizieht, verhältnismäßig geringes Unheil an. Sowie dann der Trichter sich senkt, beginnt auf der Oberfläche des Bodens ein Aufruhr.

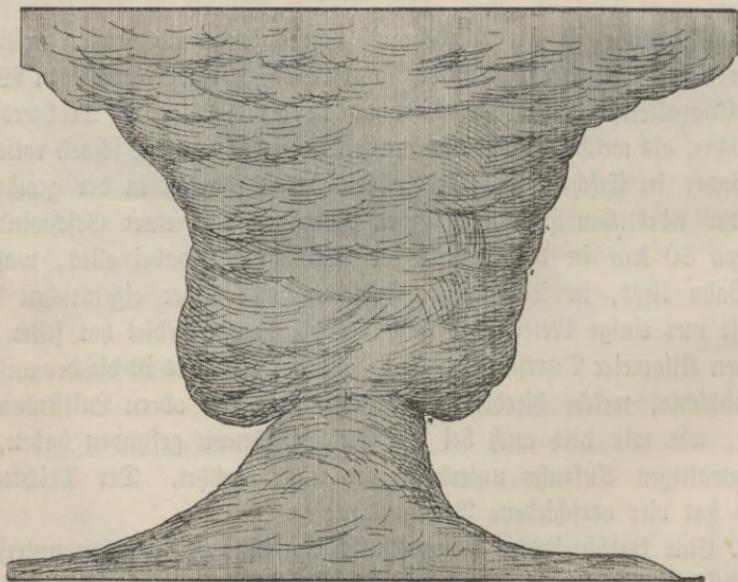


Fig. 57. Tornadowolfe.

Die Bewegung steigt vom Boden allmählich in die Höhe, bis sie den niedersinkenden Scheitel des Trichters trifft, wo dann die ganze Erscheinung die Gestalt einer Sanduhr annimmt, wie in Figur 57. Dies ist die gefährlichste und vernichtendste Form, weil die ganze Gewalt des Tornado auf den Boden übertragen wird.

Das allgemeine Aussehen der über einem Tornado oder einer Trombe schwebenden Wolke wird durchweg als eigentümlich rauchig, etwa wie der Rauch eines brennenden Heustockes, beschrieben. Der Tornado ist auch niemals eine vereinzeltete Erscheinung, er ist stets mit Regen und elektrischen Störungen verbunden.

Die verwüstenden Wirkungen eines Tornado sind infolge des schmalen, scharf begrenzten Gürtels, auf welchen die Zerstörung beschränkt ist, sehr eigentümlicher Art. Beim Vorübergange mancher Tornados zeigt der Winddruck sehr veränderliche Größen, zwischen 8 und 50 kg Druck auf  $\frac{1}{10}$  qm. Dieser gewaltige Druck kommt in der Zerstörung von Brücken, Gebäuden aus Backsteinen und dergleichen zum Ausdruck. Der nach oben gerichtete Druck ist zuweilen ebenso groß, ja auch wohl noch größer als der horizontale. Eine abwärts gerichtete Bewegung oder Druck des Windes wurde niemals deutlich nachgewiesen. Nach oben gerichtete Geschwindigkeiten von über 200 km in der Stunde scheinen nichts Ungewöhnliches zu sein, und horizontale Geschwindigkeiten von 130 km in der Stunde wurden selbst durch die Anemometer aufgezeichnet. Die zerstörend wirkenden Windgeschwindigkeiten sind auf sehr kleine Gebiete beschränkt. Man kann oft auf Strecken, welche viele Kilometer lang und wenige 100 Meter breit sind, niedergebrochene Hege, Bäume zc. beobachten; allein die Bahn der größten Heftigkeit ist noch viel schmaler. Die Fälle übergroßer Heftigkeit, welche wir oben angegeben, beobachtet man nur auf vereinzelteten Flecken, kaum 10 qm groß und der Mitte der Bahn entlang unregelmäßig verteilt. So kommt es vor, daß bei sehr großen Gebäuden nur ein kleiner Teil von der vernichtenden Kraft des Windes erreicht wird. In den verschiedenen Teilen dieses Gebietes größter Vernichtung und Zerstörung wehen die Winde gleichzeitig aus verschiedenen, ja entgegengesetzten Richtungen. Die daraus entstehende Wirkung richtet sich nicht darauf, Gegenstände umzuwerfen, fortzutragen oder zu brechen, sondern vielmehr dieselben um eine vertikale Achse zu drehen. Gebäude werden im allgemeinen zuerst gehoben und gedreht, bevor sie in Trümmer geworfen werden. Da die Wahrscheinlichkeit, daß ein Gebäude gerade dieser heftigen Drehung ausgesetzt werde, klein ist, so ist es bei gewöhnlichen Bauten vor allem notwendig, gegen die durchschnittliche Geschwindigkeit der geraden Winde innerhalb der Bahn geringer Zerstörung Vorsorge zu treffen. Die geradlinigen Winde erreichen auf einem Gebiete von etwa 300 m Breite eine Geschwindigkeit von 100 km in der Stunde. Im allgemeinen wehen dieselben aus Südwest, diesen kommen die Nordwestwinde an Häufigkeit am nächsten. Die Zeit, während welcher ein Gegenstand den stärkern, zerstörenden Winden ausgesetzt ist, schwankt zwischen 6 und 60 Sekunden. Ein exponiertes Gebäude erfährt nur einen Stoß, gleich dem Schlage eines Hammers, und die Zerstörung ist vollbracht. Daher ver-

ursachen die allerheftigsten Winde bei einer hängenden Brücke, einem Kamine oder andern Bauten, welche zerstörenden rhythmischen Schwingungen unterworfen sind, keine solche Schwingungen. Die Dauer des starken Südwest- oder Nordwestwindes im Gebiete mäßiger Zerstörung ist selten länger als 2 Minuten. Die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der centralen Röhre eines Tornado, in welcher ein starker vertikaler Luftstrom herrscht, ist, wie gesagt, im Durchschnitte 50 km in der Stunde.

Die Tornados treten am häufigsten an schwülen Tagen auf, und zwar entweder an der Südost- oder rechten Seite der Cyclonen oder an der Borderseite der Rinne von V-Depressionen.

In Bezug auf die relative Häufigkeit der Tornados bilden die Monate folgende absteigende Reihe: Juni, Juli, April, Mai . . . Januar. In Bezug auf die geographische Verteilung von 247 Tornados in den Jahren 1794 bis 1878 erreichen die größten Ziffern New York (24), Indiana (20), Illinois (20), Ohio und Georgia (jedes 16) u. s. w. Die Aufzeichnungen sind aber bruchstückweise, und gegenwärtig ist Kansas der von den Tornados am meisten heimgesuchte Staat. Die größte Anzahl von Tornados kommt zwischen 5 und 6 Uhr abends vor, dieser zunächst steht die Stunde von 4—5 Uhr abends.

Das folgende Beispiel wird alle Haupteigenschaften der Tornados erläutern. Dasselbe ist den Berichten des Signal Service der Vereinigten Staaten entnommen; der Verfasser ist dem Vorstande dieses Amtes für die Mittheilung des Materials zu großem Danke verpflichtet. Der bedeutendste Teil der Arbeit wurde von dem Beamten desselben Amtes, Herrn Finley, geliefert, welcher viele Jahre seine besondere Aufmerksamkeit den Tornados widmete.

In Figur 58 (S. 183) geben wir eine Karte der meteorologischen Verhältnisse eines Theiles der Vereinigten Staaten am 5. Mai 1879 um 4 Uhr 35 Minuten abends (Washingtonerzeit). Der Lauf der großen Flüsse Mississippi, Missouri und Ohio sowie die Küstenlinie des Michigansees sind durch dünne Linien leicht erkenntlich gemacht. Ebenso wird man die Lage der Städte Chicago, St. Louis, Cincinnati, Cairo und Montgomery aus ihren Anfangsbuchstaben sofort erkennen; es war daher nicht nötig, die Grenzen der einzelnen Staaten einzuzichnen.

Die Jobaren sind in starken dunkeln Linien dargestellt, und die Pfeile fliegen an den verschiedenen Stationen mit dem Winde. Nicht weniger als elf Tornados wütheten in den westlichen Staaten. Die Bahn jedes einzelnen desselben ist durch eine Reihe Punkte, welche miteinander verbunden sind, angegeben. Die mit 1, 2, 3 und 4 bezeichneten waren offenbar zur Zeit, für welche die Karte entworfen ist, noch im Fortschreiten begriffen. Die Ortszeit ist am obern Ende der Karte verzeichnet.

## Tornados.

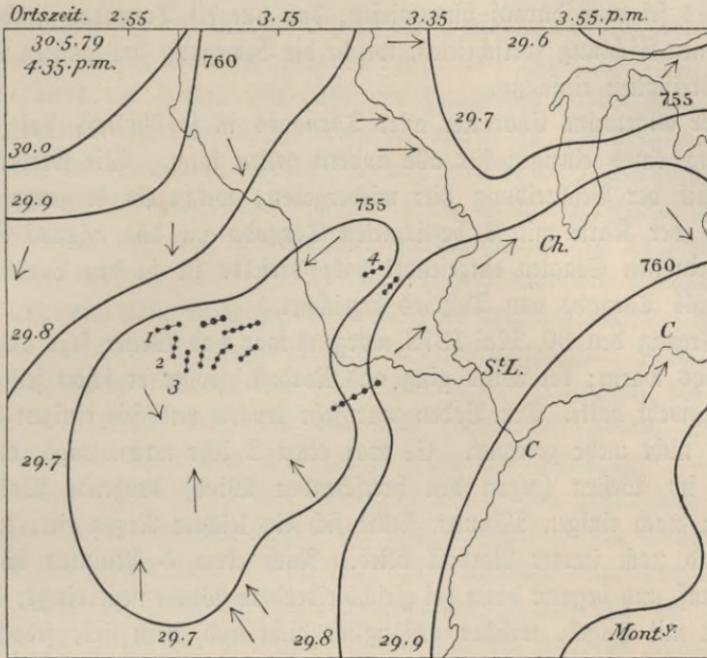


Fig. 58. Bedingungen und Bahnen der Tornados.

Die allgemeinen Züge der Druckverteilung sind ziemlich einfach. Ein Gebiet hohen Druckes liegt über Manitoba, ein anderes über den südlichen Staaten; zwischen ihnen liegt ein Sattel. Am vorhergehenden Tage war dieser Sattel von einem V eingenommen, welches sich an diesem Morgen teilweise zu einer sekundären Depression ausbildete, die jetzt über den westlichen Staaten liegt. Ein Teil des ursprünglichen V ist noch westlich vom Michiganssee zu sehen. Die Rinne des V hängt zweifellos mit der Rinne der sekundären Depression zusammen. Die letztere scheint aber aus beigeordneten Depressionen aufgebaut zu sein. Die allgemeine Richtung der Winde ist für eine solche Fjobarenform typisch. Auf der Vorderseite des V und der sekundären Depression ist der allgemeine Windzug aus Süden, an einigen Orten etwas mehr südöstlich, an andern etwas mehr südwestlich. Auf der Rückseite der Rinne ist die allgemeine Windrichtung nördlich, an einigen Stationen mehr nordöstlich, an andern mehr nordwestlich.

Die Bildung der Tornados scheint überall mit der sekundären Depression zusammenzuhängen; doch dürfte zur Zeit, für welche die Karte entworfen ist, der mit 4 bezeichnete Tornado durch eine andere Störung erzeugt worden sein als die mit 1, 2 und 3 numerierten. Hätten wir mehr Barometerbeobachtungen gehabt, so hätten wir wahrscheinlich gefunden, daß die Ausbuchtung der Fjobare von 754 mm (29,7'' engl.), welche sich um den Tornado 4 herum biegt, in Wirklichkeit eine eigene beigeordnete Depression

war. Es sei auch darauf hingewiesen, daß alle elf Tornados in derselben allgemeinen Richtung fortschritten, welche die Bewegung des ganzen Systems der Depressionen einschlug.

Der allgemeine Charakter aller Tornados ist so ähnlich, daß die Beschreibung eines einzigen für alle andern gelten kann. Wir werden daher einen Teil der Beschreibung hier wiedergeben, welche ein Augenzeuge über den auf der Karte mit 3 bezeichneten Tornado an das Signal Service der Vereinigten Staaten eingeschendet hat; derselbe ist in den Berichten des letztern als Tornado von Delphos bezeichnet.

„Freitag den 30. Mai 1879 morgens war das Wetter sehr angenehm, nur etwas warm; der Wind ging aus Nordost, woher er schon seit einigen Tagen geweht hatte. Der Boden war sehr trocken und seit einigen Wochen hatte es nicht mehr geregnet. Es war etwa 2 Uhr nachmittags, als ganz plötzlich im Westen (gegen den herrschenden Wind) drohende Wolken erschienen; nach einigen Minuten stellte sich ein leichter Regen ein, während der Wind noch immer Nordost blieb. Nach etwa 5 Minuten hörte der Regen auf und begann dann bei gleichbleibendem Winde neuerdings, diesmal vermischt mit Hagel, welcher anfänglich dicht und klein fiel, jedoch rasch an Menge ab-, an Größe aber zunahm. Manche Hagelsteine hatten einen Durchmesser von 8 cm, und einer wurde gefunden, der 15 Dekagramm wog. Dieser Niederschlag hatte etwa 30 Minuten angehalten, als man dann im Südwesten eine Wolke in Form einer Wasserhose sich bilden sah, welche rasch gegen Nordost sich bewegte. Die Wolke, von welcher der Trichter herabhing, schien, aus einer Entfernung von 13 km gesehen, in fürchterlichem Aufruhr zu sein. In der That konnte man während des Hagelfalles in den Wolken eine Art Stürzen bemerken; sie kamen von Nordwest und Südwest herangezogen und von der Stelle, wo sie aufeinanderzutreffen schienen, sah man den Trichter herabsinken. Anfänglich gab es nur einen Trichter, bald aber sah man ihn von mehreren begleitet, welche von den überhängenden Wolken gleich einer Peitschenschnur herabbaumelten und welche im Laufe weniger Minuten erschienen und wieder verschwanden wie Zauber auf dem Theater. Endlich schien sich einer derselben anhaltender auszudehnen und mehr nach abwärts sich zu erstrecken als die andern, woraus zum Schlusse die vollständige Auffaugung der andern sich ergab. Diese trichterförmige Wolke bewegte sich nun vorwärts, nahm an Kraft und Größe immer zu, wirbelte rasend schnell von rechts nach links, hob und senkte sich und wippte hin und her. Als dann ihr fürchterliches Brausen auf eine Entfernung von 5—6 km vernehmbar wurde, erbehte vor Entsetzen das Herz des Tapfersten.“ Der Augenzeuge schätzte die Höhe des Trichters auf etwas über 200 m über dem Boden. Als derselbe einen Strom überquerte, hob sich eine kegelförmige Masse von der

Erde empor, um sich mit ihm zu vereinigen, Schlamm, Trümmer und eine große Menge Wasser mit sich führend (Fig. 57, S. 180). Die Wolke kam dann etwa um 4 Uhr sehr nahe am Hause des Beobachters vorbei; die fortschreitende Geschwindigkeit derselben wurde zu dieser Stunde auf etwa 50 km in der Stunde geschätzt, obwohl dieselbe in Delphos, das nur 5,5 km entfernt war, auf nahe 30 km in der Stunde herabgesunken war. Wenige Minuten vor oder während des Vorüberganges des Trichters war die Luft sehr drückend; aber 10 Minuten danach war der Nordwestwind so kalt, daß man zum Ausgehen einen Überrock anziehen mußte. Als der Sturmwind das Haus traf, sagte ein anderes Familienmitglied: „Mir scheint, er kommt nahe; wir können nun seine Wut sehen; sollen wir das Haus verlassen?“ — „Nein, denn wir sind nicht sicher, auf welcher Seite er vorbeiziehen wird. Wir sind hier ebenso sicher wie anderswo.“ — „Die Fenster werden festgenagelt, drei von uns lehnen sich gegen das Thor, welches dem Sturme zunächst liegt, die übrigen gehen in den Keller. Es ist etwa 4 Uhr nachmittags — ein Augenblick atemloser Spannung. Der Tornado bricht auf uns los. Die Trambäume krachen und die Wände des Hauses schwanken hin und her; sie sind sicherlich nicht im Stande, den Anprall auszuhalten. Wir hören jetzt keinen bestimmten Lärm, denn die Bretter und anderes Holz an der Außenseite krachen ganz fürchterlich. Alles im Innern ist finster. In etwa 15 Minuten ist der Sturm vorbei, wir verlassen das Haus. Das Centrum des Sturmes ging westlich von uns vorüber, und wir können jetzt seine schwarze Gestalt nach Nordost sich entfernen sehen.“

Der Durchmesser dieses Tornado scheint thatsächlich nur 76 m betragen zu haben. Auf der rechten Seite der Bahn desselben erstreckten sich die zerstörenden Winde auf eine Entfernung von  $1\frac{1}{2}$ —3 km, und merklich von ihrer Richtung abgelenkte Winde auf noch 2 km weiter; darüber hinaus herrschte nur der gewöhnliche Wind dieses Tages. Auf der linken, d. h. der Nordseite der Bahn des Tornado erstreckte sich der Schaden nicht so weit; hier reichte der Gürtel der zerstörenden Winde nicht ganz 2 km hinaus.

Als Beispiel des angerichteten Schadens diene, daß eine große Pflugmaschine von 2 Pferdekräften, welche etwa 3 Meterzentner wog, auf eine Entfernung von 40 m weggetragen wurde, nachdem eine der Eisenwellen, welche an einer Eisenachse von 4 cm Durchmesser befestigt war, abgebrochen war. Eine Frau wurde fast 400 m weit nach Nordwest getragen, wo sie an ein mit Widerhaken versehenes Gehege geschleudert wurde; sie blieb augenblicklich tot. Ihre Kleider waren ihr gänzlich vom Leibe gerissen; man fand sie mit schwarzem Schlamm bedeckt, der auch ihr ganzes Haar verpichtete. Eine Kaze fand man 800 m nordwestlich vom Hause, in welchem sie vor dem Sturme zuletzt gesehen wurde, mit vollständig gebrochenen

Knochen. Den Hühnern wurden ihre Federn ausgerissen, und eines fand man 5 km weit gegen Nordwesten.

Ein anderer Augenzeuge, der einige Kilometer ferner stand, berichtet: „Die schwarze, tintige, trichterförmige Wolke senkte sich rasch zur Erde hernieder, und als sie dieselbe erreichte, zerstörte sie alles, was ihr unterkam. Alles wurde in die Höhe gerissen und in dem gewaltigen Strudel dieses entsetzlichen Scheufals herumgewirbelt. Die umgebenden Wolken schienen gegen den Wirbel zu rollen und hineinzustürzen.

„Der Trichter, welcher sich jetzt von der Erde hinweg zu einer großen Höhe hinauf erstreckte, war schwarz wie Tinte, mit Ausnahme jener Wolke am obern Ende, welche einem Rauche von weniger gesättigter Farbe ähnlich sah. Unmittelbar nachdem er die Stadt passiert hatte, kam eine Welle warmer Luft, wie ein Wind, der aus einem brennenden Gebäude herausbläuft. Nach dieser eigentümlichen Erscheinung setzte ein steifer Sturm aus Nordwest ein, so kalt und eisig, daß im Laufe der Nacht Frost eintrat und an einigen tiefer gelegenen Stellen das Wasser gefror.“

### Verhältnis der Wirbelwinde zu den Cyclonen.

Bevor wir dieses Kapitel schließen, wollen wir einige Bemerkungen über eine sehr interessante Frage machen, welche sich hier von selbst aufwirft. Ausgehend von dem Winde, welcher Staubwirbel von nur 6—10 dm Durchmesser mitführt, finden wir jede Abstufung in der Größe der Wirbel bis hinauf zum vernichtenden Tornado. Desgleichen scheint von der kleinen sekundären Depression, welche den Wind im Zusammenhange mit einem Gewittersturme ablenkt, jede Abstufung in der Größe vorhanden zu sein bis zu derjenigen, welche so bedeutend ist, daß wir schwerlich sagen können, ob sie nicht schon eine echte Hauptcyclone zu nennen sei.

In beiden Reihen, derjenigen der Wirbelwinde wie der der Cyclonen, finden wir gewisse gemeinsame Züge: eine horizontale Drehung und ein stärkeres oder geringeres Aufsteigen der Luft in der Nähe des Centrum des Wirbels. Es fragt sich nun, ob es irgendwelche zwischen den Wirbelwinden und den Cyclonen liegende Reihen giebt und ob sich die erstern in die letztern fortentwickeln können? Wir glauben es nicht, obwohl die entgegengesetzte Meinung oft schon ausgesprochen wurde.

In erster Linie sind wir außer stande, irgend ein die Verbindung zwischen beiden Typen der drehenden Bewegung herstellendes Band aufzufinden. Unter gewissen Bedingungen scheint der Wind das Bestreben zu haben, kleine Wirbel zu bilden, welche unter günstigen Umständen zu vollendeten Cylindern rotierenden Staubes sich auswachsen können. In unserem Kapitel über die Wetterzeichen haben wir gezeigt, daß in England wirbelnder Staub als ein wohlbekannter Vorläufer von Regenschauern, nicht aber echten

cyclonalen Regens gilt. In andern Ländern, wie im Bundesstaat und auf dem Isthmus von Suez, gehören zu einer gewissen Jahreszeit Wirbelwinde zu den täglichen Vorkommnissen. Dieselben entwickeln sich aber niemals, was immer für Änderungen eintreten mögen, auch nur zur kleinsten sekundären Cyclone. Wir haben soeben gesehen, daß die fürchterlichsten Tornados in den Weststaaten von Nordamerika nur eine Episode im Ausgleiche des Druckes durch entgegengesetzte Winde in der Nähe der Rinne größerer Depressionen sind, nie aber gab ein Wirbelwind Veranlassung zur Entwicklung größerer atmosphärischer Störungen. Bei jedem einzelnen der 11 Tornados, welche an dem Tage, den wir eben eingehender beschrieben haben, auftraten, fand man, daß ausnahmslos Regen und Hagel der Tornadowolke 10 bis 30 Minuten vorhergingen und daß der Tornado nur gleichsam eine lokale Zufälligkeit innerhalb einer sehr großen Störung war.

In dem Kapitel über Wettertypen werden wir zahlreiche Beispiele für die Art und Weise geben, in welcher sowohl Haupt- als sekundäre Cyclonen ohne das Vorhandensein zweier entgegengesetzter Luftströmungen, wie wir sie auf der Vorder- und Rückseite einer V-Depression finden, sich bilden, und wir werden sehen, wie die zwei Arten der Cyclonen, Haupt- und sekundäre Cyclonen, eine aus der andern sich entwickeln oder zur andern abschwächen.

Wir haben auch die sehr kleine Drehung des Windes, welche manche Arten von Gewitterstürmen begleitet, kennen gelernt, aber in keinem Falle finden wir ein überführendes Band zwischen den zwei Rotationstypen des Wirbelwindes und der Cyclone.

Gleichzeitig müssen wir auch darauf hinweisen, daß der innere Kern und die sehr tiefe Depression der tropischen Orkane viel mehr dem Typus der Tornados sich nähert als dem der Cyclonen der gemäßigten Zone. Es will uns nun scheinen, daß das Fehlen der Übergangsform gegen die Annahme der Identität der Cyclonen und Tornados entscheidet. In beiden steht die zerstörende Wut des Sturmes weit außer allem Verhältnisse mit irgendwelchen Kräften, die uns geläufig sind; ihre wahre Natur zu entdecken, bleibt künftigen Untersuchungen vorbehalten.

## Zehntes Kapitel.

## Lokale Wetteränderungen.

## Natur und Erklärungsgrundsätze.

Den Gegenstand dieses Kapitels bilden die Erscheinungen, welche als lokale Wetteränderungen bekannt sind. Unter dieser Bezeichnung wird ganz zutreffend eine große Klasse von abhängigen Erscheinungen zusammengefaßt, welche ihre Entstehung lokalen Hindernissen oder Eigentümlichkeiten verdanken, welche auf die Entwicklung des lokalen Wetters Einfluß üben. Wir wissen, daß im selben Lande einzelne Orte kälter oder wärmer sind als andere; daß einige Gegenden mehr den Vernichtungen der Stürme ausgesetzt sind und daß wieder andere öfter von zerstörenden Hagelböen heimgesucht werden. Wir wollen nun versuchen, darzulegen, warum dies so ist und in welchen Beziehungen diese Erscheinung zu den allgemeinen Grundsätzen über die Abhängigkeit des Wetters von der Luftdruckverteilung, welche wir schon so eingehend behandelt haben, stehen.

Wenn wir den wirklichen Verlauf irgend einer lokalen Wettereigentümlichkeit beobachten, werden wir bald entdecken, daß es in jedem Falle die Intensität und nicht der allgemeine Charakter ist, welcher Veränderungen unterliegt. Nehmen wir z. B. zwei Orte, welche nur wenige Meilen voneinander entfernt sind. Es kann vorkommen, daß dieselben an einem kalten Morgen einen Temperaturunterschied von  $5^{\circ}$  aufweisen. Die Luftdruckverteilung, welche die hierzu notwendige Windstille bedingt, wird von keiner lokalen Ursache hervorgerufen, dieselbe entspringt vielmehr allgemeinen Ursachen, während es lokale Eigentümlichkeiten in der Lage u. s. w. sind, welche es der Ausstrahlung ermöglichen, daß sie an einem Orte soviel kräftiger zur Wirkung kommt als am andern. Ebenso kann es vorkommen, daß an einem Orte mehr als 2 cm Regen fallen, während es an einem andern, nicht weit entfernten, nur einige Tropfen wirft. Sieht man sich aber den Tag, an welchem dies geschah, näher an, so wird man bemerken, daß er, nach der allgemeinen Wetterlage, bewölkt und regnerisch war. Der Unterschied im thatsächlichen Regensfalle kam daher, daß der eine Ort von einem heftigen Strichregen betroffen wurde und der andere nicht, oder daß eine lokale Eigentümlichkeit an dem einen Orte die Regenmenge derart vermehrte, daß sie so bedeutend ausfiel, wie es sonst nur bei Cyclonen von bestimmter Intensität der Fall ist.

Solche Beispiele könnten endlos viele gehäuft werden; aus der Beobachtung unzähliger Fälle sind wir in die Lage versetzt, das folgende allgemeine Gesetz abzuleiten: Der Grundcharakter für jedes Wetter ist durch

die allgemeine Verteilung des Luftdruckes bestimmt; die durch lokale Einflüsse erzeugten Veränderungen zerstören niemals diesen allgemeinen Charakter, sondern modifizieren ihn nur. Dieses Gesetz ermöglicht es, uns durch große Mengen verworrener Wettererscheinungen den Weg zu bahnen, wo sich uns sonst aussichtslose Schwierigkeiten bieten würden, und viele Erscheinungen zu erklären, welche ohne dasselbe unverständlich bleiben müßten.

Die Zahl der thatsächlich vorkommenden Fälle dieser Art lokaler Einflüsse ist unbegrenzt. Jedes Land, jeder Teil eines Landes hat eine Gruppe von Erscheinungen, die ihm eigen sind, und wer sich mit der lokalen Wetterkunde befaßt, muß die Einzelheiten für seine eigene Umgebung gerade so erforschen, wie der Geologe die lokalen Eigentümlichkeiten seiner Gegend durch die Verbindung der allgemeinen und lokalen Ursachen erklärt. Lokales und tägliches Wetter bedeuten insoweit dasselbe, als das beobachtete Wetter die Summe aus den lokalen Änderungen und den allgemeinen Ursachen ist. Sind die letztern stark, so werden die lokalen gänzlich verdeckt; sind sie aber schwach, so wachsen die lokalen zu höchster Bedeutung an. Wir werden uns auf einige Beispiele beschränken, welche sich auf Wolken, Regen und Hagel beziehen, um daraus die allgemeinen Grundsätze zu entwickeln.

### Lokale Bewölkung.

Bei weitem die wichtigste, aber auch am schwierigsten erforschbare Quelle lokaler Wetteränderung findet man in der Entwicklung der Wolken, Regen und anderer Arten des Niederschlages, wie sie durch den Einfluß der Meere, Seen, Flüsse, Berge und Thäler bedingt sind. Einige dieser Erscheinungen sind so interessant, daß wir ihrer Betrachtung mehrere Seiten widmen müssen.

Wir beginnen mit den Wolken, müssen aber sofort darauf hinweisen, daß die Wolken in den meisten Fällen nichts anderes als unentwickelte Regen sind und daß dieselbe Ursache, wenn sie schwach ist, Wolken, wenn sie aber stärker ist, Regen erzeugt. In unserer Skizze des cyclonalen Wetters und seiner Wetterzeichen (Fig. 2, S. 19) haben wir auf der Rückseite der Rinne Haufenwolken eingeschrieben. In England gilt dies für das ganze Jahr; allein in den trockenern Klimaten des kontinentalen Europa ist es nur für die Sommermonate richtig. Die Ursache hiervon liegt darin, daß in kalten Klimaten nur im Sommer soviel Wasserdampf vorhanden ist, als hinreicht, diese Wolkenform zu bilden. Wir müssen aber ganz besonders bemerken, daß, falls sich keine Haufenwolken bilden, dieselben nicht durch eine andere Wolkenart ersetzt werden, sondern der Himmel ohne jedwede Wolkenbildung aufklart; z. B. kann keine lokale Änderung jemals die Haufenwolke der Rückseite in den Cirrostratus der Vorderseite einer Cyclone verwandeln. Nur in Bezug auf die Menge, nicht aber die Art der Wolken ist eine

Änderung möglich. Ähnliches gilt für den Regen. Wir sehen ohne weiteres ein, daß die thatsächliche Regenmenge infolge lokaler Ursachen außerordentlichen Schwankungen unterliegen kann; nie aber wird eine lokale Eigentümlichkeit den rieselnden Regen der Vorderseite einer Cyclone in den schweren, großtropfigen Regenschauer eines Gewitters zu verwandeln vermögen und umgekehrt.

Flammarion hat einmal während einer Ballonfahrt von Paris an den Rhein eine Wolkenbildung beobachtet, welche uns sehr auffallend den Einfluß lokaler Eigentümlichkeiten vor Augen führt: er sah, daß am Nachmittage sich Wolken über den Flüssen und Wäldern, nicht aber über den offenen Ebenen bildeten. Die synoptischen Karten für diesen Abend zeigen, daß eine große Cyclone von mäßiger Intensität das östliche Frankreich bedeckte. Die Erklärung der ganzen Erscheinung liegt nun darin, daß die Luft über diesem Theile von Europa überall in aufsteigender Bewegung sich befand, daß sie aber nur über den Flüssen und feuchten Wäldern genug Wasserdampf enthielt, um eine Wolkenbildung zu ermöglichen. Eine intensivere Cyclone würde überall Wolken und nur über den Flüssen und Wäldern Regen, eine noch intensivere aber durchaus Regen verursacht haben.

Im Kapitel über die Wetterzeichen sprachen wir von einem Nebel, welcher über den Flüssen bei schönem, frostigem Wetter sich bildet. Auch hierin erkennen wir einen lokalen Einfluß, aber von entgegengesetzter Art gegenüber dem, welchen wir eben betrachtet haben. Dies Beispiel möge dazu dienen, um neuerdings die Aufmerksamkeit darauf zu lenken, von wie großer Wichtigkeit es ist, daß man zwischen den verschiedenen Arten, auf welche die Kondensation des Wasserdampfes erfolgt, unterscheide.

Eine andere, sehr gewöhnliche lokale Wolkenbildung ist diejenige, welche an oder über den Berggipfeln auftritt, während blauer Himmel über der Ebene sich ausdehnt. Sie verdankt ihren Ursprung zweifellos dem Umstande, daß die horizontalen Luftströmungen an den Berglehnen nach oben abgelenkt werden und dabei, falls genug Wasserdampf vorhanden ist, infolge der Kondensation derselben sich Wolken bilden<sup>25</sup>. Das Interessanteste an diesen Wolken ist, daß sie als Ganzes stationär bleiben, obwohl ihre Umrisse und die sie bildenden Teilchen in fortwährender Bewegung sind. Ihr Wert als Wetterzeichen wurde schon in den frühern Kapiteln erörtert.

### Lokaler Regen.

Wir wollen nun einige wenige der wichtigsten Ursachen untersuchen, welche die Regenmenge beeinflussen. Eine der gewöhnlichsten und nahelegendsten besteht darin, daß der Wind, welcher über Wasser hinstreicht, dort Regen hinwirft, wo er zuerst das Land trifft. Wenn z. B. eine Cyclone von mäßiger Intensität über England liegt und Westwind herrscht,

so wird es nur an den Westküsten und über den Hochebenen des Inlandes regnen. Wenn hingegen Ostwind herrscht, wird der Regenfall auf die dem Winde am meisten ausgesetzten Teile der Ostküste und in geringerem Maße auf die hochgelegenen Stationen des Inlandes sich beschränken. Ähnliche Wirkungen kann man auf der ganzen Erde wiederfinden. So fallen z. B. in Ceylon die Regenzeiten an den beiden Seiten der Insel auf verschiedene Monate und hängen von der Zeit ab, zu welcher die betreffende Küste dem herrschenden Monsun ausgesetzt ist. Der Südwestmonsun bringt der Westküste der Insel Regen, der Ostküste aber, welche dann die Langseite ist, die Trockenzeit; der Nordostmonsun aber trifft zuerst die Ostküste und entwickelt da überreichen Regenfall, während gleichzeitig die Westküste sich trockenem Wetter erfreut. Ein ähnlicher Wechsel ist an den gegenüberliegenden Küsten der Insel Luzon auf den Philippinen zu beobachten; die Ursache ist dieselbe.

Allein wenn auch das Meer bei der Entwicklung des Regens unter günstigen Umständen mitwirkt, so verursacht dennoch die Gegenwart des Wassers allein noch keinen Regen. Die regenlosen Distrikte von Peru und Arabien liegen beide an der Meeresküste; dennoch fällt in keinem derselben Regen. In Peru gestattet die andauernde Anticyklone, welche gewöhnlich dieses Land bedeckt, nicht, daß sich der aufsteigende Luftstrom, welcher für die Regenbildung notwendig ist, entwickle, obwohl die Luft dampfreich genug ist, um sehr ausgiebigen Tau niederzuschlagen. In Arabien sind zwar die Hobaren zuweilen cyclonal gekrümmt, doch scheinen die aufsteigenden Luftströme nie stark oder wasserdampfhaltig genug zu sein, um Regen zu erzeugen.

In ähnlicher Weise, wie die Wasseroberfläche für die Zufuhr reichlichen Wasserdampfes, wirkt auch die Gegenwart feuchter Flächen überhaupt, wie z. B. eines dichten Waldes. Die Blätter der Bäume halten soviel Feuchtigkeit an sich, daß die Luft über dem Walde stets feuchter ist als über dem freien Grunde. Wenn dann, wie wir eben bei Erklärung der Entwicklung der Wolken gesagt haben, ein Antrieb zum Aufsteigen der Luft über einer Gegend sich fortpflanzt, so wird über den Waldlandschaften zuweilen Regen fallen, was nicht geschehen würde, wenn an Stelle des Waldes kultivierter Boden sich befunden hätte. Dr. Hinrichs hat z. B. nachgewiesen, daß im Staate Iowa die Menge des mittlern Regenfalles sehr wesentlich von der Lage der Waldlinien beeinflusst wird. Zahlreiche ähnliche Fälle wurden in andern Teilen der Erde verzeichnet.

Die Beobachtungen hierüber sind aber sehr auseinandergehend. In einigen Teilen von Deutschland soll der Einfluß der Wälder außerordentlich groß sein; in Indien ist derselbe weniger merklich; in Schweden kann der Meteorologe eine Beziehung zwischen dem Regen und der Art der Bodenbedeckung kaum gewahren. Die Thatsachen, so wie sie beschrieben wurden,

stehen außer Zweifel, und der scheinbare Widerspruch in denselben ist nur ein neuer Beleg für den wichtigen Grundsatz, daß alle meteorologischen Erscheinungen das Ergebnis aus verschiedenen Verhältnissen sind. Der Unterschied im Feuchtigkeitsgehalte über Wald oder bebautem Boden wird in einem kalten Lande, wie Schweden, viel kleiner sein als unter der brennenden Sonne von Indien, und ein gut Teil desselben wird davon abhängen, ob der Hauptanteil am Regenfällen mehr den Cyclonen oder den sekundären Depressionen zu verdanken ist.

### Gebirgsregen.

Bisher haben wir Wasser und Wald nur insoweit behandelt, als sie das Material für den Regen beschaffen. Nun müssen wir aber ein wenig mehr im einzelnen betrachten, wie Berge und Thäler den Niederschlag irgend eines Luftstromes beeinflussen. In England wird, im allgemeinen gesagt, die größte Regenmenge an der Ostseite eines Hügelzuges von einer Höhe von 500—600 m fallen, wenn dieselbe dem vorherrschenden Westwind sich in den Weg stellt. Dieses kommt daher, daß der kondensierte Dampf, obwohl der feuchte Luftstrom an der Westküste nach oben abgelenkt wird, über die Gipfel des Hügelzuges hinweggeführt wird und so auf der andern (Ost-) Seite als Regen niederschlägt. Ist aber der Gebirgszug höher als 500 bis 600 m, dann kann die Hauptmasse des Regens nicht über denselben hinweggetrieben werden, und die größte Menge wird auf der Westseite fallen. Es läßt sich aber keine Regel, außer etwa in ganz allgemeinen Ausdrücken, aufstellen; denn jeder Berg und jedes Thal besitzt in Bezug auf die Art und Weise, wie sie bei verschiedenen Winden Regen entwickeln, seine besondern lokalen Eigentümlichkeiten. Für jedes Land und jeden Teil jedes Landes müssen die Einzelheiten dieser Einflüsse an Ort und Stelle festgestellt werden.

Auch die Menge, welche in verschiedenen Höhen fällt, erleidet durch eine Anzahl von Umständen mannigfache Veränderungen. An der Westküste von Schottland, welche andauernden Südwestwinden ausgesetzt ist, erreicht z. B. der Regenfall an den niedrigen westlichen Inseln nur eine Höhe von 1000 mm im Jahre, während der Wasserscheide entlang, welche das Rückgrat von Schottland bildet, der Niederschlag an vielen Orten 2500 mm übersteigt. In Ceylon, auf welches wir schon hingewiesen haben, erreicht der Regenfall an manchen Küstenstationen keine 900 mm, während mehrere Gebirgsstationen nicht weniger als 5200 mm verzeichnen. Dieser Unterschied ist leicht zu erklären, wenn wir die Höhen der betreffenden Gebirgszüge von Schottland und Ceylon vergleichen und die so bedeutend größere Menge Wasserdampf in Betracht ziehen, welche ein Luftstrom von 32° C. mit sich führen kann gegenüber einem solchen von etwa 5° C. Die letztern

zwei Zahlen geben beiläufig die Mitteltemperaturen der beiden Länder an. Dazu kommt, daß, während die Wasserscheide von Schottland selten auf 800 m sich erhebt, die Berge von Ceylon eine Höhe von 2000 m erreichen.

### Thalregen.

Diese Eigenschaft der Gebirge, auf die Entwicklung des Regens Einfluß zu üben, bewahrheitet das wohlbekannte Sprichwort: „Die Berge ziehen den Regen an.“ Es giebt aber zwei Regenarten, welche durch die Thäler eine Verstärkung erhalten, nämlich die Gewitterregen und die „Flutregen“. Diese müssen wir nun näher betrachten. In England wird allgemein bemerkt, daß die Gewitterstürme das Bestreben haben, den Flußläufen entlang zu ziehen\*. Die einzige Klasse von Gewitterstürmen, welche diese Regel nicht befolgt, ist jene besondere Art, die in den Wintermonaten an den exponierten Westküsten von Schottland und Irland vorkommen. Es sind dies zweifellos Gewitterböen, welche großen Cyclonen angehören, und die durch die Gebirge eine starke Entwicklung erfahren. In Frankreich und andern Ländern wurde eine ungeheure Arbeit aufgewendet, um die Bahnen der Gewitterstürme zu verfolgen, wie wir schon im vorhergehenden Kapitel erwähnt haben. Obwohl diese Stürme im ganzen für kurze Strecken in einer nordöstlichen Richtung ziehen, so findet man doch, daß die Stromläufe einen sehr kräftigen Einfluß sowohl auf ihre Bahn als noch mehr auf ihre Intensität ausüben. Auch Wälder und Berge modifizieren die Entwicklung der Gewitterstürme, wenn auch in einem geringern Grade, so daß wir passend all diese Einflüsse unter einem betrachten können.

### Lokalisierung der Hagelstürme.

Vor allem müssen wir ein Beispiel der thatsächlichen Vorgänge geben. Da der Hagel als die stärkste Form der Gewitterstürme angesehen werden kann, haben wir in Figur 59 (S. 194) die Karte, welche die Verteilung des Hagels im französischen Departement Loiret darstellt, in verkleinertem Maßstabe wiedergegeben.

Man erkennt leicht die Loire, welche auf der Karte von rechts nach links fließt, wie auch einige ihrer kleinern Nebenflüsse. Die wohlbekannte konventionelle Schattierung bezeichnet die Grenze des Waldes von Orleans, während die kleinen runden Kreise die Anzahl der Jahre angeben, in welchen

\* In den eigentlichen Gebirgsländern, besonders in unsern Alpen, ist die Thatsache allgemein bekannt und durch genaue Beobachtungen sichergestellt, daß die Gewitter den Bergzügen entlang ziehen. Das ist oft und oft in der auffallendsten Weise zu sehen, und muß daher der Satz, daß die Gewitter den Flußläufen entlang ziehen, wohl auf weite Thäler mit Bergen von geringer Höhe beschränkt werden.

Der Übersetzer.

jede einzelne Gemeinde im Laufe der 30 Jahre 1836—1865 vom Hagel betroffen wurde. Der Maßstab läßt uns erkennen, mit welchem kleinem Gebiete wir es zu thun haben; und doch, welche große Unterschiede in der Anzahl der Hagelstürme treffen wir da an! In Orleans selbst, das an

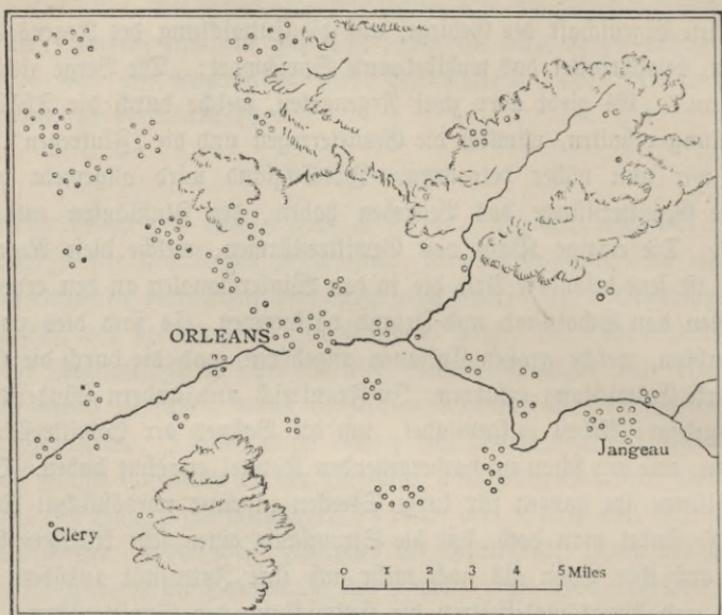


Fig. 59. Lokalisation des Hagelfalles in Loiret.

(Die Punkte geben die Anzahl der Jahre an, in welcher eine Gemeinde im Laufe der 30 Jahre 1836—1865 von Hagel betroffen wurde.)

der Loire liegt, wurden 16 zerstörende Hagelstürme verzeichnet und im Dorfe Jangeau, etwas höher den Strom hinauf, 12 schwere Fälle. Andere Gemeinden hinwieder, welche nur einige Meilen von diesen beiden Orten entfernt sind, wie z. B. Clercy, wurden nur von zwei oder drei solchen Stürmen heimgesucht. Man beachte überdies den Einfluß des Waldgebietes im Norden des Flusses. Alle Ortschaften im Westen des Waldes zeigen eine große Anzahl von Kreischen, während die innerhalb des Waldgebietes gelegenen sich fast einer vollständigen Sicherheit vor Hagelstürmen erfreuen. Der Wald scheint in der That zu wirken gleich einem Stauwasser, gegen welches die Gewalt der Stürme sich eine Zeitlang bricht, bis sie dann wieder neue Kraft gewinnt. Die französischen Beobachter stimmen fast alle in Bezug auf diese Entstehungsurache der Gewitter und diesen Schutz vor den Gewitterstürmen überein. Wir müssen die Thatsache, welche wir im Kapitel über die Gewitterstürme erwähnt haben, in Erinnerung bringen, daß die Drehung der Winde in denselben stets nur auf die untern Schichten der Atmosphäre beschränkt bleibt.

## Flutregen.

Hagel entsteht, wenn zwei Wolken in einer gewissen Entfernung übereinanderliegen. Ein Sturm ist niemals isoliert. Die gewöhnlichen französischen Hagelstürme werden häufig durch teilweise Abzweigung von den Südwestwinden gebildet und durch den Vorübergang von Cyklonen verursacht. Wenn die dichten Wolkenmassen, welche das Vorhandensein eines Sturmes anzeigen, auf ein Thal treffen, so werden die untern Wolken von der allgemeinen Bahn abgelenkt und ein Teil derselben folgt mehr oder weniger den Linien des Thales. Auf diese Weise geschieht es, daß die Wolken, welche in einer größern Höhe über dem Boden vorüberziehen, die Richtung derjenigen kreuzen, welche vom Thale abgelenkt, den verschiedenen Windungen des Stromes in einer von Südwest abweichenden Richtung folgen müssen. Das sind die Fälle, in denen es hagelt<sup>26</sup>.

Ebenso werden sich, wenn die untern Wolken auf ein derartiges Hindernis treffen, wie es der Wald oder auch ein Gebirge ist, Wirbel bilden. Die Wolkenmassen ziehen da nach rückwärts und scheinen vom Walde zurückgeworfen und zerstreut zu werden. Gelingt es den Wolken, das Hindernis zu überschreiten, so ist ihre Kraft erschöpft und nur spärlicher oder unschädlicher Hagel entfällt ihnen; auch gewinnen sie ihre Intensität für einige Zeit nicht wieder.

Daraus können wir leicht die Art und Weise verstehen, in welcher Berge und Thäler die ihnen entsprechenden Regen entwickeln. In einer großen, tiefen Cyklone lenken die Berge die feuchten Luftströme in starkem Maße nach oben ab, und dann fällt die größte Regenmenge in den Bergen. In flachen sekundären Cyklonen mit einer durchschnittlich schwachen Windstärke veranlassen die Flüsse und Wälder lokale Wirbel, welche aus irgend einer Ursache Regen und besonders Hagel erzeugen.

## Flutregen.

Die Flutregen sind von einer geringen praktischen Bedeutung; man kann sie aber passend zu jener Klasse von Regen zählen, welche die Thäler befeuchten, nicht aber die Berge. Diese Regen werden so genannt, weil sie von der Flut gebracht werden, und zwar entweder der Küste entlang oder jene Ströme hinauf, welche Gezeiten unterliegen. Wie die Flut Regen hervorbringen soll, können wir nicht erklären, aber die Art ihres Einflusses ist sehr naheliegend. Wenn an einem bewölkten Tage Regenschauer oder schwere Mengen von Nebeln vorbeiziehen, bemerkt man häufig, daß, wenn die Flut zu steigen beginnt und der Strom aufwärts fließt, das Wetter sich zum Schlechtern wendet, so daß nun aus den früher regenlosen Wolkenmassen Wasser niederfällt. Dieser Regen ist ganz lokal und dehnt sich nicht weit über die Stromufer aus.

Bei windstillem Wetter setzt mit der Flut oft auch Wind ein, oder es werden, wenn die Strömung der Flut der allgemeinen Windrichtung folgt, Windkraft und Windstöße von derselben verstärkt.

Durch diese Beschreibung ist die allgemeine Natur der Flutwirkung auf das Wetter genügend klargestellt. Aus dieser oder jener Ursache wird die Intensität des vorhandenen Wetters durch den Anstieg der Flut verstärkt. Ist dasselbe zu Niederschlägen geneigt, so wird die Flut gerade den letzten Anstoß, der noch notwendig ist, geben, und es regnet; ist der Antrieb zum Aufstieg der Luft aus sich selbst stark genug, so wird es unabhängig von der Flut regnen. Besteht aber ein natürlicher Antrieb zum Niedersinken der Luft, wie z. B. in einer Anticyklone, so wird keine Flut hinreichen, um den allgemeinen Charakter des Wetters umzukehren und Regen zu verursachen. Den Einfluß der Flut auf das Wetter findet man auf der ganzen Erde. Professor Hazen hat für die Vereinigten Staaten eine auffallende Zunahme der Gewitterstürme bei Flut gegenüber der Ebbe nachgewiesen, und der Verfasser selbst beobachtete eine gut ausgeprägte Schwankung des Passatwindes mit den Gezeiten im tropischen Fidschi.

Wir können somit den Inhalt dieses Kapitels leicht zusammenfassen: Auf der ganzen Erde modifizieren die lokalen Einflüsse den allgemeinen Charakter des Wetters, erzeugen denselben aber nie. Ist der letztere schwach, so kann das lokale Wetter der hervorstechende Zug des Klimas eines Ortes sein; ist er aber stark, so kann es vorkommen, daß die lokalen Einflüsse gänzlich verdeckt werden.

### Erstes Kapitel.

## Tägliche Wetterschwankungen.

In diesem Kapitel wollen wir erklären, wie die Wetterschwankungen, welche sich an manchen Orten von der Tageszeit abhängig erweisen, mit den großen allgemeinen Grundsätzen der Abhängigkeit des Wetters von der Luftdruckverteilung, die der ganzen modernen Meteorologie zu Grunde liegen, zu vereinbaren sind. An manchen Orten ändert sich die Richtung des Windes regelmäßig zu bestimmten Stunden, oder bilden sich Wolken und Regen Tag für Tag zur selben Stunde. Wie kann all dies mit den Gesetzen der Abhängigkeit des Windes vom Gradienten und des Wetters von den Isobarenformen in Einklang gebracht werden?

Die Fälle, welche sich in der Praxis ergeben, sind zahllos. Jedes Land, jede Jahreszeit hat ihr charakteristisches Wetter, und eine vollständige Aufzählung dieser Schwankungen für eine Anzahl von Klimaten würde mehr als dieses ganze Buch ausfüllen. Wir müssen uns daher begnügen, die allgemeinen Grundsätze aufzustellen, die wir auf Grund der Beobach-

tungen als diejenigen erkennen, welche alle täglichen Schwankungen regeln, und uns auf die Beleuchtung einiger typischer Beispiele aus den verschiedenen Theilen der Erde beschränken.

### Unabhängigkeit der täglichen Schwankungen und der allgemeinen Änderungen voneinander.

Der oberste Grundsatz, welcher dem ganzen täglichen Gange des Wetters zu Grunde liegt, ist, daß die Tageschwankung den allgemeinen Charakter des Wetters, welcher durch die Luftdruckverteilung in der Umgebung bestimmt ist, modifiziert, aber nicht verändert. In England wird die Menge der Wolken oder des Regens in einer Cyklone zu den verschiedenen Tagesstunden schwanken, aber die Art der Wolken und des Regens wird sich dabei nicht ändern. In gleicher Weise wird die Land- und Seebrise in Bombay mit der Sonne vieren oder zurückdrehen, aber der allgemeine Charakter des Windes, welcher dem Monsun der Jahreszeit entspricht, wird dabei niemals verloren gehen. Dieses Gesetz des Wetters ermöglicht es uns nicht nur, viele Erscheinungen zu erklären, welche sonst ein Chaos von widersprechenden Beobachtungen bilden würden, sondern es dient uns auch als Führer bei der Untersuchung der großen Probleme der Wettervorhersage. Wenn wir einmal wissen, daß man alle Berücksichtigung der täglichen Schwankungen getrost vernachlässigen kann, wenn man die Bewegung der Depressionen und die daraus folgenden Wetteränderungen untersuchen will, so ist dadurch unsere Aufgabe wesentlich vereinfacht. Hätten wir die statistischen Werte der meteorologischen Elemente zu erörtern, so würden wir finden, daß alle die umfangreichen Resultate, die mit Hilfe der Methode der Mittelwerte erhalten wurden, gar keinen Nutzen für die Wettervorhersage besitzen, und daß die täglichen Werte für Wind und Regen, welche auf diese Weise abgeleitet wurden, mit den Änderungen des Wetters gar nichts zu thun haben.

### Täglicher Gang der Temperatur.

In Bezug auf die Unabhängigkeit von den allgemeinen Änderungen des Wetters sind die täglichen und die lokalen Schwankungen einander sehr ähnlich. Doch giebt es dabei einen wichtigen Unterschied, nämlich die Periodicität der täglichen Schwankungen, die uns hier das erste Mal in diesem Buche zur Betrachtung der wahren Natur aller periodischen meteorologischen Erscheinungen führt. Von den Schwankungen, welche ihren ganzen Kreislauf innerhalb eines Tages vollenden, finden wir dann leicht den Übergang zu denjenigen, deren Periode ein Jahr oder selbst einen Cyklus von Jahren beträgt.

Wir werden daher damit beginnen, uns Rechenschaft zu geben über die Natur der täglichen Schwankungen der Wärme, da die letztern die deut-

licht ausgesprochene meteorologische Erscheinung sind. Es ist für alle Welt in die Augen springend, daß im allgemeinen, welches auch immer sonst die Temperatur eines Tages oder einer Jahreszeit sein mag, die Nächte kälter sind als die Tage; das ist ja die gewöhnliche, instinktive Auffassung der täglichen Schwankungen. Wir wissen auch sozusagen instinktiv, ob ein Tag kalt oder warm ist, und ebenso instinktiv erfassen wir den Unterschied zwischen Tag und Nacht. Allein in der formalen Sprache der Meteorologie wird die allgemeine Wärme oder Kälte des Tages durch die Zahl ausgedrückt, welche das Tagesmittel der Temperatur angiebt, während die tägliche Schwankung oder der tägliche Gang durch die Zahlen zum Ausdruck kommt, welche angeben, wie viele Grade das Thermometer zu jeder einzelnen Stunde über oder unter dem Mittelwerte stand. In einem Klima wie dem deutschen oder englischen haben die meisten Leute eine undeutliche Vorstellung davon, daß im Winter das Wetter abends zuweilen wärmer wird, wenn am Morgen Raufreif war; wenn wir aber zur Untersuchung der Thermogramme selbstschreibender Instrumente kommen, werden wir finden, daß die unregelmäßigen

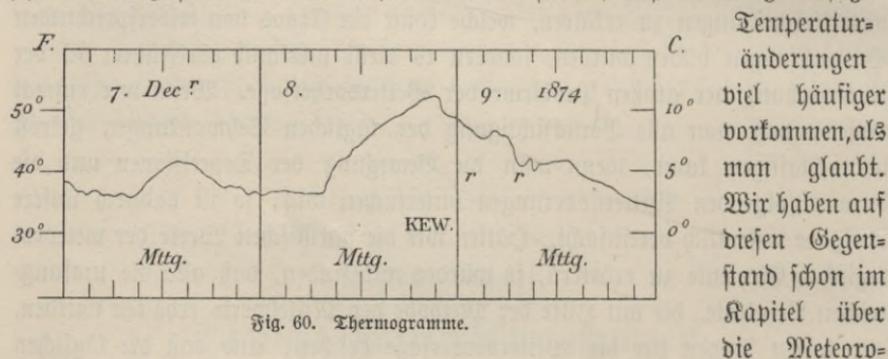


Fig. 60. Thermogramme.

Temperaturänderungen viel häufiger vorkommen, als man glaubt. Wir haben auf diesen Gegenstand schon im Kapitel über die Meteoro-

gramme hingewiesen, doch wollen wir hier noch überdies das Thermogramm vom 7.—9. Dezember 1874 für Kew (Fig. 60), also für dieselbe Periode wie das Meteorogramm und die Karten Figur 25, 26, 27 (S. 102 ff.), sowie auch

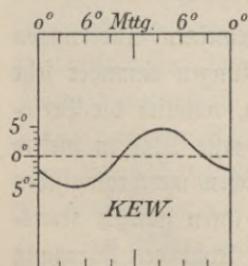


Fig. 61. Mittlerer täglicher Gang der Temperatur.

in Figur 61 noch die Kurve der täglichen Temperaturschwankung im Jahresdurchschnitt, wie sie von Eaton abgeleitet wurde, geben. Das, was wir hier besonders im Auge haben, ist die Vermittlung des Verständnisses der Bedeutung einer Tageskurve der mittlern Temperatur. Die Aufzeichnungen des Thermographen für drei Tage in Kew (Fig. 60) lassen recht deutlich erkennen, wie Temperaturänderungen von Tag zu Tag wirklich ausschauen. Statt zahlloser Unregelmäßigkeiten zeigt sich in den ersten zwei Tagen

die Neigung, die wärmste Tageszeit auf die Nachmittagszeit zu verschieben und die kälteste auf den frühen Morgen; am dritten Tage hingegen findet

man kaum eine Spur der täglichen Schwankung, sondern ein stetiges Fallen der Temperatur, welches von allgemeinen Ursachen herrührt. Nimmt man für jede Stunde das Temperaturmittel aus einer großen Anzahl von Tagen, so gleichen sich die Unregelmäßigkeiten aus, und die Neigung zum Steigen oder Fallen, die tagsüber vorhanden ist, findet ihren Ausdruck nur in der mittlern Kurve des täglichen Ganges.

Würden wir in einem wasserdampflosen Klima leben, so würde die Sonne bewirken, daß der Thermograph jeden Tag ganz ähnliche Kurven zeichnen müßte, welche nur in Bezug auf die Größe der Schwankung mit der Jahreszeit sich ein wenig ändern würden. In Wirklichkeit aber hat die Sonne einen täglichen Kampf mit Wind und Wolken zu bestehen. An manchen Tagen wird eine Drehung des Windes nach Süden in den Nachmittagsstunden bewirken, daß das Thermometer stetig steigt, während die Sonne sinkt, und Mitternacht wird dann wärmer sein als Mittag. An andern Tagen wird ein leichter Nebel den Einfluß der Sonnenstrahlen gänzlich abhalten, und der Thermograph wird eine gerade, horizontale Linie als Zeichnung des Temperaturganges während 24 Stunden zurücklassen. Die Kurve der mittlern Temperatur besagt nur, daß im allgemeinen, wenn alle Arten von Unregelmäßigkeiten ausgeglichen werden, ein täglicher Sonneneinfluß vorhanden ist, welcher seinen größten und kleinsten Wert zu dieser und jener Stunde erreicht. Wir müssen uns aber sorgfältig hüten, daraus zu weitgehende Folgerungen zu ziehen. Es wäre unrichtig, wollte man die mittlere Temperatur als etwas Abstraktes ansehen, das man als täglichen Gang bezeichnet und als Korrektion an die beobachtete Temperatur irgend einer Stunde anbringt, um so das Tagesmittel zu erhalten, ebenso wäre es ein falscher Schluß, wenn man daraus, daß man an manchen Tagen keine tägliche Schwankung an der Kurve des Thermometers erkennt, folgern wollte, daß an denselben der tägliche Einfluß der Sonne überhaupt nicht vorhanden war. So beweist z. B. das Fehlen eines Maximums und Minimums im täglichen Gange des 9. Dezembers (Fig. 60) durchaus nicht, daß eine tägliche Schwankung überhaupt nicht da war. Die Richtigkeit dieser letztern Bemerkung wird im nächsten Kapitel über die cyklischen Schwankungen des Wetters klar werden.

Von viel unmittelbarer Wichtigkeit ist für uns hier die Untersuchung, wie die tägliche Schwankung den allgemeinen Verlauf der Wärme beeinflusst. Wir werden dieselbe besser durchführen können, indem wir versuchen, die Geschichte des Wetters irgend eines bestimmten Tages zu verfolgen, als wenn wir irgend ein Thermogramm betrachten. Beschränken wir uns auf einen bestimmten Tag, so haben wir uns zu erinnern, daß der allgemeine Charakter der Wärme sich nicht ändert, wenn sich der Wind nicht dreht. Nehmen wir z. B. an, daß wir uns in einer großen Cyclone befinden und

der Nordwestwind volle 24 Stunden anhält. Wir werden instinktiv erkennen, daß es sich um einen für die betreffende Jahreszeit kalten Tag handelt, und wäre auch der Unterschied zwischen der bei Tag und bei Nacht beobachteten Temperatur ein sehr bedeutender, so würde doch die Art der Wärme, welche dem Nordwestwinde eigen ist, durchwegs dieselbe bleiben. Wenn aber nach einem Morgen, an welchem starker Raufreif war, um die Mittagsstunde der Himmel sich mit dichtem Gewölke zu überziehen beginnt und der Wind nach Süden zurückdreht, dann wird die Temperatur, wie schon vorher bemerkt wurde, steigen, während die Sonne sinkt. Dennoch wird jedermann erkennen, daß die Art der Wärme und der allgemeine Charakter des Wetters sich verändert haben. Wir ersehen daraus, wie richtig die Ausdrucksweise ist, welche solche Änderungen allgemeine nennt, die ihren Ursprung in den großen Bewegungen der atmosphärischen Druckverteilung, verbunden mit Drehungen des Windes, haben, und jene Änderungen als Schwankungen bezeichnet, welche dem allgemeinen Charakter des Wetters durch den täglichen Einfluß der Sonne aufgedrückt werden. In der That finden wir hierdurch den wichtigen Grundsatz bewahrheitet, daß die täglichen Schwankungen die allgemeinen Änderungen überlagern, aber niemals den Charakter derselben ändern. Wie jedes andere Element des Wetters ist auch die Temperatur das Ergebnis des Zusammenwirkens allgemeiner Änderungen und täglicher Schwankungen, so daß auch hier die täglichen Schwankungen verdeckt werden, wenn die allgemeinen Änderungen stark sind, und die Oberhand erlangen, wenn dieselben schwach sind.

### Täglicher Gang der Bewölkung.

Wir müssen nun von der verhältnismäßig einfachen täglichen Wärmeschwankung zu den viel verwickelteren Schwankungen von Nebel, Wolken und Regen übergehen. Der einfachste Fall des täglichen Niederschlages von Wasserdampf ist die regelmäßige Bildung von Thal- oder Flußnebel bei schönem Wetter. In gleichmäßigen Klimaten ist der Himmel zu einer gewissen Jahreszeit bei Tag stets blau, sobald es aber dunkel wird, beginnt sich infolge der nächtlichen Strahlung in niedrigen Lagen Nebel zu bilden. Bei Sonnenaufgang sind dann die Thäler mit Nebel erfüllt, welcher bis zu einer gleichmäßigen Höhe sich erstreckt, so daß, von oben gesehen, die Tiefen wie mit Wasser ausgefüllt erscheinen. Sobald die Sonne aufgeht, steigt der Nebel allmählich in die Höhe und zerstreut sich; der Himmel nimmt sein gewöhnliches blaues Aussehen wieder an. Der allgemeine, anticyklonale Charakter des Wetters bleibt durchaus derselbe, aber die Tageszeiten verursachen eine Schwankung der Himmelsansicht.

Die täglichen Wetterschwankungen sind so verworren und wechseln nicht nur in verschiedenen Ländern, sondern auch zu verschiedenen Jahreszeiten so

sehr, daß wir nur einige wenige Erläuterungen allgemeiner Grundsätze geben können. Jede der sieben Grundformen der Isobaren hat ihren eigenen typischen täglichen Gang des Wetters. Nur die zwei großen Isobarenformen wurden in dieser Richtung von dem Verfasser für England durchgearbeitet.\* Darin wurde gezeigt, daß die Cyclonen und Anticyklonen in Bezug auf die täglichen Schwankungen, welche in denselben auftreten, die gleichen Gegenätze aufweisen wie in Bezug auf alle übrigen spezifischen Eigenschaften. Der auffallendste Zug der täglichen Schwankung in einer Cyclone ist der, daß die Wolkenmenge und die allgemeine Intensität des Wetters vom frühen Morgen allmählich anwächst bis gegen 2 Uhr nachmittags, und von da bis Mitternacht wieder allmählich abnimmt. In der Anticyclone hingegen folgt einem nebeligen oder bewölkten Morgen, während der Tag vorrückt, eine starke Verminderung der Bewölkung, während späterhin am Abend Nebel und Wolken zuweilen neuerdings sich bilden. Wenn wir außer diesen großen Zügen der täglichen Schwankung auch die kleinern Wellen in derselben betrachten, so bemerken wir, daß in den Cyclonen nach einem bewölkten Morgen häufig gegen 10 Uhr die Wolkendecke durchbrochen erscheint, worauf dann das Wetter noch viel schlechter wird, jedoch mit der ausgesprochenen Neigung, gegen 4 Uhr nachmittags neuerdings klarer zu werden. Ist es hingegen in einer Anticyclone morgens um 4 Uhr klar, so wird es häufig um 10 Uhr sehr bewölkt, worauf dann die Wolken abermals bis gegen 4 Uhr nachmittags abnehmen, um in vielen Fällen nachher wieder Nebel und Wolken zu bilden, die bis spät in den Abend hinein anhalten. Wir finden in der That nicht nur Spuren halbtägiger Schwankungen, d. h. solcher, welche ihren Kreislauf zweimal im Tage vollenden, sondern auch einen offenkundigen Zusammenhang des zeitlichen Verlaufes dieser Schwankungen mit den Stunden der täglichen Maxima und Minima des Luftdruckes.

Das Anwachsen der Bewölkung im Laufe des Tages während der Cyclonen kann man im allgemeinen als einen Zuwachs an Intensität bezeichnen, welcher das tägliche Anschwellen in der Geschwindigkeit des einwärtswehenden Windes begleitet. Da nämlich dann mehr Luft gegen das Centrum der Cyclonen hereingeführt wird, müssen infolgedessen die aufsteigenden Strömungen stärker werden und daher mehr Wolken sich bilden. Wir haben schon gezeigt, daß der Morgennebel in Anticyklonen der Ausstrahlung zu verdanken ist; das auffallende Aufklaren des Himmels tagsüber muß aber der verstärkten niedersinkenden Strömung in der Nähe des Centrums der Anticyklonen zugeschrieben werden, welche durch das Anwachsen der Geschwindigkeit des nach außen wehenden Windes im Laufe des Tages bedingt

\* Quarterly Journal of the Meteorological Society IV (London), 4.

ist. Hiernach ist leicht zu begreifen, wie zwei verschiedene Isobarenformen so sehr verschiedene tägliche Schwankungen besitzen können. In der einen modifiziert der Einfluß der Sonne eine aufsteigende, in der andern eine niedersinkende Strömung.

Wie aber immer die tägliche Schwankung die Erscheinungen in einer Cyclone oder Anticyclone modifizieren mag, der allgemeine Charakter geht weder in der einen noch in der andern je verloren. Keine tägliche Schwankung kann bewirken, daß die Cirrus der Vorderseite einer Cyclone, sei es in den Cumulus der Rückseite, sei es in solche Wolken verwandelt werden, wie sie der sich hebende Nebel einer Anticyclone bildet. Die Schwankung ist sozusagen ein modifizierender Einfluß, der sich den mehr allgemeinen Zügen aufprägt.

### Täglicher Gang des Regenfalles.

Die tägliche Schwankung des Regenfalles ist eine der allerschwierigsten Fragen der Meteorologie; nicht nur, daß diese Schwankung für jede Isobarenform verschieden ist, es besteht noch überdies eine Neigung zur Bildung kleiner sekundärer Depressionen zu bestimmten Stunden des Tages. Noch mehr; während der Wintermonate zeigt sich eine ausgesprochene Neigung der großen Cyclonen, im Laufe der Nacht mit vermehrter Intensität vom Atlantischen Ocean hereinzuziehen. Außer der täglichen Schwankung der Intensität einer regnerischen Isobarenform haben wir es also auch noch mit einer täglichen Periode sowohl in der Bildung als in der Bewegung der Cyclonen zu thun.

Der Irrtum, den wir bei Behandlung dieses Teiles unseres Gegenstandes am sorgfältigsten zu vermeiden haben, ist die Voraussetzung, daß jeder Regen cyclonal oder daß die tägliche Periode der Gewitterstürme und der sekundären Depressionen in jedem Lande dieselbe sei. Hieraus ist ersichtlich, daß, wenn eine Form der Luftdruckverteilung im Sommer, die andere im Winter vorherrscht, diese beiden Jahreszeiten auch einen vollständig verschiedenen Typus der täglichen Regenschwankungen besitzen werden.

Die Tropen liefern uns eine sehr treffende Beleuchtung dieser Grundsätze. H. F. Blauford hat gezeigt, daß das Wetter in Kalkutta drei Jahreszeiten bildet:

Die Regenzeit von Juni bis Oktober. Während derselben beginnt die Kurve der täglichen Regenhäufigkeit bald nach Mitternacht zum kleinen Maximum von 6 Uhr morgens anzusteigen, worauf ein kleines Minimum um 8 Uhr morgens folgt. Die Regenhäufigkeit steigt dann rasch zum Hauptmaximum um 2 Uhr nachmittags an und fällt schnell zum Hauptminimum um 1 Uhr nachts hinab. Als Regenwolke des Sommermonsuns bildet sich hauptsächlich die Haufenwolke aus.

Die heiße Jahreszeit von März bis Mai. In dieser ist die Eintrittszeit des täglichen Minimums nicht deutlich ausgeprägt, sie scheint jedoch auf Sonnenaufgang zu fallen. Von Mitternacht bis 9 oder 10 Uhr vormittags tritt kaum eine Schwankung ein, und von da ab nur ein schwaches Ansteigen bis 2 Uhr nachmittags, wo dann die Zunahme rascher wird. Etwa zwei Stunden vor Sonnenuntergang tritt ein plötzliches Steigen um nahezu 50 % ein, und das Maximum des Regens fällt dann auf die Stunde von 7—8 Uhr abends. Letzteres ist aber im Vergleich zum Maximum der Regenzeit sehr klein. Dieser sehr auffallende Zug der heißen Jahreszeit ist den abendlichen Böen zu verdanken, die als North-Wester bekannt sind, und die ihren Namen daher haben, daß sie meistens im Nordwesten entstehen; wahrscheinlich stehen sie mit der täglichen Schwankung des Windes in der Nähe der Küste in Zusammenhang.

Endlich die kalte Jahreszeit von November bis Februar. In derselben sind die Regenfälle schön gleichmäßig über den ganzen Tag verteilt mit einer ausgesprochenen Verminderung in den zwei bis drei Stunden vor und nach Mitternacht.

Diese Jahreszeiten weisen nun zweifellos verschiedene Typen der Luftdruckverteilung auf. Die regnerische, die kalte und die heiße Jahreszeit gehören den Perioden des Südwest- und Nordostmonsuns an, welche durch je eine Zwischenperiode getrennt sind. Wenn diese alle zusammengenommen werden, um die mittlere Tageskurve des Regenfalles für das ganze Jahr zu erhalten, wird die letztere für keine Jahreszeit die wahre tägliche Schwankung geben. In unserem Falle unterscheidet sich diese Kurve allerdings nur wenig von derjenigen für die Regenzeit, wenn wir von kleinern Einbiegungen absehen. Dies kommt aber nur daher, daß die Kurve der Regenzeit eine sehr ausgesprochene ist und die der beiden andern Jahreszeiten weniger ausgeprägt erscheinen. Unter andern Umständen würde aber die mittlere Tageskurve für das Jahr sehr verschieden sein von der jeder einzelnen Jahreszeit.

In andern Ländern, wo die Land- und Seebrisen ziemlich konstant auftreten, fällt der Regen häufig, wenn der Wind umschlägt; doch sind die Einzelheiten dabei von unbegrenzter Veränderlichkeit. In manchen Teilen der Tropen, sowohl im Innern des Landes als an der Meeresküste, bilden sich regelmäßig zur selben Tagesstunde Gewitter. Auf dem Lande treten sie gewöhnlich nicht vor 2 Uhr nachmittags auf, meistens sogar später; eine allgemeine Regel läßt sich aber dafür nicht ableiten. Selbstverständlich sind dieselben durchwegs nichtisobarische Gewitter.

In ganz England sind die mittlern Kurven des täglichen Regenfalles so unregelmäßig, daß sie keine sicherstehende Schwankung aufweisen. Es giebt nämlich in diesem Lande so viele Arten von Regen, von denen jede ihre eigene Schwankung besitzt, daß die Kurve, welche aus der Vermengung

aller entsteht, durchaus keine physikalische Bedeutung hat. Für Prag findet Professor Augustin drei Typen der täglichen Schwankung der Regenhäufigkeit: eine für den Winter, eine für den Sommer und eine für den Frühling und Herbst. In manchen Teilen Europas und in Japan zeigt sich die Neigung, zwei Maxima, morgens und abends, und zwei Minima, eines bei Tag und eines bei Nacht, zu entwickeln. Jedes Land hat seine besondern Eigentümlichkeiten, und jede Gruppe muß aus den besondern Verhältnissen erklärt werden.

Bei Behandlung der Einzelheiten der cyclonalen Schwankungen der Bewölkung für England haben wir hervorgehoben, daß die täglichen Schwankungen den allgemeinen Charakter des Himmelsanblickes oder der Wolken oder, wenn man so sagen will, des Wetters als Ganzes nicht verändern. Derselbe wichtige Grundsatz gilt für jede andere Isobarenform und für jedes andere Klima. In Kalkutta ist während der Regenzeit die tägliche Schwankung im Regenfalle enorm; aber zu allen Tagesstunden bleibt der allgemeine Charakter des Südwestmonsuns stets derselbe. Ebenso bringt während des kalten Wetters des Nordostmonsuns die tägliche Schwankung nur eine Modifikation, niemals eine wirkliche Änderung des Wetters mit sich.

### Täglicher Gang des Windes.

Im Kapitel über die Meteorogramme haben wir im allgemeinen den Verlauf der täglichen Schwankung des Windes teilweise erklärt; wir wollen nun hier einige weitere Erörterungen über denselben Gegenstand hinzufügen.

### Täglicher Gang der Windgeschwindigkeit.

Der allgemeine Zug im täglichen Gange des Windes für die meisten Orte sowohl der gemäßigten wie der tropischen Zone ist ein Anwachsen der Geschwindigkeit vom Morgenrauen bis 2 Uhr nachmittags und eine Abnahme derselben bis zu ihrem geringsten Werte um beiläufig 4 Uhr morgens. Überdies treten an manchen Orten kleinere Schwankungen auf, deren Wendepunkte auf dieselbe Stunde wie die Maxima und Minima im täglichen Gange des Luftdruckes fallen. In England trifft z. B. das Hauptmaximum auf 2 Uhr nachmittags und das Hauptminimum auf 4 Uhr morgens. Außerdem findet man aber auch ein kleines Minimum um 10 Uhr abends und auch ein kleines Maximum zwischen dieser Stunde und dem Hauptminimum um 4 Uhr morgens. Ein gut ausgesprochenes Minimum tritt auch um 10 Uhr vormittags auf, also gerade zu der Stunde, zu welcher die Cyclonen und Anticyclonen ihre charakteristische Verschiedenheit der täglichen Wolkenbildung aufweisen. Ähnliche Neigungen findet man auf der ganzen Erde, nördlich und südlich vom Äquator. Die Einzelheiten zeigen ganz unbestimmte Schwankungen, von denen man nicht sagen könnte, daß sie in irgend einem Lande vollkommen klargestellt seien.

Wir können aber mit Sicherheit behaupten, daß diese Schwankungen alle dem täglichen Gange angehören und nichts zu thun haben mit dem Charakter oder der Größe der Windgeschwindigkeit, inwieweit sie von der Luftdruckverteilung der Umgebung abhängen. Geradeso wie das Wetter hängt auch der allgemeine Charakter des Windes und seine Beziehung zum Gradienten in erster Linie von den Isobaren ab; die tägliche Schwankung aber ist trotz ihrer großen Verworrenheit nur sekundär.

Buchan hat die sehr wichtige Beobachtung gemacht, daß die tägliche Schwankung des Windes auf dem Meere, entfernt von dem Einflusse des Landes, fast Null ist; er brachte das in Zusammenhang mit der Thatsache, daß auch die tägliche Schwankung der Temperatur auf dem Meere im Vergleiche mit der auf dem Lande sehr klein ist, so daß also der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit von der Temperatur des Untergrundes, über welchen er weht, abhängen würde.

Manche Einzelheiten in der Schwankung des Windes sind interessant und verwirrend zugleich. An manchen Orten läßt der Wind gegen Mittag nach, wahrscheinlich in Folge irgend eines lokalen Einflusses. Für England hat Ley nachgewiesen, daß die tägliche Schwankung der Geschwindigkeit für die Westwinde größer ist als für die Ostwinde. Das stimmt mit einer Beobachtung von Hamburg überein, daß die Größe des täglichen Anwachsens der Geschwindigkeit um so bedeutender wird, je stärker der Wind ist; in England haben die Westwinde in der Regel eine größere Geschwindigkeit als die Ostwinde.

Bisher haben wir nur den Wind an der Erdoberfläche ins Auge gefaßt; auf Berggipfeln ist aber die Schwankung der Windgeschwindigkeit fast genau die entgegengesetzte; denn da tritt das Maximum in den Nachtstunden und das Minimum nahe oder genau um Mittag ein. Die Windgeschwindigkeit im allgemeinen ist in der Höhe viel größer als unten. Dieser Satz gilt gleichmäßig für beide Halbkugeln.

### Täglicher Gang der Windrichtung <sup>27</sup>.

Die tägliche Schwankung der Windrichtung ist weniger ausgesprochen als die der Geschwindigkeit; sie ist auch viel schwieriger zu entdecken. Auf der nördlichen Halbkugel zeigt sich aber eine deutliche Neigung, vormittags ein bißchen zu vierten und nachmittags wieder zurückzudrehen, so daß die Stunden der stärksten Vierung und Zurückdrehung mit denen der größten und kleinsten Windstärke zusammenfallen. Das will sagen: daß, wenn die allgemeine Windrichtung eine westliche ist, der Wind bei Tag aus Nordwest und bei Nacht etwas mehr aus Südwest kommen werde; am stärksten nördlich wird die Richtung gegen 2 Uhr nachmittags, am stärksten südlich um

4 Uhr morgens sein.\* Man findet auch Spuren halbtägiger Schwankungen ganz ähnlich denjenigen, welche wir oben beim täglichen Gange der Windgeschwindigkeit beschrieben haben; wir sind aber nicht in der Lage, für jede Gegend genaue Details zu geben.

Auf Berggipfeln ist die tägliche Schwankung des Windes die entgegengesetzte, da der Wind dort bei Tag zurückdreht und des Abends viert. So wird z. B. ein Westwind bis Mittag gegen Süden zurückdrehen und bei hereinbrechender Nacht gegen Norden vieren. Wir haben in dem Kapitel über die Wolken unter der Aufschrift „Senkrechte Aufeinanderfolge der Luftströmung“ gezeigt, daß auf der nördlichen Halbkugel die senkrecht aufeinanderfolgenden Luftströmungen mehr und mehr aus rechts kommen, wenn der Beobachter an der Erdoberfläche mit dem Gesichte gegen den Wind steht. Wenn dann die Oberflächenwinde während des Tages vieren und die obern Strömungen zurückdrehen, so muß sich daraus ergeben, daß sowohl in Cyklonen als in Anticyklonen der Unterschied in der Richtung zwischen den obern und den untern Schichten bei Nacht größer ist als bei Tag.

Von der südlichen Halbkugel liegt uns keine genügende Anzahl von Beobachtungen vor, um uns in den Stand zu setzen, allgemeine Regeln über die Natur der täglichen Windschwankung abzuleiten; soweit sie aber vorliegen, weisen sie auf ein ganz ähnliches Gesetz hin, wie es auf der nördlichen Halbkugel gilt. Die Oberflächenwinde vieren, und die obern Strömungen drehen mit dem Laufe der Sonne zurück. Man beachte aber, daß der Lauf der Sonne auf beiden Halbkugeln in Bezug auf die Nord-Südrichtung entgegengesetzt ist, so daß ein westlicher Oberflächenwind auf der nördlichen Halbkugel gegen Norden, auf der südlichen gegen Süden vieren wird. Da einige vorziehen werden, diese Gesetze der täglichen Windschwankung in ihrer Beziehung zur absoluten Windrichtung nach der Bewegung der Uhrzeiger dargestellt zu sehen, so mögen dieselben hier folgen:

		Vormittag	Nachmittag
Nördliche Halbkugel	{	an der Erdoberfläche	mit dem Uhrzeiger
		auf Berggipfeln	gegen den „
Südliche Halbkugel	{	an der Erdoberfläche	gegen den „
		auf Berggipfeln	mit dem „
			gegen den „

Das Folgende ist eine Darstellung der Natur und der Größe der täglichen Windschwankung sowohl in Bezug auf die Richtung als Geschwindigkeit, wie sie gewöhnlich in England beobachtet wird. In Figur 62 geben wir einen Abdruck der Anemometeraufzeichnungen für die drei Tage vom 6.—8. August 1874 in New bei London.

\* Man beachte die Richtigstellung der Darlegungen dieses Absatzes in der Anmerkung 16 des Übersetzers.

## Täglicher Gang der Windrichtung.

Die Witterungsverhältnisse, wie sie aus den synoptischen Karten für diese drei Tage sich ergeben, sind für dieses Land die gewöhnlichsten. Eine Reihe großer Cyclonen von mäßiger Intensität zog im Norden von Großbritannien vorbei, so daß die ausgesprochene Drehung der Winde, welche

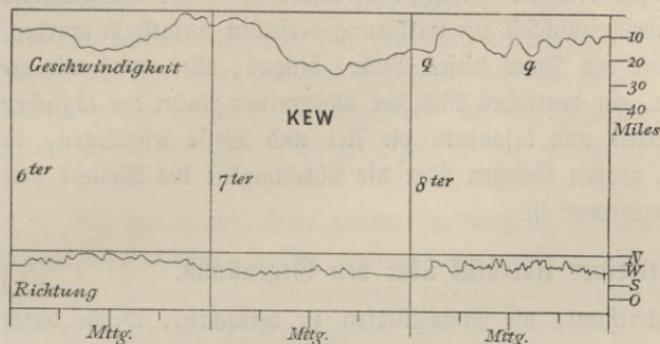


Fig. 62. Anemographenkurven vom 6.—8. August 1874 in Kew.

auftritt, wenn das Centrum einer Cyclone in der Nähe vorbeizieht, fehlte, obwohl eine ziemliche Masse von Wolken und ein beträchtlicher Wind sich einstellte. Betrachten wir zuerst die Geschwindigkeit. In den ersten zwei Tagen ist die Neigung des Windes, während des Vormittages anzuwachsen, deutlich erkennbar; am dritten Tage aber ist die regelmäßige Schwankung durch Böen gänzlich verdeckt. Zwei der letztern traten zu den Stunden ein, welche in der Figur mit q bezeichnet sind. Auch die kleinen halbtägigen Schwankungen sind fast ganz verdeckt; dieselben sind überhaupt nur bei stillem, anticyklonalem Wetter zu beobachten.

Sehen wir uns nun die Kurve der Windrichtung an. Die allgemeine Windrichtung aus West, wie sie von den Isobaren abhängt, ist deutlich genug zu erkennen. Wir finden aber an jedem Tage ein unregelmäßiges Streben des Windes, tagsüber gegen Nordwest zu vieren und nachts zurückzudrehen. Auch einen andern Zug der britischen Winde erkennen wir aus der Zeichnung, nämlich die Häufung von Windstößen während des Tages im Vergleich zur Nacht. Diese finden ihren Ausdruck in der während der Tagesstunden mehr unregelmäßigen Kurve.

Aus einem einfachen Falle dieser Art können wir sowohl die Größe der täglichen Schwankung als auch die Art und Weise, wie dieselbe leicht verdeckt werden kann, verstehen lernen. Wenn die allgemeinen Züge des Wetters schwach ausgedrückt sind, dann sind die täglichen Schwankungen stark und können leicht den hervortretenden Charakter des Tages bestimmen. Das ist der gewöhnliche Fall in den meisten tropischen Ländern, besonders in jenen, die regelmäßig von Anticyklonen bedeckt sind. In veränderlichen Klimaten hingegen, gleich demjenigen von England oder Deutschland, treten die täglichen Schwankungen nur beim schönsten, gleichmäßigen Sommerwetter hervor. Im Winter aber, wenn die allgemeinen Änderungen sehr groß sind, gehen die täglichen Schwankungen oft ganz verloren.

Wir können daher die allgemeine Regel ableiten, daß das Hervortreten der täglichen Schwankungen ein Maß bietet für den ruhigen Charakter des Klimas eines Ortes.

Jrgend ein Versuch, auf eine Erörterung der täglichen Schwankungen des Windes einzugehen oder die verschiedenen Theorien, welche mit größerer oder geringerer Wahrscheinlichkeit zur Erklärung derselben aufgestellt wurden, darzulegen, liegt über den Zweck dieses Buches hinaus; alles, was wir erreichen wollten, war, ein deutliches Bild der allgemeinen Natur der täglichen Schwankung zu bieten und besonders die Art und Weise festzulegen, in welcher dieselbe den großen Gesetzen über die Abhängigkeit des Wetters von den Isobaren untergeordnet ist.

### Allgemeiner Überblick über den Gegenstand.

Es ist sehr interessant, die Einheitlichkeit zu betrachten, welche durch die ganze Klasse der täglichen Schwankungen hindurch besteht. Die Hauptmaxima und -Minima der Temperatur des Windes und teilweise des Wetters um 2 Uhr nachmittags und 4 Uhr morgens sind einander streng analog, während die halbtägigen Schwankungen von Wind und Wetter mit der täglichen Luftdruckschwankung im Zusammenhang stehen. Die letztere, die wir noch kaum erwähnt haben, hat zwei Minima, um 4 Uhr morgens und um 4 Uhr nachmittags, und zwei Maxima, um 10 Uhr morgens und um 10 Uhr abends. Die einfache tägliche Schwankung während des Tages ist zweifellos dem direkten Einflusse der Sonnenwärme zu verdanken; die Frage aber, wie ein solcher Einfluß, welcher seinen Kreislauf nur einmal in 24 Stunden vollendet, eine Schwankung von halbtägiger Periode hervorbringen kann, hat bis heute den Scharfsinn der Meteorologen vergeblich gereizt. Dennoch ist es vollständig sicher, daß keine einzelne Schwankung die Ursache der andern ist; alle sind gleichmäßig das Ergebnis desselben Einflusses, und nie wird eine zusammenfassende Theorie der täglichen Schwankungen vollkommen sein, wenn sie nicht alle gleichzeitig erklärt und miteinander in Verbindung bringt. Wenn wir eine Reihe von synoptischen Karten einiger aufeinanderfolgender Tage betrachten, bemerken wir, daß viele Cyclonen durch zwei oder drei Wochen ihre Bahn ganz unabhängig von den täglichen Schwankungen dahinziehen. Wir könnten daher vielleicht folgende unmaßgebliche Auffassung über die Beziehung der täglichen Schwankung zum allgemeinen Charakter des Wetters vorlegen. Die ganze Atmosphäre ist in einem Kreislaufe zwischen dem Äquator und den beiden Polen begriffen; zuweilen nimmt diese Strömung die Form eines Wirbels an, der uns als Cyclone, zuweilen eines solchen, der uns als Anticyclone bekannt ist, und fast immer eines solchen von der Gestalt einer der sieben Grundformen der Isobaren<sup>28</sup>. Jeden Tag drückt die Sonne bei ihrem Auf- und

Untergange diesem ganzen System entweder direkt oder indirekt eine Reihe von verwickelten Schwankungen jedes meteorologischen Elementes auf, ändert dabei aber nicht die innere Natur irgend einer Form des Kreislaufes.

Die Ergebnisse dieses Kapitels können wir daher folgendermaßen zusammenfassen: An jedem Orte der Erde überlagert die tägliche Schwankung den allgemeinen Charakter des Wetters, welcher der Luftdruckverteilung zu verdanken ist. Das daraus entstehende Wetter ist das Ergebnis der Vermengung des allgemeinen Charakters und der täglichen Schwankung; das Hervortreten der letztern ist ein Maß für die gleichmäßige Natur des Klimas eines Ortes.

Auf der ganzen Erde besteht die Neigung sowohl zur einfachen täglichen Schwankung, welche nur einmal in 24 Stunden sich abspielt, als auch zur halbtägigen Schwankung, welche zwei Maxima und zwei Minima während derselben Zeit aufweist. Die Ursache der erstern ist zweifellos die direkte Wirkung der Sonne, die Entstehung der letztern kann gegenwärtig nicht erklärt werden. Keine tägliche Schwankung hat irgend einen Einfluß auf den Charakter des Wetters; man kann sie daher in allen Fragen, welche sich auf die Vorhersage allgemeiner Veränderungen beziehen, vernachlässigen. Diese Unabhängigkeit ist einer der wichtigsten Grundsätze der Wetterkunde.

## Zwölftes Kapitel.

### Jährliche und säkulare Schwankungen.

#### Anblick des Himmels nach den Jahreszeiten.

Der Ausdruck „jahreszeitliche Schwankung“ wird in zweierlei Bedeutung gebraucht. Im einfachern Falle bezieht er sich auf die kleinen Unterschiede im Anblicke des Himmels, welche je nach den verschiedenen Jahreszeiten sich in den Cyclonen u. s. w. vorfinden. Zum Beispiel bilden sich in den kalten Wintermonaten des kontinentalen Europa auf der Rückseite der Cyclonen keine Haufenwolken; man sieht nur blauen Himmel. Im feuchten England bildet sich der Cumulus in allen Jahreszeiten, er ist aber im Sommer viel dichter und stärker ausgeprägt als im Winter. Ebenso wird eine sekundäre Depression, welche im Sommer Gewitterstürme entwickeln würde, im Winter nur starken Regen erzeugen. Soweit ist die jahreszeitliche Schwankung analog der täglichen, weil sie den allgemeinen Charakter des Wetters modifiziert, aber niemals ändert; nur die Intensität allein schwankt.

### Wiederkehrende Wettertypen.

Von viel größerer Wichtigkeit ist jene Form der jahreszeitlichen Schwankung, welche im Vorkommen oder in der Wiederkehr ähnlichen Wetters zur selben Zeit jedes Jahres zum Ausdruck kommt. Die Natur des wiederkehrenden Wetters in der gemäßigten Zone mit veränderlichem Luftdruck kann am besten kargelegt werden durch den Hinweis auf den Zusammenhang zwischen den veränderlichen europäischen Wettertypen und den regelmäßigen jährlichen Änderungen, welche in den Tropen auftreten. In den meisten äquatorialen und tropischen Klimaten giebt es nur zwei oder drei Jahreszeiten, welche zwei oder drei Lagen des äquatorialen niedrigen Druckes und des tropischen Gebietes der Anticyklonen entsprechen. Die Monsune des Indischen Oceans sind das auffallendste und bekannteste Beispiel eines Wetters, das zur selben Jahreszeit stets wiederkehrt.

Das Wort Monsun ist auch in der That ein arabisches Wort, das Jahreszeit bedeutet. Nur in den Gegenden, welche zwischen der tropischen und der gemäßigten Zone liegen, hat der Verfasser wiederkehrende Perioden gefunden, welche sowohl in Bezug auf ihre Dauer wie in Bezug auf ihre Wiederkehr zwischen den Monsunen von Indien und dem wiederkehrenden Wechsel des europäischen Wetters zu stehen kommen. Eine der bestbekanntesten Perioden ist die des Chamsin (die 50 Tage); es ist dies ein heißer, sandführender Südostwind, welcher in Ägypten regelmäßig Ende März und den ganzen April während etwa 50 Tagen weht. Lunzinger hat eine ganze Reihe feststehender und wiederkehrender Typen für das ganze Jahr in Koffeir am Roten Meere, etwa 25 geographische Meilen südlich von Suez, auf der ägyptischen Seite gelegen, angegeben.

Das Folgende mag als eine Liste der hauptsächlichsten wiederkehrenden Wetterperioden in England und Nordwesteuropa angesehen werden.

7.—10. Februar. — Eine Periode kalten Wetters, verbunden mit dem Typus nördlichen Wetters. Es ist dies die erste aus einer Reihe von sechs kalten und drei warmen Perioden, welche von Buchan entdeckt wurden. Er beobachtete auch, daß während der kalten Periode der Luftdruck in Schottland höher und im Süden niedriger war, sowie daß während der warmen Perioden der Luftdruck über Schottland höher war als in den nördlichen Gegenden. Das bedeutet, daß die kalten Perioden eine Folge des Eintretens oder der Andauer des nördlichen oder westlichen Wettertypus sind. Es war uns nicht möglich, eine Anspielung auf diese Perioden in einem europäischen Wetterbuche zu finden.

März. — Die in England sprichwörtlichen Ostwinde dieses Monats sind hauptsächlich dem nördlichen Wettertypus zu verdanken. Der Glaube an das Vorkommen äquinoctialer Stürme um den 21. dieses Monats herum

ist fast allgemein. Demgegenüber erscheint die Thatsache auffallend, daß, wie R. H. Scott gezeigt hat, die Beobachtungen an den englischen Observatorien kein ausgesprochenes Auftreten ungewöhnlich starker Winde zu den Tag- und Nachtgleichen erkennen lassen. Wir sind nicht im Stande zu sagen, ob die Äquinoctialstürme im Mittelländischen Meere vorkommen und der Glaube an dieselben durch die Mönche nach England gebracht wurde, oder ob das Wetter in England nicht eher unbeständig als stürmisch zu nennen sei. Der Verfasser neigt mehr der letztern Ansicht zu; denn es ist fast unmöglich, daß ein Glaube zu einer so allgemeinen Verbreitung gelange, wenn er jeder thatsächlichen Grundlage entbehrt. Die Schwierigkeit, eine solche Frage klarzustellen, führt uns die Unsicherheit lebhaft vor Augen, welche in der ziffermäßigen Darstellung eines Klimas oder eines Wetters besteht.

11.—14. April. — Eine kalte Periode. Es ist dies die zweite Periode von Buchan, von welcher er glaubt, daß sie mit den „borgenden Tagen“ (borrowing days) der schottischen Bauernregel zusammenfällt.

9.—14. Mai. — Eine kalte Periode. Es ist dies Buchans dritte Periode. Das ist die berühmteste der Kälteperioden, wie sie in dem größern Teile von Europa vorkommt. Eine große Anzahl von Wetterregeln, welche sich mit derselben befassen, findet man in ganz Europa, wie z. B. diejenigen, welche sich auf die „Eisheiligen“ beziehen. Diese Periode ist von einigem Interesse wegen der merkwürdigen Theorien, die zur Erklärung des Ursprunges ihrer Kälte aufgestellt wurden. Eine der verbreitetsten derselben vertritt die Meinung, daß um die Mitte Mai die Erde in einen Schwarm von Meteoriten gerät, welche so zahlreich sind, daß sie gleich einer Staubwolke ein gut Teil der Sonnenwärme abhalten. Wir brauchen wohl nicht zu sagen, daß in einem solchen Falle die Temperatur sich auf der ganzen Erde erniedrigen müßte, daß aber nichts auf das Zutreffen der letztern Annahme hinweist. Überdies müßte der Durchgang der Sonnenstrahlen durch einen derart mit Staub erfüllten Raum eine Art Lichtring um die Sonnenscheibe erzeugen, in ähnlicher Weise, wie wenn sie durch die Tröpfchen kondensierten Wasserdampfes hindurchgehen. Nichts ist gewisser, als daß diese Kälteperiode gewöhnlich dem Einfallen des östlichen oder nördlichen Wettertypus über Europa zu verdanken ist. Dieselben Wettertypen bringen auch zu jeder andern Jahreszeit ähnliches Wetter mit sich.

Juni. — Eine kalte Periode in der zweiten oder dritten Woche des Monats steht in Verbindung mit dem nördlichen Wettertypus.

29. Juni bis 4. Juli. — Eine kalte Periode; Buchans vierte Periode. Merkwürdig genug konnten wir keine Andeutung dieser thermischen Perioden in einem Wetterbuche von England oder irgend eines andern Teiles von Europa finden.

12.—15. Juli. — Eine warme Periode; Buchans erste.

15. Juli, St. Swithin. — Die Volkslegende dieses und anderer Regenheiligen, wie z. B. St. Medard, findet durch die synoptischen Karten leicht ihre Erklärung<sup>29</sup>.

2.—8. August. — Eine nasse Periode; die „Lammastuten“ Schottlands (Lammastuten = Petri Kettenfeier).

6.—11. August. — Eine kalte Periode; Buchans fünfte.

12.—15. August. — Eine warme Periode; Buchans zweite. Es giebt keine Wetterregeln, welche mit diesen zwei letzten Perioden in Verbindung stehen.

September. — Der östliche und nördliche Typus sind in diesem Monat selten von Dauer; die Stürme oder das unbeständige Wetter der Tag- und Nachtgleichen gehören fast ausnahmslos dem westlichen Typus an. Um den 30. stellt sich eine Schönwetterperiode von einigen Tagen ein — der „indische Sommer“ Nordamerikas.

Oktober. — In der zweiten oder dritten Woche tritt gewöhnlich eine Periode des östlichen Wettertypus von mäßiger Stärke ein.

18. Oktober. — Um diese Zeit stellt sich eine Periode schönen ruhigen Wetters ein — „St. Lukasommer“ („Altweibersommer“). Dieser und die andern „Sommer“, welche zu dieser Jahreszeit auftreten, wurden zuweilen aus dem Umstande erklärt, daß durch die Kondensation des Wasserdampfes und die Bildung des Eises, welche bald nach der Herbst-Tag- und Nachtgleiche in großem Maßstabe in den polaren Gegenden beginnt, viel Wärme frei wird. Analog dieser Theorie wurde die entgegengesetzte Erscheinung der Kälteperiode im April und Mai der Bindung von Wärme infolge des Schmelzens des Eises zugeschrieben. Diese Theorien sind reine Phantasiegebilde. Die Frühjahrskälte haben wir bereits erklärt; die herbstlichen „Sommer“ verdanken wir der Wiederkehr windstillen Perioden um diese Jahreszeit.

6.—12. November. — Eine kalte Periode; Buchans sechste.

Sie steht mit dem nördlichen Typus\* in Verbindung. Um den 11. haben wir „St. Martins kleiner Sommer“; im Mittelmeere gilt diese Zeit allgemein als eine Periode warmen, ruhigen Wetters.

3.—9. Dezember. — Eine warme Periode; Buchans dritte.

---

\* Unser Verfasser spricht hier und in der Folge von den verschiedenen Wettertypen als von etwas Bekanntem. Man wird die eingehendste Beschreibung der Erklärung der vier Wettertypen, des nördlichen, östlichen, westlichen und südlichen, weiter unten in diesem Buche finden; es genügt hier, die vier Typen genannt zu haben und beizufügen, daß der nördliche Typus kaltes, der südliche warmes Wetter bedeutet, und daß der östliche im Winter kaltes, im Sommer warmes, der westliche im Winter warmes, im Sommer kühles Wetter bringt.

### Ihr Wert für die Wetterprognose.

Die allgemeine Erklärung aller dieser Perioden ist dieselbe. Ihre Entstehung hängt bei allen von der Neigung gewisser Typen der Luftdruckverteilung ab, an den eben genannten Tagen wiederzukehren. Die kalten Perioden verlangen alle das Vorhandensein des nördlichen oder östlichen Wettertypus, die warmen Perioden entweder die des südlichen Typus im Winter oder von Anticyklonen im Sommer; nasse oder unbeständige Perioden aber weisen auf die Wiederkehr intensiver Cyclonen was immer für eines Typus hin.

Wenn wir zu unserer frühern Vorstellung einer Erde zurückkehren, welche von einer im Kreislauf befindlichen Atmosphäre umgeben ist, so werden wir mit Leichtigkeit zur Auffassung geführt, daß zur selben Zeit in jedem Jahre, wenn die Sonne an dieselbe Stelle zurückkehrt, die Bewegung der Luft das Bestreben hat, dieselbe Art von Wirbeln an den gleichen Orten wieder zu erzeugen.

### Ihr Wert für die Wetterprognose.

Wir müssen nun erwägen, wie die Kenntnis dieser wiederkehrenden Perioden für die Wetterprognose verwendet werden kann. Im letzten Kapitel über die täglichen Schwankungen haben wir auf die Natur der täglichen Wärmeperiode aufmerksam gemacht. In dieser auffallendsten aller meteorologischen Erscheinungen zeigt es sich, daß trotz des kräftigen, erwärmenden Einflusses der Sonne, der an jedem Tage wirkt, doch zuweilen andere Ursachen so stark sind, daß sie die Wirkung der Sonne verdecken oder sogar umkehren. Die Folge hiervon ist, daß wir nicht in der Lage sind, schlechterdings zu behaupten: diese bestimmte Nacht wird kälter sein als der Tag, obwohl dies zweifellos im allgemeinen der Fall sein wird.

Würden wir versuchen, die Temperatur für eine bestimmte Stunde des Tages aus der Kurve des mittlern täglichen Ganges vorherzusagen, so so würden wir häufig sehr fehlerhafte Prognosen stellen. Wenn wir hingegen die Wetterkarte für 8 Uhr morgens zur Grundlage nehmen, werden wir oft mit Beruhigung voraussagen können, daß die folgende Nacht wärmer sein wird als der Tag. Wir haben auch aus den Temperaturkurven, welche wir oben gegeben haben, die wichtige Folgerung gezogen, daß man deshalb, weil der tägliche Gang nicht an jedem Tage zu erkennen ist, nicht schließen dürfe, daß dann nichts Derartiges wie ein täglicher Sonneneinfluß bestanden habe. Wenn nun aber schon ein so starker Einfluß wie der der direkten Sonnenstrahlen so leicht verdeckt werden kann, so werden wir ohne Schwierigkeit verstehen, daß schwächere Einflüsse, wie etwa die Deklination der Sonne, an einem bestimmten Tage nicht zum Durchbruche kommen. Wir können wohl sagen, daß die Änderung der Deklination der Sonne von sekundärer Wichtigkeit ist; denn wir bemerken jeden Tag große Veränderungen in der Luft-

druckverteilung, welche mit der jahreszeitlichen Änderung der Deklination der Sonne sicherlich in gar keinem Zusammenhange stehen. Es darf uns daher nicht überraschen, daß die obigen kalten und warmen Perioden nicht schlechterdings jedes Jahr wiederkehren; es besteht nur eine zweifellose Neigung hierzu. Haben wir das einmal festgestellt, so werden wir leicht die folgende Anleitung, wie man die Kenntnis der jährlich wiederkehrenden Perioden für die Wetterprognose verwerten kann, verstehen.

Wer sich mit der Wettervorhersage beschäftigt, ist nicht ohne weiteres berechtigt zu sagen, daß irgend eine solche Periode mit Gewißheit sich einstellen werde. Wenn aber um die Zeit der gewöhnlichen Wiederkehr derselben die synoptischen Wetterkarten Anzeichen des erwarteten Wettertypus verraten, dann kann man die Prognose mit größerem Vertrauen schon einige Tage früher stellen. Es finde sich z. B. um den 6. November, daß die Wetterkarten Spuren des nördlichen Wettertypus zu zeigen beginnen, dann, aber nicht früher, hätte man guten Grund vorherzusagen, daß eine Periode kalten Wetters, welche gewöhnlich um diese Jahreszeit eintritt, nun beginnen wird und daß zu erwarten steht, sie werde fünf oder sechs Tage andauern. Auf diese Weise ist man in die Lage versetzt, eine Prognose auf viel längere Zeit hinaus zu stellen, als es sonst gerechtfertigt ist.

### Gyklische Perioden.

Unter diesen verstehen wir Perioden, welche ihren ganzen Kreislauf in einer beliebigen andern Zeit, als es der Tag und das Jahr ist, vollenden. Manche Forscher glaubten Spuren einer Temperaturperiode von 12 und 25,74 Tagen entdeckt zu haben; die letztere wäre offenbar mit der Zeit der Rotation der Sonne\* im Zusammenhang. Andere bestrebten sich, Wärme- oder Regenperioden von längerer Dauer, besonders eine solche von 11,1 Jahren zu finden, wobei die letztere mit der Periode der Sonnensflecken zusammenfallen würde. Da diese von größter Wichtigkeit und höchstem Interesse ist und eine Erörterung über dieselbe uns dazu dienen wird, die ganze Natur der Periodicität überhaupt zu beleuchten, wollen wir unsere Betrachtungen auf eine kurze Behandlung dieser einen cyklischen Periode beschränken.

### Sonnensflecken und Wetter.

Seit dem Jahre 1775 besitzen wir fortlaufende, mehr oder weniger vollständige Aufzeichnungen über die jeweilige Ausdehnung der dunkeln Flecken auf der Sonnenoberfläche. Diese Aufzeichnungen zeigen eine ganz unzweideutige Wiederkehr der Sonnensfleckenmaxima in Zwischenräumen von etwa 11 Jahren;

\* Die Sonne dreht sich bekanntlich um ihre Achse, so wie unsere Erde, nur braucht sie dazu nicht einen, sondern nahezu 26 Tage.

die wirkliche Größe der von ihnen zur Zeit eines jeden Maximums bedeckten Oberfläche ist aber sehr verschieden. Im untern Teile der Figur 63 (S. 216) geben wir eine Kurve wieder, welche die jeweilige Ausdehnung der dunkeln Flecken auf der Sonne nach der Zeichnung Professor Balfour Stewarts an giebt. Hätten wir eine andere Kurve, welche den mittlern täglichen Gang der magnetischen Deklination für dieselben Jahre darstellt, darüberzuzeichnen, so würden wir finden, daß eine unzweifelhafte Gleichheit zwischen den beiden Kurven besteht und daß sowohl die Zeiten als die Größen der Maxima und Minima wunderbar übereinstimmen.

In gleicher Weise würde die Kurve, welche die Anzahl der beobachteten Nordlichter für jedes Jahr darstellt, ebenfalls eine auffallende Ähnlichkeit mit der Kurve der Sonnenflecken aufweisen. Diese letztere Kurve ist nicht so maßgebend wie die der magnetischen Deklination, weil die Nordlichter bei bewölktem Wetter nicht zu sehen sind, während man den Magneten jederzeit beobachten kann. Da diese Kurven einen zweifellosen Zusammenhang zwischen dem Sonnenzustande und einer physikalischen wie auch einer andern halb physikalischen, halb meteorologischen Erscheinung der Erde sicherstellen, so könnte man keine innere Unwahrscheinlichkeit darin finden, daß auch zwischen den Sonnenflecken und dem Wetter eine Beziehung bestehe.

Eine solche Beziehung würde eine ganz andere Grundlage aufweisen als die halbastrologische Auffassung eines Zusammenhanges der Sonne, des Mondes oder der Sterne mit den Wetteränderungen.

Manche Forscher glauben, daß sie eine Art von Abhängigkeit der Größe des Regenfalles von den Sonnenflecken gefunden hätten; andere meinen, eine Beziehung zwischen den Jahren der Maxima der Sonnenflecken und der Häufigkeit der Cyclonen im Indischen Ocean feststellen zu können; wieder andere kamen zur Ansicht, daß die Unglücksfälle zur See und die Handelskrisen strengem einem Cyklus folgen, welcher mit dem der Sonnenflecken übereinstimmt. Eine große Schwierigkeit in der Beurteilung, ob die statistischen Angaben über Regen und Stürme wirklich diese Periode aufweisen, entsteht aus der großen Unregelmäßigkeit der Kurven, mit denen wir es zu thun haben. Alle Kurven, auf welche man den vorausgesetzten Zusammenhang zwischen Sonnenflecken und Wetter zu gründen versucht, sind so abgelaßt worden, daß es schwer hält zu sagen, was die erhaltene Kurve thatsächlich bedeutet und wie weit berechnete Folgerungen aus derselben gezogen werden können. Dies erhellt am besten aus einem Beispiele. Wir haben im obern Teile der Figur 63 (S. 216) den jährlichen Regenfahl für 80 Jahre zu Rothesay in Schottland über die Kurve der Sonnenflecken im untern Teile der Figur gezeichnet. Beide Kurven sind einfach das Ergebnis der Beobachtung und wurden in keiner Weise ausgeglichen. Der Leser kann sich daher selbst seine Meinung darüber bilden, inwieweit da

ein wirklicher oder nur ein eingebildeter Zusammenhang zwischen den beiden Kurven besteht. In manchen Punkten herrscht eine zweifellose Ähnlichkeit, in andern aber schlechterdings ein Gegensatz. Nehmen wir den absoluten mathematischen Begriff eines Maximums — ein Wert, welcher größer ist als die vorhergehenden und die nachfolgenden —, so würde es in der Kurve des Regenfalles nahezu jedes zweite Jahr ein Maximum geben; betrachten wir die breiteren Züge der Kurve, so mag man mehr Ähnlichkeit finden.

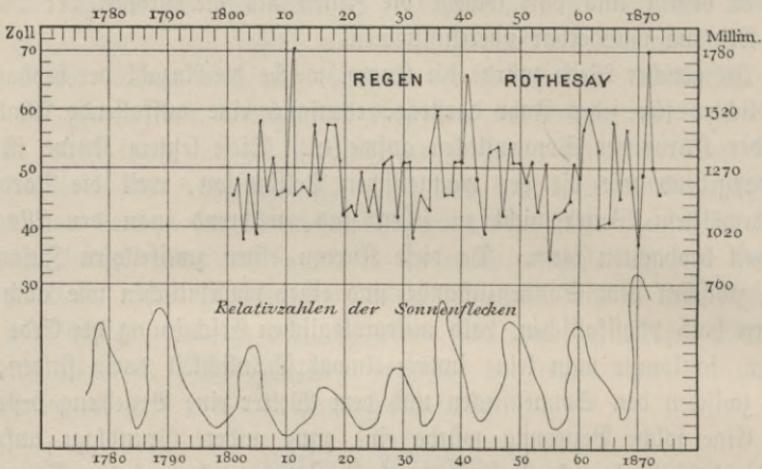


Fig. 63. Sonnenflecken und Regenfall.

Die Maxima z. B. von 1805, 1828, 1837, 1848 und 1871 stimmen in beiden Kurven erträglich überein; andererseits fällt das absolut größte Maximum des Regenfalles während der 80 Jahre auf 1811, d. h. auf ein Jahr mit einem Minimum der Sonnenflecken, während ebenso ein sehr großes Maximum des Regens nahe dem Sonnenfleckenminimum von 1841 vorkam. Weiter fällt das tiefste Minimum des Regenfalles im Jahre 1870 gerade auf ein Jahr vor dem Maximum der Sonnenflecken und nur zwei Jahre vor dem überhaupt größten Maximum des Regenfalles. Diese letztern Fälle veranlassen uns, mit vollem Rechte zu zweifeln, ob man berechtigt ist, in der Kurve des Regenfalles überhaupt eine Periodicität zu finden. Jeder Versuch, diese Kurven nach arithmetischer oder algebraischer Methode auszugleichen oder zu verslachen, kann nur zu trügerischen Ergebnissen führen; wir müssen unsere Ansicht über den vorausgesetzten Zusammenhang zwischen beiden Kurven auf die Kenntniss anderer unzweifelhaft unregelmäßiger Periodicitäten gründen.

Wir haben oben hervorgehoben, daß wir nicht berechtigt sind zu behaupten, es komme deshalb, weil an manchen Tagen keine erkennliche Spur der täglichen Schwankung sich zeigt, auch kein Einfluß der täglichen Wirkung der Sonne an solchen Tagen vor. Was man daraus folgern darf, ist

nur, daß derselbe von stärkern Einflüssen niedrigerungen wurde. In gleicher Weise kann die Thatsache, daß es Regen giebt, welche in keiner Beziehung zu den Sonnensflecken stehen, für sich allein nicht den Beweis erbringen, daß es überhaupt keinen Zusammenhang zwischen Sonnensflecken und Wetter gebe. Hätten wir auf Grund anderer Erwägungen die Sicherheit erlangt, daß zwischen beiden Erscheinungen ein Zusammenhang besteht, so hätten wir nur das Recht zu sagen, daß, was immer für einen Einfluß die Sonnensflecken auf das Wetter ausüben, auch noch andere Einflüsse bestehen, welche viel stärker sind als die erstern.

Eine andere Schwierigkeit, der wir bei der Bildung unseres Urteils über einen möglichen Zusammenhang des Zustandes des Wetters und der Sonne ins Gesicht schauen müssen, entspringt aus der Unmöglichkeit, ein sicheres Kennzeichen für ein regnerisches Jahr abzuleiten. Regen kann von so vielen verschiedenen Ursachen erzeugt werden, und der Unterschied in der Regenmenge, wie sie an nahe aneinandergelegenen Orten gemessen wird, ist so groß, daß wir dabei fast gänzlich auf unsere eigene Schätzung der Werte und der Wahrscheinlichkeit angewiesen sind. Die größten Störungen in der Statistik der Regenfälle bilden die Gewitterstürme. Bei denselben kann es vorkommen, daß an einem Orte 50 mm Regen fallen, während es in einer Entfernung von wenigen Kilometern nur ein paar Tropfen wirft. Auch die Jahressummen weisen dieselben Abweichungen auf.

Für das Jahr 1872 — das Jahr eines Maximums der Sonnensflecken — hat z. B. Buchan den Regenschall innerhalb des begrenzten Gebietes von Schottland zur Darstellung gebracht. Er fand, daß die Regenmenge auf Kap Wrath, etwa 160 km von Aberdeen, unterhalb des Mittelwertes war, während sie am letztern Orte 75 % über das Mittel sich erhob. Es wirft sich dann ganz von selbst die Frage auf, warum wir uns beim Vergleiche mit den Sonnensflecken auf die Ergebnisse der einen Station eher stützen sollen als auf die der andern, da doch die Sonnensflecken die ganze Erde zugleich beeinflussen.

Regen an und für sich genommen ist doch ein reiner Gattungsbegriff — wir müssen angeben, welche Art von Regen gefallen ist. War es cyclonaler, war es Regen bei sekundären Depressionen, oder aber war es Gewitterregen? Um das echte Kennzeichen der Periodicität zu erhalten, genügt es nicht, nur die Regenmenge, welche einem bestimmten Zustande der Sonnensoberfläche entspricht, anzugeben, man muß sich auf dieselben Bedingungen der Luftdruckverteilung, bei welcher es regnete, beschränken. Wir dürfen nicht den Regen in Cyclonen mit dem Regen in Gewitterstürmen vergleichen, wenn wir nicht in der Lage sind nachzuweisen, daß beide durch dieselbe allgemeine Wetterlage, die nur in Bezug auf die Intensität verschieden war, hervorgebracht wurden. Letzteres ist allerdings zuweilen der Fall.

Es giebt noch einen andern Punkt, den wir bei der Erörterung der Frage über den Zusammenhang zwischen Sonne und Wetter in Erinnerung bringen müssen. Wir haben gezeigt, daß das Wetter der gemäßigten Zone das Ergebnis des Vorüberganges von Cyclonen und Anticyclonen u. s. w. ist, so daß es eigentlich nicht erlaubt ist, von einem unbestimmten Einflusse einer physikalischen Ursache im allgemeinen zu sprechen. Wir müssen vielmehr erwägen, wie die physikalische Ursache auf den allgemeinen Kreislauf der Atmosphäre einwirken würde. Als wir die tägliche Wirkung der Sonne auf das Wetter behandelten, haben wir gezeigt, wie die aufsteigende Strömung in einer Cyclone und die niedersinkende in einer Anticyclone in verschiedener Weise von der Wärme beeinflusst wird.

Wenn daher der Zustand der Sonnenoberfläche das Wetter beeinflusst, so muß die Wirkung in derselben Weise durch Vermittlung der Cyclonen und Anticyclonen Platz greifen. Und in der That wären wir verpflichtet nachzuweisen, daß in den Jahren der Maxima und Minima der Sonnenflecken entweder der allgemeine Kreislauf der Atmosphäre durchschnittlich verstärkt wird, oder aber, daß dann die Bildung von Cyclonen u. s. w. in gewisser Weise modifiziert erscheint.

Diese Auffassung der wahren Natur der Sonnenflecken erklärt manche Unregelmäßigkeiten, welche die Verteidiger der Theorie des Einflusses der Sonnenflecken nicht zu erklären im stande waren. Dieselben finden, daß an manchen Orten die Maxima der Sonnenflecken mit den Minima des Regenfalles zusammenfallen. Wenn wir den Versuch machen, Regenfall und Sonnenflecken im allgemeinen in Beziehung zu bringen, stehen wir diesem Widerspruche hilflos gegenüber. Wenn wir aber feststellen, daß eine Änderung in der Sonnenwärme die Bildung der Cyclonen modifiziert, so können wir mit einem Schlage den Widerspruch in den Ergebnissen der Untersuchung zu erklären hoffen. Im Jahre 1872, auf welches wir schon hingewiesen haben, war z. B. die Lage der Mittelpunkte der Cyclonen über Nordwesteuropa beträchtlich verschoben. Statt wie sonst im Westen von Schottland, lag das Centrum cyclonaler Thätigkeit zwischen England und Norwegen. Dadurch wurde nun England nasser und das nordwestliche Schottland trockener als gewöhnlich. Es wird aber manche Jahre der Forschung brauchen, bevor wir das Recht haben, diese Verschiebung dem Einflusse der Sonnenflecken zuzuschreiben.

Es ist zweifellos ein sehr verführerisches Ideal, die Sonne als die oberste Bewegungsurache der Atmosphäre anzusehen und zu versuchen, die Veränderungen ihrer Wärme und Kraftwirkung in ihren endlichen Ergebnissen als Wind und Regen zu verfolgen. Wenn wir aber erwägen, welches die wahre Natur des Wetters ist, wie wir sie mit Hilfe der synoptischen Wetterkarten kennen lernen, dann sehen wir mit einemmal, daß jeder

Versuch, das Wetter aus den Veränderungen der Sonnenenergie direkt abzuleiten, zu verhängnisvollen Fehlern führen muß, obwohl zweifellos die letztern früher oder später in dem erstern zum Ausdruck kommen müssen.

### Beziehung zur Wettervorhersage.

Obwohl die Meinungen darüber, ob wir berechtigt sind, einen Zusammenhang zwischen dem Wetter und den Sonnenflecken anzunehmen, offenbar sehr auseinander gehen, giebt es in Bezug auf den Wert, welchen diese Kenntniss für die Wettervorhersage haben würde, keine Unsicherheit.

Der Verfasser glaubt selbst, daß Anzeichen für eine wirkliche Beziehung zwischen den Sonnenflecken und dem Regenfalle zu Rothesay vorhanden sind; doch wie würde es uns ergehen, wollten wir versuchen, daraus den Regenfall für ein bestimmtes Jahr vorherzusagen? Der oberflächlichste Blick auf die beiden Kurven der Sonnenflecken und des Regenfalles wird uns überzeugen, daß wir bei einem Versuche, den Regenfall unter der Voraussetzung vorherzusagen, daß die Menge desselben der Kurve der Sonnenflecken folge, genau dieselben unbefriedigenden Ergebnisse zu Tage fördern würden, wie wenn wir die Temperatur einer bestimmten Tagesstunde aus der mittlern Kurve des täglichen Wärmeganges voraussagen wollten. Jedes meteorologische Element hängt in Bezug auf seinen Wert vom Zusammenwirken verschiedener, nahezu gleicher Kräfte ab, so daß jeder Versuch, den resultierenden Wert mit Hilfe der Schwankungen einer dieser Kräfte vorauszubestimmen, nur zu Fehlern führen kann.

Sobiel über den Nutzen der Kenntniss einer bestimmten cyklischen Periode für die Vorhersage des Charakters eines Jahres als Ganzes. Noch unmöglicher ist es, eine rein allgemeine Periodicität zur Wettervorhersage für einen bestimmten Tag zu benutzen. Wir werden weiterhin sehen, daß alle Wettervorausbestimmungen von dem Urtheile abhängen, welches ein hierin erfahrener Beobachter über die wahrscheinliche Bahn einer Cyklone oder die Bildung einer neuen Cyklone sich machen kann. Wieviel könnte es ihm zur Bildung eines solchen Urtheiles helfen, daß eben ein Maximum- oder Minimumjahr der Sonnenflecken läuft? Offenbar gar nichts.

Wir können somit zusammenfassend sagen, daß, obwohl sicherlich sehr starke Gründe für die Annahme eines wirklichen Zusammenhanges zwischen dem Zustande der Sonnenoberfläche und dem Wetter der Erde vorhanden sind, wir dennoch infolge der Natur des atmosphärischen Kreislaufes außer stande sind, diese Thatsache bei der Wettervorhersage, sei es für eine Jahreszeit, sei es für einen Tag, verwerten zu können.

## Dreizehntes Kapitel.

**Wittertypen und Witterläufe.****Einleitung.**

In den vorhergehenden Kapiteln haben wir unsere Aufmerksamkeit mehr der Natur der Ursachen, welche das Wetter zu einer bestimmten Zeit hervorbringen, zugewendet als dem Wetterlaufe während mehrerer aufeinanderfolgender Tage. Wir haben in der That mehr das Wesen der einzelnen Störungen, welche gleichsam die Einheiten des Wetters bilden, beschrieben als die Art und Weise, in welcher die letztern sich bewegen oder aufeinander folgen. Das Wort Wetter wird von den Meteorologen in zweifachem Sinne genommen. Sprechen sie vom Wetter eines bestimmten Zeitpunktes, so gebrauchen sie das Wort in seiner engern Bedeutung, in welcher es sich auf den Himmelsanblick, auf Regen oder Schneefall u. s. w. bezieht; wenden sie dasselbe auf eine längere Periode an, wie z. B. auf eine nasse Woche, auf einen kalten Monat, dann gebrauchen sie es im weitern Sinne, in welchem es die Aufeinanderfolge für jedes meteorologische Element während der fraglichen Zeitdauer bedeutet.

Wir haben schon erwähnt, daß in der gemäßigten Zone die Wettereinheiten, wie z. B. die Cyclonen und Anticyclonen, fortwährend in Bewegung begriffen sind und ihre Gestalt ändern und auf diese Weise die Wetterfolge herbeiführen. Formell drücken wir dies folgendermaßen aus: Das Wetter in der gemäßigten Zone ist das Ergebnis des Vorbeiziehens der Cyclonen, der Anticyclonen oder der kleinern Isobarenformen.

Wir haben auch hervorgehoben, daß die ganze Wettervorhersage von der beschränkten Kenntnis abhängt, welche wir in Bezug auf die Vorausbestimmung der wahrscheinlichen Bahn irgend einer Störung oder des Auftretens neuer Änderungen in der Luftdruckverteilung besitzen. Wenn wir z. B. um 8 Uhr morgens eine Cyclone unserem Lande sich nähern sehen, wie können wir wissen, in welcher Richtung sie sich bewegen oder ob sie zu mehr oder weniger großer Stärke anwachsen wird? Wenn wir eine Anticyclone beobachten, giebt es dann Anzeichen, aus welchen wir erkennen, ob sie stationär bleiben oder zerfallen und verschwinden wird?

Wenn wir eine große Anzahl synoptischer Wetterkarten untersuchen, so werden wir bald bemerken, daß, obwohl nicht zwei einander gleich sind, dieselben, inwieweit eine Aufeinanderfolge in Betracht kommt, dennoch vieles gemein haben. Mag sich eine Cyclone auch in beliebiger Richtung und selbst mit beliebiger Geschwindigkeit bewegen, so ist dabei doch nichts Sache des

Zufalls, sondern bestimmte Typen der Bewegung sind stets mit bestimmten Typen der allgemeinen Druckverteilung verbunden.

Es wird die Aufgabe dieses Kapitels sein, die Natur dieser Wetterläufe dadurch zu erklären, daß wir die vier Wettertypen, welche in Westeuropa vorkommen, mehr ins einzelne gehend beschreiben und einige kürzere Bemerkungen über die in den Vereinigten Staaten und den Tropen vorkommenden beifügen.

Indem wir dies thun, werden wir uns stets die zweifache Aufgabe der ganzen wissenschaftlichen Wetterkunde vor Augen halten, nämlich die Erklärung des gewesenen Wetters in Rücksicht auf die Bewegung der Cyclone u. s. w., und die Klassifikation der typischen Änderungen zum Zwecke künftiger Wettervorhersage.

Lange Beschreibungen komplizierter Wetterkarten in Worten sind nicht nur langweilig, sondern auch für alle, mit Ausnahme derjenigen, welche sich die synoptischen Karten zum besondern Studium genommen haben, unverständlich. Da es unsere Aufgabe ist, denjenigen, welche keine weiteren Kenntnisse des Gegenstandes besitzen, über die Natur der Wetteränderungen eine Vorstellung zu verschaffen, so wollen wir uns lieber auf eine sorgfältig ausgewählte Reihe von zahlreichen bildlichen Darstellungen stützen, die der Leser betrachten und deren Beschreibungen er selber vervollständigen muß. Auf diese Weise wird er den Charakter der atmosphärischen Veränderungen und der Wege der Cyclonen mehr durch das Auge als durch die Hilfe geschriebener Formeln kennen lernen. Er wird die Raschheit, mit welcher diese Änderungen vor sich gehen, sehen und jene Kenntnis über die Natur des Wetters sich erwerben, welche ihn befähigt, sich eine richtige Vorstellung über die großen Probleme der Wettervorhersage zu machen.

Wir werden dabei voraussetzen, daß er die vorhergehenden Kapitel in einer Weise beherrscht, um zu wissen, daß, wenn wir von einer Cyclone reden, dies gleichbedeutend ist mit schlechtem Wetter — warm auf der Vorderseite, kalt auf der Rückseite, Wind je nach der Intensität der Cyclone; und daß, wenn wir sagen, eine Anticyklone bedecke ein Land, dies schönes Wetter bedeutet — stets leichter Wind, blauer Himmel, Nebel, Hitze oder Kälte je nach der Breite und der Jahreszeit; endlich auch, daß die Richtung des Windes sofort gegeben ist, wenn die Isobarenform oder ein Teil derselben bekannt ist.

Unsere erläuternden Karten, die möglichst nach einem einheitlichen Maßstabe und derselben Projektion entworfen sind, umfassen ein Gebiet, welches sich vom Felsengebirge bis nach Moskau und vom Äquator bis nach Grönland erstreckt. In allen sind die Isobaren von 760 mm (29,9" engl.) und darüber voll ausgezogen, während die von niedrigeren Werten punktiert sind, so daß der Leser mit einem Blicke die allgemeine Verteilung hohen und niedrigen Druckes übersieht.

### Luftdruckverteilung über der Erde.

Die Verteilung des atmosphärischen Druckes über der Erde weist gewisse konstante Züge auf:

1. einen äquatorialen Gürtel von nahe gleichförmig niedrigem Drucke;
2. einen tropischen Gürtel hohen Druckes, welcher an einigen Stellen zu großen, unregelmäßigen Anticyklonen anwächst;
3. einen gemäßigten und arktischen Gürtel von im allgemeinen niedrigem Drucke, in welchem aber gelegentlich Gebiete hohen Luftdruckes von beträchtlicher Dauer auftreten.

### Wetter in der Kalmenzone.

Der äquatoriale Gürtel bedeckt konstant die Sahara und das Thal des Amazonenstromes und wird über dem Atlantischen Ocean unter beiläufig 30° westlicher Länge immer schmaler, wo er oft nicht höher als bis 10° nördlicher Breite heraufreicht. Die Gestalt und die Tiefe dieses Gebietes sind ziemlich beständig.

Das ist die Kalmenzone der atlantischen Schiffahrer. Unsere Karten zeigen nur die Seite nördlich von diesem Gebiete; die Südseite desselben wird von einer Anticyklone eingenommen, welche stets über dem südatlantischen Ocean liegt. Die Kalmenzone bildet daher eine Art langgestreckter Höhlung oder einen Sattel zwischen zwei Anticyklonen, und obwohl auf der einen Seite der Nordostpassat, auf der andern der Südostpassat weht, muß dennoch in der Mitte Windstille herrschen. Dies kommt in Figur 68 (S. 235) deutlich zur Darstellung, wo wir das Zeichen der Windstille zwischen den beiden Passaten angebracht sehen. Diese schwülen Kalmen sind von den Schiffahrern sehr gefürchtet; denn „in denselben kann ein Schiff wochenlang auf heißem, glattem Wasser unter einem wolkenlosen Himmel mit pechträufendem Deck liegen, in einer Gegend von unerträglicher Stille, die gelegentlich von heftigen Böen, strömendem Regen und fürchterlichem Blitz und Donner unterbrochen wird“. Im allgemeinen ist der Himmel von einem dunstigen Schleier überzogen, der zuweilen in ein gleichmäßiges Düstern übergeht mit oder ohne prasselndem Regen. Ein andermal bilden sich daraus kleine, schlechtbegrenzte Ansammlungen abgeschwächter Haufentwolken oder jene Wolkenform, welche wir in Figur 13 a, b und c (S. 53) dargestellt haben. Nach Einbruch der Dunkelheit tritt stets bis etwa um 2 Uhr morgens eine starke Entwicklung von Flächenblitzen auf. Da die Lage dieses Kalmengebietes im Lauf des Jahres nur sehr langsam sich ein bißchen nach Nord oder ein wenig nach Süd verschiebt, so giebt es nichts, was hier das Wetter ändern könnte, und so behält es stets denselben, gleichmäßigen Charakter bei.

### Wetter in der Passatregion.

Der tropische Gürtel enthält eine Gegend hohen Druckes, der an einigen Stellen große Anticyklonen bildet. Diese Anticyklonen haben ihre größte Längenausdehnung meistens in ostwestlicher Richtung und erheben sich häufig zu zwei und mehr Gipfeln. Ihre Lage ist im allgemeinen veränderlich, mit Ausnahme derjenigen, welche sich beständig über dem centralatlantischen Ocean befindet. Diese Anticyklone ist ein sehr wichtiger Factor für das Wetter von Westeuropa und den Vereinigten Staaten, und wir werden sie stets als „atlantische Anticyklone“ bezeichnen. Die Ausdehnung derselben nach Süden und Westen ist ziemlich unveränderlich, nach Nord und Ost aber sehr veränderlich; zuweilen erstreckt sie sich bis 60° nördl. Breite und überlagert England und das kontinentale Europa.

Der Wind weht aus derselben wie aus allen Anticyklonen heraus. Die Nordost- und Ostwinde auf der südlichen Seite der atlantischen Anticyklone bilden die allgemein bekannten Passatwinde. Ein Blick auf die Figuren 68 bis 71 (S. 235 ff.) wird uns sowohl über ihre wahre Natur belehren, als auch manche volkstümliche Irrtümer in Bezug auf ihre Lage und Beständigkeit berichtigen. Es liegt in dem Wesen der anticyklonalen Winde, daß die Nord- und Nordostwinde sich weit am östlichen Rande derselben hinaufziehen müssen, woraus sich erklärt, daß der Nordostpassat oft bis an die Küste von Portugal hinaufreicht. Auf der westlichen Seite der Anticyklone muß aber der Wind mehr Südost oder Süd sein; er ist thatsächlich auch schwächer und veränderlicher. Das Centrum der Anticyklone muß windstill sein, wie es hier ja auch der Fall ist. Manche Windkarten, welchen man in den physikalischen Atlanten begegnet und die den Nordostpassat als einen mit dem Äquator parallelen Windgürtel darstellen, sind vollkommen irreführend. Der Grad der Beständigkeit der Passatwinde in Richtung und Stärke ergibt sich am besten aus einer Betrachtung der Karten. Wir sehen da sofort, daß die Lage der Ränder der Anticyklone sich fortwährend verschiebt und daß die Gradienten sehr veränderlich sind, so daß es dadurch außer Zweifel gesetzt ist, daß Richtung und Stärke der Passatwinde sich sehr beträchtlich ändern.

Das Wetter im Passatgebiete ist gewöhnlich schön und der Himmel meist mehr oder weniger mit einer eigenen Art kleiner, zerstreuter Haufwolken bedeckt, die man auch Passatcumuli nennt. Es ist dies eine kleine vereinzelte Wolke, welche sich von ihrer Grundfläche nach rückwärts biegt (Fig. 11 a, S. 49, im Kapitel über die Wolken), und die häufig in jene kleine, linsenförmige Masse entartet, die wir in Figur 13 e (S. 53) dargestellt haben. Zuweilen bedeckt den Himmel ein dünner, scharfer Strato-cumulus von solcher Regelmäßigkeit, daß er, perspektivisch am Horizonte

gesehen, einer Reihe von Querbalken gleichsieht, ähnlich den Streifen einer venetianischen Blende. Wenn aber die Gradienten durchwegs steil sind, so kommen im Gebiete der Passatwinde häufig Böen und Regenschauer aus Haufenwolken vor.

Cyklonen treten auf der Südseite der atlantischen Anticyklone, wenn überhaupt, so jedenfalls selten auf; sie entstehen aber zuweilen auf der Südwestseite derselben und wandern dann um die Anticyklone herum, zuerst nach Nordwest und später nach Nordost. Es sind dies die westindischen Hurrikane.

Die Nordseite dieser Anticyklone ist die Geburtsstätte unzähliger Cyclonen jeder Größe und Stärke; sie ziehen stets gegen irgend einen Punkt im Osten.

Gelegentlich bilden sich auch an der Südostseite in der Nähe von Madeira Cyclonen. Dieselben wandern entweder sehr langsam um den hohen Druck herum gegen Südwesten, oder stoßen von der Anticyklone ab und ziehen durch die Straße von Gibraltar.

Eine andere Anticyklone liegt zur Winterszeit gewöhnlich über Mexiko, und der Sattel zwischen dieser und der atlantischen Anticyklone bildet den hervorragendsten Zug in der Wetterkunde der Meeresküste der Vereinigten Staaten.

### **Wetter der gemäßigten Zone.**

Die gemäßigte und arktische Zone erstreckt sich vom hohen Druck der Tropen bis zum Pole. Der Druck ist zwar gewöhnlich niedrig, schwankt aber infolge der unausgesetzt vorüberziehenden Cyclonen beständig auf und ab. Nur gelegentlich erscheinen in gewissen Gegenden derselben anhaltende Gebiete hohen Druckes.

Eine notwendige Folge hiervon ist, daß das Wetter in dieser Zone wechselreich und die Winde veränderlich sind.

Aus diesem kurzen Überblick erkennen wir sofort die allgemeinen Züge der Klimate der Erde: Die Beständigkeit der äquatorialen Kalmen und Regen, die Regelmäßigkeit der Passatwinde in den Tropen und die Veränderlichkeit von Wind und Wetter in den gemäßigten Zonen.

Wir schreiten nun daran, das Wetter der gemäßigten Zone mehr ins einzelne gehend zu erforschen.

### **Luftdrucktypen der gemäßigten Zone.**

Trotz der großen Veränderlichkeit des Wetters in der gemäßigten Zone giebt es hier dennoch, soweit Westeuropa in Betracht kommt, mindestens vier konstante Wettertypen, welche mit vier entsprechenden Typen der Druckverteilung zusammenfallen:

1. Der südliche Typus. Eine Anticyklone liegt im Osten oder Südosten von England, während die Cyclonen, welche vom Atlantischen Ocean hereinziehen, gegen dieselbe anprallen oder nach Nordost vorbeiziehen.

2. Der westliche Typus. Der tropische Gürtel der Anticyklone liegt im Süden von England und die Cyclonen, welche in der Mitte des Atlantischen Oceans sich bilden, ziehen nach Ost oder Nordost.

3. Der nördliche Typus. Die atlantische Cyclone dehnt sich weit nach dem Westen und Nordwesten von England aus und bedeckt nahezu den ganzen Atlantischen Ocean. Die Cyclonen entspringen dann an der Nord- und Ostseite derselben und wandern entweder an der Anticyklone nach Südost oder verlassen dieselbe und ziehen rasch gegen Osten.

4. Der östliche Typus. Eine offenbar nicht tropische Anticyklone (d. h. eine solche, welche mit dem Gürtel tropischen Druckes nicht zusammenhängt) erscheint im Nordosten von Europa; sie dehnt sich selten über die Küstenlinien aus, während die atlantische Cyclone gelegentlich aus dem Golf von Biscaya gänzlich verschwunden ist. Die Cyclonen kommen dann entweder vom Atlantischen Ocean herein und ziehen zwischen der skandinavischen und atlantischen Anticyklone südostwärts, oder aber ihre Wanderung wird behindert, und sie werden von der Anticyklone im Osten von Europa zum Stillstande gebracht oder abgelenkt. Zuweilen bilden sie sich im Süden der skandinavischen Anticyklone und schreiten dann langsam gegen Osten, ja sogar manchmal gegen Westen vor.

Diese Typen werden nach dem vorherrschenden Winde benannt, welcher in den einzelnen derselben Süd, West, Nord oder Ost ist. Der Zusammenhang dieser europäischen Typen mit denen der Vereinigten Staaten wird bei den Einzelheiten jedes Typus zur Erörterung kommen.

Wir werden nun unsere Aufmerksamkeit diesen Einzelheiten jedes Typus zuwenden, indem wir zuerst den durchschnittlichen Charakter und die jahreszeitlichen Modifikationen sowie die Merkmale der Intensität der Typen behandeln und dann die Zeichen der Dauerhaftigkeit oder, wenn eine solche möglich ist, der Veränderung desselben erörtern.

Wie sehr wir uns aber auch in das Studium der Einzelheiten vertiefen, wir dürfen niemals den oben gegebenen allgemeinen Überblick über die Luftdruckverteilung auf der Erdoberfläche außer Augen verlieren, da wir ohne denselben den einzigen Schlüssel für die unausgesetzten und verwickelten Änderungen, mit denen wir es zu thun haben, verlieren.

### Südlicher Typus.

In diesem Typus erstreckt sich die atlantische Anticyklone sehr wenig nach Norden und ein anderer tropischer Gürtel von Anticyklonen bedeckt Mexiko oder die südlichen Staaten der amerikanischen Union, während ein drittes Gebiet hohen Druckes Nord- und Osteuropa bedeckt.

Der nordatlantische Ocean wird dauernd von einem Gebiet niedrigen Druckes eingenommen, in welchem sich fortwährend Cyclonen bilden, die dann gegen den hohen Druck in Europa anprallen und entweder erlöschen oder zurückgeworfen werden.

Es kommt besonders im Sommer und auch sonst zuweilen vor, daß kleine Cyclonen, welche sich auf der östlichen Seite des Gebietes niedrigen Druckes bilden, rasch in der Nähe der britischen Küsten in nördlicher oder nordöstlicher Richtung vorbeiziehen. In beiden Fällen zählt es zu den Seltenheiten, daß das Centrum einer Cyclone die Küstenlinien von Europa erreicht, so daß Großbritannien fast durchwegs unter dem Einflusse des Randes, sei es einer Cyclone, sei es einer Anticyclone, steht.

Ein andermal breitet sich der niedrige atlantische Druck über Großbritannien aus, indem er den hohen Druck nach Osten zurückdrängt, ohne eine bestimmte Cyclone zu bilden. In diesem Falle können wir auf ein ziemlich schönes Wetter mit leichtem Winde und bei sehr niedrigem Barometer rechnen, ein Fall, welcher häufig Aufsehen erregt.

Dieser Wettertypus kommt in allen Jahreszeiten vor, ist aber am gewöhnlichsten und anhaltendsten im Winter. In der That hängt die Wärme eines Winters von der Anzahl der Tage dieses Typus ab. In den Vereinigten Staaten entspricht einem Vorkommen dieses Typus keine bestimmte Wetterfolge. Während die mexikanische Anticyclone ziemlich beständig ist, wandern die Cyclonen im Territorium der Hudsonsbaai gewöhnlich in den Atlantischen Ocean hinaus und gehen dort verloren. Zur selben Zeit bildet sich aber eine andere, vollständig verschiedene Klasse von Cyclonen auf dem Sattel, welcher zwischen der atlantischen und mexikanischen Anticyclone liegt; sie bewegen sich dem Nordrande der erstern entlang, bis sie Europa erreichen. Ihre Centren berühren zwar niemals den amerikanischen Continent, aber die Stürme, welche durch die Westseite dieser Cyclonen erzeugt werden, richten an den Küsten der Vereinigten Staaten großen Schaden an.

Das eben Gesagte wird man durch Bezugnahme auf einen Fall, wie er wirklich vorkam, noch leichter verstehen. In den Figuren 64 bis 67 geben wir Karten großer Ausdehnung für die vier Tage vom 10. bis 13. November 1877 um 7 Uhr 35 Minuten morgens (Washingtoner Zeit). Auf keiner derselben findet sich das Gebiet des niedrigen äquatorialen Druckes vor, auf allen ist aber der tropische Gürtel der Anticyclonen sowie die gemäßigte und arktische Zone niedrigen Druckes sofort zu erkennen. Auf allen finden wir drei beständige Anticyclonen; eine über dem Thale des untern Mississippi, die andere über dem mittlern Atlantischen Ocean und die dritte bei Moskau. Der nordatlantische Ocean und das Territorium der Hudsonsbaai sind von niedrigem Drucke bedeckt, und dieses Gebiet ist der

## Luftdrucktypen der gemäßigten Zone: Südlicher Typus.

Schauplatz der fortwährenden Neubildung von Cyclonen, deren Geschichte wir nun verfolgen wollen.

Vor allem werden wir aber die südlichen Ränder der atlantischen Anticyklone betrachten. Die Ostwinde unterhalb des hohen Druckes von Amerika sind die Passatwinde von Cuba und der Staaten von Centralamerika; sie sind durch kleine Pfeile angezeigt. Die atlantische Anticyklone giebt die regelmäßigen Passate dieses Oceans, und die Anticyklone, deren Rand wir auf der Karte bei Moskau sehen, dehnt sich in Wirklichkeit über ganz Sibirien aus und giebt Anlaß zum Nordostmonsun im Indischen Ocean. All das zeigt in sehr deutlicher Weise, wie das Wetter in verschiedenen Theilen der Erde voneinander abhängt, und veranschaulicht uns auch die

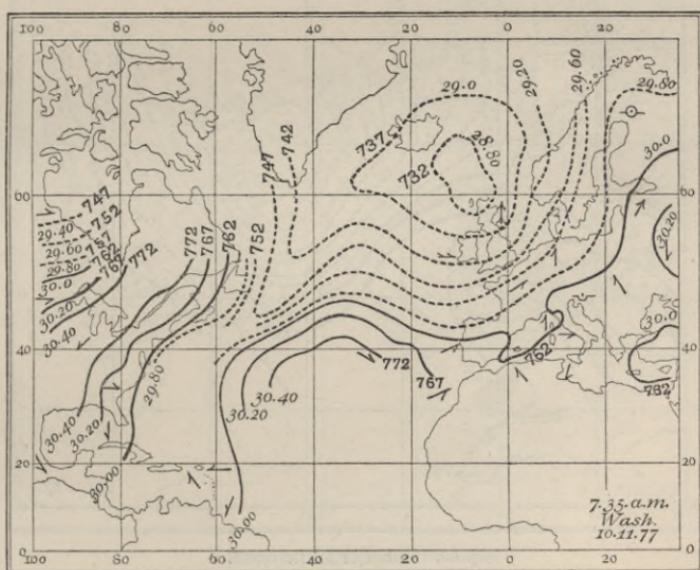


Fig. 64. Südlicher Wettertypus.

wahre Natur der Probleme, welche der Meteorologe zu lösen hat. Die Cyclone, welche am 10. November 1877 Großbritannien bedeckte, hatte ihren Ursprung in der atlantischen Anticyklone, welche die Passatwinde beherrscht. Ihre östliche Bahn wurde abgelenkt durch die asiatische Anticyklone, welche den Nordostmonsun in Kalkutta verursacht, und ihre Intensität wurde vermehrt durch eine Depression, welche von der Hudsonsbai in den Atlantischen Ocean hinauszog. Gleichzeitig wurde die tatsächliche Windstärke an jeder Station durch die Lage derselben bestimmt; jeder Berg zog mehr oder weniger Regen an, jeder Fluß mit Gezeiten verursachte lokale Niederschläge. Dieser Zusammenhang des Größten mit dem Kleinsten bildet eine der bedeutendsten Schwierigkeiten der Wetterkunde; der ganze Scharfsinn des Meteorologen wird in Anspruch genommen, um jedem solchen Einfluß seinen

eigenen Platz und Wert anzuweisen. Er ist nicht im stande, das Wetter irgend eines einzelnen Tages zu erklären, ohne seinen Blick gleichzeitig über die ganze nördliche Halbkugel ebenso wie über die kleinen Berge und Thäler, welche seinen Horizont begrenzen, schweifen zu lassen.

Rehren wir nun zu unserer Cyklone nördlich vom tropischen Gürtel der Anticyklonen zurück. Am 10. November lag eine gut ausgeprägte Cyklone zwischen Schottland und Island, eine V-Depression schob sich in den Sattel zwischen der atlantischen und amerikanischen Cyklone ein, während eine zweite Cyklone die Hudsonsbai bedeckte. Pfeile zeigen für die hervorragendsten Hauptstädte und Städte die allgemeine Richtung und teil-

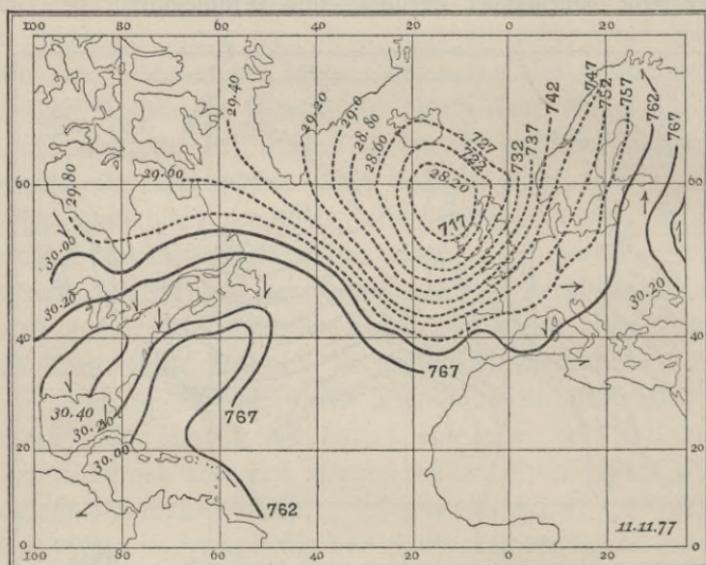


Fig. 65. Südlicher Wettertypus.

weise auch die verschiedene Geschwindigkeit der Winde an. Am nächsten Tage, dem 11., hatte sich die Lage und Gestalt der europäischen Cyklone kaum geändert, wohl aber war ihre Tiefe um nicht weniger als 15 mm (0,6'' engl.) bei gleichbleibender Lage der Isobaren von 762 mm (30'' engl.) über Europa gefallen. Das atlantische V und die Cyklone der Hudsonsbai sind verschwunden und offenbar in der großen Depression, welche jetzt den ganzen nordatlantischen Ocean erfüllt, untergegangen. Die Natur dieser Veränderung muß man sorgfältig erwägen, weil sie für das atlantische Wetter geradezu typisch ist. Sie zeigt das Wesen der Vorgänge, mit welchen der Meteorologe sich zu befassen hat, und die Unmöglichkeit, jemals zur Berechnung der Bahnen der Cyklonen zu gelangen. Wollten die Cyklonen eine nur erträglich regelmäßige Form beibehalten und sich in angenähert festen Bahnen bewegen, so wäre die Wettervorhersage einer der sichersten

und zuverlässigsten Wissenszweige. Wenn aber wie hier zwei oder drei Cyclonen innerhalb 24 Stunden sich zu einer neuen Bildung entwickeln, so kann man nichts Zuverlässiges daraus entnehmen. Wir können nicht sagen, wie die Cyclone der Hudsonsbai im Atlantischen Ocean sich bewegt hat, wenn es auch zweifellos ist, daß sie sich dort bewegt habe. Doch das ist schon einmal die Art der Cyclonen, und unsere Aufgabe besteht hier darin, sie so gut zu erklären, als wir vermögen. Einen einigermaßen analogen Vorfall bemerken wir häufig, wenn wir das Fließen eines Stromes beobachten; es treiben darin zuweilen zwei oder drei kleine Wirbel, und man bemerkt dann, daß sie an einem andern Orte einen einzigen großen bilden.

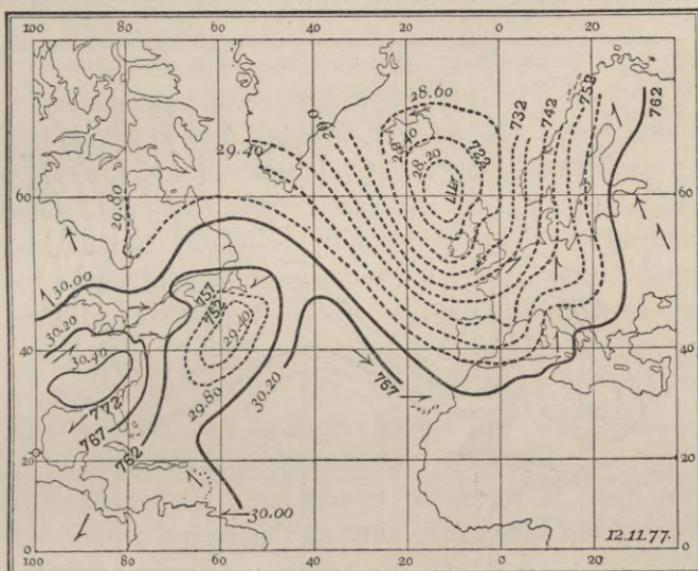


Fig. 66. Südlicher Wettertypus.

Die Wirkung dieser Änderungen in Westeuropa wird darin bestehen, daß das Barometer rasch fällt, und zwar in Folge der Vertiefung und nicht des Fortschreitens der Cyclone, sowie daß die Steilheit der Gradienten mit der allgemeinen Verschärfung des Wetters wächst.

Man beachte an der Isobare von 762 mm (30" engl.) die unregelmäßigen Einbiegungen über Europa; dieselben bedeuten kleine sekundäre Depressionen und zeigen an, daß in den betreffenden Gegenden Regenfälle ohne Wind herrschen.

Unterhalb des cyclonalen Gebietes ist die atlantische und amerikanische Anticyclone durch einen Arm hohen Druckes verbunden; gleichzeitig erscheint eine ausgesprochene Depression über den Bermuden. Am nächsten Tage, dem 12. November (Fig. 66), hat sich das Gebiet niedrigen Druckes, obwohl die Lage des Centrum und die Tiefe der europäischen Cyclone un-

verändert blieb, über ganz Europa ausgedehnt, daß nun von einer Menge sekundärer Depressionen bedeckt erscheint; die Isobare von 762 mm (30" engl.) ist ein wenig nach Osten verschoben. Man beachte, daß die Linie schwachen Widerstandes, welcher entlang die Cyklone sich fortzubewegen strebt, der zwischen der atlantischen und sibirischen Anticyklone liegende Sattel ist.

Die Schlinge in den Isobaren, welche am vorhergehenden Tage über den Bermuden lag, hat sich nun gegen Nordost vorgeschoben und zu einer mäßigen Cyklone entwickelt, während gleichzeitig eine Depression über der Hudsonsbai erscheint.

Man sehe nun auf die letzte Karte (Fig. 67) für den 13. November und versuche zu fagen, in welcher Weise dieselbe mit der vorhergehenden

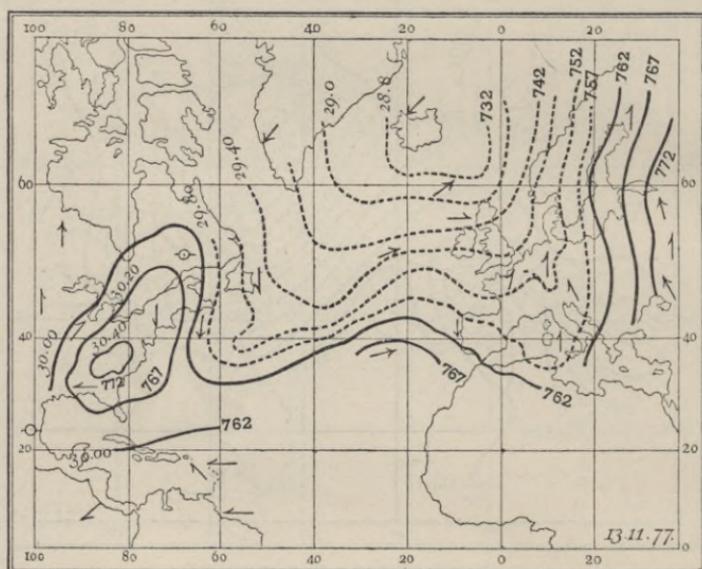


Fig. 67. Süßlicher Wettertypus.

zusammenhängt. Die europäische Cyklone ist nun durch eine unregelmäßige Depression über Island dargestellt, deren größte Tiefe 15 mm (0,6" engl.) höher ist als am vorhergehenden Tage; der allgemeine Zug der Isobaren verbindet sie deutlich mit einer andern Depression in der Mitte des Atlantischen Oceans. Diese letztere stellt gewiß die Cyklone dar, welche auf der vorhergehenden Karte über diesem Gebiete lag, die aber nun an Intensität sehr abgenommen hat und teilweise mit der Depression der Hudsonsbai verschmolzen ist. Die sekundären Depressionen über Europa vom vorhergehenden Tage sind nun durch eine gut angedeutete Ausbiegung der Isobaren über dem Golf von Lyon dargestellt. Beschreiben können wir dies alles, aber wie vermögen wir die Geschichte jeder einzelnen Depression zu erforschen?

Während das Wetter im Atlantischen Ocean an Intensität abnahm, dehnte sich der niedrige Druck von Südeuropa nach Afrika hinein aus, und trotz all dieser Änderungen bleibt die Lage der Isobaren von 762 mm (30" engl.) sehr beständig über den östlichen Küsten des Baltischen Meeres.

Obwohl nun diese Änderungen in ihren Einzelheiten durchaus verschieden sind, zeigen sie doch eine vollständige Analogie mit der Verschmelzung verschiedener Cyclonen zu neuen Bildungen, welche an dem vorhergehenden Tage vorkam, und ähnliche Veränderungen werden so lange anhalten, als dieser Wettertypus bestehen bleibt. Wir können diese Vorgänge angenähert beschreiben, indem wir sagen, daß das Gebiet niedrigen Druckes über dem nordatlantischen Ocean der Schauplatz ununterbrochener Bildung und Auflösung von Cyclonen war, während die Anticyklonen stationär blieben.

Wenn wir auch nicht vorhaben, in die Einzelheiten der Wetterfolge dieses Typus für einen beliebigen Ort oder ein beliebiges Land einzugehen, so wollen wir doch darauf hinweisen, daß die allgemeinen Züge für einen einzelnen Beobachter in Westeuropa sich sehr einfach darstellen.

Sowie der Luftdruck fällt, steigt die Temperatur, und der Himmel wird immer düsterer, bis endlich rieselnder Regen einsetzt. Der Wind kommt nach einer leichten Zurückdrehung aus südlicher Richtung und nimmt an Geschwindigkeit zu, bis das Barometer den niedrigsten Stand erreicht hat. Sobald der Luftdruck wieder zuzunehmen beginnt, viert der Wind ein wenig und fällt dann allmählich ab, die Luft wird kühler und der Himmel beginnt sich aufzuhellen, doch die Wolken werden selten massiv und bilden keine gut ausgesprochenen Cumuli. Am nächsten Tage wiederholt sich möglicherweise dieselbe Wetterfolge, nur etwa in der Intensität, nicht aber im allgemeinen Charakter verschieden. Es kann vorkommen, daß dieses wechselnde Wetter zuweilen wochenlang andauert.

Die Temperatur dieses Wettertypus ist stets eine hohe, zum Teil infolge der vorherrschenden südlichen Winde; sowie aber die Cyclonen erlöschen, ist der leichte Grad von Kälte, welcher ihnen folgt, ziemlich fühlbar. Zuweilen reicht ein Teil der russischen Anticyklonen bis nach England, und dann würde im Winter Raufrost von kurzer Dauer folgen. Die Luft ist immer dampfreich, hauptsächlich infolge der Wirkung der südlichen Winde, und infolge dieser Feuchtigkeit ist der Himmel gewöhnlich trüb oder bewölkt. Der Wind fällt durch seine Gleichmäßigkeit sowohl in Bezug auf die Richtung als auf die Art und Weise des Wehens auf. Diese Gleichmäßigkeit findet ihre Erklärung darin, daß die cyclonalen Verhältnisse einen so großen Maßstab annehmen.

Soviel über die Erklärung des Wetters, nachdem es vorüber ist. Wir wollen nun aber zusehen, was aus diesem Beispiele für die Wettervorhersage zu lernen ist. Beginnen wir im Westen. Wer in den Vereinigten Staaten

das Wetter vorherzusagen will, hat es mit zwei Klassen von Cyclonen zu thun. Man kann keine allgemeinen Gesetze ableiten, nach welchen man berechnen könnte, wo eine heute vorhandene Cyclone morgen sein wird. Aus Erfahrung weiß man aber, daß die Cyclonen, welche sich bei den Bermuden bilden, einen ganz andern Weg einschlagen als diejenigen der Hudsonsbai, und so kann man sich im allgemeinen über die wahrscheinliche Bewegung derselben eine leidliche Vorstellung machen.

Hat man erkannt, daß eine andauernde Periode dieses Typus begonnen hat, so ist es klar, daß dadurch mit einemmal der allgemeine Witterungscharakter und die Windrichtung bestimmt ist. Wer dann das Wetter vorauszusagen hat, weiß, daß die Reihe von Cyclonen, welche vom Atlantischen Ocean hereindringen, nicht sobald aufhören wird, so daß das Land fortwährend unter dem Einflusse der Vorderseite der Cyclonen stehen muß. Für die Sturmwarnungen hat man dann nur auf die Anzeichen zu sehen, welche darauf hindeuten, daß die Intensität der Cyclone so anwachsen werde, um Stürme zu erregen. Das in der Figur 64 und 65 gegebene Beispiel ist sehr charakteristisch für einen Sturm, der, ohne daß die Cyclone sich irgendwie bewegt hätte, einzig und allein in Folge des Anwachsens der Intensität derselben entstand. Das beweist den Wert aller aus was immer für einer Quelle stammenden Zeichen, welche auf das Anwachsen oder Nachlassen der Intensität der Cyclone zu schließen gestatten.

Eine Betrachtung unserer Karten wird zeigen, daß das betroffene Gebiet so groß ist, daß es hoffnungslos erscheint, die Cyclonen als Ganzes zu verfolgen. Gewöhnlich giebt es innerhalb des Gebietes, über welches sich unsere telegraphischen Wetterberichte erstrecken, im Nordosten oder Osten Stellen, wo der Luftdruck konstant bleibt. Die Schwankungen über dem Atlantischen Ocean sind dann groß, und bei der Wettervorhersage muß man folgerichtig zuerst versuchen, das Gebiet konstanten Luftdruckes festzustellen, und dann erst genau auf den Zeitpunkt achten, wann das Barometer an der Westküste von Irland rasch fällt, wodurch eben steile Gradienten und ihnen entsprechende Stürme hervorgebracht werden. Hat sich einmal ein Stück eines Ringes steiler Gradienten gebildet, so muß sein Vorrücken nach Osten mit Hilfe des Telegraphen verfolgt und darauf Rücksicht genommen werden, daß der hohe Druck über Skandinavien demselben den Weg verlegt. Da das Fortschreiten der steilen Gradienten langsam und ziemlich regelmäßig ist, und wie wir früher gezeigt haben, die Windrichtung wie auch der allgemeine Witterungscharakter nur geringer Unsicherheit unterliegt, so kann man Stürme dieses Typus in der Praxis viel leichter vorherzusagen als die jeder andern Klasse.

In Centraleuropa sind diejenigen Meteorologen, welche das Wetter vorherzusagen haben, nicht so glücklich. Die Natur der Änderungen ist dort

so verwickelt und so schlecht bestimmt, daß man ihnen kaum zu folgen vermag, nachdem sie sich schon vollzogen haben; man kann daher wenig mehr thun, als im allgemeinen veränderliches Wetter bei fallendem Barometer und fortwährend sich bildenden Depressionen vorher sagen, welche gleichsam als sympathische Affektionen der auf dem Atlantischen Ocean entstehenden sich entwickeln. Beginnt das Barometer zu steigen, so zeigt das ein Besserwerden des Wetters an.

In Rußland hat die Wettervorhersage eine ganz verschiedene Aufgabe. Erkennt man dort diesen Typus, so weiß man, daß so lange keine Furcht vor schlechtem Wetter bestehen kann, als die dortige Anticyklone anhält. Wir haben schon gezeigt, daß immer eine Isobare, in diesem Falle von 762 mm (30" engl.), vorhanden ist, welche nahezu die gleiche Lage beibehält. Man hat dann dieselbe nur in jedem Falle ausfindig zu machen und alle Anzeichen einer ernstern Änderung ihrer Lage im Auge zu behalten. Wir lernen hieraus, daß die Grundlage der ganzen Vorhersage mit Hilfe synoptischer Karten darin zu suchen ist, daß der in einer Centralanstalt damit betraute Beamte aus eigener Erfahrung die Bahnen der Cyclonen in seinem Lande kennen lerne und in jedem Falle, gestützt auf die selbsterforschten Kennzeichen, nach bestem Wissen entscheide.

Die Eigenschaft eines Wettertypus, längere Zeit anzudauern, heißt die Beständigkeit dieses Typus. Manche Witterungsphasen beruhen auf dieser Eigenschaft, und für die Vorhersage ist es sehr wichtig, die Anzeichen einer solchen Beständigkeit zu erkennen. Da die letztern aber die gleichen sind für diesen wie für einen andern Typus, so wollen wir die einzelnen Merkmale dieser Beständigkeit später beschreiben.

Was nun die Zeichen einer Änderung dieses Typus betrifft, so mag derselbe sich unmerklich einerseits in den westlichen, andererseits in den östlichen Typus verwandeln; die letztere Verwandlung tritt jedoch mehr unvermittelt auf. Wir sind nicht in der Lage, eine ins einzelne gehende Beschreibung dieser Umgestaltungen zu geben.

### Westlicher Typus.

In diesem Typus dehnt sich der Gürtel der Anticyklone nicht gar weit nach Norden aus, und der Luftdruck nimmt stetig von den Tropen gegen Norden hin ab. Unter diesen Umständen entwickeln sich die Cyclonen an der Nordseite der atlantischen Anticyklone; sie bewegen sich rasch dem Gürtel hohen Druckes entlang nach Osten und erlöschen gewöhnlich, nachdem sie von der atlantischen Anticyklone sich abgetrennt haben, auf ihrem östlichen Wege. Ihre Intensität und demgemäß auch das Wetter, das sie hervorbringen, ist zahllosen Schwankungen unterworfen. Wenn die Cyclonen so südlich sich bilden, daß ihr Centrum über England hinweggeht und sie dabei

von mäßiger Ausdehnung sind, so ist ihre Intensität gewöhnlich groß und es stellen sich dann heftige, stark entwickelte Stürme mit scharfen Winddrehungen ein. Die letztern kommen am häufigsten im Frühjahr und Herbst vor; sie sind von allen Stürmen, welche England durchqueren, die zerstörendsten.

Bei einer andern Modifikation, wenn der Druck im Norden niedrig ist und die Isobaren fast genau ostwestlich verlaufen, schiebt sich das ganze arktische Gebiet niedrigen Druckes mit einer außerordentlich schlecht umgrenzten Cyclone wellenartig südwärts.

Dadurch entsteht ein Rand steiler Gradienten entlang der Nordseite der atlantischen Anticyklone und über Großbritannien in analoger Weise wie in der oben beschriebenen Phase des südlichen Typus. Die Anzeichen deuten dann auf Regen mit südwestlichen Stürmen bei geringer Winddrehung hin. Diese Art gehört fast ausschließlich den Wintermonaten an.

Allein die bei weitem gewöhnlichste Modifikation zu jeder Jahreszeit und diejenige, die etwa 70 % der europäischen Wetterzustände erzeugt, ist diejenige, bei welcher die Intensität eine mäßige ist und die Bahnen der Cyclonen so weit nördlich von den britischen Inseln liegen, daß bei Annäherung einer Cyclone der Wind nur ein paar Striche zurückdreht und beim Vorübergange derselben ein paar Striche gegen Westen viert. Die allgemeine Windrichtung liegt dabei zwischen Südwest und West, ohne daß die Windstärke zu der eines Sturmes anschwillt; doch fällt dabei Regen in mäßiger Menge.

Im Sommer bedeckt zuweilen eine Verlängerung der atlantischen Anticyklone den südlichen Teil von Großbritannien, und entfernte Cyclonen von geringerer Stärke üben gerade noch einen Einfluß auf die nördlichen Länder von Europa aus. Die Intensität ist dann zu schwach, um Regen zu erzeugen, und führt nur zur Wolkenbildung um die Mittagszeit, so daß dann schönes, trockenes Wetter herrscht, das, wenn es lange andauert, Trockenheit verursachen kann.

Der westliche Typus ist bei weitem der gewöhnlichste aller Wettertypen in der gemäßigten Zone; er kommt zu jeder Jahreszeit vor.

Dieser Typus in Europa ist zuweilen von einer ähnlichen Wetterphase in den Vereinigten Staaten begleitet. Liegt nämlich über Mexiko hoher Druck, so bilden sich über dem Felsengebirge Cyclonen, welche über das Seengebiet in den Atlantischen Ocean hinauswandern. Die Cyclonen, welche von den Vereinigten Staaten über den Atlantischen Ocean nach Europa ziehen, gehören fast ausnahmslos dieser Klasse an. Zu andern Zeiten bedeckt eine andauernde Anticyklone den amerikanischen Continent, und dann bildet sich das ganze System der europäischen Cyclonen in der Mitte des Atlantischen Oceans.

Bevor wir näher in die Einzelheiten eingehen, wird es gut sein, einige der Hauptzüge dieses Typus an Beispielen zu erläutern. Wir geben daher in Figur 68—71 Karten des nordatlantischen Oceans und Europas für die vier Tage vom 26. Februar bis 1. März 1865. Dieselben können als eine treffliche Illustration des gewöhnlichen unbeständigen Wetters in Europa angesehen werden; die Cyclonen sind da nicht von genügender Intensität, um steile Gradienten und heftige Stürme zu erzeugen. Die atlantische Anticyklone ist stets im Westen von einer zweiten begrenzt, welche über den amerikanischen Kontinent sich ausbreitet; eine weitere hält sich im Osten über Centralasien. Die letztere erscheint nur auf drei der hier wieder-

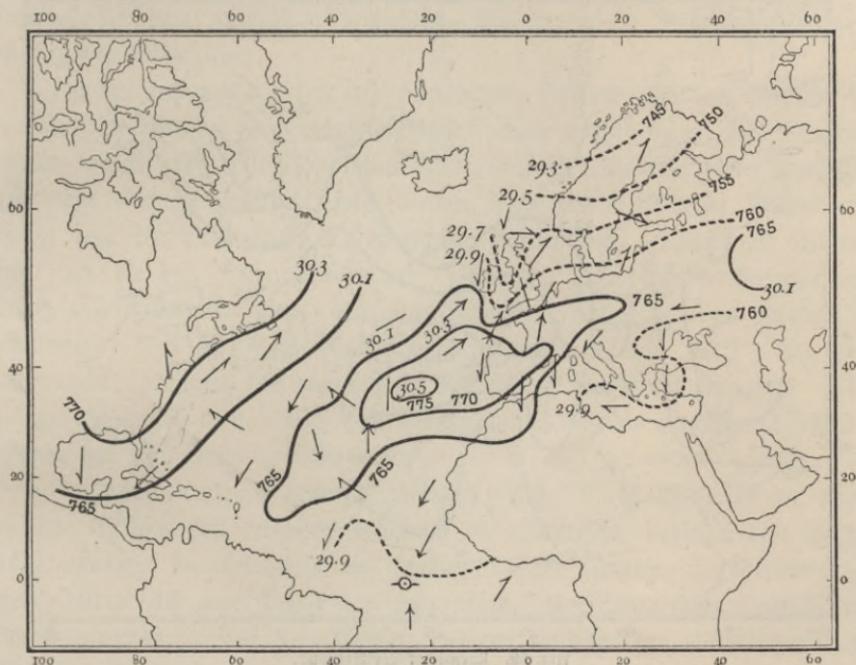


Fig. 68. Westlicher Wettertypus.

gegebenen Karten. Wir haben es daher hier mit der Zone der Passatwinde südlich von der atlantischen Anticyklone, mit den Sätteln zu beiden Seiten derselben und mit dem Abfall der gegen die Pole sich erstreckenden Druckabnahme zu thun.

Wir wollen zuerst die äquatoriale Zone vornehmen, weil wir zunächst die Natur der Wetteränderungen in diesem Teile der Erde kennen lernen müssen, um dann bis zum Ende des Kapitels nicht mehr auf diesen Gegenstand zurückzukommen. An allen vier Tagen sind die großen Züge der tropischen Luftdruckverteilung dieselben, d. h. der Wettertypus ist wesentlich konstant. In den Einzelheiten aber gleichen sich nie zwei Tage; denn eine Reihe von Ausbiegungen der Isobaren weist auf eine Folge von Wetter-

änderungen hin, von welchen einige möglicherweise einen Einfluß auf Europa ausüben könnten. Am ersten Tage, dem 26. Februar (Fig. 68), zeigt die Isobare von 760 mm (29,9" engl.) nur eine Biegung nach Norden; der Nordost- und Südostpassat ist in der Nähe des Äquators durch eine Kalme getrennt. Am folgenden Tage erscheint diese Biegung mehr ausgeprägt; sie hat sich ein wenig weiter nach Nordost verschoben. Diese letztere Bewegung ist sehr interessant. Der vorherrschende Wind ist nordöstlich, allein die Windrichtung hat sich der Biegung der Isobaren nicht in jener Weise angeeignet, welche man hätte erwarten sollen.

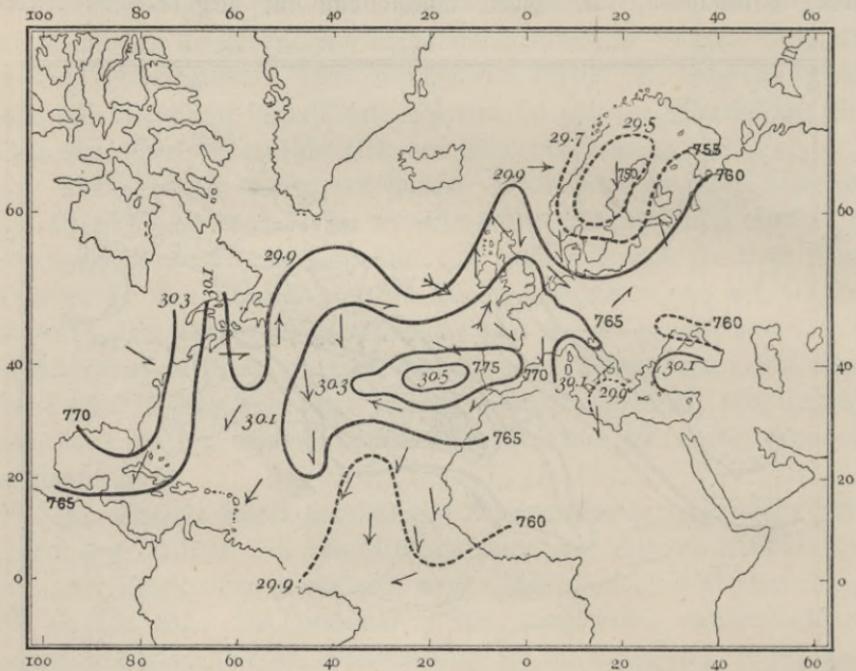


Fig. 69. Westlicher Wettertypus.

Am dritten Tage, dem 28. Februar (Fig. 70), kommen große Veränderungen vor. Unterhalb des Sattels, welcher in der Nähe von Bermuda liegt, erscheint nun eine zweite Biegung, wodurch das Gebiet der Passatwinde in Westindien eine bedeutende Änderung erfährt. Am darauffolgenden Tage (Fig. 71) hat sich diese Biegung zu einer gut umgrenzten Cyclone von mäßiger Intensität entwickelt, welche gegen Nordwesten wandert und möglicherweise die Küsten von Großbritannien beeinflusst. Wir sehen daraus, daß die Einzelheiten der Luftdruckverteilung in dieser Zone fortwährenden Änderungen unterworfen sind, die aber nie eine gewisse Grenze überschreiten. Wir verstehen daher leicht, warum das Wetter, das in diesen Breiten immer herrscht, im allgemeinen als Ostwetter beschrieben wird, das in seiner Stärke veränderlich und je nach den Umständen schön oder regnerisch ist, das aber

niemals die cyclonale Wetterfolge der gemäßigten Zone aufweist. Diese Abwechslung im Wetter nennt man die Schwankung des Typus, im Gegensatz zu einer Änderung des Typus, welche letztere eine vollständig verschiedene Luftdruckverteilung voraussetzen würde.

Von dieser Abschweifung zu den Passatwinden müssen wir nun zu dem cyclonendurchfurchten Gebiete der gemäßigten Zone und den Sätteln der subtropischen Teile der Erde zurückkehren. Am 26. Februar (Fig. 68) finden wir ein Bruchstück einer großen Cyclone über Norwegen, ein V über Großbritannien, einige verwickelte, sekundäre Cyclonen über dem Mitteländischen Meere und eine Anticyclone über den Vereinigten Staaten. Man beachte aber drei unschuldig aussehende Biegungen am Nordwestrande der atlantischen Anticyclone.

Am folgenden Tage sind die norwegische Cyclone und das britische V verschmolzen oder in eine unregelmäßige Cyclone aufgegangen, die Skandinavien bedeckt. Die mittelländischen sekundären Depressionen haben ebenfalls eine neue Cyclone gebildet, und in der Nähe des Schwarzen Meeres erscheint jetzt ein Vorsprung der asiatischen Anticyclone. Weiter im Westen sind nun die drei Biegungen in den Isobaren, welche am vorhergehenden Tage so harmlos aussahen, auf zwei reduziert, haben aber an Intensität gewonnen. Die eine liegt südlich von Island und der „Keil“, der ihr vorausgeht, bestimmt für diesen Tag das Wetter in Großbritannien. Die andere schwächere liegt südlich von Neufundland, und die amerikanische Anticyclone hat sich etwas zurückgezogen.

Am nächsten Tage, dem 28. Februar (Fig. 70, S. 238), ist die norwegische Cyclone fast erloschen, während die atlantische, begleitet von ihrem Keile, ostwärts wanderte und an Intensität stark gewann. In Verbindung damit bildete sich eine Menge von sekundären Depressionen über Deutschland und Centraleuropa auf dem Sattel, welcher zwischen der atlantischen und asiatischen Anticyclone liegt. Ähnliche Änderungen sind für das europäische Wetter während der Dauer dieses Typus äußerst charakteristisch, und die Kenntnis derselben ist für die Wetterprognose von der größten Bedeutung. Die Cyclone, welche vom Atlantischen Ocean kam, bewegte sich nach Nordost und wird auch fortfahren, nach dieser Richtung sich zu bewegen. Insofern könnte man nun sagen, daß sie für die Wettervorhersage in Centraleuropa keine Bedeutung habe. Wenn wir aber wissen, daß der Vorübergang dieser Cyclone sekundäre Depressionen und schlechtes Wetter erzeugt, so ist es augenscheinlich, daß der indirekte Einfluß der atlantischen Cyclone sehr groß ist. Wir können für jeden Teil der Erde behaupten, daß der Vorübergang einer Cyclone in der gemäßigten Zone auf dem tropischen Sattel, oberhalb welchem sie vorüberzieht, sekundäre Depressionen entwickeln wird. Wir mögen dies auch als eine Erläuterung der Thatsache ansehen, daß die Feststellung der

Bahn bestehender Cyclonen im Vergleiche mit der viel wichtigeren Aufgabe der Entdeckung von Einflüssen, welche neue Cyclonen hervorbringen oder bestehende zerstören, in der Wetterprognose nur eine kleine Rolle spielt.

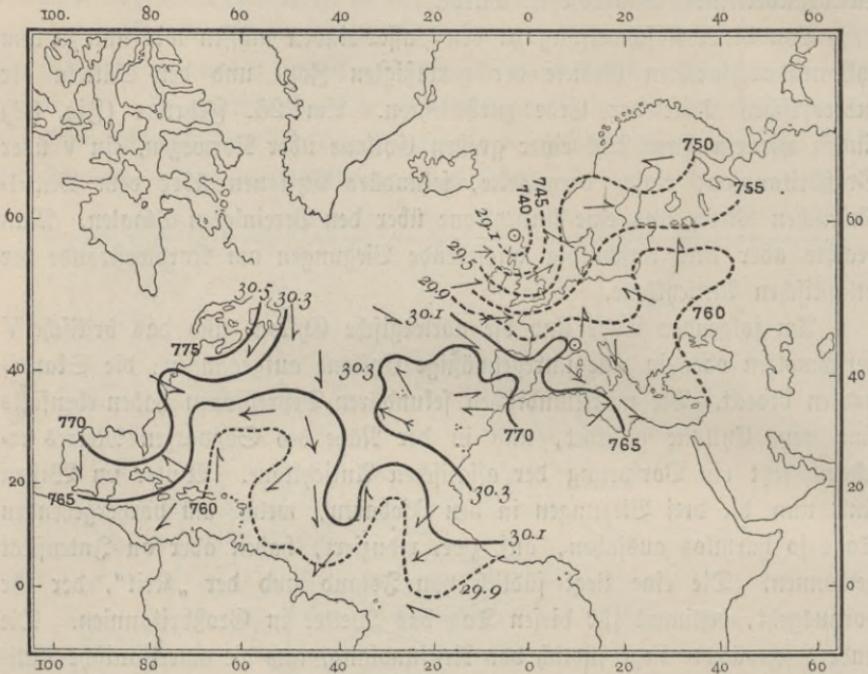


Fig. 70. Westlicher Wettertypus.

Der Sattel in der Nähe von Bermuda hatte eine gut ausgeprägte Einbiegung bei den westindischen Inseln entwickelt.

Am Morgen des 1. März (Fig. 71) endlich haben sich alle diese Änderungen etwas weiter entwickelt. Die britische Cyclone begann sich auszufüllen und die europäischen sekundären Depressionen haben viel an Intensität eingebüßt. Es ist dies ein Beispiel für das, was wir schon im allgemeinen bemerkt haben, daß eine Cyclone, welche sich ausfüllt, an Intensität verliert, und umgekehrt. Im mittelatlantischen Ocean hat sich die Biegung der Isobare in der Nähe von Bermuda, wie schon bemerkt, zu einer kleinen Cyclone entwickelt, welche zwischen der atlantischen und amerikanischen Anticyclone liegt. Die letztere hat sich ein wenig nach Osten verschoben.

Wir wollen nun die allgemeinen Züge des Wetters in England während dieser vier Tage als Beispiel dieses Typus auseinandersetzen, und der Leser kann für jedes Land das Entsprechende selbst ergänzen. Am Morgen des 26. Februar war das Wetter in England feucht und unbeständig, infolge des Einflusses des V. Am folgenden Tage war es wunderbar schön, infolge des „Keiles“, am dritten Tage wieder feucht und stürmisch — diesmal infolge einer wahren Cyclone — und schließlich am vierten Tage kalt

## Luftdrucktypen der gemäßigten Zone: Westlicher Typus.

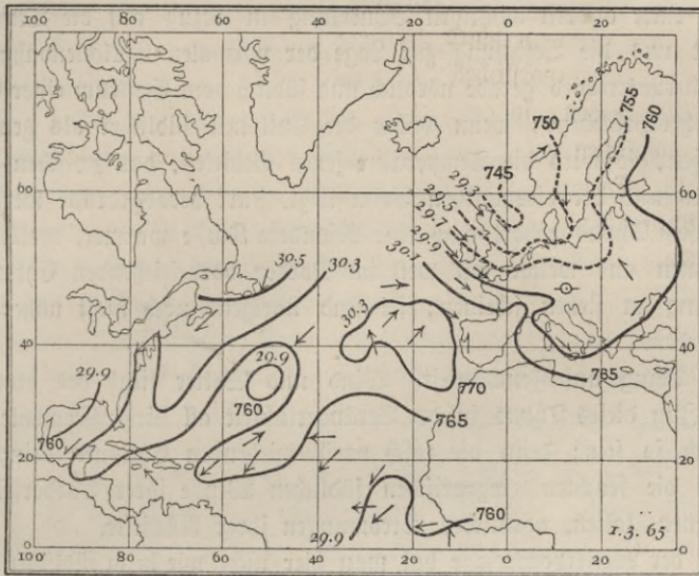


Fig. 71. Westlicher Wettertypus.

und schön, wie es der Rückseite der Cyclone entspricht. Ähnliche Abwechslungen im Wetter werden mit zahllosen Abänderungen vor sich gehen, solange der Typus anhält. Wir lernen hieraus den Unterschied zwischen dem westlichen und südlichen Typus kennen. Während der Herrschaft des letztern war Großbritannien fortwährend nur dem Einflusse der Vorderseite der Cyclonen ausgesetzt; beim westlichen Typus entwickeln sowohl die Vorderseite als die Rückseite der Cyclonen, das ihnen charakteristische Wetter. Die Einzelheiten der Temperaturänderungen, welche während der ersten drei Tage ganz Europa betreffen, haben wir im Kapitel über Wärme und Kälte beschrieben.

Die Vereinigten Staaten standen in diesem Falle andauernd unter dem Einflusse einer beständigen Anticyclone, und es erhellt daraus, soweit möglich, die Natur eines Wettertypus dieses Landes.

Wir sind nun in die Lage versetzt, die folgenden Eigentümlichkeiten des charakteristischen Wetters dieses Typus zu verstehen.

Die allgemeine Temperatur dieses Typus liegt ziemlich nahe dem Durchschnitte der jeweiligen Jahreszeit, etwas wärmer auf der Vorderseite, ein wenig kälter auf der Rückseite der Cyclonen. Im Winter erzeugt das Vorherrschende dieses Typus mildes Wetter, da der Wind den starken Frost verhindert, es wäre denn, daß die Cyclonen so weit nördlich ziehen, daß der Einfluß der atlantischen Anticyclone zur Geltung kommt.

Im Sommer hingegen bleibt, wenn der Typus intensiv auftritt, die Temperatur unter dem Durchschnitt, weil die außerordentlich große Wolkenmenge die Wirkung der Sonnenstrahlen behindert.

Zu einer andern wichtigen Bemerkung in Bezug auf die Temperatur veranlaßt uns die Beziehung zur Lage der normalen Cyklonenbahn. Der Temperaturunterschied gerade nördlich und südlich vom Centrum einer Cyklone ist sehr hervorstechend; wenn daher die Cyklonen südlicher als gewöhnlich vorbeiziehen, so wird die Temperatur jenes Gebietes, das zwischen der gewöhnlichen und der diesmaligen Bahn liegt, stark herabgedrückt werden.

Diesem Typus gehört auch eine besondere Klasse warmer, wolkenreicher Anticyklonen an, welche mit weit im Norden vorbeiziehenden Cyklonen in Verbindung zu stehen scheinen; sie sind übrigens noch nicht näher untersucht worden.

In Bezug auf Feuchtigkeit, Wind und Wetter liegt der bemerkenswertheste Zug dieses Typus in der Veränderlichkeit all dieser Elemente. Das muß auch so sein; denn die rasch vorüberziehenden Cyklonen bringen abwechselnd die feuchten, regnerischen südlichen Winde ihrer Vorderseite und die trockenen, kalten, nördlichen Strömungen ihrer Rückseite.

Bei der Wettervorhersage hat man hier nicht wie beim südlichen Typus zu erwägen, wie die Cyklonen erlöschen, sondern die Bahn zu ermitteln, auf welcher sie sich bewegen werden. Allgemeine Regeln helfen dabei wenig; man muß sich nach eigenem Urtheile eine Meinung darüber bilden, welche sich auf die Erfahrungen stützt, die man über die Cyklonenbahnen im eigenen Lande gemacht hat. In Großbritannien ist man z. B. oft in der Lage vorherzusagen, ob das Centrum einer Cyklone nur die Nordwestküste von Schottland streifen oder aber auf seinem Wege nach Dänemark England durchqueren werde.

Dr. van Bebber hat die Cyklonenbahnen von Centraleuropa zum Gebrauche der deutschen Seewarte klassifiziert, und in den Vereinigten Staaten weiß man, daß die größte Anzahl der Cyklonen der Linie der großen Seen und des Thales des Lorenzostromes entlang zieht. Wir dürfen nicht vergessen, daß trotz jeglicher Klassifikation jede Cyklone fast nach beliebiger Richtung wandern kann; unsere Kenntniß von den gewöhnlichen Cyklonenbahnen ist daher weniger für die Wettervorhersage als für die Erklärung der klimatischen Eigentümlichkeiten eines Landes von Nutzen.

#### Nördlicher Typus.

Den besondern Zug dieses Typus bildet das Vorhandensein einer großen Anticyklone über Grönland und dem arktischen Teile des Atlantischen Meeres, welche mit der atlantischen Anticyklone entweder zusammenhängt oder nur durch einen Sattel von ihr getrennt ist. Auf der Ostseite derselben über Europa und Rußland liegt andauernd ein Gebiet niedrigen Druckes, welches der Schauplatz der Bildung einer ununterbrochenen Reihe von Cyklonen ist, während unzählige sekundäre Depressionen über Großbritannien und Frankreich

sich entwickeln. Die Cyclonen bewegen sich entweder ostwärts oder schwellen, wenn sie stillstehen, an und ab und ändern dabei ihre Gestalt in sehr eigentümlicher Weise.

Wir haben hier in der That das genaue Gegenteil des südlichen Typus. Im letztern sehen wir Europa unter der beständigen Einwirkung südlicher Winde und der Vorderseite der Cyclonen stehen; in diesem steht es ebenso beständig unter der Herrschaft nördlicher Winde und der Rückseite der Cyclonen. Dieser Typus kommt am häufigsten im Winter, Frühling und Sommer vor, in den Herbstmonaten ist er sehr selten.

An der amerikanischen Seite des Atlantischen Oceans übt diese Druckverteilung einen tiefgehenden Einfluß auf den allgemeinen Charakter des

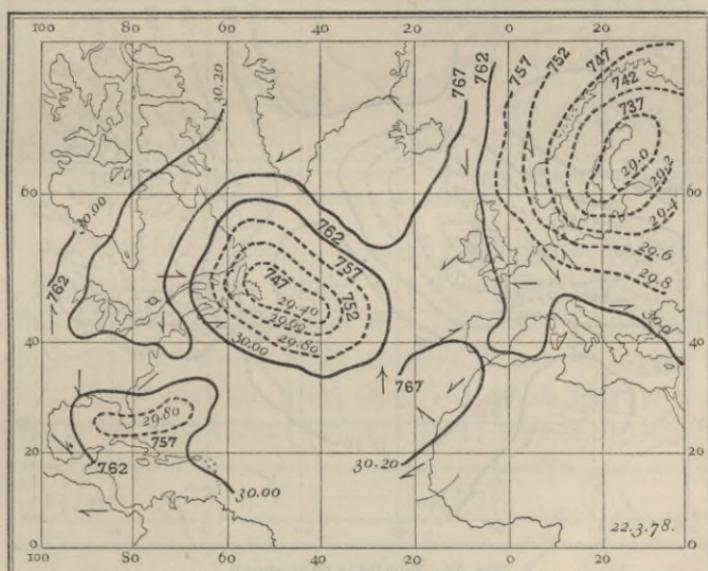


Fig. 72. Nördlicher Wettertypus.

Wetters aus. Statt daß die Cyclonen unbehindert ihren Weg zum Atlantischen Ocean finden könnten, wird ihr östliches Fortschreiten durch die Gebiete hohen Druckes gehemmt, und manchmal kehren sie ihre Richtung geradezu um.

Wir geben in Figur 72 bis 75 die Wetterkarten der Vereinigten Staaten für die nördliche Halbkugel vom 22. bis 25 März 1878, 12 Uhr 43 Min. nachmittags (Greenwichzeit), oder 7 Uhr 35 Min. morgens (Washingtonzeit). Auf allen bemerkt man, daß der hohe atlantische Druck sich weit nach Norden erstreckt, bis er eine andere Anticyclone, welche über Grönland liegt, nahezu trifft; ebenso findet man auf allen einen relativ niedrigen Druck sowohl über dem nördlichen Europa als über den östlichen Staaten der amerikanischen Union.

Am 22. März (Fig. 72) bildet jedes dieser Gebiete niedrigen Druckes eine Cyclone, die eine über Finnland, welche für Großbritannien und den

größern Teil von Europa nördliche Winde und bewölkttes Wetter bringt, die andere etwa 500 km östlich von Neufundland. Eine von diesen unabhängige Cyklone liegt in der Nähe von Florida, und ein Sattel trennt die atlantische von der grönländischen Anticyklone.

Am nächsten Tage (Fig. 73) hat sich das Gebiet der Cyklone, obwohl ihr Centrum in Finnland kaum seine Lage geändert hat, westwärts ausgedehnt und das Wetter über Westeuropa eher verschlechtert.

Man beachte besonders, daß das Barometer in manchen Teilen von England etwa 7,5 mm (0,3" engl.) gefallen ist, daß dies aber nicht dem Vorübergehe einer Cyklone, sondern nur der Vertiefung derselben zu verdanken ist.

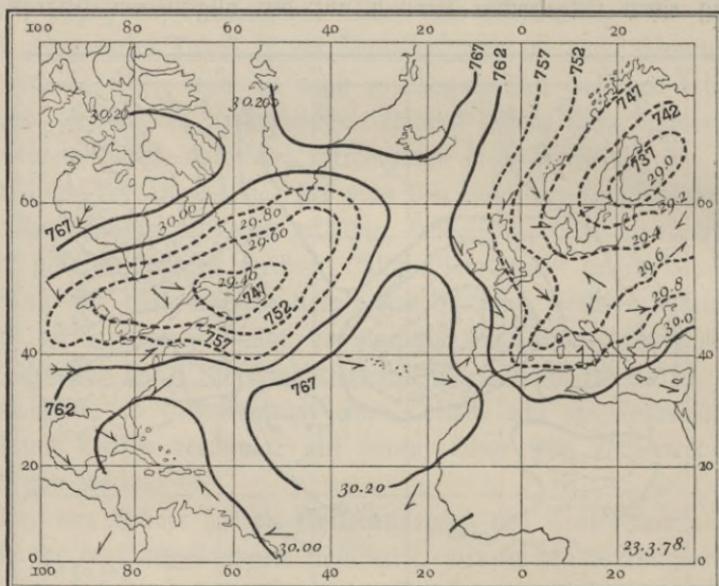


Fig. 73. Nördlicher Wettertypus.

Auf der andern Seite des Atlantischen Oceans hat sich die neufundländische Cyklone nach Westen bewegt, sich mit der Cyklone von Florida vereinigt und so ihr Gebiet dermaßen ausgedehnt, daß es die nördlichen Staaten ganz bedeckt. Die atlantische Anticyklone hat sich erweitert und mehr nach Norden vorgeschoben.

Mittags den 24. (Fig. 74, S. 243) hat die finnländische Cyklone jede bestimmte Gestalt verloren, während sich gleichzeitig ein neues Centrum über den Karpaten und ein verworrenes System sekundärer Depressionen über Westeuropa bildete. Dieser ganze Vorgang ist für diese Art der Wetterlage typisch.

Wir haben im Kapitel über die Böen auf diese Karte verwiesen; denn, abgesehen von den verwickelten Biegungen der Isobaren, welche wir über England und Frankreich vorfinden, hat sich auch eine V-förmige Depression von großer Intensität gebildet, welche eine Böe erzeugte, die das englische Kriegsschiff „Curydice“ fast in Sicht des Hafens zum Sinken brachte.

Sufdrucktypen der gemäßigten Zone: Nördlicher Typus.

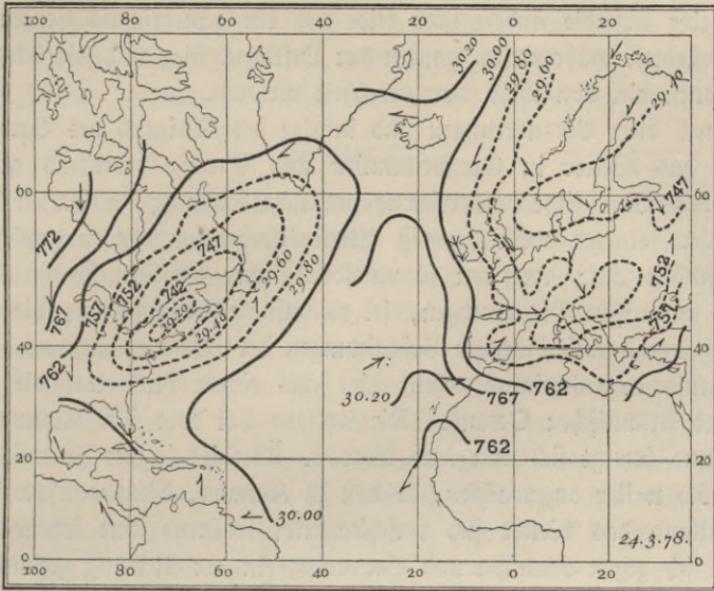


Fig. 74. Nördlicher Wettertypus.

Die amerikanische Cyclone hat sich nach Südwesten verschoben, und ihr Centrum liegt nun über den Staaten von Neuengland. Sie hat auch an Größe etwas verloren, an Intensität aber gewonnen, wahrscheinlich unter dem Einflusse der Anticyclone, welche nordwestlich von ihr liegt.

Auf der Karte vom 25. März (Fig. 75) endlich sehen wir, daß die beiden Centren der europäischen Cyclonen sich in einer Weise bewegten, als

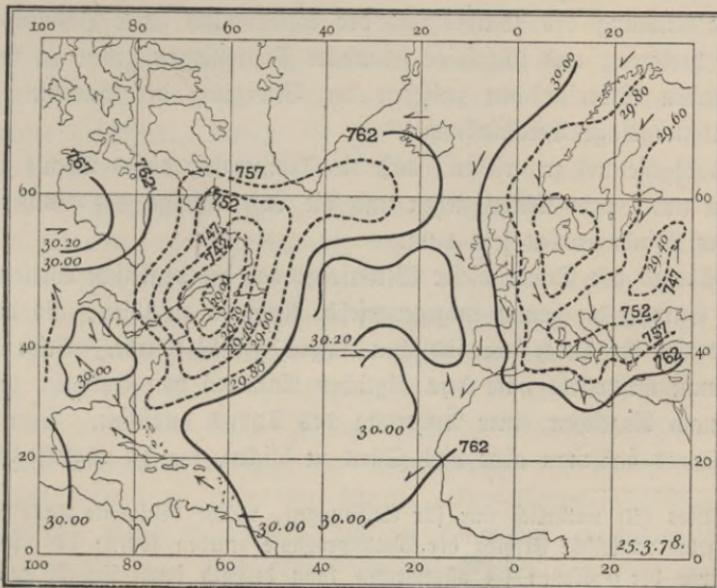


Fig. 75. Nördlicher Wettertypus.

ob die eine um die andere oder beide um ein gemeinsames Centrum sich drehen würden, während im ganzen der Luftdruck stieg und die sekundären Depressionen viel von ihrer Verworrenheit verloren.

Durch diese Veränderungen und in Folge des Steigens des Barometers hat sich das Wetter in Großbritannien und Europa bedeutend gebessert, obwohl der Wind seine vorherrschend nördliche Richtung beibehalten hat.

Unsere Karten weisen gewiß Wetteränderungen von ungewöhnlicher Verworrenheit auf; aber um so unwiderleglicher beweisen sie die Unmöglichkeit, numerische Berechnungen, sei es auf die Bewegungen, die Winde oder auf irgend welche andere Erscheinungen der Cyclonen anzuwenden\*.

Ebenso augenscheinlich erhellt dies aus einem Blicke auf die andere Seite des Atlantischen Oceans. Die Cyclone hat dort ihre Richtung umgekehrt und bewegt sich nun nach Nordost. Uebrigens ist die Intensität derselben noch weiter angewachsen, so daß in Kanada, Neubraunschweig und Neuschottland das Wetter sich verschlechterte, während eine sekundäre Depression sich gegen Bermuda und eine andere in der Richtung gegen Island vorschiebt.

In Großbritannien ist die Wetterfolge an einem bestimmten Orte, solange dieser Typus anhält, ziemlich einfach. Wenn das Barometer fällt, viert der Wind nach Nordost und wird der Himmel drohend bewölkt. Wind und Regen richten sich nach der Intensität, die Temperatur steigt an. Der Himmel hellt sich dann auf, der Wind dreht nach Nord und Nordwest zurück, und bei steigendem Barometer beginnt es kälter zu werden.

Während der ganzen Dauer dieses Typus geht aber die allgemeine nördliche Richtung des Windes und der eigentümlich harte Himmelsanblick niemals verloren, und unzählige sekundäre Depressionen geben zu manchen verwirrenden Widersprüchen zwischen der Bewegung des Barometers und der Witterungslage Veranlassung.

Es ist hieraus zu ersehen, daß die Temperatur dieses Typus im allgemeinen unter dem Mittel stehen und die Luft in Folge des Vorherrschens nördlicher Winde trocken sein muß.

Während der Dauer dieser Wetterfolge hat die praktische Wettervorhersage in Europa die genau entgegengesetzte Aufgabe zu lösen, als diejenige war, welche ihr durch den südlichen Typus gestellt wurde. Beim letztern mußte man westwärts nach dem täglichen Anrücken von Cyclonen und ostwärts nach Anzeichen einer Änderung des Typus aussehen. Beim nördlichen Typus hat man aber nach Osten zu blicken, um die tägliche Bildung

\* Dies gilt natürlich nur für Rechnungen, welche bestimmte Fälle betreffen und einzelne praktische Erfolge der Wetterprognose ergeben sollen; die theoretische Behandlung der Cyclonen im allgemeinen kann deshalb immerhin auf dem Wege des Kalküls mit Nutzen versucht werden.

Der Übersetzer.

neuer Cyclonen zu beobachten, und nach Westen, um Zeichen eines abnehmenden Druckes über Island zu erspähen, was ja als Vorläufer eines andern Typus des atmosphärischen Kreislaufes anzusehen wäre.

### Östlicher Typus.

Die Wetterfolge in diesem Typus und die Bewegung der Cyclonen dreht sich um das Vorhandensein einer andauernden Anticyklone über Scandinavien, welche die Bewegung der Depressionen, die vom Atlantischen Ocean hereinkommen, wesentlich modifiziert. Die atlantische Anticyklone ist allerdings immer vorhanden, ein Sattel aber, welcher zwischen ihr und dem hohen Drucke in Scandinavien sich ausdehnt, durchquert Europa und drückt den Wetteränderungen daselbst einen ganz bestimmten Charakter auf. Kommen vom Atlantischen Ocean Cyclonen herein und treffen auf diesen Sattel, so werden sie entweder in ihrem Laufe aufgehalten und sitzen über dem Golf von Biscaya fest oder ziehen über den Sattel in südöstlicher Richtung hinweg. In seltenen Fällen bilden sich Cyclonen auch auf der Rückseite der skandinavischen Anticyklone mit dem Centrum über Südeuropa oder dem Mitteländischen Meere und bewegen sich dann zuweilen westwärts. Nichts vermag den Wert dieser Typengruppe für die Bestimmung der wahrscheinlichen Bahn einer Cyclone besser zu zeigen. Im allgemeinen genommen kann eine Cyclone nach beliebiger Richtung fortschreiten, und in allen Klassen derselben, welche wir bisher für Europa untersucht haben, bewegen sie sich ostwärts; nur in diesem Typus der Druckverteilung haben wir zuweilen eine Wanderung nach Westen zu erwarten.

Dieser Typus kommt zu allen Jahreszeiten vor, am häufigsten jedoch im Winter und Frühling, am seltensten im Herbst. In Großbritannien hält er oft zwei bis drei Wochen ununterbrochen an und veranlaßt dann zerstörende Oststürme. Nahezu die Hälfte der Schiffbrüche an den britischen Küsten wird durch diese Klasse von Stürmen verursacht. Zwischen diesem Typus in Europa und irgend einer besondern Wetterphase in den Vereinigten Staaten oder Kanada läßt sich kein Zusammenhang entdecken.

Bevor wir nun in die Einzelheiten eingehen, wollen wir die Natur dieses Typus an einem thatsächlichen Beispiel erläutern. In Figur 76—79 geben wir Karten eines bedeutenden Theiles der nördlichen Halbkugel für die vier Tage vom 25.—28. Februar 1875, 8 Uhr morgens (Greenwichzeit). Auf allen lagert ein Gebiet hohen Druckes über Scandinavien, und die atlantische Anticyklone reicht so weit nach Norden, daß sie einige Züge des nördlichen Typus zu entwickeln scheint. Der Sattel niedrigen Druckes zwischen den beiden Anticyklonen ist der Schauplatz cyclonaler Thätigkeit, und wir wollen nun beschreiben, wie das Wetter von Westeuropa durch diese Änderungen beeinflusst wird.

Am Morgen des 25. Februar (Fig. 76) bemerken wir, daß die skandinavische Anticyklone mit einem Keile hohen Druckes, welchen die atlantische Anticyklone gegen Grönland vorschiebt, fast zusammenstößt. Vorher gehörte einige Tage hindurch die Luftdruckverteilung dem nördlichen Typus an und lag eine Anticyklone über Grönland, welche sich nun ostwärts verschoben und mit der skandinavischen Anticyklone vereinigt hat. Südlich von der letztern findet man mindestens drei Cyklonen, eine über den Azoren, eine andere am Eingange des englischen Kanals und die dritte über Italien. Wir müssen diese alle als zum gleichen Systeme gehörig behandeln, weil sie alle in derselben Vertiefung niedrigen Druckes sich bildeten. Was das Wetter betrifft, so ist es schlecht über ganz Frankreich, Deutschland und

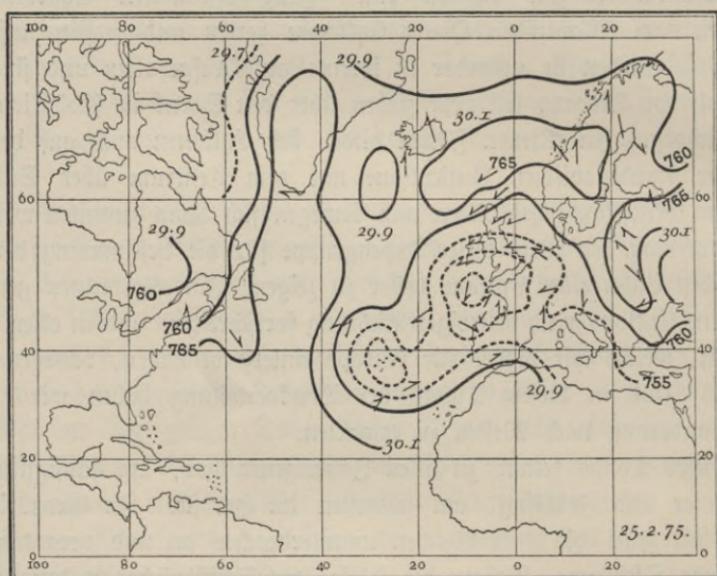


Fig. 76. Nördlicher Wettertypus.

Italien. Die Angaben über Amerika sind mangelhaft, weisen aber auf das Vorhandensein einer Cyklone im untern Kanada hin.

Am nächsten Tage (Fig. 77, S. 247) hat die skandinavische Anticyklone an Höhe gewonnen und die atlantische sich nahezu in ihre gewöhnliche Lage zurückgezogen. Die italienische Cyklone hat sich etwas nach Nordost bewegt, diejenige des Golfes von Biscaya aber offenbar etwas gegen Südwest verschoben und die Depression bei den Azoren insoweit mit sich verschmolzen, daß die letztere nun zu einer sekundären Depression entartete. Wir finden hier die gleiche Verschmelzung von Cyklonen vor, welche in allen andern Typen vorkommt, sowie auch den beständigen Charakter, welcher dieser Klasse von Wetter eigen ist. Jenseits des Atlantischen Oceans hat sich eine starke sekundäre Depression über Neubraunschweig gebildet, während eine andere

Luftdrucktypen der gemäßigten Zone: Östlicher Typus.

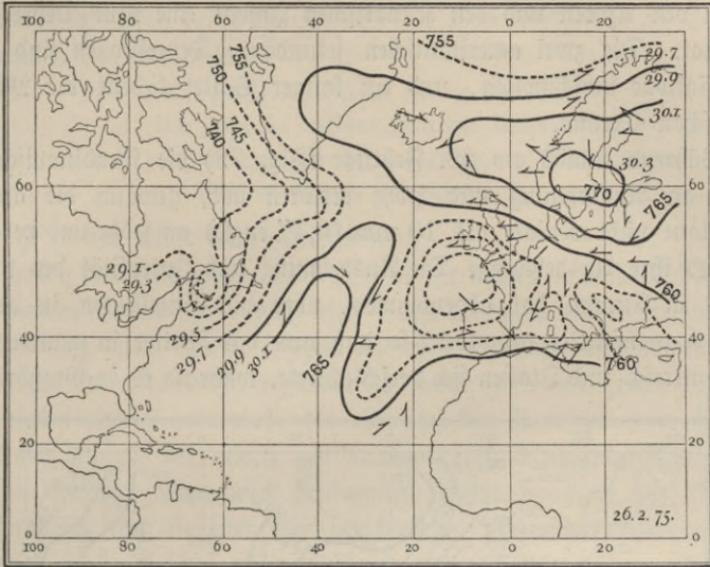


Fig. 77. Östlicher Wettertypus.

flache sich in den Sattel zwischen der skandinavischen und atlantischen Anticyklone hineingedrängt hat.

Am 27. Februar (Fig. 78) haben diese Änderungen weitere Fortschritte gemacht. Obwohl sich die Lage des Gebietes niedrigen Druckes über Europa im allgemeinen nicht wesentlich veränderte, verloren die Cyclonen, welche in demselben liegen, an Verworrenheit, obgleich sich auf dem Sattel

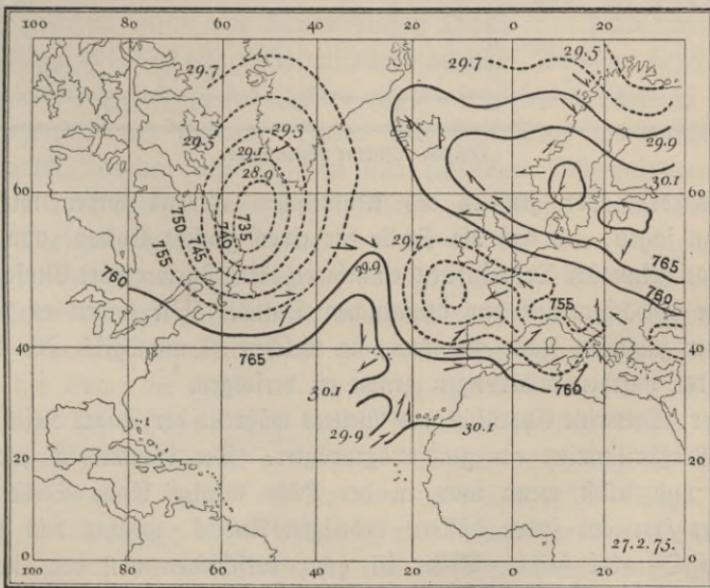


Fig. 78. Östlicher Wettertypus.

zwischen den Azoren und den Kanarischen Inseln eine neue Depression gebildet hat. Die zwei amerikanischen sekundären Depressionen sind in eine große Cyclone verschmolzen, und ein langer Sattel bedeckt die Mitte des Atlantischen Ozeans.

Während endlich am 28. Februar (Fig. 79) die skandinavische Anticyklone an Ausdehnung und Höhe verloren hat, gewann die atlantische Anticyklone nicht weniger als 10 mm (0,4" engl.) an Höhe und vergrößerte bedeutend ihre Ausdehnung. Die Ausdehnung und Intensität des niedrigen Druckes in Europa hat abgenommen, aber die Einzelheiten in demselben sind noch verwickelter geworden, so daß nun das Wetter in manchen Teilen von Frankreich und Italien sich verschlechterte, während es in Großbritannien

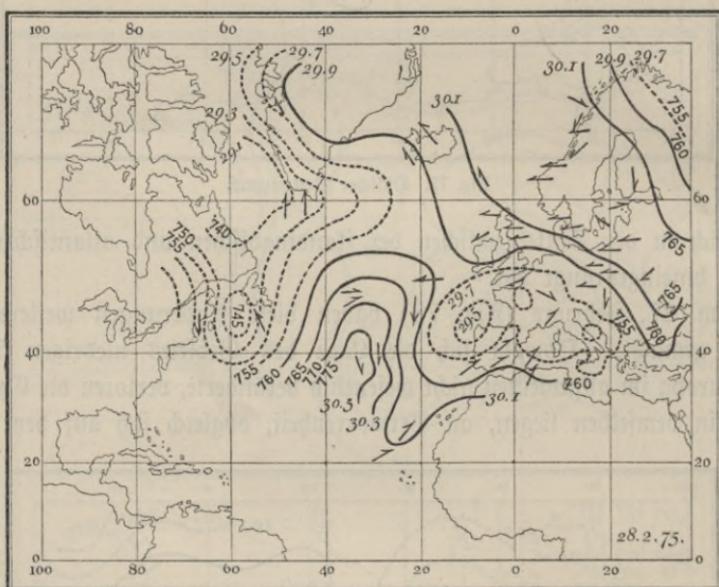


Fig. 79. Östlicher Wettertypus.

besser wurde. Von jenseits des Atlantischen Ozeans wissen wir nichts weiter zu sagen, als daß die Stelle der einen großen Cyclone von gestern heute zwei sekundäre Depressionen einnehmen, eine stärkere über Neuschottland und eine schwächere auf dem atlantischen Sattel. Wir haben es hier mit einem der zahllosen Fälle zu thun, in welchen es unmöglich ist, die Geschichte der Luftdruckänderungen genau zu verfolgen.

Der allgemeine Charakter des Wetters während der Dauer dieses Typus ist in Großbritannien ein gut ausgeprägter. Der Himmel ist gewöhnlich dunkel, und selbst wenn man in der Höhe wenige blaue Stellen sieht, bietet der Horizont jenen düstern nebeligen Anblick, welchen das Volk in England Östnebel heißt. Dieser ist ganz verschieden von dem nebeligen Horizont eines windstillen Tages des westlichen Typus und stets verbunden

mit dem eigentümlichen heißen Gefühle des Ostwindes. Ein in England wohlbekanntes Sprichwort sagt:

When the wind is in the east  
It's good for neither man nor beast

(Kommt aus Ost der Wind,  
Büßt es Mensch und Rind),

und das ist in der That keine Übertreibung.

Da haben wir denn wieder eine sehr in die Augen fallende Bestätigung des allgemeinen Grundsatzes, daß keine Aufzeichnungen der Instrumente je die Beschreibung durch Worte ersetzen können. Es kann vorkommen, daß zwei Nordostwinde automatisch registriert wurden, beide von genau derselben Geschwindigkeit und Temperatur, der eine auf der Nordseite einer Cyclone des westlichen Typus, der andere am Rande der skandinavischen Anticyclone im östlichen Typus. Mechanisch genommen, möchte man sie für identisch halten, praktisch sind sie aber sehr verschieden. Leider vermögen wir für die bössartige Natur solcher echten Ostwinde keine Erklärung zu geben.

Die Temperatur ist im allgemeinen niedrig, aber veränderlicher als während der Dauer des nördlichen Typus. Dies kommt daher, daß die Centren der Cyclonen zuweilen so weit nach Osten rücken, daß sie einen Hauch südlichen Windes herbeiziehen, welcher rasch wiederum durch einen neuen Einbruch hohen Druckes von Scandinavien her verdrängt wird.

Der Wind weht stets aus einer östlichen Richtung und ist weniger geneigt, gegen Norden zurückzudrehen als während der Dauer des nördlichen Typus; er hält sich im allgemeinen zwischen Nordost und Südost. Der Gegensatz zwischen diesem und dem westlichen Typus wird durch einen Rückblick auf Figur 68—70 (S. 235) auffallend deutlich. Dieselben beziehen sich auf die gleichen drei Tage des Jahres wie die drei letzten (Fig. 77—79), nämlich den 26.—28. Februar. Indem man diese Tage aus verschiedenen Jahren wählt, werden alle täglichen und jährlichen Schwankungen ausgeglichen, und der ganze Unterschied in Wind und Wetter kommt auf Rechnung der Verschiedenheit des Typus.

Die Wetterprognose hat während der Herrschaft dieses Typus mit den größten Schwierigkeiten zu kämpfen, besonders in Westeuropa. Obwohl der allgemeine Charakter der Wetterfolge genügend klargelegt wurde, bleibt doch bezüglich der Bahn der Cyclonen die größte Unsicherheit zurück. Kommen dieselben vom Atlantischen Ocean herein, so haben wir kein Mittel, um zu entscheiden, ob sie dem Sattel entlang in südöstlicher Richtung sich bewegen werden oder ob ihre Bahn nach Nordosten abgelenkt wird. Dazu kommt noch, daß die Bewegung dieser Cyclonen, was immer für eine Richtung sie einschlagen, eine so unregelmäßige ist, daß die Wetterprognose zu häufigen Irrungen verurteilt bleibt.

Die Zeichen für die Beständigkeit dieses Typus ergeben sich hauptsächlich aus der Beobachtung der Lage der skandinavischen Anticyklone und des Fortbestehens niedrigen Druckes im Westen von Irland. Die Zeichen einer Änderung des Typus beziehen sich alle auf eine Verminderung des Druckes in Schweden oder ein Auftreten hohen Druckes im fernen Norden des Atlantischen Ozeans.

Die vier großen Wettertypen, welche wir bis jetzt skizziert haben, sind einer mehr ins kleine gehenden Zergliederung in Unterabteilungen fähig; die letztern würden aber für die verschiedenen Länder so sehr wechseln, daß wir in diesem Werke nicht darauf eingehen können. Alles, was wir hier zu thun vermögen, ist nur, daß wir die Allgemeinheit der Grundsätze und die Eigenschaften des Wetters feststellen, welche aus dem Vorhandensein von Typen sich so leicht ableiten lassen.

Obwohl wir die Bedeutung der wichtigen Grundsätze der Wetteränderung schon nebenbei erwähnt haben, inwieweit sie durch die Bezeichnungen: Intensität, Schwankung, Beständigkeit, Wiederkehr und Abhängigkeit eines Typus ausgedrückt werden, so wird es doch gut sein, einige wenige Bemerkungen über dieselben noch besonders beizufügen.

### Intensität.

Wir haben den Ausdruck Intensität, inwieweit er auf einzelne Cyclonen Anwendung findet, schon erklärt und dargethan, wie die Intensität durch den Gradienten gemessen wird und auf welche Weise sie das Wetter beeinflusst. Aber die Intensität des Typus bezeichnet den Charakter einer Wetterfolge, welche mit dem Beiworte „unbeständig“ zu belegen ist. Aus den synoptischen Wetterkarten ergibt sich, daß das unbeständige Wetter eine Folge von kleinen, sich schnell bewegenden, kurzlebigen Cyclonen oder zahlreichen sekundären Depressionen ist, im Gegensatz zu dem Wetter, welches von großen Cyclonen mit schwachen Gradienten, die sich langsam bewegen und mehrere Tage anhalten, erzeugt wird und das demgegenüber eher ein beständiges zu nennen wäre.

Der Unterschied zwischen diesen zwei Arten von Intensität ist analog dem zwischen einzelnen, länger dauernden Stürmen und zahllosen kurzen Windstößen; beide sind Zeichen einer großen atmosphärischen Störung, die jedoch in den zwei Fällen von verschiedener Art ist.

### Wetterchwankung.

Das Wort Wetterchwankung wenden wir auf jenen beschränkten Wechsel der allgemeinen Luftdruckverteilung an, der auf der ganzen Erde jeden Tag vorkommt. In den Tropen, wo die Luftdruckverteilung monatelang unverändert bleibt, ist diese Schwankung hauptsächlich auf kleine Modifikationen

in der Intensität beschränkt, welche das Wetter je nach den Umständen ein wenig besser oder schlechter machen. In den halbtropischen Ländern ist die Wetterchwankung bedeutend größer, und zwar gewöhnlich in Folge der Bildung von sekundären Depressionen, ohne daß der allgemeine Typus eine wesentliche Änderung erfährt. In der gemäßigten Zone hingegen kommen nicht nur außerordentlich große Schwankungen des Typus, sondern auch vollständige Änderungen desselben vor. Die Klassifikation der Erscheinungen, welche wir Schwankungen nennen, ist vom größten Werte für die Behandlung der Frage der Wetterfolge, weil sie uns in den Stand setzt, dasjenige, was für einen Typus nur zufällig ist, von dem Wesentlichen zu trennen.

### Beständigkeit.

Der Ausdruck Beständigkeit bezeichnet den hervorstechendsten Zug, der für alle Luftdruckverteilungen über großen Gebieten charakteristisch ist: sie bleiben angenähert stationär. Damit ist stets die Beständigkeit des entsprechenden Wetters verbunden, und in dieser Eigenschaft der Typen finden wir die Erklärung mancher Wettererscheinungen und mancher volkstümlichen Wetterregeln.

In England kann zum Beispiel im Winter eine Periode kalten Wetters durch die andauernde Einwirkung des nördlichen oder östlichen Typus oder aber, für zwei oder selbst drei Tage, auch von einem keilförmigen Gebiete hohen Druckes zwischen zwei Cyclonen hervorgebracht werden. Ebenso kann Trockenheit entweder durch eine beständige Anticyklone oder durch weit im Norden liegende Cyclonen von geringer Intensität verursacht werden, während bei irgend einem beständigen Typus, in welchem steile Gradienten auftreten, langdauernde Regen einzutreten pflegen.

Sehen wir uns nun die Wetterregeln an. Ein wohlbekanntes Sprichwort sagt: „Wenn das Haselhuhn in den Hofraum kommt, zeigt es Schnee an.“ Die Vögel sind durch das Übermaß von Schnee, welcher auf den Jagdgründen schon vorhanden ist, getrieben, Futter suchen zu gehen, und insofern würde die Wetterregel sich mehr auf die Vergangenheit als auf die Zukunft beziehen; aber nach dem Grundsatz der Beständigkeit ist zu erwarten, daß der Typus, welcher schon so viel Schnee gebracht hat, noch für einige Zeit andauern wird und daher noch mehr Schnee zu gewärtigen sei.

In Deutschland sagt ein Sprichwort: „Frischer Schnee, frische Kälte“, dessen Richtigkeit auf dieselbe Ursache zurückzuführen ist<sup>30</sup>.

In ähnlicher Weise beziehen sich die Wetterregeln: „Wenn ein Fluß steigt, ohne daß es geregnet hat, wird schlechtes Wetter kommen“, oder: „Unregelmäßige Gezeiten sind ein Zeichen von Regen“, auf das kommende Wetter, obwohl sie vom gewesenen, fernen, schlechten Wetter sich herleiten;

denn die Beständigkeit des Typus wird fast sicher früher oder später auch über den Beobachtungsort schlechtes Wetter bringen.

Nach demselben Grundsatz bewahrheitet sich an den Ost- und Westküsten die Wetterregel: „Brandung am Ufer ohne Wind ist ein Zeichen von Sturm.“

An der Westküste läuft die Brandung vor der Cyclone, welche sie verursacht, einher, aber an der Ostküste ist dies nicht der Fall, weil im allgemeinen alle Cyclonen gegen Osten ziehen. Nichtsdestoweniger ist es außerordentlich wahrscheinlich, daß, obwohl jener Sturm, welcher die Wellen erzeugt, die Stelle, an welcher sie branden, niemals trifft, ein anderer Sturm derselben Gruppe sie erreiche. Die Wetterregel ist deshalb gut, obwohl weniger sicher als an der Westküste.

Es ist auch offenkundig, daß dieser Grundsatz der Beständigkeit von großer Tragweite für die Wettervorhersage ist. Leider ist es noch nicht möglich, trotz der Gewöhnlichkeit solcher Typen irgend welche bestimmte Zeichen für den Übergang des einen in einen andern festzustellen. Ein Zeichen der Beständigkeit, welches selten täuscht, möge jedoch hier Erwähnung finden.

Zuweilen scheint ein Typus für einen oder zwei Tage sich untreu zu werden, wird aber dann mit großer Intensität wiederhergestellt. Tritt dies ein, so kann sein Andauern durch eine beträchtlich lange Zeit ziemlich sicher vorausgesagt werden. Beim östlichen Typus z. B. zieht häufig eine kleine Cyclone etwas weiter nach Osten und der Wind dreht sich bei zunehmender Wärme nach Südwest. Ist dieselbe aber erloschen, dann stellt sich der östliche Typus in voller Kraft wieder ein. In diesen Fällen sind die Wettererscheinungen sehr charakteristisch; denn obwohl Westwind herrscht, hat man die Empfindung, als ob Ostwind wehte, und dies ist so deutlich, daß das Volk sagt: „Der Ostwind ist noch nicht fort.“

### Wiederkehr.

Wir haben die Neigung gewisser Arten des Wetters, zu denselben Zeiten jedes Jahres wiederzukehren, in unserem Kapitel über die jahreszeitlichen Schwankungen so ausführlich erörtert, daß es unnötig ist, hier mehr zu thun, als auf dieses wichtige Gesetz der Wetterkunde hinzuweisen. Wir werden nun besser begreifen, daß die Wiederkehr desselben Wetters eine Folgeerscheinung der Wiederkehr bestimmter Typen der Luftdruckverteilung ist und daß es für eine wahre Periodicität, sagen wir z. B. der Kälte, notwendig ist, daß es nicht nur im allgemeinen kalt werde, sondern daß die Kälte desselben Typus zur selben Zeit in jedem Jahre wieder sich einstelle.

### Abhängigkeit.

Unter Abhängigkeit eines Typus oder Wetters meinen wir den angenommenen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen eines bestimmten Typus

einer Jahreszeit und dem darauffolgenden Vorkommen desselben oder eines andern Typus zu einer andern Jahreszeit.

Es ist z. B. ein gewöhnliches Sprichwort in Großbritannien, daß, wenn um die Zeit der Frühlings-Tag- und -Nachtgleiche östliche Winde herrschen, man während des Sommers ein bedeutendes Vorherrschan derselben Winde erwarten könne. Setzen wir dies in die Sprache der synoptischen Wetterkarten um, so heißt es: Wenn es sich trifft, daß um den 23. März der östliche Typus vorherrscht, dann wird die Neigung vorhanden sein, daß dieser Typus im Laufe des Sommers öfters als gewöhnlich vorkomme.

In den meisten Ländern der gemäßigten Zone hält man im Volke dafür, daß auf heiße Sommer kalte Winter folgen, und stellt sich dabei vor, daß die letztern irgendwie von den erstern abhängen. Dies läßt sich viel schwieriger in der Sprache der synoptischen Karten ausdrücken; denn Wärme und Kälte werden nicht immer von denselben Ursachen erzeugt. Diese scheinbare Beziehung der zwei Jahreszeiten bleibt insolange trügerisch, als nicht derselbe Wintertypus auf denselben Sommertypus folgt.

Dieselbe Auffassung der Abhängigkeit einer Jahreszeit von der andern findet man auch in den Tropen. H. F. Blanford fand, daß in Indien eine deutliche Abhängigkeit oder Aufeinanderfolge nasser Sommer und vorübergehender Winterregen besteht.

Für den Augenblick können wir wenig mehr thun, als eine solche Beziehung der Jahreszeiten anzuführen, doch können wir nicht einmal sagen, ob diese Abhängigkeit überhaupt besteht. Die alte Wetterlehre scheint teilweise auf Beobachtung, teilweise auf einen beschaulichen Glauben an ein allgemeines Gleichgewicht der Natur sich zu gründen. Im Durchschnitt ist der Lauf der Natur konstant; ist der Sommer wärmer als gewöhnlich, so bedarf es eines kalten Winters, um das Gleichgewicht herzustellen, und Ähnliches gilt von jeder andern Witterungserscheinung.

Der regelrechte Gang der meteorologischen Forschung sucht die Beweise für eine solche Beziehung aus dem Vergleiche der statistischen Angaben über den Regen verschiedener Jahreszeiten zu finden. Dabei besteht aber zweifellos die große Schwierigkeit, Sicherheit darüber zu erhalten, ob alle Regen, welche wir vergleichen, auch wirklich von derselben Art sind.

Die Untersuchung hätte in letzter Linie einen Zusammenhang oder eine Aufeinanderfolge ausfindig zu machen zwischen den Formen und der Intensität der atmosphärischen Wirbel. Wir können nichts anderes thun, als die Thatfachen für eine künftige Untersuchung verzeichnen und die Bemerkung beifügen, daß man gegenwärtig in der praktischen Wettervorhersage von dieser Abhängigkeit der Typen, wenn sie selbst vorhanden sein sollte, keinen Gebrauch machen kann.

### Aenderung des Typus.

Bisher haben wir lauter genau bestimmte Arten eines jeden Typus vorausgesetzt; in der Praxis treffen wir aber auf viele Übergangsformen. So kann der südliche Typus durch unmerkliche Abstufungen entweder in den östlichen oder westlichen übergehen, niemals aber zum nördlichen sich ausbilden. Auf ähnliche Weise kann der westliche Typus nach beiden Seiten, sei es dem südlichen, sei es dem nördlichen, sich nähern, niemals aber plötzlich in den östlichen umschlagen. Ebenso kann der nördliche und östliche Typus nur in die ihm beiderseits zunächststehenden, nie aber in die entgegengesetzten übergehen. Dies ist offenkundig, wenn wir überlegen, daß die Typen durch die umgebenden Anticyklonen bestimmt werden und daß eine leichte Verschiebung einer der letztern den Typus auf der einen oder andern Seite sehr wesentlich modifizieren kann, während eine Umwandlung in den entgegengesetzten Typus eine plötzliche, vollkommene Neuordnung des Luftdruckes über der ganzen nördlichen Halbkugel erfordern würde.

Wir waren in einigen wenigen Fällen im Stande, Zeichen einer bevorstehenden Aenderung des Typus anzugeben, leider aber sieht sich die Wetterprognose oft einer plötzlichen Aenderung der ganzen Luftdruckverteilung über der nördlichen Halbkugel gegenübergestellt. Die zukünftige Forschung wird vielleicht zur Entdeckung sicherer Zeichen einer solchen Aenderung führen, gegenwärtig wissen wir davon nur wenig.

### Nordostmonsun.

Man wird vielleicht die Natur der europäischen Typen leichter verstehen, wenn wir einige Beispiele der indischen Monsune anführen. Dies wird sowohl zum Zwecke, Wettereigentümlichkeiten kennen zu lernen, die einen ganz andern Charakter besitzen als irgend eine derjenigen, welche wir bisher untersucht haben, als auch für die Erklärung des Zusammenhanges zwischen den Wetterschwankungen der Tropen und den wechselreichern Aenderungen der gemäßigten Zonen sehr wertvoll sein. Wir geben deshalb in Figur 80 und 81 für den 4. und 5. Januar 1878, 6 Uhr 30 Minuten nachmittags, Calcutta-Zeit, Karten der Isobaren und Isothermen; sie beziehen sich also auf die Zeit der Herrschaft des Nordostmonsuns im Indischen Ocean. Diese Karten beginnen in 40° östlicher Länge von Greenwich, da, wo unsere atlantischen Karten aufgehört haben, und setzen so in derselben Projektion unsern Überblick über die Erde 60° weiter nach Osten fort.

An beiden Tagen finden wir eine Anticyklone, deren Höhe 787 mm (31" engl.) übertraf und die sich über der Tartarei im Osten vom Aralsee befand. Im Norden davon fällt der Druck gegen das Arktische Meer, im Süden gegen den Äquator zu ab. Diese Anticyklone ist wahrscheinlich der

Gegenpart der atlantischen Anticyklone, während der niedrige Druck über Südindien dem Gefälle im Gürtel der Passatwinde entspricht, das wir im Atlantischen Ocean vorgefunden haben. Der bemerkenswerteste Zug in diesen beiden Karten ist die Beständigkeit der centralasiatischen Anticyklone und des südlichen Abfalles des niedrigen Druckes, während der nördliche Abfall mehr veränderlich ist. Ganz das Gleiche fanden wir ja auch im Atlantischen Ocean.

Die Drehung des Windes um die Anticyklone ist die gewöhnliche; man beachte jedoch, daß über dem untern Bengal die Winde nordwestlich und nicht, wie man erwarten sollte, nordöstlich sind. Das kommt von einer konstanten Depression in der Nähe der Mündung des Ganges her, die auf einer so kleinen Karte nicht dargestellt werden kann. Da diese allgemeine Luftdruckverteilung während des ganzen Winters anhält, so sehen wir, daß der Nordostmonsun der wirkliche Repräsentant der Passatwinde des Atlantischen Oceans ist. Nur weil Asien eine große Ausdehnung der Ländermassen besitzt, dehnen sich die östlichen Winde daselbst viel weiter nach Norden aus als auf dem Ocean.

Auf die Temperaturkarten haben wir schon im Kapitel über Wärme und Kälte hingewiesen. Hier haben wir nur noch auf die große Kälte von  $-35^{\circ}$  C. ( $-30^{\circ}$  F.) in der Nähe des Centrum der Anticyklone aufmerksam zu machen.

Der Himmel war an fast allen Stationen von Indien an beiden fraglichen Tagen blau und klar. Das, was uns hier vor allem wichtig erscheint, ist die sehr geringe Größe der Schwankung über Indien und die etwas unregelmäßige Richtung der Winde dieses Landes in Bezug auf die Isobaren. In Figur 80 liegt z. B. die Isobare von 762 mm ( $30''$  engl.)

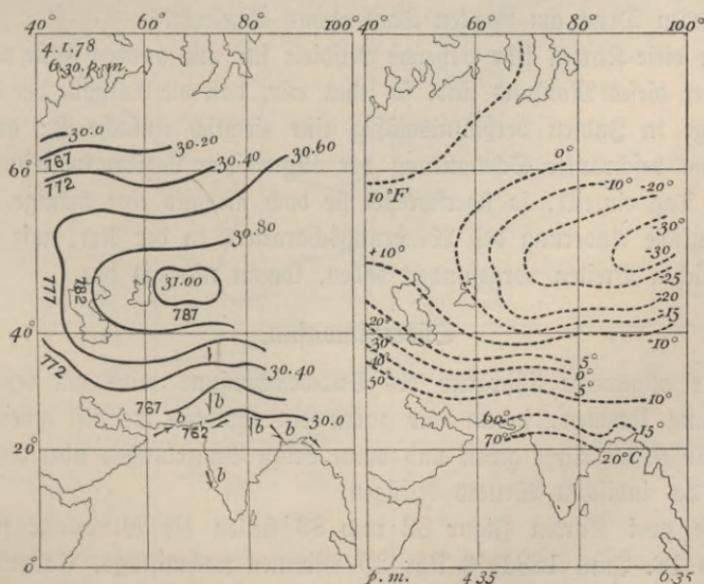


Fig. 80. Nordostmonsun. Große Kälte.

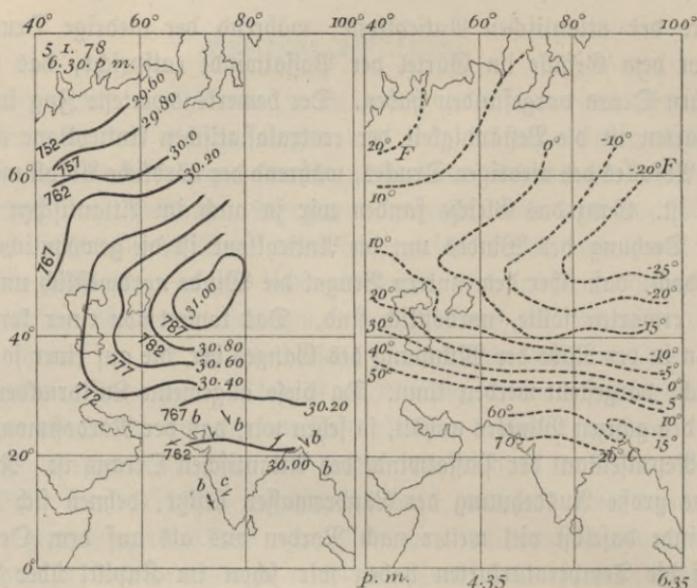


Fig. 81. Nordostmonsun. Große Kälte.

nördlich von Calcutta, während sie am nächsten Tage (Fig. 81) wenig südlich von dieser Stadt verläuft. Das ist zweifellos mit einem Anstiege des Barometers verbunden, obwohl der allgemeine Charakter des Monsuns dadurch nicht berührt wird. Der Fall ist ganz analog mit der Schwankung der Isobaren, welche wir über dem Atlantischen Ocean im Süden der konstanten Anticyklone kennen gelernt haben. Die Temperatur schwankt in ähnlicher Weise, denn die Isotherme von  $15^{\circ}$  C. ( $60^{\circ}$  F.) wurde durch den zunehmenden Druck am zweiten Tage etwas abgelenkt.

Da diese Karten sehr passende Beispiele für alle andern Fälle während der Dauer dieses Monsuns sind, so sehen wir, daß die Aufgabe der Wettervorhersage in Indien verhältnismäßig eine ziemlich einfache ist; denn obwohl eine beschränkte Schwankung der allgemeinen Luftdruckverteilung von Tag zu Tag eintritt, so überschreitet sie doch niemals eine mäßige Größe; eine gänzliche Änderung des Witterungscharakters in der Art, wie wir sie in nördlichen Breiten vorgefunden haben, kommt niemals vor.

### Südwestmonsun.

Der allgemeine Charakter des Südwestmonsuns wird am besten zur Darstellung kommen, indem wir zuerst ein typisches Beispiel zweier aufeinanderfolgenden Tage geben und dann einige Bemerkungen über das ganze System des indischen Wetters beifügen.

Die zwei Karten Figur 82 und 83 stellen die Wetterlage für den 17. und 18. Juni 1881, 6 Uhr 30 Minuten nachmittags, Calcutta-Zeit, dar; sie erstrecken sich über Indien und Centralasien. Man kann sie als

Südwestmonsun.

typisch für die Luftdruckverteilung in diesen Gegenden während der Sommermonate gerade nach dem Hereinbrechen des Südwestmonsuns über dem

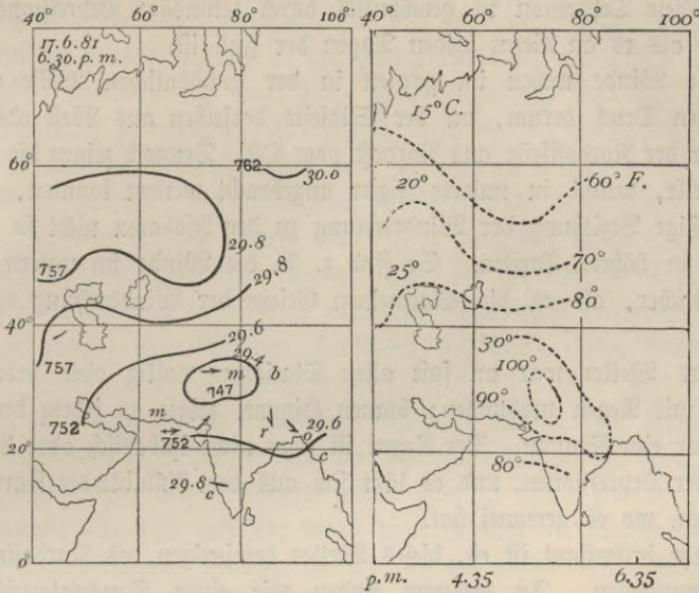


Fig. 82. Südwestmonsun. Große Hitze.

Indischen Ocean ansehen. Im Bengal beziehen sie sich auf den Beginn der Regen nach der heißen Jahreszeit.

Auf beiden Karten sehen wir eine ovale Isobare, welche um Lahor und den Pundschab sich schlingt und ein Gebiet niedrigeren Druckes als

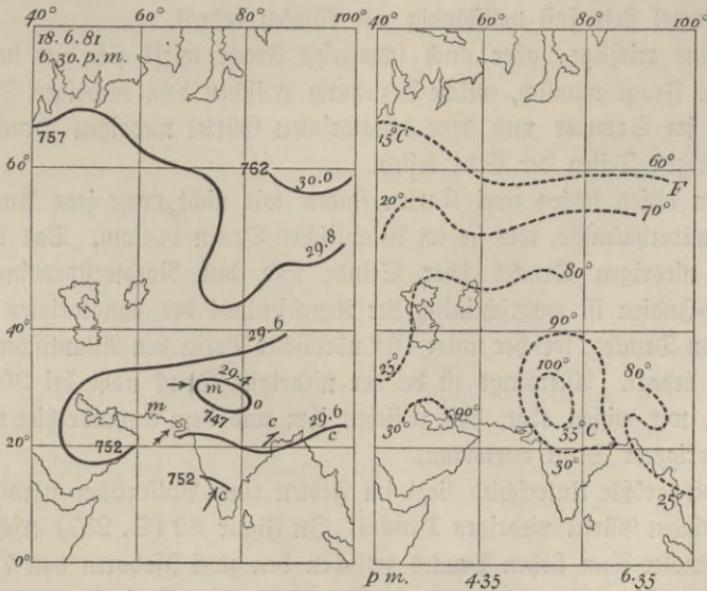


Fig. 83. Südwestmonsun. Große Hitze.

747 mm (29,4'' engl.) einschließt; auf beiden finden wir auch die Isotherme von 38° C. (100° F.), welche mit dieser Isobare fast zusammenfällt. Diese Depression ist gewöhnlich durch sekundäre Depressionen mehr verzerrt, als es an diesen beiden Tagen der Fall ist.

Die Winde wehen im ganzen in der gewöhnlichen Weise um den niedrigsten Druck herum, an der Südseite desselben aus West oder Südwest, an der Nordostseite aus Nordost oder Ost. Dennoch zeigen die wenigen Windpfeile, welche in unserer Figur angebracht werden konnten, daß die gesetzmäßige Beziehung der Windrichtung zu den Isobaren nicht so konstant ist wie in höhern Breiten. So sind z. B. die Winde im untern Bengal nordwestlicher, als es die allgemeinen Gesetze der Winddrehung verlangen würden.

Das Wetter war an fast allen Stationen wolkig oder bedeckt, an einigen mit Regen verbunden; blauen Himmel zeigte an jedem der beiden Tage nur eine Station. Der Regen ist aber nicht isobarisch oder die Folge sekundärer Depressionen, und es läßt sich aus dem Anblicke der Karten nicht bestimmen, wo es geregnet hat.

Sehr interessant ist es, dieses Wetter demjenigen des Nordostmonsuns gegenüberzustellen. In letzterem finden wir einen Druckunterschied von 25 mm (1'' engl.) und eine Temperaturdifferenz von 55° C. (100° F.) zwischen Centralasien und Indien, in unserem jetzigen Falle aber nur einen Unterschied von 15 mm (0,6'' engl.) im Drucke und 22° C. (40° F.) in der Temperatur. Während des kalten Monsuns giebt es kaum je etwas anderes als blauen Himmel, während der warmen Südwestwinde aber ist der Himmel stets fast vollständig mit Wolken bedeckt.

Eine wichtige, aber auch schwierige Frage wirft sich hier von selbst auf, die Frage nämlich, welche Beziehung zwischen dem niedrigen Drucke in Indien im Sommer und dem äquatorialen Gürtel niedrigen Druckes über den übrigen Theilen der Erde besteht.

In diesen letzten zwei Karten finden wir nicht mehr jene Anordnung der Druckverhältnisse, wie sie im Atlantischen Ocean vorkam. Das konstante Gebiet niedrigen Druckes über Scinde und den Nordwestprovinzen von Britisch-Indien ist wahrscheinlich der Repräsentant des äquatorialen Gürtels niedrigen Druckes, welcher unter 10° nördlicher Breite den Atlantischen Ocean ständig bedeckt. Allerdings ist da der niedrigste Druck nahe bei 30° Nord gelegen, wir wissen aber, daß zwischen ihm und dem Äquator hier nirgends ein niedrigerer Druck vorkommt.

Der größte Unterschied liegt im Fehlen einer Anticyklone nördlich vom äquatorialen Gürtel niedrigen Druckes. In Figur 82 (S. 257) erscheint ein sehr schmaler Arm hohen Druckes zwischen den zwei Isobaren von 757 mm (29,8'' engl.) und gerade noch ein Bruchstück einer Anticyklone, welche sich

vom Nordosten Sibiriens herein erstreckt. Diese letztere ist in dieser Gegend und zu dieser Jahreszeit sehr beständig. Eine schwierige Frage bleibt aber die Bestimmung der Beziehung zwischen dem niedrigen Drucke Indiens und dem niedrigen Drucke, welcher in den Sommermonaten gewöhnlich über dem europäischen Rußland sich ausdehnt. Diese Beziehung sind wir nicht im Stande ausfindig zu machen. Wir können aber darauf hinweisen, daß eine ziemlich ähnliche Erscheinung, wenn auch in kleinerem Maßstabe, im Sommer über Mexiko auftritt. Es bildet dann die atlantische Anticyklone und eine andere über dem Stillen Ocean beiläufig in derselben Breite einen Sattel über Mexiko; zur selben Zeit herrscht über den Vereinigten Staaten und auch über Centralamerika konstant niedriger Druck. Die Luftdruckverteilung über den ganzen amerikanischen Kontinent hat dann einige Analogie mit der über Asien für die gleiche Jahreszeit.

Manche Meteorologen behaupten, daß diese kreisförmige, konstante Depression über dem obern Indien als eine stationäre Cyklone zu betrachten sei. Die Untersuchungen des Verfassers haben aber zu einem andern und zwar entscheidenden Ergebnis geführt; wenn man nämlich die Wolkenformen als Unterscheidungsmerkmale benutzt, so verraten die wahren Monsunregen niemals den Charakter der Vorderseite einer Cyklone, denn die meisten dieser Regen fallen aus cumulusartigen Wolken; die Regen der Vorderseite einer bengalischen Cyklone scheinen aber, wie bei jeder andern, aus dem Himmel herauszuwachsen. Diese indische Depression scheint daher einigermaßen der Furche niedrigen Druckes analog zu sein, welche während der Wintermonate den nordatlantischen Ocean bedeckt; keine von beiden ist cyclonal, aber beide sind der Schauplatz atmosphärischer Störungen; die indische erzeugt Gewitterstürme und sekundäre Depressionen, die nordatlantische gut entwickelte Cyklonen.

Wir haben schon im Kapitel über nichtisobariſche Regen den bemerkenswerten Charakter und unbekanntem Ursprung des Regens der Südwestmonsune beschrieben und dargelegt, wie die trockenen, heißen Südwestbrisen ohne erkennliche Änderung in der Gestalt und Lage der Isobaren plötzlich in nasse, stürmische Winde verwandelt werden. Es ist kaum zu bezweifeln, daß die Quelle dieses Wechsels in den höhern Luftströmungen zu suchen ist, durch welche die südwestlichen Oberflächenwinde genährt werden; der Gegenstand ist aber zu dunkel, als daß er in diesem Buche Erörterung finden könnte.

Was uns hier am meisten angeht, ist die Natur der ziemlich eng begrenzten Schwankung der Isobaren und des Wetters über Indien; denn diese ist typisch für die Entstehung der Wetteränderungen von Tag zu Tag in den Tropen, welche im Gegensatz zu den extremen Änderungen der gemäßigten Zone nur Modifikationen des Wetters sind. In den zwei Karten, welche wir in Figur 82 und 83 (S. 257) geben, finden wir nur kleine

Schwankungen; die Biegung der Isobare von 752 mm (29,6" engl.) unterhalb Kalkutta ist am zweiten Tage weniger ausgesprochen als am ersten. Dies drückt sich in einer leichten Besserung des Wetters am zweiten Tage aus.

Zuweilen treten aber während der Dauer dieser Monsune größere Änderungen auf. Einmal oder zweimal während der Regenzeit — Juni bis Oktober — dehnt sich die Stelle niedrigen Druckes bis Lahor mehr nach Osten aus, erscheint weniger ausgesprochen und weniger durch sekundäre Depressionen verzerrt. H. F. Blanford hat gezeigt, daß diese Schwankung mit jener Periode trockenem Wetter verbunden ist, welche als eine Unterbrechung der Regenperiode bekannt ist.

Wir müssen hier den weit verbreiteten Irrtum berichtigen, daß es während der Regenzeit, wo immer in den Tropen, überall und jeden Tag regne. Allerdings kann es zuweilen an 29 von 30 Tagen und auch 48 Stunden ohne Unterbrechung regnen; es giebt aber immer Perioden geringerer Intensität und mehr intermittierender Niederschläge.

Befassen wir uns nun wieder mit Indien im besondern. Während die Regenzeit fortschreitet, bilden sich gelegentlich über der Bai von Bengalen kleine, sekundäre Cyclonen, welche nahezu nördlich fortschreiten, dabei das Land an der Küste von Orissa treffen und ihren Lauf, ungestört durch Gebirgszüge und Thäler, fortsetzen, bis sie die große Kette des Himalaya erreichen. Hierin unterscheiden sich diese sekundären Depressionen in merklichem Grade von den großen Cyclonen, welche sich in der Bai von Bengalen zur Zeit des Wechsels der Monsune bilden, die fast ausnahmslos zerfallen, sobald ihr Centrum das Land erreicht. Die gewöhnlichen Merkmale der sekundären Depressionen sind: leichter Wind und strömender Regen; bis zu 400 mm Regen wurden beim Vorübergange einer dieser kleinen Depressionen im Laufe von 24 Stunden gesammelt.

Während des Mai bilden sich gelegentlich Cyclonen von beträchtlicher Intensität über der Bai von Bengalen und ziehen in einer westlichen Richtung, gewöhnlich gegen Nordwest. Im Oktober dann, wenn der Südwestmonsun dem Nordostmonsun Platz macht, entwickeln sich wiederum Cyclonen von sehr großer Intensität in derselben Bai, welche ebenfalls nach Westen oder Nordwesten fortschreiten. In beiden Fällen leiden die ihrer Einwirkung ausgesetzten Küsten unter sehr schlechtem Wetter mit Regen und — bei den Oktobercyclonen — heftigen Orkanen.

Aus diesem sehr kurzen Überblick des Wetters in den Monsunen lernen wir, daß das beständige jahreszeitliche Wetter in den Tropen den beständigen Wettertypen genau analog ist, welche in den gemäßigten Zonen periodisch auftreten. Beide sind ursprünglich durch die Luftdruckverteilung bedingt, die Änderungen aber, welche in den Tropen nur einmal im Jahre eintreten,

kommen in höhern Breiten in kurzen und unregelmäßigen Zwischenräumen vor. Zwischen diesen beiden Extremen finden wir eine zwischenliegende Reihe von wiederkehrenden Typen, welche weder so regelmäßig ist wie in den Tropen noch so unsicher wie in Westeuropa. Immer aber verdankt man die Unterschiede im Wetter von Tag zu Tag der Schwankung eines Typus oder den kleinen Änderungen in der Gestalt oder Intensität der Depressionen, welche in den Gebieten niedrigen Druckes sich bilden.

Wir finden in Indien auch eine ganz verschiedene Aufgabe der Wettervorhersage gegenüber derjenigen, welche europäische oder amerikanische Centralstellen zu lösen haben. Könnten wir eine größere Anzahl von Beispielen anführen, so würde uns die Wichtigkeit des allgemeinen Principes offenkundig, daß man keine mechanischen Regeln in Bezug auf die Bestimmung der wahrscheinlichen Bahn einer Cyclone oder der Schwankung eines Typus ableiten kann, daß aber derjenige, welcher die Arten der barometrischen Bewegungen in seinem Lande kennt, sich gewöhnlich eine gute Vorstellung über die künftige Entwicklung derselben machen kann.

Es wird von Vorteil sein, hier ein wenig anzuhalten, um die großen Probleme des Wetters, wie es sich uns nun darstellt, im allgemeinen zu überblicken. Wir haben gesehen, wie sich über einem großen Teile der Erde dieselben sieben Isobarenformen beständig wieder bilden. Allein in den Einzelheiten gewahren wir in denselben bedeutende Modifikationen, nicht nur je nach dem herrschenden Typus, sondern noch mehr infolge der Ausdehnung und der Intensität der einzelnen Formen, wie auch je nach der Tages- und Jahreszeit und infolge lokaler Einflüsse.

Diese Ursachen der Schwankung verhindern zwar, daß wir mehr als den allgemeinen Charakter des Wetters für bestimmte Isobarenformen zur Darstellung bringen können; durch die Klassifikation, Gruppierung und Nebeneinanderordnung eines jeden an seinen bestimmten Platz erreichen wir aber, daß wir das Wesentliche von den mehr zufälligen Zügen des Wetters zu unterscheiden vermögen.

Wenn wir dann die ruhelosen Änderungen der Isobaren beobachten, bemerken wir, daß zuweilen Cyclonen so schnell verschwinden, daß innerhalb 24 Stunden keine Spur ihres Daseins mehr zu finden ist, während ein anderes Mal dieselbe Cyclone wochenlang bestehen kann. Wir sehen dann auch, daß eine Cyclone entweder stationär bleiben oder nach jeder beliebigen Richtung fortschreiten kann, wobei die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einen weiten Spielraum behält. Wir lernen dann auch die noch eigentümlichere Erscheinung des Verschmelzens mehrerer Cyclonen zu einem einzelnen Systeme kennen, wodurch es oft unmöglich wird, die Bahn der Depressionen zu bestimmen.

Wir sehen auch deutlich, daß die alte Vorstellung, als müßte eine Cyclone notwendig ein zerstörender Sturm sein, nicht länger zu halten ist,

und daß wir uns der Vorstellung anbequemen müssen, daß eine Cyklone ein Wirbel von sehr großer Intensität und stets regnerischem Charakter ist, in welchem die Luft immer in ganz bestimmter Art rotiert, wenn auch die Stärke des Windes vom Zephyr bis zum Orkane schwanken kann. Handelt es sich um cyklonales Wetter, so müssen wir, um die allgemeine Windstärke zu bezeichnen, beschreibende Beiwörter gebrauchen, wie z. B.: mäßig, stark u. s. w.

Aus dem großen Maßstabe, in welchem Änderungen von Luftdruckverteilungen vor sich gehen, ist es auch offenkundig, daß über allen andern außer den lokalen Entwicklungen von Wärme und Regen eine größere Ursache thätig ist. Diese letztere ist zweifellos in dem allgemeinen Kreislaufe der Atmosphäre vom heißen Äquator zu den kalten Polen zu suchen; dennoch ist es sicher, daß Temperatur und Niederschlag auf die großen Änderungen modifizierend einwirken. Wäre die Erde von einer wasserdampf-freien Atmosphäre umgeben, so würden zweifellos auch dann Cyklonen und Anticyklonen vorkommen, allerdings aber nicht solche wie diejenigen, mit denen wir jetzt vertraut geworden sind.

Nachdem wir nun wissen, was das Wetter ist, können wir auch erwägen, inwieweit man dasselbe auf längere oder kürzere Zeit vorher-sagen kann.

## Vierzehntes Kapitel.

### Wettervorhersage eines einzelstehenden Beobachters.

#### Natur des Problems.

Die zusammenfassende Behandlung unseres Wissens vom Wetter zerfällt in drei Probleme: in eine direkte Aufgabe und zwei Umkehrungen derselben. Die direkte Aufgabe besteht in der Erklärung des Ursprunges und der Natur aller verwickeltesten Erscheinungen von Wind und Wetter, welche sich unsern Sinnen darbieten, sowie der Natur der Aufeinanderfolge der Wetter-änderungen aus mechanischen Ursachen. Diese haben wir zum Teil im vorhergehenden schon gelöst. Die umgekehrte Aufgabe der Wetterkunde liegt darin, daß sie, wenn ein Teil einer beliebigen Wetterfolge vorliegt, angebe, was weiter folgen werde. Zum Beispiel: Der Morgen ist schön, es beginnen aber Cirrus sich zu bilden und das Barometer fängt an zu fallen — welches Wetter wird nun kommen? Oder: Die letzte Nacht lag eine Cyklone über Irland, diesen Morgen bedeckt sie Wales — welches Wetter wird in Großbritannien für den Rest des Tages sich einstellen?

Diese zwei Beispiele weisen sofort auf eine natürliche Unterabteilung für die Aufgaben der Wettervorhersage hin: Was vermag ein einzelstehender Beobachter zu leisten, welcher seinen Blick auf die Himmelsansicht gerichtet hat und dem ein und das andere meteorologische Instrument zur Verfügung steht? Und was vermag der Meteorologe zu leisten, der sich an einer Centrale befindet und dem reichliche telegraphische Mittheilungen aus weitem Umkreise der Orte, für welche er die Wettervorhersage zu machen hat, zur Verfügung stehen, durch welche er in die Lage versetzt ist, in Zwischenräumen, die ihm notwendig scheinenden synoptischen Karten zu entwerfen? Die letztere Art stellt zweifellos die höchste Entwicklung dar, welcher die Wettervorhersage fähig ist; aber auch die erstere darf nie außer acht gelassen werden, besonders bei Schiffahrern, Fischern und Hirten. Wir wollen deshalb diese beiden Arten in besondern Kapiteln abhandeln und zuerst die Aufgabe für einen einzelstehenden Beobachter zu lösen trachten, da dieselbe älterer Natur und von allgemeinerem Nutzen ist. Wir werden dabei versuchen, die allgemeinen Grundsätze aufzustellen, ohne in alle Einzelheiten für jedes Land einzugehen.

### Wetterzeichen.

Wir haben schon früher die Frage der Wetterzeichen sehr eingehend behandelt und dabei sowohl für das Eintreffen als für das Fehlschlagen der auf sie gestützten Wettervorausage die Gründe angegeben. Erwägen wir aber eingehend, was uns dabei gelungen ist, so sehen wir, daß wir im ganzen genommen nicht im stande waren, die praktische Nützlichkeit der Wetterzeichen so recht eigentlich darzuthun, obwohl wir in der Lage waren, diesen ganzen Gegenstand auf eine wissenschaftliche Grundlage zu stellen.

Das Wichtigste, was die neuere Zeit zur Wetterlehre beigetragen hat, ist zweifellos in der methodischen Beobachtung der Cirruswolken gelegen. Daß man die Cirrus für ein Zeichen kommenden Regens erkannte, ist so alt als die Wetterbeobachtung selbst; die Schlußfolgerungen aber, welche man aus der Richtung des Zuges der obern Wolken ableiten kann, datieren erst aus der neuesten Zeit. Man kann kein absolutes Merkmal für die Unterscheidung der Schönwetter- und der gefahrdrohenden Cirrus über das hinaus angeben, was die allgemeinen Begleiterscheinungen und die Erfahrung des Beobachters bieten. Dennoch hat Ley die Wichtigkeit nachgewiesen, welche in der Beobachtung der Geschwindigkeit der Cirrus liegt, da schnellziehende Cirrus ein viel schlechteres Wetterzeichen sind als langsamer sich bewegende. Es ist dies wahrscheinlich einer der wichtigsten Fortschritte, welche auf diesem Gebiete gemacht wurden.

## Das Barometer.

Wir wollen in diesem Kapitel den Wert der Barometerbeobachtungen für einen einzelstehenden Beobachter behandeln und ganz besonders erklären, warum die Angaben dieses Instrumentes so oft täuschen.

Warum haben wir oft bei steigendem und unveränderlichem Barometer Regen und warum wiederholt schönes Wetter bei fallendem Barometer? Weiters: Warum erleben wir zuweilen einen heftigen Sturm, wenn das Barometer nur wenig fällt, und warum hebt sich ein andermal der Wind kaum merklich, wenn das Barometer sehr tief fällt?

Diese scheinbaren Anomalien des Barometers kommen auf der ganzen Erde vor; man muß sie in jedem Lande mit Rücksicht auf die Witterungsverhältnisse des betreffenden Ortes erklären. Wenn wir auch unsere Beispiele von Großbritannien hernehmen, so sind doch die Grundsätze, welche wir daraus ableiten, allgemein anwendbar. Für keine Frage des von uns behandelten Stoffes werden wir die synoptischen Karten so unerläßlich finden; denn ohne dieselben kann man niemals eine Erklärung der unregelmäßigen Barometerschwankungen geben.

### Allgemeine Angaben.

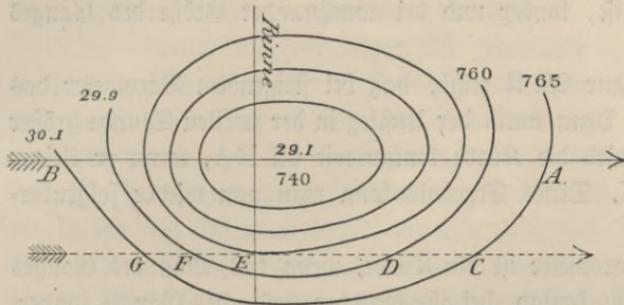
Die vorhergehenden Kapitel werden die Ursachen zur Genüge erklärt haben, welche dafür vorhanden sind, daß wir gewisse Angaben des Barometers im allgemeinen als richtig ansehen können. Wir haben dort gelernt, warum ein rasches Steigen auf der Rückseite der Cyclone unruhiges Wetter anzeigt und warum ein saches Steigen beim Beginne einer Anticyklone schönes Wetter bedeutet; ebenso warum der unveränderte Barometerstand einer andauernden Anticyklone trockenes Wetter anzeigt und das rasche Fallen des Barometers bei einer anrückenden Cyclone Sturm und Regen verkündet. Alle diese Angaben des Barometers kann man schon durch Beobachtungen entdecken, welche man in unbestimmten Zwischenräumen macht, ja sogar durch nur gelegentliches Anschauen des Instrumentes.

Der Verfasser hat aber gefunden, daß man zuweilen die größern Feinheiten selbstschreibender Barometer benutzen kann, um aus den Krümmungen der aufgezeichneten Kurven die zu erwartende Windstärke zu erklären. Diese Ableitungen sind gegenwärtig von um so größerem Werte, als jetzt brauchbare Barographen so billig sind, daß sie sich jedermann anschaffen kann.

**Abercrombys Regeln, wie man aus einem Barogramme ersehen kann, ob ein Sturm nachlassen oder anwachsen wird.**

Der Grundsatz, auf welchem die Regeln des Verfassers fußen, beruht auf dem „Sinne“ oder der „Richtung der Krümmung“ einer Kurve. Im untern

Teile der Figur 84 ist jenes Stück der Kurve, welches nahe bei A liegt, nach oben gewölbt; weiter draußen, da wo die Zahl 14 steht, ist die Kurve nach unten gewölbt und man würde sie hier konkav nennen. Die andere



Hälfte der Kurve ist fast durchaus konver. Hieraus ist zu ersehen, daß sowohl Konvergenz als Konkavität unabhängig sind von dem Umstande, ob das Barometer steigt oder fällt, wie auch von der Raschheit im Steigen oder Fallen.

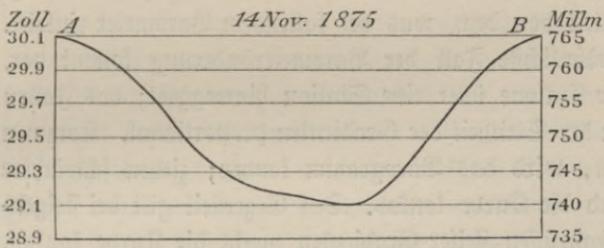


Fig. 84. Gradienten und Biegung der Barogramme.

gerade Linie sein, entweder eine aufsteigende oder eine absteigende, und es ist dabei ganz und gar gleichgültig, wie rasch das Barometer steigt oder fällt. Wenn aber das Maß des Fallens bei abnehmendem Drucke sich ändert, dann wird, je nachdem dieses Maß wächst oder abnimmt, die Kurve konver oder

konkav. Nehmen wir zum Beispiel an, daß das Barometer wie in Figur 85 F zwischen 1 und 2 Uhr 5 mm (2'' engl.) fällt, und weitere 5 mm zwischen 2 und 3 Uhr, so würde der Barograph eine absteigende gerade Linie bis s zeichnen. Wenn aber

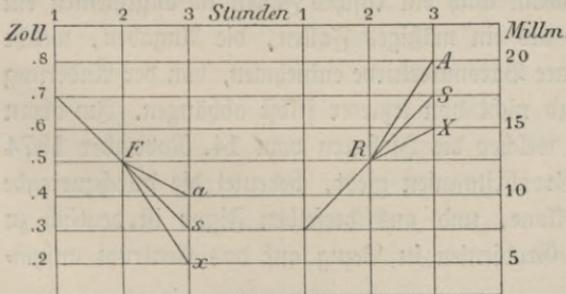


Fig. 85. Erläuterung der Entstehung konvexer und konkaver Biegungen der Barogramme.

das Barometer in der zweiten Stunde 7,5 mm (0,3'' engl.) fallen würde statt nur 5, so würde die beschriebene Kurve konver sein, wie die Linie Fx darthut. Würde es aber andererseits in der zweiten Stunde nur 2,5 mm (0,1'' engl.) fallen, so würde die Kurve bis a konkav erscheinen.

Definieren wir den Gang des Barometers als die in Millimetern ausgedrückte Zahl, um welche das Barometer, sei es auf- oder abwärts,

in einer Stunde sich bewegt, so läßt sich das Vorhergehende in folgende Form bringen:

Bei fallendem Barometer ist die Kurve, wenn das Maß des Ganges in Zunahme begriffen ist, konvex und bei abnehmender Größe des Ganges konkav.

Ein Blick auf Figur 85 R zeigt, daß bei steigendem Barometer das Gegenteil der Fall ist. Denn wenn der Anstieg in der zweiten Stunde größer ist als in der ersten, wird die Kurve konkav wie bei RA, wenn er kleiner ist, konvex wie bei RX. Dieses Ergebnis kann man nun wieder folgendermaßen ausdrücken:

Bei steigendem Barometer ist die Kurve, wenn das Maß des Ganges in Zunahme begriffen ist, konkav, bei abnehmender Größe des Ganges konvex.

Das ist das Gegenteil von dem, was bei fallendem Barometer eintritt. Der einfachste und gewöhnlichste Fall der Barometeränderung kommt vor, wenn das Centrum einer Cyclone über eine Station hinweggeht; das Fallen des Barometers ist dann der Steilheit der Gradienten proportional. Kommen steilere Gradienten heran, wird das Barogramm konvex; ziehen schwächere Gradienten vorüber, wird die Kurve konkav. Das Gegenteil gilt bei steigendem Barometer: das Heranrücken steiler Gradienten macht die Kurve konkav, das flacher Gradienten konvex.

Da nun die Windstärke der Steilheit der Gradienten proportional ist, so ergibt sich, daß die Richtung der Krümmung eines Barogramms uns sagt, ob ein Sturm heftiger wird oder nachläßt, weil wir daraus erkennen, ob die Gradienten steiler werden oder flacher. Wir müssen aber sehr sorgfältig darauf achten, daß, wenn auch ein rasches Fallen im allgemeinen ein schlechteres Wetterzeichen ist als ein mäßiges Fallen, die Angaben, welche wir aus der Krümmung einer Barometerkurve entnehmen, von der Änderung in der Größe des Ganges und nicht von letzterer selbst abhängen. Im oberen Teile der Figur 84 z. B., welcher die Isobaren vom 14. November 1874 für 8 Uhr morgens über Großbritannien giebt, bedeutet die durchquerende Linie die Richtung der Cyclone, und aus derselben Figur ist deutlich zu erkennen, daß die steilsten Gradienten in Bezug auf das Centrum unsymmetrisch angeordnet sind.

Um den barographischen Durchschnitt einer Cyclone zu erhalten, oder mit andern Worten, um zu ermitteln, welche Kurve das Vorübergehen einer Depression auf dem selbstschreibenden Instrument zurücklassen würde, haben wir durch den betreffenden Teil der Zeichnung, wie sie eine synoptische Karte liefert, eine Linie parallel zur Bahn der Cyclone zu ziehen; wenn wir dann den Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Isobaren in Zeit ausgedrückt messen, so können wir daraus die Biegungen der Kurve erhalten. Einfachheitshalber wollen wir voraussetzen, daß wir uns vorerst genau auf der

Linie der Bahn der Cyclone befinden, daß also das Centrum genau über uns weggehen muß. Auf diese Weise bewirken wir, daß die Linie des Durchschnittes der Cyclone mit der Linie der Gradienten zusammenfällt, was in keinem andern Teile der Depression der Fall ist.

Im untern Teile der Figur 84 geben wir so einen Durchschnitt der Cyclone, welcher sich auf die Linie AB des obern Teiles der Figur bezieht. Die Lage von A und B ist darin unten verkehrt, so daß man von links nach rechts liest, wie bei einem gewöhnlichen Barogramme. Wir sehen dann, daß die Gradienten beim Herannahen der Cyclone steiler wurden, so daß die Größe des Barometerfalles anwuchs und daher die Kurve konvex ausfiel, während dieser Zeit wurde der Sturm heftiger. Nach einiger Zeit, da der Ring steiler Gradienten vorübergezogen war und die flachern Gradienten der Borderseite des Centrums heranrückten, nahm die Größe des barometrischen Falles ab und die Kurve wurde konkav, obwohl sie sich noch senkte. Der Sturm ließ während dieser Zeit etwas nach. Der Vorübergang des Centrums bezeichnete die Umkehr des Barometerganges; da aber der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Isobaren von der von 750 mm (29,5" engl.) an regelmäßig zunahm, wurde die entstandene Zeichnung von da an konvex. Die wirkliche Kurve dieses Tages, wie sie zu Stonyhurst, welches fast genau auf der Bahn des Centrums lag, gezeichnet wurde, unterscheidet sich nur wenig von der unserigen. Wir sehen daraus, daß die normale barographische Kurve in einer Cyclone schlechtweg das Abbild der typischen Gestalt der Isobaren dieser Art von Depression ist und daß überdies die Richtung der Krümmung, d. h. die Konvexität oder Konkavität des Barogrammes, den einzelstehenden Beobachter in die Lage versetzt zu erkennen, ob mehr oder weniger steile Gradienten heranrücken, und ob daher der Sturm nachlassen oder anwachsen wird. Doch giebt es hier eine Beschränkung, welche dem Werte dieser Ableitung bedeutenden Abbruch thut. Ist die Linie des Durchschnittes durch eine Cyclone, welche über einen Beobachtungsort gezogen ist, nicht senkrecht zu den Isobaren, so ist der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Isobaren nicht länger das Maß der Gradienten; wenn z. B. die Cyclone in Figur 84 auf der Linie CG über einen Beobachter hinwegzieht, so wird die Kurve von C bis E konkav, weil CD eine kürzere Linie ist als DE. Dennoch befindet er sich aber während der ganzen Zeit in einer Gegend steiler Gradienten, wenn man dieselben in richtiger Weise senkrecht zu den Isobaren mißt, woraus man ersieht, daß für ihn das Merkmal anwachsender Gradienten versagt. Wenn nun auch eine Konkavität nicht das absolute Zeichen abnehmender Gradienten sein muß, so kann bei fallendem Barometer eine konvexe Kurve als Kennzeichen steilerer Gradienten niemals irreleiten. Dies ist aus der Betrachtung der Natur konzentrischer Linien leicht zu erkennen.

Bei steigendem Barometer hingegen sehen wir aus Figur 84, daß das Barogramm von E bis G konkav sein wird, obwohl die Gradienten abnehmen; unter keiner möglichen Bedingung kann dann aber eine konvexe Kurve in Irrtum führen, da sie stets abnehmende Gradienten anzeigt. Des Verfassers Regel lautet demnach: Nach dem Grundsatz, daß die Stärke eines Sturmes den Gradienten proportional ist, ist ein konvexes Barogramm stets ein schlechtes Zeichen bei fallendem, stets ein gutes bei steigendem Barometer; eine konkave Kurve ist zuweilen ein gutes Zeichen bei fallendem, und nicht immer ein schlechtes bei steigendem Barometer.

Diese Regel enthält allerdings die Voraussetzung, daß die Schwankungen des Barometers einzig und allein dem Hinwegziehen der Isobaren über dem Beobachter zu verdanken seien; in Wirklichkeit kommen aber zuweilen viel verwickeltere Änderungen vor.

In einer sehr gewöhnlichen Klasse von Stürmen z. B., welche wir als zum südlichen Wettertypus gehörig beschrieben haben, bleibt eine Cyklone, nachdem sie die britischen Küsten erreicht hat, stationär, nimmt aber möglicherweise an Tiefe 12 mm zu. Der Barometerfall, welcher dann an einer Station eintritt, ist nicht mehr von derselben Art wie derjenige, den wir eben untersucht haben, und die Krümmung der Kurve ist dann durch andere Umstände bestimmt. Die Richtung der Krümmung würde dann von einer Schwankung in der Größe der Vertiefung und nicht von der Bewegung der Cyklone abhängen.

Nehmen wir z. B. eine stationäre Cyklone, welche infolge anwachsender Intensität sich zu vertiefen beginnt. Wenn der Grad der Vertiefung konstant bleibt, so wird die Kurve eine gerade, niedersteigende Linie sein, wenn sie sich aber in zunehmendem Grade vertieft, wird die Kurve konvex, wenn in abnehmendem Grade, konkav sein.

Da wir aber wissen, daß eine Vertiefung der Cyklone gleichbedeutend ist mit einem Anwachsen der Intensität, so können wir eine Abnahme im Grade der Vertiefung als ein günstiges Zeichen nehmen, und die Angaben über die Beziehung der Krümmung zum Wetter werden richtig bleiben. Die Verwicklungen, welche aus der Vertiefung oder Verflachung einer fortschreitenden Cyklone entstehen, brauchen wir hier nicht zu erörtern; es war aber wichtig, die beiden verschiedenen Ursachen barometrischer Änderung, nämlich das Vorüberziehen einer fortschreitenden und die Vertiefung einer stationären Cyklone, anzugeben.

### Scheinbare Fehlangaben des Barometers.

Bisher haben wir uns mit jenen Bewegungen des Barometers beschäftigt, welche man die regelmäßigen nennen könnte, d. h. solche, welche mit einem Wetter verbunden oder von einem Wetter gefolgt sind, das man

vorausgesehen hatte. Wir müssen nun aber gewisse Fälle, in welchen das Barometer und das Wetter in keinem Zusammenhange der gewöhnlichen Art zu stehen scheinen, erklären und zeigen, wie trotz der scheinbaren Anomalien dieselben allgemeinen Grundsätze der Wetterkunde überall ihre Geltung bewahren.

### **Cirrus, welche vor dem Fallen des Barometers auftreten.**

Beim unregelmäßigen Verlauf der isobariischen Bewegungen giebt es einen Fall, da Wolken und zuweilen auch Regen sich bilden, bevor das Barometer zu fallen beginnt; allerdings wendet sich das Barometer fast unmittelbar darauf zum Fallen und hält dann bei zunehmendem Regen das starke Sinken an. Dies trifft nun gerade auf der Vorderseite des Kammes eines Keiles zu und das ist der Grund, warum wir in der Zeichnung von Wind und Wetter in „Keilen“, die wir in Figur 7 (S. 36) gegeben haben, das Wort „Ringe“ zum Teil gerade an die Stirne der Kammlinie gesetzt haben. Der Fall ist in Großbritannien ganz gewöhnlich und er ruft oft die Auffassung hervor, daß die Cirrus sich zu bilden beginnen, bevor das Barometer das Heranrücken des Regens anzeigt. In der That spricht hier der Himmel zuerst, doch nicht so früh wie die Isobaren. Wenn ein englischer Beobachter an einem Morgen über Irland einen „Keil“ liegen sieht und aus dem Osten von England blauer Himmel gemeldet wurde, so kann er getrost voraussagen, daß im Laufe des Tages Cirrus erscheinen werden, bevor noch das Barometer zu fallen beginnt.

Andererseits hat der Verfasser gefunden, daß die Verhängnis verkündenden Sonnenuntergänge, welche den Orkanen vorausgehen, besonders in den Tropen oft 24 Stunden früher in Erscheinung treten, als eine irgend merkliche Depression sich bildet; zweifellos haben auch Böen und sekundäre Depressionen einen drohenden Himmelsanblick als Vorläufer, ohne daß irgend eine barometrische Angabe vorhanden wäre. Wir können es als eine allgemeine Regel aufstellen, daß, wenn der Himmel drohend aussieht, während das Barometer noch nichts andeutet, irgend ein schlechtes Wetter im Anzuge ist, ob aber ein Gewitter, eine Böe oder ein Sturm, das hängt von den Umständen ab.

### **Regen bei steigendem Barometer und Ostwind.**

Regen bei steigendem Barometer und Ostwind ist in England so gewöhnlich, daß ihn Admiral Fitzroy auf seine Barometerkala als Ausnahme von der allgemeinen Regel, daß das Barometer bei Regen fällt, eintrug. Man versuchte aber keine Erklärung dafür und hätte auch in der That beim damaligen Stande der Wetterkunde keine geben können. Der Verfasser hat eine große Anzahl nicht veröffentlichter Beobachtungen hierüber gemacht und findet eine außerordentliche Gleichförmigkeit in den isobariischen Bedingungen, bei welchen diese scheinbare Anomalie auftritt.

In allen Fällen, welche man untersuchte, war der Regen bei steigendem Barometer an eine besondere Phase des nördlichen Wettertypus gebunden. Wie wir im letzten Kapitel erklärt haben, ist dies ein Typus oder Wetterlauf, in welchem der Druck im Norden und Nordwesten von Großbritannien konstant hoch bleibt, während über Frankreich und Deutschland Depressionen sich bilden.

Der Charakter der fraglichen Phase ist am besten aus einem thatsächlichen Falle verständlich. In Figur 86 geben wir eine Kopie des Barogramms vom 20. April 1877 in London und zeichnen darunter die entsprechende Zeitdauer, während welcher wir den Regen beobachtet haben.

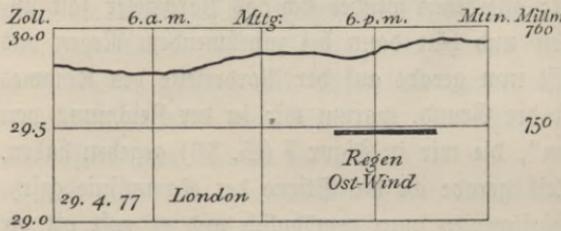


Fig. 86. Regen bei steigendem Barometer und Ostwind.

Vorerst könnte das allem, was wir bisher von der Natur der Cyclonen-Barogramme gesagt haben, zu widersprechen scheinen. Statt einem ausgesprochenen Fallen des Barometers und Regen in der Nähe des tiefsten Punktes des Luftdruckes sehen wir eine auffallend gleichförmige Kurve, in welcher die tägliche Schwankung des Barometers sehr deutlich zum Ausdruck kommt. Doch trat am Abend ein leichtes, allgemeines Steigen des Luftdruckes ein, und der Regen fiel von etwa 3 Uhr bis 9 Uhr, während der Wind mit geringer Abweichung Nordost blieb.

In Figur 87 geben wir die Wetterkarten von 8 Uhr morgens und 6 Uhr abends desselben Tages, aus denen man die Druckänderungen, wie

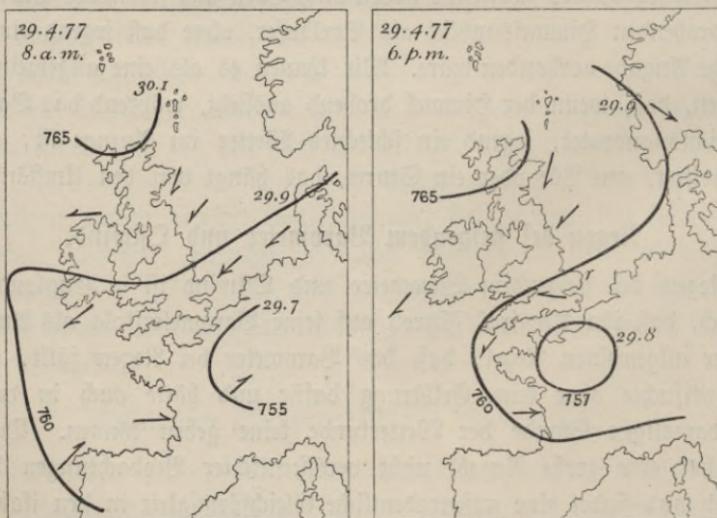


Fig. 87. Karten zur Erklärung des Regens bei steigendem Barometer und Ostwind.

sie mit Hilfe der Isobaren zur Darstellung kommen, leicht entnehmen kann. In beiden Karten liegt Schottland unter dem Rande einer Anticyklone; aber das schlecht umschriebene Gebiet niedrigen Druckes, welches am Morgen über Frankreich und dem englischen Kanal lag, hat sich am Nachmittag zu einer gut begrenzten Depression über dem Norden von Frankreich ausgebildet. Gleichzeitig stieg hinwieder das Barometer zu London, teilweise infolge einer allgemeinen leichten Hebung oder Druckzunahme — denn die tiefste Isobare auf der zweiten Karte ist 760 mm (29,9" engl.), statt wie in der ersten Karte 755 mm (29,7" engl.) — und teilweise wegen des Heranrückens der genannten Isobare von 760 mm (29,9" engl.), wie dies im Barogramm zum Ausdruck kommt; der Regen aber war der Bildung der sekundären Depression zu verdanken. In diesen wie in allen ähnlichen Fällen scheint das Vorrücken der Isobaren von Nordwesten her kleine sekundäre Depressionen zu entwickeln, gerade so wie ein starkes Fortschreiten einer Welle kleine Wirbel an ihrem vordern Rande erzeugt.

Diese sekundären Depressionen bringen Regen bei steigendem Barometer und Ostwind.

### Regen bei steigendem Barometer und Westwind.

Beim gewöhnlichen Verlaufe der Depressionen fällt das Barometer, bevor es regnet, weil das Regengebiet in der Nähe des Centrums der Cyclone liegt. Wenn daher alle Cyclonen eine erträglich regelmäßige Bahn einhalten würden und dabei weder an Tiefe noch an Ausdehnung sich viel änderten, dann könnte man niemals fehlgehen, wenn man, wie dies ganz richtig wäre, stets Regen vorherzusagen würde, so oft das Barometer zu fallen beginnt, und schönes Wetter, bald nachdem das Barometer zu steigen begonnen hat. Allein zuweilen beginnt die Depression, bevor das Centrum oder die Rinne einer Cyclone eine Station erreicht hat, so rasch sich auszufüllen, daß das Barometer, obwohl man sich auf der Vorderseite einer Cyclone befindet, thatsächlich steigt. Wir erhalten dann Regen bei steigendem Barometer, doch behält der Himmel das Aussehen bei, welches ihm auf der Vorderseite einer Cyclone eigen ist. Es ist das einer der Fälle, welche wir aus den synoptischen Karten allein zu erklären vermögen und nach dessen Verständnis man ohne dieselben hoffnungslos gesucht hätte. Auch erkennen wir daraus die Wahrheit des Satzes, daß das Wetter von der Lage des Beobachtungsortes in einer Cyclone und nicht vom Stande oder der Bewegung des Barometers bedingt ist. Das nächste Beispiel wird diesen Punkt noch deutlicher erläutern, wie es auch die Verwicklungen klarlegen wird, welche dann entstehen, wenn eine sekundäre Depression sich auf der Rückseite einer Cyclone befindet.

Die im nachstehenden gegebene Wetterfolge wurde vom Verfasser Anfang September 1883 etwa 26 km westlich von der Stadt Leeds und

160 m über dem Meerespiegel beobachtet. Sein Beobachtungsbuch, das zur Zeit der Beobachtung geschrieben wurde, enthält folgendes:

1. September 1883. — Morgens blauer Himmel, nebelig, starker Tau, Wind aus Süd; mittags drohender Himmel, Sonnenring von 46° Durchmesser, sichtbar von 12—2 nachmittags, hierauf bedeckt. Um 4 Uhr 45 Minuten abends begann ein leichter Regen. Der Wind drehte nach Südost; fast windstill; 8 Uhr abends starker Regen; der Wind hebt sich und dreht mehr gegen Osten. Das Barometer fiel fast den ganzen Tag. Bemerkung: Es zieht sehr langsam heran.

2. September. — Früh morgens Sturm; 8 Uhr morgens gleichförmige Nimbus; Wind Südwest, mäßig; das Gleiche den ganzen Tag; Regen ab und zu, öfter eher stark, doch läßt der Wind bei heranrückender Nacht ein wenig nach. Um 8 Uhr morgens wurde bemerkt, daß das Barometer die ganze Nacht gefallen war und nun sehr niedrig stand. Das Fallen des Barometers dauerte den ganzen Tag über bis 6 Uhr abends; dann wendete es sich zum Steigen, ohne daß Windstöße auftraten; um 6 Uhr 45 Min. stellte sich aber ein vorübergehender Regenschauer ein. Das Aussehen des Himmels bot hierauf nicht die Eigenart der Rückseite einer Cyklone. Bemerkung: Regen bei Südost hält lange an, 28 Stunden.

3. September. — Warm, naß und stürmisch; mild; Südsüdwest bis Südwest, frisch bis stark. Etwa 5 Uhr 30 Min. morgens Böe; 6 Uhr 30 Min. morgens starker Regen, Wind dreht herum. Den ganzen Tag düster, nebelig, dahintreibende Regenschauer, obwohl das Barometer stark steigt. Um 5 Uhr nachmittags hört der Regen auf, doch bleiben sanfte Stratus, keine Cumulus der Rückseite einer Cyklone; die Nacht bewölkt. Bemerkungen: Das Wetter wie auf der Vorderseite und nicht auf der Rückseite einer Cyklone, viel schlechter als an den vorhergehenden Tagen, das Barometer fiel.

Am nächsten Tage war der Himmel licht und mit Cumulus bedeckt, gelegentliche Regenschauer, wie sie einer Cyklone gewöhnlich eigen sind, traten auf, während der Wind nach Nordwest umgegangen war.

Was wir nun zu erklären haben, ist erstens: 28 Stunden Regen bei fallendem Barometer, und zweitens: 23 Stunden Regen und noch schlechteres Wetter, nachdem das Barometer zu steigen begonnen hat; drittens nicht nur die Verschlechterung des Wetters, sondern auch warum der Himmel nicht das gewöhnliche Aussehen annahm, nachdem das Centrum der Cyklone offenbar vorüber war.

In Figur 88—89 geben wir die Wetterkarten des 2. September von 6 Uhr abends und 8 Uhr morgens des folgenden Tages in größerem Maßstabe wieder; deuthchkeithshalber wurden die Küstenlinien weggelassen, doch wird die Lage der Buchstaben W, P und D für Wick, Penzance und Dover den

Maßstab der Karten hinreichend andeuten. Der Punkt, welcher mit L bezeichnet ist, giebt die Lage der Station an, wo die Beobachtungen gemacht wurden.

Um 6 Uhr abends am 2. September lag das Centrum einer Cyclone von beträchtlicher Intensität in der Nähe von Loughborough. Doch bildete die Isobare von 729 mm (28,7'' engl.) eine Ellipse, deren lange Achse von Barrow bis nahe nach Cambridge reichte. Dieselbe giebt die Richtung der Rinne der Cyclone, welche in diesem Falle mit der Richtung der Bahn der Cyclone einen spitzen Winkel von 60° bildet.

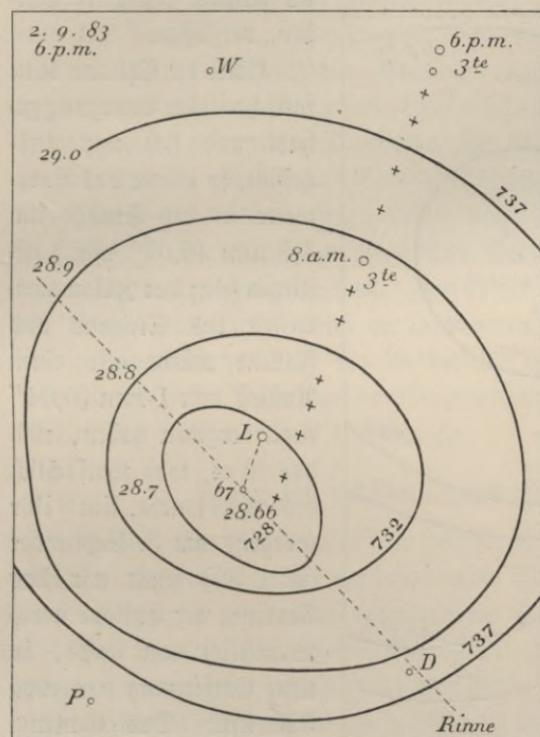


Fig. 88. Schlechtes Wetter bei steigendem Barometer.

Nehmen wir an, daß die Cyclone mit gleichförmiger Geschwindigkeit bis 8 Uhr morgens des nächsten Tages sich fortbewege, so mußte die Rinne der Cyclone wenigstens drei Stunden früher Leeds passiert haben, d. h. der Punkt der Rinne, welcher in Figur 88 mit 67 bezeichnet ist, mußte soviel früher L erreicht haben. Das Barogramm in L begann aber erst um 6 Uhr abends zu steigen; die Erklärung dieser scheinbaren Anomalie ist die folgende:

Um 6 Uhr abends, den 2. September (Fig. 88), war der niedrigste beobachtete Barometerstand 728 mm (28,66'' engl.); um 8 Uhr morgens des nächsten Tages

(Fig. 89, S. 274) war aber der niedrigste Druck etwa 737 mm (29,0'' engl.), so daß also die Cyclone während dieser 14 Stunden um 9 mm (0,34'' engl.), d. h. 0,64 mm (0,024'' engl.) in der Stunde sich ausfüllte.

Daraus geht hervor, daß das Barometer in der Nähe von Leeds wenigstens drei Stunden lang anstieg, während das Centrum der Cyclone in Annäherung begriffen war; denn das Steigen des Barometers infolge des Ausfüllens der Cyclone war größer als das Fallen desselben infolge der Annäherung der Rinne der Cyclone.

Die thatsächlichen Zahlen waren in diesem Falle die folgenden: Würde keine Ausfüllung stattgefunden haben, so würde das Barometer während der

drei Stunden von 6—9 Uhr abends um 0,76 mm (0,03'' engl.) gefallen sein. Das ergibt sich auf folgende Weise: Der Druckunterschied zwischen L, 729,0 mm (28,7'' engl.), und dem Punkte an der Rinne, welcher mit 67 bezeichnet ist, beträgt 0,76 mm (0,03'' engl.) und der Abstand beider Punkte 80 km.

Letzterer wird in drei Stunden durchlaufen worden sein, weil das Centrum der Cyclone bis zum Punkte, der in der Figur 88 mit 3° bezeichnet ist, in den 14 Stunden bis 8 Uhr morgens 341 km zurückgelegt hat. Diese 14 Stunden sind eben zwischen den Stunden, für welche die Karten gezeichnet wurden, verfloßen.

Hätte die Cyclone keine fortschreitende Bewegung gehabt und sich nur ausgefüllt, so würde das Barometer in der Stunde um 1,8 mm (0,07'' engl.) gestiegen sein; das Zusammen treffen des Steigens und Fallens würde also einen Anstieg von 1 mm (0,04'' engl.) ergeben haben, und das ist es, was thatsächlich beobachtet wurde. Um 8 Uhr morgens am 3. September (Fig. 89) sehen wir das Centrum der Cyclone nordnordöstlich von Leeds, in einer Entfernung von etwa 320 km. Das Centrum der Cyclone bewegte sich nach Norden, so daß infolge

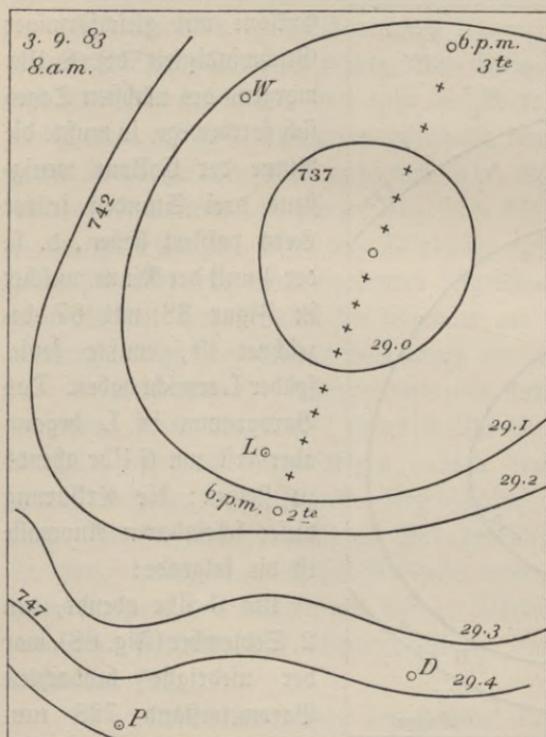


Fig. 89. Schlechtes Wetter bei steigendem Barometer.

der Einwirkung der Cyclone das Barometer eine steigende Bewegung erhielt. Es zeigt sich aber in der Lage der Isobaren über dem irländischen Kanal eine ausgesprochene Unregelmäßigkeit, welche auf das Vorhandensein einer sekundären Depression in der Nachbarschaft hinweist. Die Karte von 6 Uhr abends desselben Tages zeigte, daß die sekundäre Depression, welche über dem irländischen Kanale lag, nun viel stärker hervortrat und jetzt ihren tiefsten Teil in der Nähe von Liverpool hatte. Leeds und seine Umgebung stand infolgedessen noch unter dem Einflusse der Vorderseite dieser sekundären Depression, obwohl das Barometer teilweise infolge des Fortschreitens, teilweise wegen der Ausfüllung der Cyclone etwa 5 mm (0,2'' engl.) gestiegen war.

Am nächsten Tage weisen die Karten aus, daß die Cyclone weiter gegen Norden sich fortbewegt hatte und die sekundäre Depression über der Nordsee lag, so daß sie eine Art V südlich von der Cyclone bildete.

Die Erklärung des scheinbar anomalen Wetters ist nun sehr einfach. Die ersten 28 Stunden Regen bei fallendem Barometer sind auf die Vorderseite einer langsam fortschreitenden Cyclone zurückzuführen. Bis dahin hätten wir also nur die gewöhnliche Reihenfolge solchen Wetters vor uns. Die nächsten drei der folgenden 23 Stunden Regen und schlechtern Wetters, nachdem das Barometer zu steigen begann, gehören auch noch der Vorderseite der Cyclone an, obwohl das Barometer infolge der Ausfüllung der Cyclone stieg. Die übrigen Stunden Regen sowie der Himmelsanblick, welcher sonst für die Vorderseite einer Cyclone charakteristisch ist, waren der Bildung einer sekundären Depression auf der Rückseite der Cyclone zu verdanken, so daß, obwohl das Barometer infolge des Vorüberganges und des Ausfüllens der Cyclone stieg, Leeds noch den ganzen Tag hindurch dem Einflusse der Vorderseite der sekundären Depression mit ihrem charakteristisch trüben Wetter unterworfen war. Der Wind war nach Beginn des Steigens des Barometers stärker, denn die Gradienten waren auf der Rückseite steiler als in den meisten Theilen der Vorderseite der Cyclone. Am vierten Tage war die sekundäre Depression vorübergegangen, und nun erst trat das typische Wetter der Rückseite einer Cyclone ein.

### Regen bei unverändertem Barometerstande.

Soviel über den Regen bei steigendem Barometer. Nun müssen wir aber die Niederschläge bei unverändertem Barometerstande betrachten. Für die Engländer ist dieser Fall verwirrender als der mit steigendem Barometer.

Im letztern Falle erkennt man sofort, daß irgend etwas Ungewöhnliches um die Wege ist; im erstern Falle aber haben wir ein durch mehrere Stunden andauerndes Niederprasseln bei vollständig unverändertem Barometer. Diese Klasse von Regen ist im kontinentalen Europa viel gewöhnlicher als in Großbritannien, einen einzigen Fall ausgenommen, welchen wir später erwähnen werden.

Im jetzt zu behandelnden Falle ist der Regen stets nichtisobarisch oder von jener Art, welche mit sekundären Depressionen und nicht mit Cyclonen zusammenhängt. Aus diesem Grunde ist der Regen niemals von Sturmwind begleitet, obwohl zu Beginn oder am Ende desselben oft heftige Windstöße sich einstellen.

Wir geben in Figur 90 (S. 276) den Abdruck einer Photographie der Kurve des eigenen Barographen des Verfassers für den 1. und 2. Juli 1877 in London wieder. Da dieselbe ganz und gar nicht retouchiert ist, giebt sie die kleinen Unregelmäßigkeiten des Luftdruckes in einer Weise wieder, wie

es keine mit der Hand gefertigte Kopie zu leisten vermag. Die horizontalen Linien stellen Druckunterschiede von 12,5 mm (0,5" engl.) dar, die dickere Linie bezeichnet eine Druckhöhe von 750 mm (29,5" engl.). Die vertikalen Linien sind in Abständen von 6 Stunden gezogen. Auf den ersten Blick möchte es scheinen, daß kaum eine Spur von Störung vorhanden sei; die Änderungen des Barometerstandes sind in der That unbedeutend, und die tägliche Schwankung ist deutlicher, als es sonst in England der Fall zu sein pflegt. Betrachten wir aber die Kurve sorgfältiger,

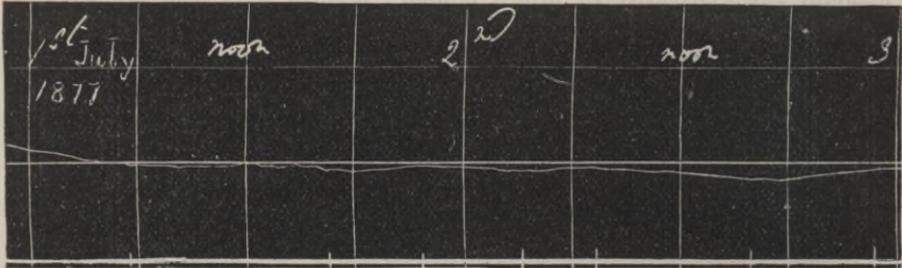


Fig. 90. Regen bei unverändertem Barometer.

so finden wir, daß gerade vor 6 Uhr morgens am 1. Juli ein kleines Sinken des Barometers vorhanden ist und daß von da ab die Linie fast ganz gerade verläuft bis etwa 4 Uhr 30 Minuten nachmittags, wo dann neuerdings ein kleines Sinken sich einstellt; nach demselben bleibt die regelmäßige tägliche Schwankung ungestört. In London begann der Regen bei der ersten Senkung und dauerte ohne Unterbrechung bis zur zweiten an, worauf dann der Himmel aufklarte.

Die Karten für diesen Tag, welche wir leider wegen der Beschränkung der Anzahl der Figuren, die uns auferlegt ist, nicht wiedergeben können, zeigen, daß dies alles durch die Bildung und das Vorüberziehen einer kleinen sekundären Depression über dem Norden von Frankreich und dem englischen Kanale verursacht wurde. Sowohl der Regen als die Barographenkurve sind für diese Klasse von Depressionen sehr charakteristisch. Ein Fall dieser Art zeigt mehr als irgend etwas anderes den überwiegenden Wert eines kontinuierlich zeichnenden über die Kurve eines intermittierenden Barographen; denn obwohl der letztere es ermöglicht, stündliche Werte für die Bestimmung der täglichen Schwankung zu erhalten, so geht dabei doch jede Möglichkeit verloren, den kleinern Druckschwankungen zu folgen, welche häufig die großen Wetteränderungen begleiten. Der interessanteste Punkt in den sekundären Depressionen ist der Gegensatz zwischen der Intensität des Wetters, welche sie verursachen, und der scheinbar kleinen Druckstörung. Bei den Cyclonen sind die Gradienten bis zu einem gewissen Grade ein gutes Maß für die Intensität, in den sekundären Depressionen hingegen hat der Regenfall gar

keine Beziehung zur barometrischen Störung. Dies macht die Wettervorhersage zweifellos sehr schwierig. Alles, was man sagen kann, wenn man eine sekundäre Depression heranrücken sieht, ist, daß es regnen wird. Man kann aber die Niederschlagsmenge daraus nicht ermessen, wie man bei einer Cyclone die Stärke des Windes vorherjagen kann.

Rein nichtisobariſche Regen, welche mit keiner sekundären Cyclone in Verbindung stehen, kommen in Großbritannien selten, im kontinentalen Europa häufig, in den Tropen regelmäßig vor. Dieselben sind in der Barographenkurve häufig durch ein plötzliches, scharfes Ansteigen von der Art angezeigt, wie wir es im Kapitel über die Gewitterstürme zur Darstellung brachten. Es ist wahrscheinlich eine rein lokale Wirkung des heftig niederströmenden Regens, der die Luft durch seinen Fall herabdrückt.

Die andere Art von Regen bei scheinbar unverändertem Barometer, welche häufig mit Sturmwind verbunden ist, kommt nur bei sehr unstemtem Wetter vor. Im Kapitel über die Wettertypen haben wir einige Beispiele nahezu stationärer Cyclonen gegeben, welche an Tiefe stark zunahmten, während die benachbarten Anticyklonen an Höhe gewannen. Eine notwendige Folge hiervon ist, daß es irgendwo Orte geben muß, an welchen keine Druckänderung zu beobachten ist; aber auf der einen Seite derselben muß dann der Druck abnehmen, während er auf der andern Seite zunimmt. Auf diese Weise werden über diese Orte steile Gradienten zu liegen kommen, der Wind zur Sturmstärke anwachsen und das Wetter sich der Isobarenform anbequemen, aber das Barometer wird unverändert bleiben; man könnte sagen, daß diese Orte in Bezug auf die Schwankungen des Luftdruckes in der Umgebung Knotenpunkte\* sind.

Es ist nun aber doch ein extremer Fall, der nur an einer sehr beschränkten Anzahl von Orten vorkommen kann, wenn der Luftdruck dabei sich gar nicht ändert. Unter den obigen Bedingungen wird es aber stets eine Anzahl von Orten geben, an welchen das Barometer nur mäßig fällt und doch ein Sturm herrscht, der außer allem Verhältnisse mit dem beobachteten Fallen desselben steht. Es wird hierdurch der wichtige Unterschied beleuchtet, welcher zwischen dem Falle des Barometers infolge des Vorüberziehens einer scharf begrenzten Cyclone und demjenigen besteht, welcher die Folge der Neuordnung der Druckverteilung in der Umgebung eines Ortes ist. Als Beispiel verweisen wir auf Figur 93 (S. 297) im nächsten Kapitel, wo wir zwei Karten von Westeuropa für den 6. Februar 1883, 8 Uhr morgens und 6 Uhr abends, geben. Die Lage der Isobare von 772 mm (30,4" engl.) ist in beiden Karten ziemlich genau dieselbe; aber vom Morgen bis Abend

\* Der Ausdruck ist von der Wellenbewegung hergenommen, in welcher man die unbewegt bleibenden Punkte einer stehenden Welle „Knoten“ nennt. Der Übersetzer.

fiel der Druck im Westen von Irland um 10 mm (0,4" engl.) und stieg über Schweden um 5 mm (0,2" engl.). Die Form der Isobaren hat sich nicht viel verändert, so daß die Gradienten bei einer nur kleinen Änderung der Windrichtung sehr steil geworden sind. Auf diese Weise müssen viele Stationen, welche in der Nähe der unverändert gebliebenen Isobare, die die Knotenlinie darstellt, liegen, ein starkes Anwachsen des Windes, sei es bei steigendem, bei unverändertem oder bei ein wenig fallendem Barometer, aufweisen. Für Aberdeen z. B., welches mit A bezeichnet ist, ergeben die Windpfeile, daß der Wind von einer frischen Brise zu einem mäßigen Sturme angewachsen ist. Die Bewegung der Isobaren zeigte aber nur ein Fallen des Barometers während der 10 Stunden, welche zwischen den beiden Beobachtungen verflossen sind, von 2,5 mm (0,1" engl.) an.

### Schönes Wetter bei niedrigem oder fallendem Barometer.

Von dem obigen Falle, in welchem das Wetter außer jedem Verhältnisse zum Sinken des Barometers stand, finden wir leicht den Übergang zu dem umgekehrten Falle, bei welchem das Sinken des Barometers ganz außer Verhältnis zur Ruhe des Wetters steht, welches ihm folgt. In Nordeuropa wird während der Wintermonate und beim Vorherrschenden des westlichen Wettertypus das Barometer zuweilen 12 mm und mehr fallen, ja selbst oft unter 725 mm sinken, ohne daß starke Winde folgen; das allgemeine Aussehen des Himmels ist dabei klar und nur kleine Cumuluswolken sind vielleicht zu sehen. Die Erklärung hierfür ist mit Bezugnahme auf unsere atlantischen Karten leicht zu geben. Wir ersehen aus denselben, daß die Tiefe des niedrigsten Punktes, wenn der Atlantische Ocean von einem beständigen Gebiete niedrigen Druckes bedeckt ist, oft plötzlich um nahezu 25 mm (1" engl.) abnimmt und die Gradienten in der Nähe des Centrum sehr flach werden. In manchen Phasen dieses Wettertypus dehnt sich das Gebiet niedrigen Druckes über Europa aus und das Minimum desselben steigt und fällt dann genau so, wie wenn das Centrum über dem Ocean liegt.

Wenn dann z. B. Deutschland innerhalb dieses Gebietes sich befindet, kann es vorkommen, daß der Druck um ganze 25 mm abnimmt, ohne daß ein Sturm oder Regen sich einstellt. Das starke Fallen des Druckes würde zweifellos irgendwo im Westen von Deutschland steile Gradienten entwickeln; da aber das Sinken des Druckes nicht durch das Vorüberziehen einer Cyclone verursacht wurde, so wird auf dasselbe weder Wind noch Regen folgen. Das Centrum dieser großen Depressionen, welche ja keine echten Cyclonen sind, bringt gewöhnlich kühles, klares Wetter und Cumuluswolken. Dieses Wetter wird daher im fraglichen Falle in Deutschland eintreten. Beispiele dieser Art lehren uns den weitverbreiteten Irrtum vermeiden,

daß die Heftigkeit eines Sturmes stets im Verhältnis zum Fallen des Barometers stehe, und daß ein sehr niedriger Barometerstand mit Notwendigkeit schlechtes Wetter mit sich führe.

### Schwierigkeiten an Bord eines Schiffes.

All die Beispiele, welche wir bis jetzt in diesem Kapitel gegeben haben, erklären die Natur der Wettervorhersage mit Hilfe eines einfachen Barometers und der Beobachtung des Himmelsanblickes zur Genüge und geben Einsicht in die wahre Natur der scheinbaren Ausnahmen von dem gewöhnlichen Zusammenhange zwischen dem Wetter und den Bewegungen des Quecksilbers im Barometer.

Der Raum erlaubt uns leider nicht, die noch größern Schwierigkeiten zu behandeln, welche auftreten, wenn die Beobachtungen an Bord eines sich bewegenden Schiffes gemacht werden. Man hat dann selbstredend nicht nur die Bewegung der Cyklone, sondern auch die des Schiffes in Rechnung zu ziehen, und es ist natürlich, daß manche der für Landstationen abgeleiteten Regeln beträchtliche Abänderungen erheischen. Dieselbe Beschränkung des Raumes zwingt uns auch, die Theorie der Schiffsbehandlung in den Cyklonen von kleinem Durchmesser, welche in den tropischen Ländern unter dem Namen Hurrikane, Teifune zc. auftreten, zu übergehen. Der Verfasser hofft diesen Teil der Wetterlehre in einem andern Werke behandeln zu können.

---

## Fünfzehntes Kapitel.

### Wettervorhersage mit Hilfe der synoptischen Karten.

#### Darlegung des Problems.

Unter synoptischen Wetterprognosen verstehen wir jene Art der Wettervorhersage, welche mit Hilfe der synoptischen Karten gemacht wird. Derjenige, welcher an einer Centralanstalt mit der Wettervorhersage betraut ist, befindet sich mit Beobachtern viele hundert Kilometer im Umkreis in Verbindung. Die Angaben, welche er aus dem Anblicke dieser Karten ableitet, unterstützt er durch seine in langer Übung erworbene Erfahrung über die meteorologischen Verhältnisse seines Landes und die Bewegungen der Depressionen in demselben, sowie die Kenntnis der wiederkehrenden Perioden verschiedener Arten von Wetter, welche er mit der Zeit gewonnen hat. Aus all diesem zusammen bildet er sich sein eigenes Urtheil über die Änderungen, welche wahrscheinlich eintreten werden, und diesem entsprechend schickt er seine Prognosen hinaus.

Der Natur der Sache nach können niemals viele Stellen für Wetterprognose in einem Lande bestehen. Die Raschheit der meteorologischen Änderungen macht die Anwendung des Telegraphen unumgänglich notwendig, und die damit verbundenen, in Anbetracht der nicht kommerziellen Natur der Ergebnisse großen Auslagen beschränken in der Praxis diese Wetterprognose auf die Agenden eines von der Regierung errichteten Amtes.

Aus den vorhergehenden Kapiteln wissen wir nun, was das Wetter ist. Statt daß wir uns mit Allgemeinheiten befassen, welche durch die Worte: Wind, Regen, Wolken, Wärme u. s. w. ausgedrückt werden, haben wir uns allmählich zu der Auffassung emporgeschwungen, daß die meteorologischen Erscheinungen das Ergebnis des Kreislaufes einer feuchten Atmosphäre sind. Wir wissen daher auch, daß, wenn wir von der Wettervorhersage sprechen, wir darunter den Versuch verstehen anzugeben, wie oder wo Luftwirbel bestimmter Art sich bewegen oder wann neue sich bilden dürften, wie auch, ob eine Cyclone mehr oder weniger heftig sein werde.

### Hilfsmittel der Wetterprognose.

In diesem Kapitel wollen wir einige weitere Bemerkungen über den ganzen Umfang der synoptischen Wetterprognose machen. Wir werden einige Hilfsmittel derselben aufzählen, welche uns aus verschiedenen Quellen zufließen und sowohl die gegenwärtigen Schwierigkeiten derselben als auch das in der Zukunft für die Wetterprognose Erreichbare auseinandersetzen. Zum Schlusse werden wir einige Beispiele der Erfolge und des Fehlschlagens der Wetterprognose in verschiedenen Ländern mitteilen und Rechenschaft geben über die Prozente des Eintreffens, welche von verschiedenen Centralstellen erreicht werden. In einem internationalen Werke werden wir die allgemeinen Grundsätze dieser Aufgabe besser dadurch beleuchten, daß wir die Wetterprognosen in verschiedenen Ländern durch Beispiele zur Darstellung bringen, als wenn wir versuchen würden, in irgend welche Einzelheiten einzugehen. Eine ziemlich vollständige Auseinandersetzung über die Natur der Wetterprognose und über die Einzelheiten der Methoden und der Einrichtung der Versendung von Sturmwarnungen in Großbritannien findet man in dem Werke des Verfassers „Grundsätze der Wetterprognose mit Hilfe der Wetterkarten“ (Principles of Forecasting by means of Weather Charts), welches mit Gutheißung des Aufsichtsrates des meteorologischen Amtes herausgegeben wurde.

### Ungleichmäßige barometrische Änderungen.

Wir haben die Anwendung der Kenntnis der Wettertypen für jedes Land schon erschöpfend erklärt und gezeigt, daß während der Dauer derselben die Bewegung der Depressionen entweder eine gewisse allgemeine Rich-

tung oder eine bestimmte Lage beibehält. Allein in veränderlichen Klimaten finden wir oft Wettergänge, welche keinem besondern Typus zugeteilt werden können. Die Wetterprognose befindet sich dann im großen Nachteile, denn sie hat kaum etwas, was ihr als Wegweiser für das künftige Wetter dienen könnte.

Die richtige Vorstellung über einen Wettertypus schließt die Kenntnis in sich, daß die Folge der Wetteränderungen eine gewisse Reihe einhalte; wenn dann kein Typus deutlich erkennbar ist, so fehlt die Grundlage, auf welche sich die Vorhersage stützen kann. In den meisten Fällen muß die Wetterprognose auf den Unterschied des barometrischen Ganges in verschiedenen Gegenden Rücksicht nehmen. Wenn man sieht, daß das Barometer in einer Gegend mehr oder weniger im Fallen begriffen ist als in einer andern, und das selbst dann, wenn keine Depression sich zeigt, so weiß man, daß steilere Gradienten dortselbst sich ausbilden und der Wind zunehmen, auch das Wetter schlechter werden muß, da es ja von der Form der vorhandenen Isobaren abhängt.

Wenn man hingegen findet, daß der Druck in einem Gebiete niedrigen Barometerstandes zunimmt, so weiß man, daß die Gradienten abnehmen und daß sowohl der Wind als das Wetter sich abschwächen werden. Die Einzelheiten sind endlosen Änderungen unterworfen, und es läßt sich nicht einmal für ein einzelnes Land eine Regel ableiten; alles muß dabei dem Urteile und der Erfahrung desjenigen anheimgestellt werden, der die Wetterprognose zu machen hat.

### Cyklonenbahnen.

Die Bahnen der Cyklonen und die Natur der Einflüsse, welche dieselben ablenken oder sie auf andere Weise ändern, sind von so großer Wichtigkeit, daß wir der Betrachtung dieser Einflüsse, natürlich mit besonderer Berücksichtigung der Tragweite, welche sie für die Wetterprognose haben, einige Abschnitte widmen wollen.

Zeichnet man die Bahnen der seltenen, aber heftigen Cyklonen der Tropen, welche als Hurrikane, Teifune oder schlechtweg als Cyklonen bekannt sind, auf eine Karte, so findet man, daß trotz der allgemeinen Ähnlichkeit der Bahnlinien doch ein so großer Unterschied vorhanden ist, daß wir nicht einmal den Versuch wagen können, ein absolutes Gesetz abzuleiten.

Die westindischen Hurrikane z. B. beginnen gewöhnlich mit einem nach Westen gerichteten Laufe und biegen dann allmählich um, bis sie endlich gegen Ost oder Nordost sich bewegen. Allein in einzelnen Fällen setzen sie ihren Weg in westlicher Richtung fort und durchqueren die südlichen Teile der amerikanischen Union, anstatt sich zu wenden und das Atlantische Meer zu durchschreiten.

Aus diesem Grunde würde ein Schiff, welches unter der Voraussetzung gelenkt würde, daß der Hurrikan stets dieselbe Bahn einhalte, sehr großen Gefahren ausgesetzt sein.

In der gemäßigten Zone, wo die Cyclonenbahnen noch unregelmäßiger sind, müßte jeder Versuch, feste und sichere Regeln für die Zugstraßen der Depressionen aufzustellen, zu mißlichen Fehlern für jede Prognose führen, welche sich auf ein solches System stützen würde. Obwohl aber die zahllosen Ursachen, von welchen wir gefunden haben, daß sie die Cyclonenbahnen abändern, für die Vorausbestimmung der wahrscheinlichen Bahn einer bestimmten Depression nicht herbeigezogen werden können, sind doch manche Punkte, welche beobachtet wurden, so interessant, daß wir einige derselben mehr im einzelnen darlegen wollen.

### Neigung zum Einhalten gewisser Zugstraßen.

Während der Dauer eines bestimmten Typus zeigen gewöhnlich zwei oder drei aufeinanderfolgende Cyclonen die Neigung, dieselbe Bahn einzuschlagen. Es ist dies zweifellos die natürliche Folge der Thatsache, daß die Bahn der Cyclone durch den Typus der Druckverteilung, in welcher sie gebildet wurde, bestimmt ist. Zuweilen ist diese Bahn durch die umgebende Druckverteilung vollständig vorgegeschrieben; andere Male hingegen übt die lokale Gestaltung des Landes einen sehr kräftigen Einfluß auf die Lage derselben aus.

In Großbritannien z. B. haben die Centren der Depressionen des westlichen Typus, wenn sie dabei so weit südlich beginnen, daß sie die britischen Inseln durchqueren, eine ausgesprochene Neigung, der Linie des Kaledonischen Kanals in Schottland oder dem tiefliegenden Landstrich, welcher die Thäler des Forth und des Clyde trennt, zu folgen. Beide Bahnen fallen mit den Linien kleinsten Widerstandes zusammen; denn beide sind Richtungen, auf welchen das Durchqueren der gebirgigen Gegenden Schottlands am leichtesten ist. Eine andere wohlbekanntere Neigung der Cyclone läßt sie lieber an den Seeküsten sich halten, als in das Land eindringen. Wenn eine Cyclone den Englischen Kanal heraufkommt, streift sie häufig die Südküste von England und zieht dann der Ostküste entlang mehr nordwärts, statt daß sie direkt über das Land hinweg nach Nordosten fortschreiten würde. Auf gleiche Weise halten sich große Cyclonen, welche vom Atlantischen Ocean herkommen, sobald sie die Küste von Norwegen treffen, oft mehrere Tage an dieser Küste, statt daß sie direkt nach Nordosten sich bewegten. In den Vereinigten Staaten ziehen die Cyclonen in der großen Mehrzahl der Fälle der Linie der großen Seen entlang und folgen dann dem Thale des Lorenzoströmes oder durchqueren die Staaten von Neuengland, um in den Atlantischen Ocean zu gelangen.

Einhalten gewisser Zugstraßen. Stürme, welche das Atlantische Meer übersehen.

Große Gebirgsketten üben ebenfalls einen sehr kräftigen Einfluß auf die Bahnen der Cyclonen aus.

In Europa bildet die Alpenkette eine natürliche Scheidewand zwischen dem Wetter der Mittelmeerländer und dem der nördlichen Teile des Continents. In der Regel hat das große Binnenmeer einen Kreislauf der Atmosphäre, der von demjenigen, welcher im übrigen Europa herrscht, ganz verschieden ist.

Dies ist aus einem Rückblicke auf die großen Wetterkarten, die wir im Kapitel über die Wettertypen gegeben haben, ganz deutlich ersichtlich.

Wir verfolgen manchmal eine Cyclone des Mittelmeeres beim Versuche, die Alpen zu überschreiten, auf ihrer Bahn und sehen dieselbe an diesem Streben zerfallen. Man sieht leicht ein, daß das ganze System einer Cyclone, wenn die untere Hälfte eines so flachen und verwickelten Wirbels durch eine Gebirgskette von 3000—4000 m Höhe abgeschnitten wird, außerordentlich leicht zerstört werden kann. Ausnahmsweise hat man aber auch schon Fälle beobachtet, daß große Cyclonen die hohe Wand der Alpen überschritten haben.

Auch in Indien übt die noch höhere Kette des Himalaya einen natürlich noch größern Einfluß auf die meteorologischen Verhältnisse dieses Landes aus, wie dies der Anblick der Karten, welche wir für die Monsungegenden schon gegeben haben, in überreicher Weise zeigt.

### Stürme, welche das Atlantische Meer übersehen.

Die Cyclonen, deren Bewegung in Europa bei weitem das größte Interesse hervorgerufen hat, sind diejenigen, welche zuweilen von jenseits des Atlantischen Oceans herüberkommen. Die weitesten Kreise waren von der Idee befangen, daß ein Sturm von New York telegraphisch angemeldet und seine Ankunft an den Küsten von Europa drei oder vier Tage vorher vorausgesagt werden kann. Würden die Cyclonen mit angenähert gleichförmiger Geschwindigkeit fortschreiten und auf nahe gleichen Bahnen wandern, und würde ihre Intensität konstant bleiben, dann wäre es in der That oft möglich, von den Vereinigten Staaten oder Canada rechtzeitige Warnung zu erhalten. Obwohl die Karten, welche wir für das Wetter auf dem Atlantischen Ocean schon gegeben haben, den wirklichen Charakter der atlantischen Cyclonen genügend zur Anschauung bringen, so wird man die Eigenheiten der Bahnen dieser Depressionen doch viel besser durchschauen, wenn wir die Zugstraßen aller Cyclonen, welche innerhalb eines Monats im Atlantischen Ocean auftreten, zur Darstellung bringen. Es mag dies als ein Beispiel für jeden andern Monat oder jede andere Jahreszeit dienen. Wir geben daher in Figur 91 eine Karte aller jener Cyclonenbahnen des Monats Juli 1879, welche durch mehr als zwei Tage in den Vereinigten

Staaten, auf dem Atlantischen Ocean und in Europa verfolgt werden konnten. Es gab während dieses Monats sieben gut verfolgbare Zugstraßen der Cyclonen innerhalb des erwähnten Gebietes.

Diese Bahnen sind auf unserer Karte eingezeichnet und die Lage des Centrums jeder Cyclone ist für jeden Tag deutlich vermerkt.

Auf den ersten Blick erhalten wir den Eindruck, daß die allgemeine Auffassung sich bewahrheitete, daß die Cyclonen gewöhnlich in einer bestimmten allgemeinen Richtung sich bewegen.

Alle Bahnen liegen einem verhältnismäßig schmalen Gürtel des Oceans entlang. Betrachten wir aber die Einzelheiten derselben, so finden wir, daß

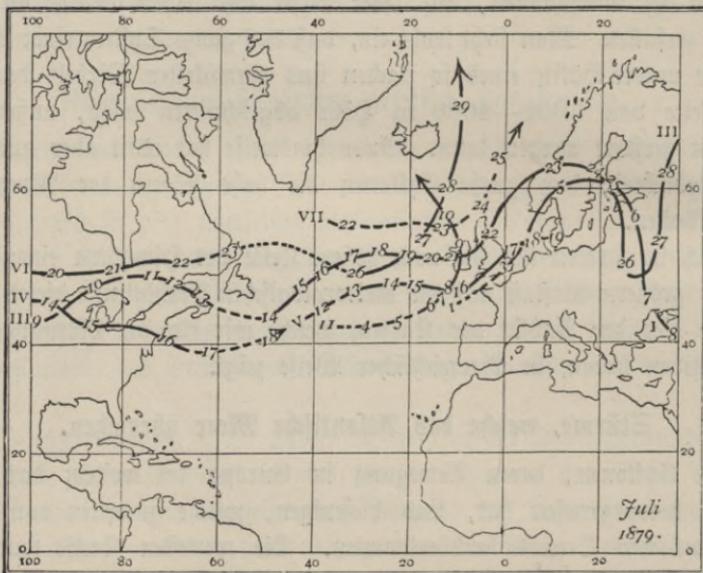


Fig. 91. Cyclonen, welche den Atlantischen Ocean durchkreuzen.

die kleinern Schwankungen der Richtung oder Bewegung die Verwertung dieser Kenntnis für die Wetterprognose thatsächlich ausschließen.

Von den sieben Cyclonen wurden vier, nämlich I, II, V und VII, in der Mitte des Atlantischen Oceans gebildet und schlugen dann eine mehr oder weniger regelmäßige Bahn gegen Europa ein. Man beachte, wie die eigentümliche Schlinge nach Norden, welche die Bahn I am Beginne des Monats macht, am Ende desselben von der Cyclone III fast genau wieder ausgeführt wird. Die Cyclonen IV und VI bildeten sich in den Vereinigten Staaten; beide zogen in den Atlantischen Ocean hinaus, aber keine von beiden erreichte die Küsten von Europa.

Die Cyclone III hatte ihren Ursprung ebenfalls in der amerikanischen Union. Allein diese überlebte nicht nur, ganz ungleich den beiden vorhergehenden, ihre Reise über den Atlantischen Ocean, sondern drang auch noch,

nachdem sie Europa durchquert hatte, nach Sibirien vor. Unsere Karte verfolgt die Geschichte dieser Cyklone während 20 Tagen, vom 9. bis 28. Juli. Wir wollen nun aber versuchen, wie man fahren würde, wenn man es unternähme, unter der Voraussetzung, daß die Depression, sei es in regelmäßiger Richtung oder mit gleichförmiger Geschwindigkeit, fortschreite, Wetterprognosen auszugeben. Vom 9. bis 11. bewegte sich die Cyklone mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit nordostwärts, die nächsten zwei Tage zog sie mit verminderter Geschwindigkeit nach Südost und verließ die Küsten der Vereinigten Staaten auf südöstlicher Bahn. An diesem Tage gewann sie an Geschwindigkeit, am nächsten Morgen aber änderte sie ihre Richtung neuerdings nach Nordosten und ihre Geschwindigkeit nahm während der nächsten sieben Tage allmählich ab, worauf sie dann, nachdem sie acht Tage zum Überziehen des Atlantischen Oceans von Neuschottland her gebraucht hatte, die Küste von Irland erreichte. Ein Schnelldampfer würde dieselbe Entfernung in fünf Tagen zurückgelegt haben. Von diesem Tage, dem 21. an, nahm die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wiederum zu und die Cyklone wendete sich noch mehr nordwärts. Hierauf bog die Bahn bei allmählich abnehmender Geschwindigkeit nach Süden, um dann noch einmal mit zunehmender Geschwindigkeit gegen Norden sich zu wenden, bis wir endlich am 28. Juli die Cyklone in den gefrorenen Gefilden von Sibirien aus den Augen verlieren.

Dieses Beispiel wird zur Genüge darthun, daß wir uns über die künftige Bahn oder Geschwindigkeit eines Cyklonencentrums aus den Beobachtungen seiner frühern Bewegungen kein Urtheil bilden können. In unserem Falle gab die Richtung und Geschwindigkeit der Depression beim Verlassen der amerikanischen Küste keinen Schlüssel für ihre Bahn durch den Ocean oder ihre Windungen nach Erreichung des europäischen Continents.<sup>1</sup>

Es giebt noch einen andern Punkt, welchen wir bei Erörterung dieser Frage vor Augen halten müssen: wir zeichnen wohl den Zug der Cyklonen, aber nicht notwendigerweise den der Stürme. Die Größe und Intensität dieser Cyklone wechselte an jedem Tage ihres Daseins. An manchen Tagen war ihre Intensität so groß, daß sich der Wind stellenweise zur Gewalt eines Orkans erhob; an andern Tagen waren die Gradienten von so geringer Steilheit, daß sie nur eine Brise erzeugten. Es lassen sich keine Regeln ableiten, welche auf die Lebensgeschichte einer Cyklone Anwendung finden könnten; wir müssen Tag für Tag die Anzeichen zu- oder abnehmender Intensität beobachten.

Aus alledem kann man den Wert jener Meinung beurtheilen, der zufolge ein schneller Postdampfer vor einem heranziehenden Sturme eintreffen und von der herannahenden Gefahr Kunde bringen könne.

Die Cyklone, welche wir eben verfolgt haben, bewegte sich eher langsamer als gewöhnlich; wir finden zuweilen Depressionen, welche den Atlan-

tischen Ocean in vier Tagen durchqueren. In diesem Falle würde dann die Cyklone gerade etwa die Geschwindigkeit des schnellsten Dampfers haben. Unsere Cyklone würde in den ersten zwei Tagen an dem Dampfer vorübergezogen sein; an den weitern sechs Tagen würde aber der Dampfer die Cyklone überholt haben. Die Dampferlinie von der Mündung des Lorenzostromes bis Cork liegt fast genau auf der Zugstraße dieser Cyklone. Ein Dampfer würde daher während seiner Reise nur wenig Wind, aber einen gleichmäßig niedrigen Barometerstand gehabt haben. Ein Bericht, der nur von ihm allein herrührte, würde für die Wettervorhersage in London oder Paris nutzlos gewesen sein. Wenn aber mehrere Schiffe angekommen wären, und dieselben ihre Beobachtungen von 8 Uhr morgens an den drei oder vier vorhergehenden Tagen telegraphiert hätten, so würde die Zusammenfassung derselben gewiß ermöglicht haben, manche nützliche Angaben für die Wetterprognose abzuleiten.

Bei allen britischen Wetterprognosen muß stets eine große Unsicherheit über die künftige Bahn einer Cyklone selbst dann zurückbleiben, wenn wir eine genau umgrenzte Depression an den Küsten von Irland liegen sehen. Wieviel größer muß diese Unsicherheit sein, wenn wir versuchen wollten, die Bahn einer Cyklone vorherzusagen, welche 4 Tage zurückliegt und in einer Entfernung von 5000 km sich befindet? Wenn es nicht gelingt, eine sichere Prognose für England zu stellen, wobei man die Mutmaßungen auf die Wetterverhältnisse von Irland stützt, wie wird es möglich sein, dieselbe sicher zu geben, wenn man von den New Yorker Wetterzuständen ausgeht? Die Anzahl der Cyklonen, welche den Atlantischen Ocean wirklich von Küste zu Küste übersetzen, scheint im Jahre etwa 28 zu betragen. In manchen Fällen ist es schwer zu sagen, ob die Cyklone, welche wir verfolgen, dieselbe ist, weil ja zwei Depressionen auf eine eigentümliche Art zu einer einzigen, neuen verschmelzen können. Im ganzen sehen wir, daß die rohe Vorstellung einer Prognose europäischer Stürme von den Vereinigten Staaten aus manchen Tropfen Wahrheit enthält, daß aber wegen der eigentümlichen Art der Bewegung der Cyklonen diese Idee bei der praktischen Wetterprognose keine Verwendung finden kann.

### **Wie die Bahn durch den stärksten Wind und den höchsten benachbarten Druck angezeigt wird.**

Ein gutes Stück Arbeit wurde sowohl in England als in Deutschland darangesetzt, die Frage klarzustellen, inwieweit die Bahn einer Cyklone aus der allgemeinen Richtung oder Stärke der sie umkreisenden Winde bestimmt werden könnte. Die Forscher haben gefunden, daß im allgemeinen die Cyklone in derselben Richtung fortschreitet, in welcher der stärkste Oberflächenwind in ihrer Nähe weht. Es giebt allerdings eine große Anzahl

Angabe der Bahn durch Wind und Druck. Einfluß der Temperatur der Umgebung.

Ausnahmen, und es ist beim gegenwärtigen Stande unseres Wissens nicht möglich zu sagen, ob der stärkste Wind wirklich die allgemeine Richtung der die Cyclone erzeugenden Strömung angiebt, in welcher die Cyclone nur einen Wirbel bildet, oder ob er nur das Ergebnis des Zusammentreffens des Kreisens der Luft um die Cyclone und ihrer Fortpflanzung ist, da diese letztere Richtung für einen bestimmten Punkt nahezu mit der Windrichtung zusammenfallen muß.

Alle unsere Karten haben gezeigt, daß die Cyclone gewöhnlich den hohen Druck an ihrer rechten Seite zu halten sucht. Auch dies hat ein gut Teil damit zu thun, daß der stärkste Wind rechtwinklig zur Verbindungslinie mit dem Centrum weht, und daher in derselben Richtung mit der Bewegung der ganzen Depression.

### Einfluß der Temperatur der Umgebung.

Wir kommen nun zur weit schwierigeren, aber auch wichtigeren Frage des Einflusses der Temperatur der Umgebung auf das Fortschreiten der Cyclonen: Ist die Entwicklung von Wärme auf der rechten Seite einer Cyclone die Ursache oder die Folge der Bewegung derselben?

Setzen wir alle theoretischen Erwägungen beiseite, so sind die Thatfachen, soweit sie Europa betreffen, die folgenden: Eine Cyclone hat fast immer die höchste Temperatur zur rechten Seite ihrer Bahn; es besteht bei derselben Druckverteilung ein beträchtlicher Unterschied in der Bahn der Depressionen zu verschiedenen Jahreszeiten, in welchen das allgemeine Temperaturgefälle vom Äquator zum Pole nicht dasselbe ist.

Dr. van Bebbber hat folgende Beziehungen, besonders für Deutschland und Centraleuropa, entdeckt: „Wenn die Verteilung des Luftdruckes und der Temperatur in der Nachbarschaft einer Depression im selben Sinne gerichtet ist, dann geht die Fortpflanzung der Depression nahezu senkrecht zum Druck- und Temperaturgradienten vor sich. Sind Luftdruck- und Temperaturverteilung in der Umgebung einer Depression im entgegengesetzten Sinne gerichtet und die Unterschiede nahezu gleich, so ist die Bewegung der Depression gehemmt oder geradezu aufgehalten (stationäre Depression), wobei dann die Depression eine langgestreckte, mehr oder weniger verzerrte Form annimmt und die große Achse derselben senkrecht zum Druck- und Temperaturgradienten liegt. Überwiegt bei derselben Verteilung wie vorher sei es der Luftdruck-, sei es der Temperaturgradient nach einer Seite der Depression hin, so wird die Richtung der Bahn durch das überwiegende Element bestimmt. Wenn Luftdruck und Temperatur zwar nicht entgegengesetzt, aber auch nicht in demselben Sinne um die Depression verteilt sind, so wird die letztere ihren Weg nach der Richtung einer Resultante beider nehmen.“ Van Bebbber meint auch, daß im Winter der Luftdruck, im Sommer die

Temperatur den überwiegenden Einfluß auf die Bestimmung der Bahn einer Cyclone ausübt.

Die Vorstellung von Temperatur und Druckgradienten, welche im selben oder im entgegengesetzten Sinne verteilt sind, läßt sich folgendermaßen erklären: Liegt der höchste Druck und die höchste Temperatur entweder gleichzeitig im Norden oder gleichzeitig im Süden einer Cyclone, so sagt man, sie haben den gleichen Sinn, und die Depression wird rechtwinklig zu beiden sich bewegen. Nehmen wir aber an, daß der Druck im Norden und die Temperatur im Süden am höchsten war, dann würden die zwei Elemente im entgegengesetzten Sinne verteilt sein, und die Cyclone würde wahrscheinlich auf ihrer gewöhnlichen Bahn nach Osten aufgehalten werden.

Diese Beobachtungen sind viel zutreffender für Deutschland als für Großbritannien, da manche Ausdrücke für das letztere schwer Anwendung finden. In England sind die lokalen Schwankungen so groß und das Beobachtungsgebiet so klein, daß die Verteilung der umgebenden Temperatur kaum je für die praktische Wettervorhersage verwendet werden kann. Für das ganze kontinentale Europa haben wir aber eine praktische Regel, nämlich: wenn der Druck im Norden oder Nordosten einer Cyclone hoch ist und auch die Temperatur auf dieser Seite höher als im Süden, so wird die Fortpflanzung der Depression wahrscheinlich westwärts erfolgen, statt wie gewöhnlich ostwärts. Nehmen wir z. B. an, wir fänden an einem Morgen eine Cyclone über Centraleuropa und eine Anticyclone über der Nordsee; die ganz natürliche Voraussetzung würde sein, daß die Depression — bei diesem Typus stets sehr langsam — gegen Rußland ziehen werde. Findet man dabei aber, wie in Figur 95 und 96 (S. 302), die höchste Temperatur im Baltischen Meere und nicht in Osterreich, und ganz besonders, scheint die Temperatur im Norden oder Westen zu steigen, dann können wir voraussagen, daß die Depression, wie in unserem Beispiele, westwärts nach Großbritannien hin sich bewegen werde.

Die Frage, inwieweit die Cyclone die Temperatur beeinflusst und inwieweit die letztere der erstern die Richtung giebt, kann man am besten folgendermaßen erläutern: Nennen wir das allgemeine Temperaturgefälle vom Lande zum Meere, welches je nach der Jahreszeit sich ändert, den jahreszeitlichen Temperaturgradienten, und das Wärmegebiet zur Rechten einer Cyclone die cyclonale Wärme, dann können wir sagen, daß der jahreszeitliche Gradient einen Einfluß auf die Richtung der Bahn einer Cyclone ausübt, während die cyclonale Wärme von dem sich bewegenden Wirbel selbst erzeugt wird. Der entscheidende Beweis, daß das Wärmegebiet an der rechten Vorderseite einer Depression unmittelbar und nicht mittelbar infolge der Hinderung der Ausstrahlung von der Cyclone erzeugt wird, liegt in jener eigentümlichen Eigenschaft dieser Wärme, welche kein Thermometer

angeben kann, die wir aber durch unsere viel feinere Empfindung leicht erkennen. In einer typischen, nach Osten ziehenden Cyclone kommt die neuralgische, Unbehagen erzeugende Wärme mit dem Südostwinde an der rechten Vorderseite der Depression; wenn aber die Cyclone westwärts zieht, dann hat die rechte Vorderseite Nordwestwind, welcher jetzt die gleichen drückenden Wärmeeigenschaften besitzt.

### Die Wetterprognose hängt von keiner Theorie ab.

Aus all den vorhergehenden Bemerkungen erhellt nun ohne weiteres, daß die Wetterprognose weder von irgend einer Theorie noch von irgend welchen Berechnungen abhängt; sie beruht von Anfang bis zu Ende ganz ausschließlich auf der Beobachtung.

Die Isobarenformen und die Abhängigkeit von Wind und Wetter von denselben ist nur Sache der Erfahrung. Wir finden, daß gewisse Arten von Wetter mit den verschiedenen Teilen der einzelnen Grundformen der Isobaren verknüpft sind, und demgemäß klassifizieren wir sie. Wir geben jeder Isobarenform einen konventionellen Namen, binden uns dadurch aber an keine Theorie über den Kreislauf der Atmosphäre. Ebenso erkennen wir, daß keine Durchschnitts- oder Mittelwerte für die Wetterprognose irgend welchen Wert haben. Die Cyclonen mögen wohl gewöhnlich eine bestimmte Bahn einschlagen, es ist aber nicht notwendig, daß sie es thun; der größere Teil des Regens eines Landes mag bei Südwestwind fallen, dies hindert aber nicht, daß wir bei derselben Windrichtung viele schöne Tage erleben. In England sind im Durchschnitte drei Tage von vieren bewölkt, und die Prognose, welche stets den folgenden Tag bewölkt voraussagt, wird in 70 Prozent der Fälle Recht behalten. Und dennoch würde diese Berechnung in einer anticyklonalen Periode vollständig fehlschlagen. Demnach könnte man niemals sagen, welche Art von Wolken auftreten wird, und ein solcher Vorgang könnte nie den Anspruch erheben, im modernen Sinne des Wortes Wetterprognose genannt zu werden. Wir können unmöglich annehmen, daß wir die höchste Vollendung, welcher die Wetterprognose fähig ist, erreicht haben; dennoch kennen wir die Eigenart derselben genügend, um mit Bestimmtheit sagen zu können, daß die mathematische Berechnung in der Lehre von der Vorhersage des Wetters nie viel zu suchen haben wird.\*

\* Es sind die ganz beispiellos verwickelten Verhältnisse, von denen unser Wetter abhängt, welche diese Sätze zum Ausdruck bringen. Auch ist es thatsächlich wahr, daß bis heute alle Grundlagen und Hilfskenntnisse der Wetterprognose der rastlosen Beobachtung, der Erfahrung, zu verdanken sind. Ebenso wahr ist es aber auch, daß die Wetterprognose heute noch sehr weit davon entfernt ist, das Wetter auch nur auf 24 Stunden mit Sicherheit voraussagen zu können. Bei dieser Sachlage wird es hoffentlich nicht bleiben. Wir dürfen vom Fortschritte des menschlichen Geistes er-

liche Anlage und vieljährige Erfahrung und Beschäftigung mit der Wetterprognose sind die Eigenschaften, welche dazu befähigen. „Die Witterungskunde ist in der That keine exakte, sondern eine Beobachtungswissenschaft, wie die Geologie und die Medizin. Genau so wie in der Medizin trotz der genauesten Beschreibung der Symptome und der Behandlung einer Krankheit die Geschicklichkeit im Erkennen und die Beurteilung derselben immer der Fähigkeit des Arztes überlassen bleibt, ebenso muß in der Witterungskunde, mag die Beziehung des Wetters zu den Isobaren noch so sorgfältig bestimmt und die Eigenart der Änderungen derselben dargelegt sein, das Urteil, welches zur Hinausgabe von Warnungen befähigt und das nur durch die Erfahrung erworben werden kann, stets von der fachlichen Geschicklichkeit desjenigen abhängen, welcher die Wetterprognose macht.“

### Wie weit kann die Wetterprognose auf Einzelheiten sich ausdehnen?

Es mag hier am Platze sein, auf einige Bemerkungen einzugehen, die sich auf den Umfang der Einzelheiten beziehen, welche man in den täglichen Wetterprognosen anzugeben vermag. Unter verschiedenen Aufschriften haben wir schon den modifizierenden Einfluß lokaler Hindernisse auf die Erscheinung und Intensität jeder Art von Wetter behandelt, wie auch die Wirkungen der täglichen Schwankungen jedes Elementes in allen Teilen der Erde dargehan. Wenn wir dem noch die Neigung der Cyclonen, so kleine sekundäre Depressionen zu bilden, die auf den gewöhnlichen synoptischen Wetterkarten nicht zum Ausdruck kommen, beifügen, so wird man ohne weiteres einsehen, daß es nur der allgemeine Witterungscharakter ist, welcher von der Prognose mit einiger Sicherheit vorausgesagt werden kann. Dieser allgemeine Witterungscharakter ist — wir haben uns so viele Mühe gegeben, dies nachzuweisen — in jedem Teile jeder Isobarenform ein konstanter, der durch keine lokale oder tägliche Schwankung eine wirkliche Änderung erleidet.

Wenn wir an einem Orte leben, welcher einen Ausblick über einen weiten Umkreis bietet, und uns erinnern, wie oft sowohl Wolken als Regen nur einen sehr kleinen Teil unseres Horizontes betroffen haben, so verstehen wir leicht, daß, wenn es schon möglich wäre, so ins einzelne gehende Prognosen auszugeben, jede paar Quadratkilometer eines Landes eine eigene Prognose erfordern würden.

### Auf wie lange hinaus können Prognosen gestellt werden?

Wir wollen auch erwägen, auf wie lange hinaus Prognosen mit Recht gestellt werden können. Die zahlreichen Karten, welche wir schon gegeben

warten, daß er unter stetiger Benutzung von Beobachtung und Theorie und Rechnung, wie alles andere, so auch die Wetterprognose zu möglichster Vollkommenheit ausgestaltet werde.

Der Übersetzer.

### Welche Zeit ist zur Vorbereitung der Prognose erforderlich?

haben, werden dem Leser die Größe der Änderungen vor Augen geführt haben, welche die Luftdruckverteilung in 12—24 Stunden erfahren kann. Zuweilen konnten wir die Veränderungen in diesen Zeiträumen mit Leichtigkeit verfolgen, in andern Fällen war es schwierig zu sagen, wie die zweite Gestalt der Isobaren aus der ersten sich entwickelt hatte. In den Vereinigten Staaten werden die Beobachtungen dreimal täglich eingesendet. Dies scheint auch für alle praktischen Zwecke hinreichend. In den meisten Ländern von Europa werden die Berichte nur täglich zweimal eingeschickt<sup>31</sup>; bei einem solchen Zwischenraume bilden sich Cyclonen so plötzlich, daß man sie nicht rechtzeitig vorhersehen kann. Wir werden ein Beispiel dieser Art weiter unten in diesem Kapitel anführen.

Es zeigt sich somit, daß 8—12 Stunden das äußerste ist, auf welche hinaus Prognosen gestellt werden können, und auch dann können noch viele lokale Einzelheiten nicht vorausgesehen werden. Manche Meteorologen sind der Meinung, daß in der Zukunft ein bedeutender Fortschritt in der Wetterprognose mit Hilfe einer vollständigen Kenntnis der wiederkehrenden Perioden von Wärme, Kälte, Regen oder Stürmen gemacht werden wird; wenn diese Perioden in der Weise, wie wir es im Kapitel über die jahreszeitlichen und cyklischen Perioden so ausführlich dargelegt haben, zur Verwendung kommen, schließen wir uns dieser Ansicht auf das entschiedenste an.

### Welche Zeit ist zur Vorbereitung der Prognose erforderlich?

Einige Einzelheiten über die Zeit, welche zur Sammlung und Untersuchung des Materials für die synoptischen Wetterkarten notwendig ist, werden vielleicht weite Kreise in die Lage versetzen, die praktischen Bedingungen der Wetterprognose und der Sturmwarnungen besser zu verstehen.

In Großbritannien werden die Beobachtungen für die Sturmwarnungen um 8 Uhr morgens gemacht. Trotz der Raschheit, welche die Einrichtung des englischen Telegraphendienstes gestattet, läuft die größere Anzahl der Berichte erst zwischen 9 und 10 Uhr ein. Sobald sie eintreffen, werden die Angaben in eine Karte eingezeichnet und so eine synoptische Wetterkarte entworfen. Wenn notwendig, wird an die Küsten sofort eine telegraphische Sturmwarnung gesendet, und jedenfalls erhält die Presse Mitteilung über die Wetterlage und eine Prognose auf 24 Stunden hinaus.

In der Praxis können die Sturmwarnungen selten vor 11 Uhr morgens abgesendet werden, d. h. drei Stunden, nachdem die Beobachtungen gemacht wurden. Geben wir wenigstens noch eine Stunde zu, ehe das Publikum von der Warnung Kenntnis erhalten kann, so sehen wir, daß die Tagesstunde schon so vorgerückt ist, daß die Prognose meistens wenig praktische Wichtigkeit mehr haben kann.

Den größten Wert besitzt sie, wenn ein Sturm um 8 Uhr morgens

an der Station Valentia gerade zu erscheinen beginnt; die englischen Küsten können dann noch rechtzeitig gewarnt werden. Und dennoch, in den drei bis vier Stunden, welche verstreichen, bevor die Sturmwarnung eintreffen kann, wird die Cyclone schon so weit, vielleicht 200 km, fortgeschritten sein, daß entweder der Sturm, bevor das Telegramm die Westküste Englands erreicht, schon begonnen oder der Himmel ein solches Aussehen angenommen hat, daß dies selbst ein unzweideutiges Warnungszeichen ist.

Die ganze Theorie der Sturmwarnungen mit Hilfe des Telegraphen beruht auf der Voraussetzung, daß die Mitteilung schneller durch den Draht läuft, als der Sturm an der Erdoberfläche fortschreitet. Da aber die Einrichtung der Sammlung und der Herausgabe der Mitteilungen wenigstens drei Stunden in Anspruch nimmt, so muß der Sturm entweder sehr langsam fortschreiten oder die Strecke, welche er bis zu den Stationen, die zu warnen sind, zu durchmessen hat, muß sehr beträchtlich sein, sollen die Warnungen erfolgreich sein können. Die Prognosen, welche auf Grund der um 6 Uhr abends gemachten Beobachtungen ausgegeben werden, haben einen größern Nutzen zu gewärtigen<sup>32</sup>.

Die Einrichtung der Presse ermöglicht es dem Publikum, die Prognosen des meteorologischen Amtes rascher als auf irgend eine andere Art zu erfahren. Die englischen Berichte stammen von 6 Uhr abends, die der Vereinigten Staaten von beiläufig 11 Uhr abends. Diese fünf Stunden sind zweifellos ein Gewinn. In Großbritannien bestehen aber Schwierigkeiten für die Übermittlung der Warnungen im Laufe der Nacht.

Mit Ausnahme der großen Städte sind die meisten Telegraphenämter bis 8 Uhr morgens geschlossen; auf diese Weise erhält man die Prognose von abends erst nach 8 Uhr morgens, und die von diesem Morgen drei Stunden später. Es sind hieraus die praktischen Schwierigkeiten der Wetterprognose ersichtlich; doch dürfte es nicht zu bezweifeln sein, daß mit der Zeit einige davon mit Erfolg überwunden werden können.

### Wann hat die Prognose den größten Erfolg?

Einige Bemerkungen über die Umstände, unter welchen die erfolgreichsten Prognosen ausgegeben werden können, werden ein weiteres Verständnis des Gegenstandes vermitteln. Wir werden dieselben auf Großbritannien beschränken. Es liegt auf der Hand, daß wir um so mehr etwas Bestimmtes voraussagen können, je auffallender die Wetteränderungen sind. Haben wir eine gut ausgebildete Cyclone vor uns, welche eine gut erkennbare Bahn durchläuft, so haben wir es mit einer stark ausgeprägten Wetterfolge zu thun, und ein Irrtum in der Prognose kann nur aus einem leichten Abweichen der Cyclone von der erwarteten Bahn entstehen. Doch wenn die Wetterlage in Großbritannien durch schlecht begrenzte Cyclonen — und das

ist hier der gewöhnliche Fall —, welche sich unregelmäßig vorwärts bewegen, dargestellt ist, dann giebt es keine bestimmte Wetterfolge, sondern Änderungen des Wetters, welche sich an jeder Station schrittweise der sich ändernden Gestalt der Isobaren anpassen. Das beste, was man in diesem Falle thun kann, ist, daß man unbeständiges Wetter mit im allgemeinen mehr oder weniger Regen voraus sagt. Man kann aber nicht wie bei einer echten Cyclone versuchen, eine bestimmte Reihenfolge der Winddrehung vorherzusagen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß in Großbritannien niemals ein gefährlicher Sturm auftritt, wenn nicht wenigstens die zwei am weitesten voneinander entfernten britischen Stationen einen Luftdruckunterschied von mehr als 12,5 mm (0,5" engl.) aufweisen. Die synoptischen Karten werden auch viel kleinere Unterschiede zur Darstellung bringen, und man kann trotz einiger Unsicherheit, welche in Bezug auf die Windrichtung bestehen bleibt, im allgemeinen die Windstärke wenigstens angenähert richtig voraussagen, mit Ausnahme jener Fälle, in welchen das Barometer ganz plötzlich und unerwartet fällt.

In Bezug auf den Regen verhält es sich aber ganz anders. Sekundäre Depressionen und nichtisobari sche Regen sind das Schreckgespenst des Unglücklichen, welcher mit der Wetterprognose betraut ist. Sie bilden sich so rasch, kommen auf der synoptischen Wetterkarte so wenig zum Ausdruck und bewegen sich so unregelmäßig, daß alles, was man voraussagen kann, nur ganz im allgemeinen „Regen“ ist. Wenn man im Sommer die charakteristischen Ausbiegungen der Isobaren, welche die sekundären Depressionen anzeigen, bemerkt, kann man getrost Gewitter mit Regen voraussagen; man kann aber nicht einmal versuchen, ihre räumliche Begrenzung anzugeben.

Zuweilen sind auch die sekundären Depressionen so klein, daß man sie auf den synoptischen Wetterkarten gar nicht erkennt, da die letztern mit Hilfe der Berichte von oft 200—300 km entfernten Stationen gezeichnet werden. Die ganze Biegung einer sekundären Depression braucht aber nicht angenähert so lange zu sein, so daß eine Depression dieser Art zwischen zwei Stationen liegen kann, ohne daß sie an einer derselben zum Ausdruck gebracht erscheint. Das Wetter würde sich aber durch dieselbe gründlich ändern und die Prognose wahrscheinlich fehlerhaft ausfallen.

Zwischen Wind und Regen besteht auch der wichtige Unterschied, daß der erstere im Durchschnitt immer durch die Steilheit der Gradienten bestimmt ist, während die Niederschlagsmenge zu keinem bekannten meteorologischen Elemente in fester Beziehung steht.

Wir wissen, daß manche Isobarenform mit Regen verbunden ist; wir können aber gegenwärtig nicht sagen, ob viel oder wenig Regen fallen wird.

Nach diesen Auseinandersetzungen darf es uns nicht wunder nehmen, daß man in allen meteorologischen Ämtern (mit Ausnahme von Japan) den Wind besser vorherzusagen kann als den Regen.

### Quellen der Fehlprognosen.

Von den Bedingungen richtiger Prognosen finden wir leicht den Übergang zu den Ursachen fehlerhafter Prognosen. Abgesehen von der Unsicherheit des Regenfalles, welche in dem Einflusse der sekundären Depressionen ihre Ursache hat, giebt es noch vier Hauptquellen von Fehlprognosen: die plötzliche Bildung einer intensiven Cyklone, das plötzliche Erlöschen einer bestehenden Cyklone, die Bewegung einer Cyklone auf einer unerwarteten Bahn und endlich ein Irrtum im Urtheile des Meteorologen, der die Prognose macht.

Im ersten Falle, der plötzlichen Bildung einer neuen Cyklone, wird die ganze Prognose notwendig umgeworfen, und das Wetter, welches wirklich eintritt, ist schlechter, als es vorausgesehen wurde.

Das Umgekehrte tritt ein, wenn eine intensive Cyklone unerwartet erlischt. Das Wetter ist dann viel besser als das vorhergesehene, aber weder in diesem noch im vorhergehenden Falle kann man auf ruhiges Wetter hoffen.

Schlägt eine Cyklone eine ungewöhnliche Bahn ein, so wird der allgemeine Witterungscharakter schlecht bleiben. Aber die Prognose wird fehlerhaft sein in Bezug auf den Wind und manche Einzelheiten für verschiedene Gegenden. Wir haben schon Beispiele von Cyklonen angeführt, welche auf keinen festgelegten Bahnen sich bewegen, und häufig kommen noch verwickeltere Fälle vor. Zuweilen wird die Bahn einen ganzen Kreis von sehr großem Durchmesser beschreiben; doch die gewöhnliche Unregelmäßigkeit in Westeuropa ist die, daß die Bahn die Gestalt des Buchstaben V annimmt. Z. B. es kommt eine Cyklone des Atlantischen Oceans nahezu aus Westen herein und nachdem sie bis nach England fortgeschritten, bewegt sie sich rückwärts in nordwestlicher Richtung, weil sie nicht im Stande war, das Gebiet hohen Druckes zu überschreiten, welches dann über Nord- und Centraleuropa sich ausdehnte. Ein anderer gewöhnlicher Fall ist der, daß die Cyklone von Nordwesten herab nach England kommt und dann in nordöstlicher Richtung gegen Norwegen zieht. In all diesen Fällen befindet sich die Wetterprognose in großem Nachtheile.

Endlich kann auch zuweilen das Urtheil des Meteorologen irgehen. Wir haben schon dargethan, daß man kein allgemeines Gesetz der Bewegung der Cyklonen ableiten kann und daß die Festlegung der Zugstraßen gut ausgebildeter Cyklonen in der That nur ein kleiner Teil der Aufgabe des Wetterprognosten ist. An den meisten Tagen muß er ermessen, wie und wo in einem schlechtbegrenzten Gebiet niedrigen Druckes Cyklonen sich bilden oder ein Gebiet niedrigen Druckes in ein solches hohen Druckes eindringen wird. Dabei muß er sich auf seine eigene Meinung und Erfahrung allein verlassen. Das muß zuweilen fehlerhaft ausfallen; doch werden immer noch

bessere Resultate erhalten, wenn man auf die persönliche Geschicklichkeit vertraut, als wenn man versucht, nach irgend welchen mechanischen Regeln oder Grundsätzen vorzugehen.

Es giebt unter den Menschen ebensogut Unterschiede in der Tauglichkeit, das Wetter vorherzusagen, wie die Ärzte sich in der Genauigkeit ihrer Diagnosen unterscheiden; aber gerade so, wie man die besten Erfolge erzielt, indem man den Arzt wählt, welchen die Erfahrung als den erfolgreichsten Praktiker erwiesen hat, so erhält man auch die besten Wetterprognosen, indem man denjenigen Meteorologen hierzu auswählt, welcher auf diesem Gebiete der Witterungskunde am erfolgreichsten gewirkt hat. Im Signal Service (Witterungs-Telegraphisches Amt) der Vereinigten Staaten teilen sich vier Männer der Reihe nach in die Aufgabe der Wetterprognose. Sie sind insoweit alle in gleicher Weise geschult, als sie einen zweijährigen Kurs derselben strengen Abrihtung durchmachen müssen. In der Praxis hat es sich gezeigt, daß der Unterschied zwischen dem besten und dem schlechtesten Beobachter in der Anzahl erfolgreicher Prognosen zwei Prozent beträgt. Wenn z. B. der Beste 90 Prozent Treffer hat, so wird der Schlechteste 88 erreichen.

### In manchen Ländern ist die Wetterprognose leichter als in andern.

Aus allem, was wir bisher erklärt haben, wird es offenkundig, daß die Wetterprognose in manchen Ländern viel leichter ist als in andern. In den Tropen treten die großen jahreszeitlichen Wechsel regelmäßig ein, und die kleinen Änderungen von Tag zu Tag sind ohne Bedeutung. An den paar Tagen jedes Jahres, an welchen regelrechte Cyclonen sich bilden, sind die mahnenden Anzeichen so deutlich, daß es keine Schwierigkeit bietet, eine Prognose zu stellen.

In der gemäßigten Zone werden jene Länder in der besten Lage sein, welche im Osten eines gut beobachteten Landgebietes liegen, weil die meisten Störungen der gemäßigten Zone von Westen her fortschreiten.

Deshalb sind Deutschland und Norwegen für die Wettervorhersage viel günstiger gelegen als England oder Frankreich.

Im Jahre 1869 traten in Hamburg 23 Stürme auf, von welchen 22 zuerst einen Teil von Großbritannien durchzogen. In den sieben Jahren von 1868 bis 1874 wurden 301 warnende Mitteilungen von London nach Hamburg gesendet; 72 Prozent dieser Warnungen waren von Stürmen gefolgt, und nur in drei Fällen lief der Sturm der Warnung voraus. In den Vereinigten Staaten kommt die größere Anzahl der Cyclonen vom Felsengebirge, so daß bei der staunenswerten guten Einrichtung des Signal Service rechtzeitige Warnungen vor gefährlichen Stürmen regelmäßig an die Oststaaten der Union gelangen können.

Großbritannien liegt in einer Gegend voll ganz besonderer Schwierigkeiten. Nicht nur daß es seine Inselage ausschließt, eine rechtzeitige Kenntnis von dem Heranrücken der Cyclonen zu erhalten, ist auch die Natur der Wettertypen eine solche, daß es dem unbeständigen Wetter mehr ausgesetzt ist als irgend ein Teil von Europa.

Wir haben im Kapitel über die Wettertypen gesehen, daß die Lage der großen Gebiete hohen und niedrigen Druckes bis zu einem gewissen Grade durch die Ausdehnung von Land- und Wasserflächen bestimmt wird.

Wenn die beständige Anticyklone des südlichen Typus über Skandinavien liegt, so ist der Atlantische Ocean von niedrigem Drucke und schlechtem Wetter überzogen; wenn im nördlichen Typus die große Anticyklone den Atlantischen Ocean bedeckt, dann ist in Skandinavien der Druck am niedrigsten und das Wetter am schlechtesten, so daß fast in jedem Falle Großbritannien am Rande zwischen einem cyclonalen und anticyklonalen Systeme liegt und daher dem zweifelhaftesten Wetter ausgesetzt ist. So wie ein vorspringender Felsen dem Anschlagen jedes Seeganges, so ist England den störenden Einflüssen jedes Typus europäischen oder atlantischen Wetters ausgesetzt.

### Beispiele von Prognosen.

#### England.

An diese Erläuterungen wollen wir nun einige Beispiele thatsächlich ausgegebener Prognosen in verschiedenen Ländern anschließen. Wir beginnen mit England. Die Beispiele für dieses Land sind, mit einigen wichtigen Erweiterungen, dem oben erwähnten Werke des Verfassers über die Grundsätze der Wetterprognose entnommen. Wir haben unser erstes Beispiel zu dem Zwecke gewählt, um eine vollständig eingetrossene Prognose, welche auf der Vorausbestimmung des Fortschreitens eines schlecht begrenzten Gebietes niedrigen Druckes gegen Osten beruht, zu erläutern. Dies ist einer der gewöhnlichsten Fälle in Großbritannien. Was dabei der Wetterprognost in erster Linie zu beachten hat, das ist vor allem die Richtung, in welcher die Depression sich bewegen dürfte, und besonders wie weit nach Osten sie vordringen wird, ohne daß sie in ihrer Bewegung aufgehalten würde, sowie auch ob die Gradienten genügend steil werden können, um gefährliche Stürme zu erzeugen.

Um aber die Einzelheiten der Prognose ganz zu verstehen, müssen wir zuerst die Bezirke erklären, in welche Großbritannien zum Zwecke der Lokalisierung der Wettervorausage eingeteilt ist.

In Figur 92 geben wir eine Karte der 11 Bezirke auf den britischen Inseln, denen besondere Warnungen zugehen; mit Hilfe dieser Karte wird man die folgenden Einzelheiten leicht verstehen.

Beispiele von Wetterprognosen: England.

Ein Blick auf die relative Größe dieser einzelnen Bezirke und der Vergleich mit einem Gebiete, das selbst von einer kleinen Cyclone bedeckt wird,

machen es uns sofort klar, daß ganz kleine Änderungen in der Cyclone die sorgfältigsten Vorausbestimmungen zu Schanden machen können. Die kleinste Biegung in den Isobaren, welcher wir in unsern großen Karten der Wettertypen so oft begegneten, wird alle Einzelheiten verändern, wenn auch der allgemeine Charakter des sich abwickelnden Wetters dadurch nicht umgestoßen wird. Die Wirkung einer solchen sekundären Depression kann in einigen Bezirken die Windstärke so sehr herabdrücken, daß die Warnung, welche sie erhalten haben, thatsächlich



Fig. 92. Britische Prognosenbezirke.

nicht berechtigt erscheint, oder es kann umgekehrt da regnen, wo schönes Wetter erwartet und vorhergesagt wurde.

In Figur 93 linker Hand geben wir die Karte, auf Grund welcher am 6. Februar 1883, 8 Uhr morgens, Wetterprognosen ausgegeben wurden.

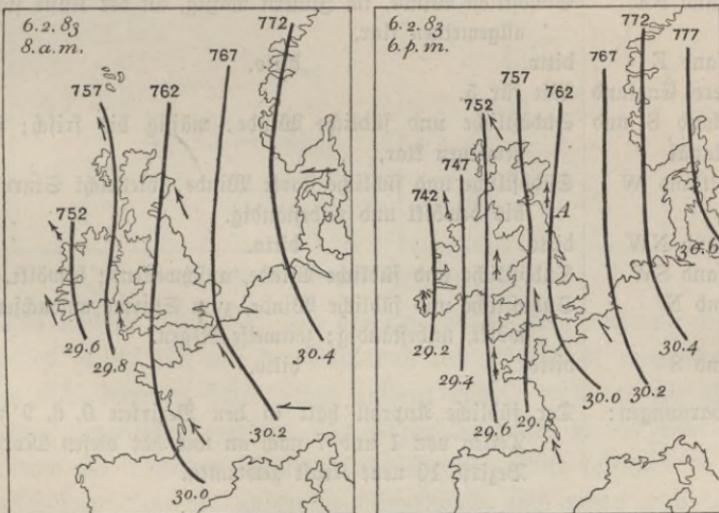


Fig. 93. Eingetroffene Prognose (England).

Wir erkennen sofort die auffallenden Züge des südlichen Wettertypus mit hohem Drucke über Scandinavien und niedrigem im Westen von Irland, während die Isobaren nahezu nord-südlich verlaufen. Südliche Stürme haben

im Westen bereits begonnen, und schönes Wetter herrscht an den Süd- und Ostküsten von Großbritannien.

Aus dem Vergleiche mit den vorhergehenden Karten war es auch bekannt, daß das Barometer über Norwegen im Steigen begriffen war, während es an den Westküsten von Irland langsam fiel. Wir haben schon erklärt, daß aus alledem nach der Natur dieses Typus offenbar keine Sorge zu haben ist, daß die Depression England durchquere und irgend welche bedeutenden Änderungen im Winde erzeuge; die Gradienten werden vielmehr bei südlichen Winden und schlechtem Wetter steiler werden und die Südostküste wird dabei wahrscheinlich unberührt bleiben. Der ganze Norden und Westen (Bezirke 0, 1, 6 und 9) hat schon vorher Sturmwarnungen erhalten; da nun aber infolge der Verstärkung der Gradienten auch der Süden von Irland (Bezirk 10) in Mitleidenschaft gezogen wird, werden Sturmwarnungen auch für ihn notwendig. Es wurden daher die nachstehenden Prognosen an die folgenden Bezirke gesendet:

Prognosen für die 24 Stunden, welche am 7. Februar mittags enden.

Bezirk	Wetterprognose
0. Schottland N	Südliche starke Winde und Stürme; allgemein bewölkt mit zeitweiligen Regen.
1. Schottland E	ditto. ditto.
2. England NE	Südöstliche Winde, im Innern mäßig, an der Küste stark; im allgemeinen klar.
3. England E	ditto. ditto.
4. Inneres England	Wie für 5.
5. England S und Kanal	Südöstliche und südliche Winde, mäßig bis frisch; im allgemeinen klar.
6. Schottland W	Südöstliche und südliche starke Winde, vielleicht Sturm; klar bis bewölkt und unbeständig.
7. England NW	ditto. ditto.
8. England SW	Südöstliche und südliche Winde, anschwellend; bewölkt.
9. Irland N	Südöstliche und südliche Winde, zum Sturme anwachsend; bewölkt, unbeständig; zeitweise Regen.
10. Irland S	ditto. ditto.
Sturmwarnungen:	Der südliche Anprall hält in den Bezirken 0, 6, 9 und in Teilen von 1 und 7 noch an und hat diesen Morgen im Bezirke 10 neue Kraft gewonnen.

Betrachten wir die rechte Seite der Karte (Fig. 93) für 6 Uhr abends desselben Tages, so sehen wir, daß die obige Vorhersage vollständig bewahrheitet wird. Wind und Regen haben im Westen zugenommen, im Südosten von England blieb das Wetter schön. Der Verfasser findet in seinem Beobachtungsbuche für die Nähe von Dover (Bezirk 5) an diesem Tage folgende

Bemerkung: „6. Februar 1883 kalt, trocken, sehr schön und hell; Wind südost und frisch.“ Die Prognose bedeutete also einen vollständigen Erfolg. Das Wetter war in der Nähe von Dover kühl, weil diese Stadt unter dem Einflusse der europäischen Anticyklone stand; in allen westlichen Distrikten war aber die Temperatur für diese Jahreszeit sehr hoch. Bei der Auswahl dieses Beispiels hatten wir aber noch einen weiteren Zweck; wir wollten nämlich den oben abgeleiteten Nutzen der Perioden für die Wetterprognose darthun.

Wir haben schon erwähnt, daß die Periode vom 7. bis 10. Februar eine solche wiederkehrenden kalten Wetters ist. Wenn daher der Wetterprognost dieser Wetterperiode blindlings vertraut hätte, so hätte er einen vollständigen Mißerfolg erlebt; würde er andererseits an diesem Tage den Beginn des nördlichen oder östlichen Typus bemerkt haben, so wäre ihm die Kenntnis der Periode von großem Nutzen gewesen.

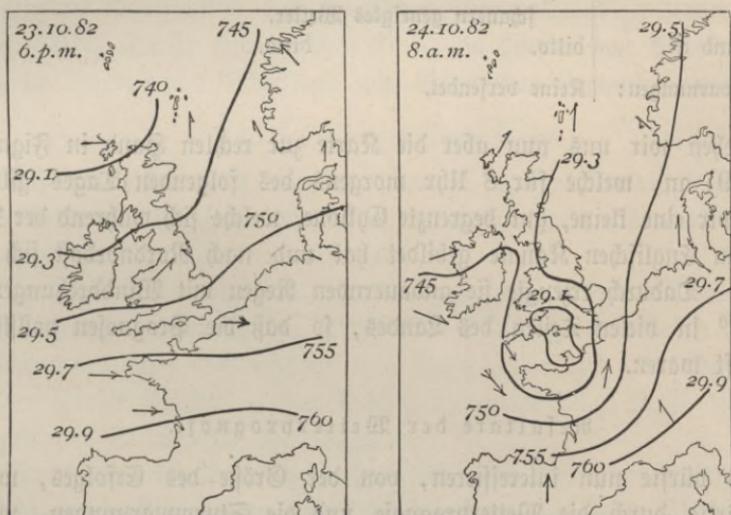


Fig. 94. Fehlgeschlagene Prognosen.

Das nächste Beispiel ist von der Art, welche glücklicherweise selten vorkommt; es bezieht sich auf den Fall, daß sich plötzlich in einer Gegend, wo man es nicht erwartet hätte, eine Cyclone bildet, wodurch alle Prognosen vollständig umgestoßen werden. In Figur 94 linker Hand geben wir eine Karte vom 23. Oktober 1882, 6 Uhr abends. Wir erkennen da die uns sehr geläufigen Züge des westlichen Wettertypus, und wenn auch das Barometer über dem Golf von Biscaya fiel und über Schottland stieg, so war doch kein Grund anzunehmen, daß die gewöhnliche Wetterfolge dieser Art eine Störung erleide; West- und Südwestwinde mit einigermaßen regnerischem Wetter waren vorherrschend zu erwarten; dementsprechend wurden folgende Prognosen ausgegeben:

II. Teil. 15. Kap.: Wettervorhersage mit Hilfe der synoptischen Karten.

Wetterprognosen für den 24. Oktober 1882, ausgegeben um 8 Uhr 30 Minuten abends am vorhergehenden Tage.

Bezirk	Wetterprognose
0. Schottland N	Südwestliche Brisen, frisch oder mäßig; Regenschauer.
1. Schottland E	Südwestliche Brisen, mäßig; einzelne Regenschauer in weiten Zwischenräumen.
2. England NE	ditto. ditto.
3. England E	Wie für 5.
4. Inneres England	Wie für 1.
5. England S	Westliche und südwestliche Brisen, schwach bis frisch; erst schön und kalt, dann lokale Regenschauer.
6. Schottland W	Wie für 0.
7. England NW	Wie für 0.
8. England SW	Südwestliche Winde, frisch bis stark; Regenschauer.
9. Irland N	Wind nach Südwest zurückdrehend und auffrischend; zu Regenschauern geneigtes Wetter.
10. Irland S	ditto. ditto.
Sturmwarnungen:	Keine versendet.

Sehen wir uns nun aber die Karte zur rechten Hand in Figur 94 (S. 299) an, welche für 8 Uhr morgens des folgenden Tages gilt, so finden wir eine kleine, gut begrenzte Cyclone, welche sich während der Nacht über dem Englischen Kanale gebildet hat und nach Nordnordost sich fortbewegte. Dadurch erzeugte sie andauernden Regen mit Winddrehungen bis zu  $180^{\circ}$  in vielen Theilen des Landes, so daß die Prognosen vollständig fehlerhaft waren.

Resultate der Wetterprognose.

Es dürfte nun interessiren, von der Größe des Erfolges, welcher gegenwärtig durch die Wetterprognose und die Sturmwarnungen, wie sie vom englischen Meteorologischen Amte für jeden Bezirk ausgegeben werden, erzielt wird, eine Vorstellung zu erhalten. Jede Prognose wird unter zwei besondern Gesichtspunkten, nämlich in Bezug auf Wind und in Bezug auf Wetter, geprüft und die Größe des Erfolges oder des Fehlschlagens in vier Grade eingeteilt: vollständiges Eintreffen, teilweises Eintreffen (mehr als zur Hälfte), teilweises Fehlschlagen und vollständiges Fehlschlagen. In Wirklichkeit findet man, daß die Prozente der Treffer in jedem Bezirke von Jahr zu Jahr nur wenig schwanken, obwohl im ganzen eine langsame fortschreitende Besserung zu erkennen ist. Man kann daher die nachfolgende Zusammenfassung der Wetterprognosen für das Jahr, das mit 31. Mai 1882 endet, als ein gutes Beispiel dafür ansehen, welche Resultate vom Meteorologischen Amte gewöhnlich erzielt werden.

Beispiele von Wetterprognosen: England.

Zusammenstellung der Resultate in Prozenten:

Bezirk	Volle Treffer	Teilweise Treffer	Teilweise Fehler	Gänzliche Fehler	Summe der Treffer
Schottland N . . . .	39	42	14	5	81
Schottland E . . . .	35	43	15	7	78
England NE . . . .	32	46	17	5	78
England E . . . .	33	44	17	6	77
Inneres England . . .	31	46	18	5	77
England S . . . .	35	46	14	5	81
Schottland W . . . .	30	44	19	7	74
England NW . . . .	32	44	17	7	76
England SW . . . .	34	42	18	6	76
Irland N . . . .	36	44	14	6	80
Irland S . . . .	35	41	16	8	76
Mittel	34	44	16	6	78

Hieraus ist ersichtlich, daß die Summe der vollständigen und teilweisen Erfolge 78 % erreicht und zwischen 74 % im Westen von Schottland und 81 % im Norden von Schottland und Süden von England schwankt<sup>33</sup>.

Prüfung der Prognosen.

Auf den ersten Blick mag es scheinen, daß es die einfachste Sache der Welt ist, eine Prognose zu prüfen, wenn sie einmal ausgegeben ist, und anzugeben, ob sie zugetroffen oder nicht.

In Wirklichkeit verhält es sich aber ganz anders, wie aus den folgenden Bemerkungen ersichtlich sein wird. Die Schwierigkeiten fließen aus zwei Quellen: der lokalen Schwankung von Regen und Wind im selben Bezirke und der Unverläßlichkeit in der Aufstellung mechanischer Maße für solche Elemente wie Sturmwind oder Regentag.

Manche der britischen Prognosenbezirke sind nach einer Richtung über 300 km, nach einer andern etwa 150 km lang und haben Flächeninhalte von mehreren hundert Quadratmeilen. Selbst innerhalb dieses beschränkten Gebietes können beträchtliche Witterungsunterschiede vorkommen. Es kann sich ereignen, daß in Dover ein Sturm herrscht und gleichzeitig in London eine frische Brise weht, obwohl diese Städte nur 113 km voneinander entfernt sind. Die Schwierigkeiten werden noch größer, wenn wir die britischen Inseln als Ganzes behandeln.

Wenn wir z. B. die Wahrheit des volkstümlichen Sprichwortes über die Häufigkeit der Stürme zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen prüfen wollen, wie haben wir dann den Begriff eines Sturmes zu bestimmen? Ist es genug, nachzuweisen, daß der Sturm in einem einzigen der elf Bezirke geherrscht hat, oder müssen aus wenigstens drei oder vier Bezirken Stürme berichtet werden, um sagen zu können, in Großbritannien haben Stürme

geherrscht? Aus diesen allgemeinen Erwägungen erhellt, daß der Gesamterfolg, welcher aus der Prüfung eines ganzen Distriktes sich ergibt, stets größer sein wird, als wenn man nur die Beobachtungen einer einzelnen Station zum Vergleiche mit den Prognosen herbeizieht, welche für den ganzen Distrikt, in welchem die Station liegt, ausgegeben wurden. Jedes Amt für Wetterprognose prüft seine eigenen Prognosen nach seiner eigenen Methode, so daß die Prozente des Eintreffens, welche wir später geben werden, nicht streng vergleichbar sind. Doch sind sie alle recht gute Annäherungen an die Wahrheit.

### Deutschland.

Wir gehen nun von der Betrachtung der Winter- und Herbststürme, welche in östlicher Richtung fortschreiten, zu ganz verschiedenen Verhältnissen über, welche in den Sommermonaten über Centralearopa Gewitter und Regen bringen. Zu diesem Zwecke wählten wir ein Beispiel einer teilweise zutreffenden Reihe von Prognosen, welche von der deutschen Seewarte zu Hamburg für den 13. und 14. August 1880 ausgegeben wurde. Dieses Beispiel wird für Regen in sekundären Depressionen und für die scheinbare Unabhängigkeit des Regens vom Barometer typisch sein. Figur 95

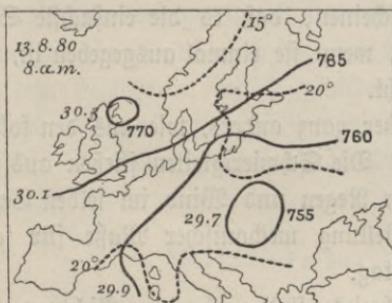


Fig. 95.

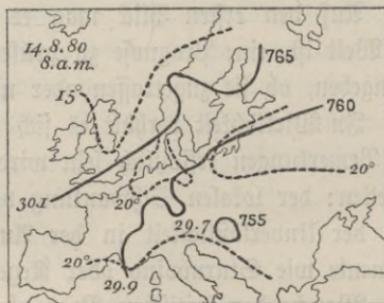


Fig. 96.

Teilweise eingetroffene Prognose (Deutschland).

ist eine synoptische Karte für den größeren Teil von Centralearopa, 8 Uhr morgens, Hamburger Zeit; Figur 96 ist die entsprechende Karte für den folgenden Morgen. Die allgemeinen Züge dieser beiden Tage sind sehr einfach. Eine Anticyklone liegt über Großbritannien, während eine flache Depression durch das Donauthal westwärts zieht. Sehen wir uns die Bewegung der Isobaren vom ersten zum zweiten Tage an, so finden wir, daß die Linie von 760 mm ihre Lage kaum veränderte, daß aber die Isobare Biegungen sekundärer Depressionen annahm. Das Ergebnis derselben in Bezug auf das Wetter war die Entwicklung von Regen und Gewitter mit sehr leichtem Winde, sowie unbedeutende Änderungen im Barometerstande einiger Stationen.

Folgende Prognosen wurden vom Witterungsamte der deutschen Seewarte in Hamburg für diese zwei Tage ausgegeben: „Wetterausichten für den 14. August 1880 in Deutschland. — Allgemein. Unbeständiges Wetter mit Niederschlägen anhaltend; leichte bis frische Winde, im Norden meist nördlich, im Süden meist westlich bis nördlich; Temperatur wenig verändert oder fallend. Stellenweise Gewitterstürme.

„Wetterausichten für den 15. August 1880 in Deutschland. — Allgemein. Eher warmes, im Westen meist heiteres Wetter; im Osten vorherrschend bewölkt mit leichten Winden, Gewitterneigung.“

Die Cyclone, welche wir auf unserer Karte über Ungarn vorfinden, bewegte sich während der frühern zwei oder drei Tage langsam das Donauthal entlang, und die oben gegebenen Prognosen beruhen offenbar auf der Voraussetzung, daß die Depression in derselben Richtung fortschreiten werde. Der Wetterprognost, welcher in den Witterungsverhältnissen von Deutschland erfahren ist, kennt diese Art der Cyclonen, welche westwärts ziehen, wie auch jene, welche Regen und Gewitterstürme erzeugt; er kann aber nicht genau angeben, wo der Regen am stärksten auftreten oder wo die Intensität zunehmen wird.

Das ist der Grund, warum die obigen Prognosen die heftigen Regen und die unheilvollen Überschwemmungen, welche in Osterreich und Süddeutschland während dieser Periode auftraten, nicht genügend angeben.

Hann hat das Wetter dieser Periode zum Gegenstande einer besondern Abhandlung gemacht (Akad. der Wissensch., Bd. LII, 2. Abt., November 1880). Er findet folgende Tage des heftigsten Regenfalles: 11. August, Siebenbürgen und Südost-Ungarn; 12., ganz Ungarn, Schlesien und Niederösterreich; 12. und 15., Oberösterreich und östliches Südbayern; 13., westliches Südbayern, Böhmen und sächsisches Erzgebirge; 14., Nordtirol und Pinzgau; 15., ein zweites Maximum, Salzkammergut, Westschlesien und Nordböhmen. Daraus ersieht man, daß die Lage des größten Regenfalles im ganzen mit der Cyclone westwärts wanderte. Nicht alle, aber manche Regen waren von Gewitterstürmen begleitet. Hanns Untersuchungen zielten darauf ab, einen etwaigen Zusammenhang zwischen dem Regen und der Bewegung des Barometers an einer beliebigen Station zur Darstellung zu bringen. Die Ergebnisse, zu welchen er kam, sind eine sehr treffende Beleuchtung des Grundsatzes, auf welchen wir so oft hingewiesen haben, daß der Regen sekundärer Depressionen außer allem Verhältnisse mit den Änderungen des Barometers steht, welche ein einzelstehender Beobachter verzeichnet, und daß man die Lage des stärksten Regenfalles nicht, wie bei den Cyclonen, aus der Betrachtung der Isobaren erkennen kann.

Die Schlußfolgerung, zu welcher er in Bezug auf diese zwei Punkte kommt, ist die folgende:

„Das Auftreten eines Barometerminimums in Ungarn veranlaßte enorme und ausgedehnte Niederschläge auf der West- und Nordwestseite dieser Barometerdepression. Eine Reaktion dieser Niederschläge auf die Lage des Centrums der Depression ist kaum merklich, auch die allgemeine Verteilung des Luftdruckes (die Form der Isobaren) zeigt keine Beziehung zu der Area der intensiven Niederschläge.

„Wir finden also durch die Untersuchung der relativ niedrigsten Barometerstände in ihrem Verhältnis zum Regenfall unsere frühern Schlüsse bestätigt. Eine Beziehung zwischen Barometeränderung und Regenfall ist kaum hervortretend und der Schluß gerechtfertigt, daß der Barometerfall nicht in erster Linie vom Regenfall abhängt und überhaupt nicht von letzterem beeinflusst wird.“

Treffer der Seewarte.

Im folgenden geben wir die Resultate der Prüfung der allgemeinen Wetterprognosen, welche die deutsche Seewarte in Hamburg im Jahre 1882 veröffentlicht hat. Die Prozente aller Treffer enthalten die Hälfte der teilweisen Treffer.

Einzelne Elemente	}	Wetter . . . . .	69 Prozent
		Wind . . . . .	75 "
		Temperatur . . . . .	78 "
Allgemein	}	Treffer . . . . .	69 "
		Teilweise Treffer . . . . .	15 "
		Fehler . . . . .	15 "
		Summe der Treffer . . . . .	77 "

Prognosen der Vereinigten Staaten.

Wir wollen nun einige Erläuterungen der Prognosen und der Resultate derselben in den Vereinigten Staaten und Kanada geben. Um ein Beispiel erfolgreicher Prognose zu haben, werden wir auf die Figuren 30 bis 35 (S. 116—119) zurückgehen, in welchen wir sehr ins einzelne gehende Karten von Wind und Wetter in den Vereinigten Staaten für den 20. und 21. Januar 1873 gegeben haben.

Figur 31 und 34 zeigen Isobaren, Wind und Wetter am 21. um 4 Uhr 35 Minuten nachmittags, Washingtoner Zeit; die Cyclone, welche wir dort vorfinden, zog in ostnordöstlicher Richtung über die Mittelstaaten seit morgens hin, wie wir aus der Bezugnahme auf die vorhergehende Karte (Fig. 30) erschen.

Die nachfolgende Prognose war offenbar auf die Vorstellung gegründet, daß die Cyclone in derselben Richtung sich fortbewegen werde, so daß sie

über die Staaten von Neu-England hinziehen mußte, und daß die Cyclone des Felsengebirges sich entwickeln und nach Osten vorrücken werde. Daraus würde sich ergeben, daß in den Staaten von Neu-England der Wind nach Nord und West sich drehe und das Barometer steige, das Thermometer falle und der klare Himmel der Rückseite einer Cyclone sich einstellen werde. In den Mittelstaaten wäre ein einigermaßen ähnliches Wetter zu erwarten gewesen; in Tennessee nördlich von Ohio müßte sich der Wind nach Süd und Ost drehen, die Temperatur steigen, der Himmel bewölkt sein, da er unter dem Einflusse der Vorderseite einer neuen Cyclone stünde.

Das Resultat um 11 Uhr abends desselben Tages (siehe Fig. 32 und 35) war, daß die erste Cyclone in der Weise sich bewegte, wie erwartet wurde, so daß die Prognose für Neu-England und die Mittelstaaten einen vollständigen Treffer ergab.

Allein die neue Cyclone rückte nicht vor, wie man vorausgesetzt hatte, und die südliche Anticyclone nahm an Ausdehnung zu. Es stellte sich daher von Tennessee nordwärts über Ohio zwar teilweise Süd- und Ostwind ein, das Wetter blieb aber schön, und die Temperatur fiel infolge der Ausstrahlung in der Anticyclone, statt zu steigen, wie es die Cyclone mit sich gebracht hätte. Die Prognose war also nur ein teilweiser Treffer. Nichts könnte die Schwierigkeiten für den Wetterprognosten deutlicher darthun als dieses Beispiel. Er war ohne Frage berechtigt zu erwarten, daß die neue Cyclone vorrücken werde, wurde aber durch eine jener zahllosen Schwankungen, welche die Ausbildung der Cyclonen begleiten, in Unrecht gesetzt.

Wenden wir uns nun den Karten für die nächsten Tage zu, welche in Figur 42 und 44 (S. 141 f.) dargestellt sind, um an denselben die Eigenart der täglichen Temperaturschwankungen zu beleuchten. Wir finden da um 11 Uhr abends dieses Tages (s. Fig. 42), daß die zweite Cyclone, wie erwartet worden war, sehr bedeutend, aber eher langsam fortgeschritten ist; das Anwachsen der Anticyclone über den südlichen Staaten am ersten Tage war jenem Anschwellen des Druckes zu verdanken, welches, wie wir gesehen haben, so häufig der vollen Entwicklung einer Cyclone vorausgeht, das aber bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens nicht vorausgesagt werden konnte.

Der fehlerhafte Teil der Prognose bezog sich auf das Wetter im Nordwesten. Die Wahrscheinlichkeit sprach für „nach Nord und West drehende Winde, steigendes Barometer, fallende Temperatur und aufklarendes, aber teilweise bewölkttes Wetter“. Dies fand seine Begründung in der Annahme, daß die neue Cyclone klein sein und angenähert derselben Zugstraße folgen werde wie die vorausgehende Depression. Die Voraussage wurde durch das Ergebnis nicht bewahrheitet, zeigt aber deutlich den Spielraum des individuellen Urteils. Das Folgende ist eine genaue Abschrift der veröffentlichten Witterungsübersicht und Wahrscheinlichkeiten für das kommende Wetter.

„Washington D. C.

Dienstag, den 21. Januar 1873, 4 Uhr 35 Min. abends.

### Übersicht.

Das Barometer fuhr fort zu fallen, und die Temperatur stieg von Florida bis zu den Mittelstaaten und Neu-England; der niedrigste Druck lag central über der Gegend der untern Seen, wo frische und stark veränderliche Winde mit Regen und Schnee nun vorherrschen. Bewölkttes Wetter, Regen und frische bis starke, südliche bis östliche Winde herrschen nun vor von Nordkarolina bis New York und Neu-England, abgesehen von leichtem Schneefalle über dem nördlichen Teile des letztern. Von Südkarolina bis Tennessee und südlich bis zum Golfe herrscht allgemein klares Wetter; von Kentucky bis zu den obern Seen und dem Eriesee: nördliche Winde, bewölkttes Wetter, leichter Schnee und fallende Temperatur; die Flüsse sind in Pittsburg und Cairo gefallen, von Cincinnati wird aber ein Steigen derselben um 5' (1,5 m) gemeldet.

### Wahrscheinlichkeiten.

Für Neu-England: Drehung der Winde nach Norden und Westen am Mittwoch, fallende Temperatur, steigendes Barometer, aufklarendes Wetter, gelegentlich begleitet von leichten Schneefällen. Für die südatlantischen und die Mittelstaaten: Steigendes Barometer, frische bis starke, westliche bis nordwestliche Winde und helles, aufklarendes Wetter, fallende Temperatur in den letztern und möglicherweise Striche leichten Schneefalles in den nördlichen Teilen. Für die Golfstaaten: Fallendes Barometer, etwas steigende Temperatur, südöstliche und südliche Winde und zunehmende Bewölkung mit möglicherweise bedrohlichem Wetter. Von Tennessee nordwärts über Ohio und die südlichen Teile von Michigan und Wisconsin: Östliche bis südliche Winde, bewölkttes Wetter und Schnee. Für den Nordwesten: Nach Nord und West drehende Winde, steigendes Barometer, fallende Temperatur und aufklarendes, aber teilweise bewölkttes Wetter. Ein Teil der nachmittägigen telegraphischen Berichte von Minnesota und Dakota ist ausgeblieben.

Thatsächliches Wetter um 11 Uhr abends (anschließend an die obigen Wahrscheinlichkeiten):

### Wind und Wetter.

1. Klares Wetter. — In Augusta, Mobile und Montgomery, windstill; San Diego, Wind: Nordost und schwach; Memphis, Nashville, Baltimore, Virginia Stadt und Washington, Wind: West und schwach; Norfolk, Wilmington, Charleston und Savannah, Wind: Südwest und frisch; Corinne, Wind: Nord und frisch.

2. Gutes Wetter. — In Keokuk und St. Louis, windstill; Shreveport, Wind: Südost und schwach; New York, Wind: Südwest und mäßig; Philadelphia, Wind: West und mäßig; Milwaukee, Wind: Nordwest und mäßig; Lynchburg, Wind: Südwest und frisch; Cairo und Galveston, Wind: Südost und frisch.

3. Bewölktes Wetter. — In Burlington, Chicago und Oswego, windstill; Portland, Oregon, Wind: Nordwest und schwach; Davenport, Wind: Nordost und schwach; St. Paul und Sangeen, Wind: Nordost und mäßig; Louisville, Wind: Südwest und mäßig; Leavenworth, Wind: Südost und mäßig; Rochester, Toledo, Indianapolis, Wind: West und frisch; Cleveland, Wind: Südwest und frisch; Cincinnati, Stanley und Toronto, Wind: Nordwest und frisch; Pittsburg, Wind: West und stark; Breckenridge, Wind: Nordost und stark.

4. Regenwetter. — In Dhama, windstill; Boston, Wind: West und schwach; Neu-London, Wind: Südwest und mäßig; Cheyenne, Wind: Nord und frisch.

5. Schneewetter. — In Montreal, Wind: Nordost und mäßig; Portland (Maine), Kingston und Quebeck, Wind: Nordost und frisch; Buffalo, Wind: Nord und frisch; Dover und Detroit, Wind: Nordwest und frisch.

### Allgemeine Bemerkungen über das Eintreffen der Prognose.

„Die obigen ‚Wahrscheinlichkeiten‘ sind im allgemeinen eingetroffen, ausgenommen die folgende: ‚Von Tennessee nordwärts über Ohio und die südlichen Teile von Michigan und Wisconsin: nach Süden und Osten drehende Winde, steigende Temperatur, bewölktes Wetter und möglicherweise leichter Regen,‘ und die weitere: ‚für den Nordwesten (nach Nord und West drehende Winde, steigendes Barometer, fallende Temperatur und) aufklarendes, aber teilweise bewölktes Wetter‘; teilweise eingetroffen ist die folgende: ‚von Tennessee nordwärts über Ohio und die südlichen Teile von Michigan und Wisconsin: steigende Temperatur‘; die weitere: ‚für den Nordwesten: westliche Winde‘ ist nicht eingetroffen.“

Das vorhergehende Beispiel beleuchtet voll den großen Vorteil, welchen die Staaten von Neu-England in Bezug auf die Leichtigkeit, mit welcher die Cyclonenbahnen bestimmt werden können, bevor sie die östliche Meeresküste erreichen, besitzen. Diesem Umstande und der energischen Führung des Signal Service müssen wir wohl den hohen Prozentsatz Treffer, welcher in den Vereinigten Staaten erreicht wird, zuschreiben. Die folgende Tabelle giebt diese Prozente sowohl für die Wetterprognosen im allgemeinen als für die Sturmwarnungen im besondern:

Jahr	Wetterprognosen	Sturmwarnungen	Jahr	Wetterprognosen	Sturmwarnungen
1872	76,8%	70%	1878	88,4%	75,9%
1873	77,6	—	1879	90,7	79,9
1874	84,4	75	1880	90,3	80,4
1875	87,4	76	1881	88,7	83,3
1876	88,3	77,3	1882	88,2	83,0
1877	86,2	78,9			

Diese Resultate unterscheiden sich gleich denjenigen des englischen meteorologischen Amtes nur wenig von Jahr zu Jahr, zeigen aber doch einen langsamen Fortschritt. Einige Einzelheiten über die Methoden, welche im Signal Service der Vereinigten Staaten angewendet werden, können uns von großem Nutzen sein, um die praktischen Vorbedingungen der Wetterprognose darzulegen. Wir entnehmen dieselben den Veröffentlichungen dieses Amtes. Wer in den Morgenblättern die „Übersicht und Anzeigen“ für den Tag liest, würde, wenn er mit der Methode, wie dieselben hergestellt werden, nicht vertraut ist, keine Vorstellung von der Menge der Arbeit sich machen können, die dabei aufgewendet wurde. Die Arbeit, welche für die Herstellung der täglich dreimaligen Berichte erforderlich ist, schließt die Zeichnung von sieben graphischen Darstellungen in sich, welche die von allen Stationen — etwa 75 an der Zahl — telegraphisch gesendeten, gleichzeitigen Berichte verarbeiten. Diese Karten sind die folgenden:

1. eine synoptische Karte des Luftdrucks, der Temperatur, der Richtung und Geschwindigkeit des Windes, der Lage des Wetters und der Art und Menge der Niederschläge;

2. eine Karte der Taupunkte an allen Stationen;

3. eine Karte der unterschiedlichen Bevölkerungsverhältnisse, welche zu dieser Zeit in den Vereinigten Staaten herrschen. Die Bevölkerungsgebiete — jede Wolkenform wird durch eigene Zeichen dargestellt — werden umgrenzt und jedes mit seinem Unterscheidungszeichen versehen. In dieser Karte wird auch der Anblick des westlichen Himmels, wie er an jeder Station bei Sonnenuntergang beobachtet wurde, angemerkt, da derselbe ein wichtiges Anzeichen für das in den nächsten 24 Stunden zu erwartende Wetter ist;

4. eine Karte des normalen Luftdrucks und der Abweichungen des tatsächlichen von dem normalen;

5. eine Karte der augenblicklich vorkommenden Änderungen des Luftdrucks, welche die Schwankungen der Atmosphäre während der vorhergehenden 8 und 24 Stunden gesondert darstellt;

6. eine Karte der normalen Temperatur und der Abweichungen der tatsächlichen von der normalen;

7. eine Karte der augenblicklichen Änderungen der Temperatur während der vorhergehenden 8 und 24 Stunden.

## Beispiele der Wetterprognosen: Treffer in Canada. Australische Prognosen.

Alle diese Karten müssen gezeichnet und die Menge der Angaben, welche sie enthalten, muß geordnet und analysiert werden, ehe die einzelnen Wetterberichte hergestellt werden können. Ausgerüstet mit diesem Kartenmaterial geht der Beamte, welcher die Anzeigen auszuarbeiten hat, daran, die „Übersicht und Anzeigen“ zusammenzustellen, und sendet die nötigen Sturmwarnungen aus. Die durchschnittliche Zeit, welche zwischen den gleichzeitigen Ableisungen der Instrumente an den einzelnen Stationen und der Ausfertigung der Prognosen verstreicht, ist 1 Stunde 40 Minuten.

### Treffer in Canada.

Die folgenden nähern Angaben über die Treffer, welche vom canadischen Meteorologischen Amte erzielt wurden, sind ebenfalls von Interesse, weil sie fast den gleichen Prozentsatz wie in den benachbarten Staaten erreichen, obwohl sie durch eine ganz verschiedene Einrichtung erhalten wurden.

#### Sturmwarnungen.

Die Prozente der zutreffenden Sturmwarnungen waren die folgenden:

1877 . . . . .	69,0	1880 . . . . .	82,8
1878 . . . . .	78,3	1881 . . . . .	85,0.
1879 . . . . .	83,0		

Diese Tabelle zeigt, gleich der vorhergehenden, einen allmählichen Fortschritt. Das einzige Jahr, von welchem wir auch die Ergebnisse der allgemeinen Wetterprognosen besitzen, ist das Jahr 1881; in demselben war der Prozentsatz der vollständigen Treffer für das ganze Dominion 82,3, der der vollständigen und teilweisen Treffer zusammen stieg sogar auf 90,2.

### Australische Prognosen.

Wir wollen dieses Kapitel mit einem Beispiel der australischen Prognosen schließen, welches wir Herrn R. Ellery vom Melbourner Observatorium verdanken. Es wird dies eine wertvolle Bestätigung der allgemeinen Grundsätze sein, welche wir schon abgeleitet haben. Zuerst wollen wir aber einige Worte über den allgemeinen Charakter des australischen Wetters vorausschicken. Das Wetter dieses großen Inselcontinentes hat, wie das eines jeden andern Landes, seine eigenen Besonderheiten, welche den allgemeinen Grundsätzen, die für die ganze Erde gelten, untergeordnet sind.

Dieselbe allgemeine Verteilung des Luftdrucks findet sich dort wie anderswo: ein Gürtel niedrigen Druckes in der Nähe des Äquators, ein subtropischer Gürtel von Anticyklonen und in der gemäßigten Zone ein Gebiet niedrigen Druckes, welches ununterbrochen von einer nie endenden Reihe von Cyclonen durchzogen wird. Innerhalb dieses letztern Gebietes bilden sich dieselben Grundformen der Isobaren immer wieder, und dieselbe Art des Himmelsanblickes entwickelt sich in den entsprechenden Teilen jeder

Isobarenform, und dieselben Wetterzeichen für gutes und schlechtes Wetter gelten hier wie auf der nördlichen Halbkugel. Nur die Aufeinanderfolge der Winde, wenn sie beim Vorübergange einer Cyclone vieren, ist der auf der andern Hemisphäre entgegengesetzt, weil hier die Drehung der Winde um den centralen Wirbel in entgegengesetzter Richtung erfolgt. Auf der nördlichen Halbkugel finden wir den charakteristisch schmutzigen Himmel und die schwüle Wärme einer Cyclone auf der rechten oder äquatorialen Seite, und der Wind viert von Südost nach Nordwest; in Australien finden wir das entsprechende Wetter zur linken (hier ebenfalls äquatorialen) Seite der Depression; der Wind beginnt als Nordost und geht über Nord nach Südwest um.

Nach diesen Darlegungen können wir die Grundsätze, nach welchen die folgenden australischen Prognosen vom staatlichen Observatorium in Melbourne ausgegeben wurden, leicht verstehen. Blicken wir zurück auf die Figuren 38 und 39, in welchen wir die Isobaren und Winde von ganz Australien für den 20. und 21. November 1884 dargestellt haben.

In der ersten Karte (Fig. 38, S. 133) sehen wir den südlichen Rand der äquatorialen Zone durch die Isobare von 760 mm (29,9" engl.) über Nordaustralien angedeutet; der Rand einer großen tropischen Anticyklone liegt über Queensland und ein Bruchstück einer Cyclone der gemäßigten Zone bedeckt die große australische Bucht. Der Wind an allen nördlichen Stationen ist schwach und veränderlich, dreht sich aber in der gewöhnlichen Weise um die Cyclone. Infolge der Besonderheiten des australischen Wetters sind die Nordost- und Nordwinde an der Vorderseite einer Cyclone von mäßiger Intensität mit schönem, aber schwülem Wetter verbunden; sie entwickeln gleichwohl gelegentlich kleine Gewitterstürme, besonders in der Nähe der „Kinne“. Die Cyclone als Ganzes wird sicherlich gegen Osten fortschreiten, und der Wind an den einzelnen Stationen wird nach den allgemeinen Regeln vieren.

Demgemäß wurden die folgenden Prognosen um 3 Uhr nachmittags ausgegeben, wobei „Süd“ und „Nord“ sich nur auf die Kolonie Victoria allein und nicht auf ganz Australien bezieht.

„Süd: Schönes, schwüles Wetter mit nördlichen, nach West und Südwest drehenden Winden und Gewitterregen.“

„Nord: Ebenfalls.“

Ebenfalls.“

Wenn wir nun auf Figur 39 blicken, so sehen wir, daß die allgemeinen Voraussetzungen zugetroffen sind. Die Depression ist nach Osten fortgeschritten, und der Wind ist in Victoria nach West und Südwest umgegangen. Aber eine neue Anticyklone ist über Westaustralien erschienen, die Cyclone hat an Tiefe gewonnen und eine V-Depression in den Sattel zwischen den zwei Anticyklonen eingeschoben. Die Intensität ist daher angewachsen, und das Wetter war am zweiten Tage unsteter, als man am ersten Tage erwartet hatte.

## Anmerkungen des Übersetzers.

<sup>1</sup> (Zu S. 5.) Obige Auffassung über die Entstehung der Isobarenformen ist wohl heute auf dem Wege, die allgemeine unter den Fachmännern zu werden, besonders inwieweit es sich um die Cyclonen der gemäßigten Zone handelt. Allein der Ausdruck „es wurde gefunden“ ist geeignet, dem Leser die Meinung beizubringen, als stehe dieselbe wissenschaftlich unanfechtbar fest. Da es mir überall darum zu thun ist, besonders in populären Werken, zu verhüten, daß etwas als sicher und feststehend angesehen wird, was es nicht ist, so sei hier bemerkt, daß die fragliche Auffassung wohl recht wahrscheinlich geworden ist, daß aber eben jetzt erst die strengen Untersuchungen hierüber im Gange und durchaus noch nicht abgeschlossen sind. Besonders kühn ist die Ausdehnung dieser Anschauung auch auf Gewitterböden. Die lokale Erwärmung einzelner Gebiete, welche bis vor kurzem als Hauptursache auch für die Cyclonen angenommen wurde, wird wohl besonders bei Gewitterbildung gar sehr in Betracht kommen. Kurz, bei aller Wahrscheinlichkeit der Auffassung des Verfassers im allgemeinen, müssen wir doch zugeben, daß die Akten hierüber noch nicht geschlossen sind.

<sup>2</sup> (Zu S. 13.) Leser, welche mit den Verhältnissen der Schifffahrt und den Schifffahrtsausdrücken nicht vertraut sind, werden wünschen, die Windskala durch ihnen bekannte Vorgänge auf dem Lande verständlich gemacht zu erhalten. Man hat die „Halbe Beaufortskala“ die „Landskala“ genannt und die Stärkegrade in derselben folgendermaßen beschrieben:

Stärke	Bezeichnung	Vorgänge auf dem Lande
0	Windstill	Der Rauch steigt gerade oder fast gerade in die Höhe.
1	Schwacher Wind	Bewegt die Blätter und schwächsten Zweige der Bäume.
2	Mäßiger Wind	Bewegt stärkere Zweige und schwächere Äste der Bäume.
3	Frischer Wind	Bewegt stärkere Äste und schwache Stämme.
4	Starker Wind	Bewegt ganze starke Bäume und macht das Gehen im Freien schwer.
5	Sturm	Bricht Äste und schwache Stämme, verursacht Schaden an Dächern.
6	Orkan	Bricht oder entwurzelt starke Bäume, deckt Häuser ab, bewegt schwere Massen von der Stelle u. s. w.

Für die meteorologischen Beobachtungsstationen glaubte man aber mit dieser „Landskala“ nicht das Auslangen finden zu können. Man hat daher für dieselben die zehngradige Skala eingeführt, und da unsere Leser den nach derselben geschätzten Windstärken öfter begegnen dürften, so geben wir auch diese nach Hann hier wieder

Anmerkungen des Übersetzers.

(Zelind's Anleitung zur Ausführung meteorologischer Beobachtungen, neu herausgegeben und umgearbeitet von J. Hann):

Stärke	Windgeschwindigkeit in Meter per Sekunde	Bezeichnung. Vorgänge auf dem Lande
0	1	Windstille oder leichtes, kaum merkbares Lüftchen.
1	3	Schwacher Wind, der die Blätter der Bäume bewegt.
2	5	Mäßiger Wind, der auch die schwächern Zweige bewegt.
3	8	Mäßiger (mäßig starker) Wind, der schon die stärkern Zweige bewegt.
4	11	) Ziemlich starker Wind, der schon die stärkern Äste bewegt.
5	15	
6	19	) Starker Wind, der die ganzen Bäume bewegt, auch wohl Zweige abbricht.
7	24	
8	29	Stürmischer Wind, welcher Äste oder schwache Bäume bricht, das Gehen im Freien schwierig macht.
9	34	Sturm, welcher starke Bäume bricht oder entwurzelt, Waldbrüche oder Schaden an Dächern verursacht, Menschen zu Boden wirft u. s. w.
10	40	Orkan, welcher Häuser abdeckt, festgemauerte Schornsteine herabwirft, schwere Massen fortbewegt u. s. w.

<sup>3</sup> (Zu S. 50.) Diese Darstellung der Bildung der Federwolken bedarf einer Ergänzung. Die so über einer einzelnen Haufenwolke entstandenen Federwolken sind uns allen viel weniger geläufig und bekannt als die zarten, feinen Federn, welche, in Abwesenheit jeder Haufenwolke, einen großen Teil des Himmels überziehen. Wir sehen dieselben auch vor Gewittern auftreten, und zwar aus der Richtung her, in welcher sich das Gewitter befindet. Am bekanntesten sind sie als erste Boten und Vorläufer einer Cyclone, also schlechten Wetters. Es dürfte nun meines Erachtens schwer halten, obige Entstehungsweise auch auf diese zuweisen den ganzen Himmel bedeckenden feinen Federn auszudehnen. Bei Gewittern könnte es wohl vorkommen, daß über den Gewitterwolken auch in obiger Weise Cirrus sich bilden und von dem in den größern Höhen rascher wehenden Wind hinausgetrieben würden. Bei den Cyclonen dürfte dieser Vorgang schon bedeutend unwahrscheinlicher sein, wegen der ungeheuern Entfernungen vom Centrum der Cyclonen bis zur Stelle, an welcher die Cirrusstreifen auftreten.

Sowohl bei Gewittern als bei Cyclonen könnte aber auch ein anderer Vorgang die bildende Ursache der Cirrusstreifen sein. Die in den Gewittern und Cyclonen aufsteigende Luft wird in höhern Schichten auswärts strömen. Da sie feuchter und, solange sie eine aufwärts gerichtete Tendenz hat, auch wärmer ist als die Luft außerhalb der Gewitter und Cyclonen, so kann es wohl sein, daß sie beim Eindringen in diese Luftschichten in Folge der Vermischung mit den kalten Luftmassen ihren nur mehr geringen Überschuß an Feuchtigkeit kondensiert und so die zarten, feinen Streifen bildet, die wir Cirrus nennen.

Die Ursache der Bildung von Cirrusstreifen ist somit nicht als sicher bekannt anzusehen und dürfte jedenfalls nicht in allen Fällen dieselbe sein.

<sup>4</sup> (Zu S. 50.) In Bezug auf diesen Fall wird es wohl hinreichend sein, wenn man annimmt, daß, auf welche Weise immer die Cumuluswolken auf der Rückseite der Cyclone sich bildeten, in der Höhe dieser Wolken die Basis in einem schnellern

Luftströme sich befindet als die höhern Teile der Haufenwolken. Wir haben tatsächliche Anhaltspunkte aus den Wolkenbeobachtungen gewonnen, welche darthun, daß die Geschwindigkeit der Luftschichten von der Erdoberfläche aufwärts zuerst rasch zunimmt, dann aber in einer gewissen Höhe zuerst abnimmt, um erst weiter hinauf wieder anzuwachsen. Die Haufenwolken auf der Rückseite der Cyclone mögen wohl häufig in der Zone dieser nach oben abnehmenden Geschwindigkeit schweben. Daß aber diese Haufenwolken in der im Texte beschriebenen Weise sich bilden, ist wohl nicht als erwiesen anzusehen. Bei Windstille werden sich Haufenwolken durch den aufsteigenden Luftstrom bilden, eine Erscheinung, die allen bekannt ist; über Bergen werden sie sich infolge des an den Gipfeln emporwehenden Thalwindes bilden können. Wenn aber bei der stürmischen Bewegung der Luft auf der Rückseite einer Cyclone eine aufsteigende Luftbewegung angenommen wird, so ist dies vielleicht auffallend, und es dürfte wenige Meteorologen geben, welche dies als zutreffend ansehen würden. Überdies würde auch die Vorstellung des Mechanismus einer solchen Bildung von Haufenwolken mit stürmisch bewegter Basis derselben außerordentlich schwierig sein. Vielleicht haben wir es doch bei diesen von heftigem Winde getriebenen Haufenwolken der Rückseite einer Cyclone mit einer andern Entstehungsweise dieser Art Haufenwolken zu thun, die etwa in der allmählichen Auflösung der Wolkendecke auf der Rückseite der Cyclone zu suchen sein wird. Ob die mechanische Ursache dieser Zerküftung der Wolkendecke und ihre allmähliche Auflösung in einer nieder sinkenden Tendenz der Luftbewegung auf der Rückseite der Cyclone liegt, wird man heute noch nicht mit Sicherheit sagen können, obwohl eine nach abwärts geneigte Luftbewegung an dieser Stelle von vielen, unter denen sich auch Abercromby befindet, als wahrscheinlich angesehen wird.

<sup>5</sup> (Zu S. 56.) Seit dem Erscheinen dieses Werkes ist, infolge eines internationalen Übereinkommens, welches gerade von Abercromby in besonders kräftiger Weise gefördert wurde, und bei welchem ihm eine führende Rolle zufiel, der Begriff des Stratus, der reinen Schichtenwolke, folgendermaßen festgelegt worden: „Stratus, gehobener Nebel, Kondensationen in den untersten Schichten der Atmosphäre, welche nicht direkt bei Regenwetter auftreten und nicht direkt dem Boden aufliegen; im erstern Falle sind sie als Nimbus oder Fraktionimbus, im letztern aber schlechtweg als Nebel zu bezeichnen.“

Die im Texte beschriebenen Schichtenwolken gehören größern Höhen als 1000 m an und werden nach dem jetzigen Übereinkommen Altostratus genannt. Es giebt aber Wolken, welche in diese Klassifikation nicht leicht einzureihen sind. Es sei noch bemerkt, daß die im Texte gebrauchte Benennung Stratocirrus fallen gelassen wurde und dafür Altostratus eingeführt wurde.

<sup>6</sup> (Zu S. 56.) Nach der jetzt angenommenen internationalen Vereinbarung wird die Bezeichnung Cirrofilum oder Gestreifter Cirrus nicht mehr gebraucht. Diese Wolkenform heißt einfach Cirrus. „Cirrus, Federwolke; federige, zarte, isolierte Wolken, gewöhnlich von weißer Farbe; manchmal in Banden (Streifen) angeordnet“. So lautet die internationale Vereinbarung.

<sup>7</sup> (Zu S. 57.) Ohne daß man die Unmöglichkeit dieses Vorganges der Bildung der Wolken selbst sowie ihrer Streifen behaupten wird, muß doch auf das in Anmerkung 3 Gesagte hingewiesen werden. Es ist klar, daß auch bei der dort angeführten Bildungsweise die gleichen Principien, die im Texte verwendet werden, zur Erklärung von Streifen, welche senkrecht oder schief zu ihrer Längsrichtung fortschreiten, maßgebend sind.

<sup>8</sup> (Zu S. 68.) Wie schon oben in Anmerkung 5 gesagt wurde, hat man die Bezeichnung Stratocirrus fallen lassen und gebraucht dafür den Ausdruck Altostratus.

<sup>9</sup> (Zu S. 68.) Noch sehr viele und sehr genaue Beobachtungen werden zu machen sein, ehe man diese vertikalen Cirrusfasern als wirklich vorkommende Cirrusbildungen wird ansehen dürfen.

<sup>10</sup> (Zu S. 72.) Makrele, Fisch mit langgestrecktem, mehr oder minder zusammengedrückt, gegen den Schwanz hin stark verdünntem und mit kleinen Schuppen bedecktem Körper, glatten Kiemendeckeln ohne Stacheln, kleinen Zähnen, zwei voneinander getrennten Rückenflossen, an der Brust stehenden Bauchflossen und fünf bis sechs falschen Flossen hinter Rücken- und Afterflossen.

<sup>11</sup> (Zu S. 72.) Auch hier wurde die Bezeichnung Cumulocirrus zu Gunsten von Altocumulus fallen gelassen.

<sup>12</sup> (Zu S. 73.) Wir haben schon oben in Anmerkung 4 uns hierüber geäußert. Es ist eben sehr fraglich, ob auf der Rückseite der Cyclone aufsteigende Strömungen vorhanden sind.

<sup>13</sup> (Zu S. 80.) In dem von den Professoren Gilbrandson, Köppen und Neumayer auf Grund des internationalen Übereinkommens herausgegebenen „Wolkenatlas“ finden sich folgende Angaben über die Wolkenhöhen:

A. Höchste Wolken; im Mittel 9000 m.

a) Cirrus.

b) Cirrostratus.

B. Mittelhöhe Wolken; 3000—7000 m.

a) Cirrocumulus.

b) Altocumulus oder Cumulocirrus.

b) Altostratus oder Stratocirrus.

C. Niedrige Wolken; 1000—2000 m.

a) Stratocumulus.

b) Nimbus.

D. Wolken des aufsteigenden Luftstromes.

a) Cumulus, Gipfel 1800, Basis 1400 m.

b) Cumulonimbus, Gipfel 3000—5000, Basis 1400 m.

E. Gehobene Nebel; unterhalb 1000 m.

Stratus.

<sup>14</sup> (Zu S. 89.) Diese im wesentlichen sehr richtige Auffassung bedarf in den Einzelheiten einer Ergänzung. Der Einfluß des Temperaturunterschiedes zwischen Tag und Nacht muß nämlich, trotz der an der Erdoberfläche beobachteten großen Differenzen, seiner Natur nach ein sehr geringer sein. Denn erstens bestehen diese großen Differenzen nicht gleichzeitig für benachbarte Orte, sondern zwischen jenen zwei Orten eines jeden Parallelkreises der Erde, von denen der eine gerade das Temperaturmaximum, der andere gleichzeitig das Temperaturminimum hat. Solche zwei Orte liegen aber wenigstens 90 Längengrade auseinander. Wenn ihr Temperaturunterschied 20° C. betragen sollte, so würde nach der im Texte gemachten Annahme dies einer Druckänderung von mehr als 50 mm entsprechen. Dies gäbe aber auf den Längengrad des Äquators (nur dort kommen so große Differenzen vor) erst eine durchschnittliche Druckdifferenz von 0,55 mm. Dieser Gradient wäre noch weit ent-

fernt von einem Sturmgradienten, welcher auf dem Äquatorgrad mindestens 3,0 mm beträgt.

Zweitens ist es natürlich nicht ohne weiteres gestattet, daraus, daß ein Temperaturunterschied von 9° C. für einen gegebenen Kubikmeter Luft gleich ist einer Druckänderung von 25 mm, zu schließen, daß die an der Erdoberfläche beobachtete Differenz der Temperaturen bei der Berechnung des Druckunterschiedes maßgebend sei für die ganze Höhe der Atmosphäre, von welcher der bei den Luftströmungen maßgebende Druck der Atmosphäre abhängt. Hierbei kommt vielmehr die mittlere Temperatur der ganzen über den beiden Orten befindlichen Luftsäule in Betracht. Wir kennen dieselbe leider nicht; daß sie aber eine sehr viel kleinere Differenz der fraglichen Temperatur an beiden Orten ergeben würde, wissen wir mit voller Bestimmtheit. Wenn wir aber auch nicht die Temperaturdifferenz angeben können, so sind wir doch in der Lage, die derselben entsprechende Luftdruckdifferenz thatsächlich zu beobachten; sie beträgt selbst dort, wo sie am größten ist, nur 3 mm. Freilich liegt in dieser kleinen Differenz auch schon die Wirkung ausgleichender Strömungen darin; allein wir ersehen daraus, daß der thatsächliche Gradient, welcher infolge der Temperaturunterschiede an den zwei 90° auseinanderliegenden Orten auftritt,  $3 : 90 = 0,033$  mm für den Grad beträgt. Es ist dies freilich nur der durchschnittliche Gradient; er wird aber kaum an irgend einem Orte 0,1 mm erreichen.

Dieser minimale Gradient wird nun allerdings nicht im Stande sein, die stets über der Erde verteilten cyclonalen und anticyclonalen Systeme zu zerstören oder zu fördern, er kann höchstens modifizierend darauf einwirken.

Diese Darlegungen dürften den Text verständlicher machen.

<sup>15</sup> (Zu S. 93.) Die Auffassung, daß auch die Anticyklone ein Wirbel sei, hat natürlich einen weitern Begriff des Wirbels zur Voraussetzung.

<sup>16</sup> (Zu S. 106.) In Bezug auf die tägliche Drehung der Windrichtung möge hier darauf hingewiesen werden, daß der normale tägliche Gang dieses meteorologischen Elementes nach meinen Untersuchungen ein Umgehen des Windes mit der Sonne ist, also von Ost des Morgens in Süd des Mittags und West des Abends. Nach Sonnenuntergang und im Laufe der Nacht ist die Drehung der Windfahne nicht so regelmäßig. Man wird daher nach meiner Meinung am besten thun, an dem Satze festzuhalten, daß da, wo keine lokalen störenden Ursachen vorhanden sind, das „Vieren“ des Windes von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang als normal anzusehen ist.

<sup>17</sup> (Zu S. 115.) In Wirklichkeit werden in Deutschland und Oesterreich nur täglich einmal synoptische Karten veröffentlicht, und man ist auch für den internen Gebrauch der Centralanstalten meistens auf nur einmalige telegraphische Berichte (über die Morgenbeobachtung) beschränkt.

<sup>18</sup> (Zu S. 124.) In Deutschland rechnen wir den Gradienten nicht auf 15 Seemeilen =  $\frac{1}{4}$  Äquatorgrad, sondern auf 60 Seemeilen, d. h. einen ganzen Äquatorgrad, oder auch auf eine geographische Meile, von denen 15 auf den Äquatorgrad gehen. Wenn nun auf 30 Seemeilen, d. h. einen halben Äquatorgrad, die Isobaren einen Druckunterschied von 5 mm aufweisen, so würde der Gradient, auf den Äquatorgrad bezogen, 10 mm, auf die geographische Meile bezogen 0,67 mm betragen. Es sei hier sofort bemerkt, daß so große Gradienten nur in den tropischen Orkanen vorkommen, wo sie wohl sogar mitunter 0,8 bis 1,0 mm auf die geographische Meile, auf den Äquatorgrad bezogen aber 12—15 mm erreichen. Die heftigsten Stürme

in unsern Gegenden haben Gradienten von nur etwa 0,2 bis 0,3 mm auf die geographische Meile, d. h. 3,0 bis 4,5 mm auf den Äquatorgrad.

Das zweite Beispiel im Texte, wo die Isobaren zwischen C und D 90 Seemeilen oder anderthalb Äquatorgrad absteigen, ergiebt für den obwaltenden Druckunterschied von 5 mm einen Gradienten von  $5 : 1,5 = 3,3$  mm und, auf die geographische Meile bezogen, von 0,22 mm. Im Texte sind die absoluten Zahlen der Hundertstel Zolle für den Gradienten, der auf  $\frac{1}{4}$  Äquatorgrad bezogen ist, in den Beispielen einmal 10, das andere Mal 3,3. Wir sind, bei der allerdings nur angenähert richtigen Annahme, daß ein englischer Zoll gleich 25 mm, also ein Hundertstel Zoll 0,25 mm ist, zu denselben absoluten Zahlen für den Äquatorgrad gekommen, weil 25 das Viertel von Hundert, der Äquatorgrad aber das Vierfache der englischen Längeneinheit von 15 Seemeilen =  $\frac{1}{4}$  Äquatorgrad ist.

<sup>19</sup> (Zu S. 126.) Hier wäre auch das Moment der Reibung an der Unterlage der in den Winden fortgeführten Luft in Betracht zu ziehen. Diese Reibung ist sehr bedeutend über den stets unebenen Landflächen, geringer auf dem Meere.

<sup>20</sup> (Zu S. 128.) Vielleicht könnte doch auch unsere bisherige Unkenntnis der Vorgänge bei der Entstehung der fraglichen Winde hier ins Gewicht fallen, so daß es doch nicht als unmöglich hinzustellen wäre, daß man noch eine einheitliche Erklärung aller Winde geben könne.

<sup>21</sup> (Zu S. 128.) Die Theorie ergiebt, daß die Westwinde eine schiefe Richtung nach oben, die Ostwinde eine solche nach unten besitzen müssen. In einzelnen Ländern mögen lokale Einflüsse u. dgl. wohl auch Ostwinde etwas nach oben ablenken. Besonders wird ein Ost auf der Vorderseite einer Cyklone etwas nach oben gerichtet sein.

<sup>22</sup> (Zu S. 135.) Die Wirkung der Umbrehung der Erde um ihre Achse ist übrigens, wenn man auch von einer mathematischen Begründung derselben in einem populären Werke absehen muß, ziemlich leicht zu verstehen. Sie besteht darin, daß jeder frei bewegte Körper in Folge der Erddrehung nicht den geraden Weg zurücklegen kann, den er auf einer sich nicht drehenden Erde beschreiben würde, sondern gezwungen wird, weil die Erde sich von West nach Ost dreht, auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links auszuweichen. Dieses Gesetz gilt nicht nur — wie man wohl auch heute noch da und dort meint — für die Bewegungen im Meridian, sondern auch für jene senkrecht darauf und überhaupt in jeder beliebigen Richtung, wenn dieselben außerhalb des Äquators vor sich gehen. Am Pole ist diese ablenkende Wirkung der Erddotation am größten, am Äquator ist sie Null. Man wird hieraus leicht verstehen, wie die Biegung der Winde und ihr Umlaufen um einen Mittelpunkt niedrigen Druckes entsteht. Würde die Erde nicht rotieren, so müßte die Luft in gerader Linie von den Orten höhern Druckes zu denjenigen niedrigsten Druckes hinströmen. Da sich aber die Erde dreht, so wird sofort, wie die Luft direkt gegen den niedrigen Druck zu strömen beginnen will, eine Ablenkung nach rechts (auf der nördlichen Halbkugel) eintreten, und der Wind kann die Luft nur in einer um den Mittelpunkt des niedrigen Druckes sich windenden Spirale zum Centrum führen. Sind nun die Isobaren gezogen, so wird der Wind nicht senkrecht von denselben gegen das Centrum der Cyklone wehen, sondern nur einen spitzen Winkel mit der Isobare bilden, dessen Größe auch von der hinderlich auftretenden Reibung abhängt. — Die Anwendung auf andere Isobarenformen unterliegt keiner Schwierigkeit.

<sup>23</sup> (Zu S. 135.) Im Texte ist nur von lokalen Winden die Rede. Was hier gesagt ist, bezieht sich nicht auf die starke Erwärmung großer Kontinente, welche allerdings Veranlassung zur Entstehung von bedeutendern Windsystemen giebt. So die starke Erwärmung von Indien und Centralasien im Sommer für das Auftreten des Südwestmonsuns in Indien; Ähnliches gilt vom Norden Australiens zur Zeit des dortigen Sommers; ja selbst der Nordostpassat an der Westküste des nördlichen Afrika wird durch die Erwärmung des schwarzen Kontinentes im Sommer gegen die Küste desselben abgelenkt und weht dann als Nordwest. Wir mußten diese Beispiele anführen, um Mißverständnissen vorzubeugen. Im Texte ist, wie gesagt, nur von lokalen Winden die Rede.

<sup>24</sup> (Zu S. 149, wo irrtümlich zum zweitenmal 23 [statt 24] gesetzt ist.) Wir wissen heute, daß Werchojansk, im östlichen Sibirien, der kälteste Ort der Erde ist. Das Monatsmittel der Januartemperatur ist an diesem Orte  $-50^{\circ}$  C., und die tiefste da beobachtete Temperatur war  $-68^{\circ}$  C.

<sup>25</sup> (Zu S. 190.) In größern Gebirgsländern tritt diese lokale Wolkenbildung auch infolge der ganz lokalen Thalwinde auf. Diese wehen an schönen Tagen thalwärts aufwärts und da, wo höhere Berge das Thal abschließen, bergaufwärts, wobei sie über den Gipfeln ihren Wasserdampf infolge der Abkühlung, welche sie durch das Aufsteigen erleiden, zu Wolken kondensieren. Bei trockenerer Luft schweben diese Wolken über den Gipfeln, bei weniger trockener Luft legen sie sich an die Berggipfel an. Letzteres weist somit stets auf feuchtere Luft hin und ist daher ebenfalls ein Vorzeichen möglichen schlechtern Wetters.

<sup>26</sup> (Zu S. 195.) Die Ansicht des Verfassers über die Bildung des Hagels ist wohl nicht die alleinige und auch nicht die allgemein angenommene. Es bestehen vielmehr verschiedene Hypothesen darüber, von denen jede, die eine mehr, die andere weniger, thatsächliche Momente enthält. Volle Klarheit und Gewißheit über die Ursache der Hagelbildung besitzen wir aber nicht. Letzthin hat Marangoni die Hageltheorie von Volta nach den neuern Forschungen ergänzt und umgearbeitet und reklamiert für sie die größte Wahrscheinlichkeit.

<sup>27</sup> (Zu S. 205.) Da ich Abercrombys Werk übersehe, will ich auch dieses Kapitel, wie es liegt, übersehen. Meine Ansicht, die ich auf Grund eigener, nicht weiter widersprechener Forschungen dargelegt habe, ist oben in Anmerkung 16 kurz mitgeteilt.

<sup>28</sup> (Zu S. 208.) Der Verfasser pflegt auch die Anticyklonen Wirbel zu nennen; auch schreibt er jeder Fjokarenform eine Art wirbelnder Bewegung zu. Es genügt darauf hinzuweisen, daß man dabei nicht an eigentliche Wirbel, wie sie uns allen bekannt sind, zu denken hat, sondern daß damit nur gesagt sein soll, daß die Luft eine gegen einen Punkt abgelenkte, häufig sehr verwickelte Bewegung erhält, wie dies im eigentlichen Wirbel gegen das Centrum desselben stattfindet.

<sup>29</sup> (Zu S. 212.) In Deutschland kennt man nur St. Medard, dessen Fest auf den 8. Juni fällt. Man hört bei uns überall: Medardi ist ein Kostag; regnet es am Medarditag, so regnet es vierzig Tage lang. Woher diese Wetterregel mit St. Medard verknüpft wird, wollte mir nicht gelingen, ausfindig zu machen. Man sollte denken, daß diese Verknüpfung mit einer Legende aus St. Medards Leben zusammenhängt. Allein ich finde selbst in den alles Einschlägige mit vorzüglicher

Kritik zusammenfassenden Acta Sanctorum der Bollandisten keine eigentlich befriedigende Auskunft. Nur in den spätern Legenden über St. Medard wird ein Fall erzählt, der wenigstens einen Anknüpfungspunkt dafür bietet, warum dieser Heilige mit einer Regen-Wetterregel in Zusammenhang gebracht wird. Diese Legende erzählt, daß St. Medard als Knabe einmal die Pferde seines Vaters bewacht habe und dabei von einem strömenden Regen überrascht wurde. Als man ihn dann zum Mittagessen rief, sah der ausgesandte Diener, wie ein Adler über dem Knaben mit ausgebreiteten Flügeln und gebogenem Körper derart schwebte, daß auf den Heiligen kein Tropfen fiel. Der Diener eilte nach Hause und berichtete, was er gesehen, und nun lief die ganze Familie herbei, um das Wunder anzustaunen. Außer dieser Legende finde ich noch im Brevier für das Fest dieses Heiligen in der sechsten Lektion einen Satz, welcher beweist, daß er schon seit den ältesten Zeiten als Regenheiliger galt; dieser Satz lautet: Niemand richtet seine Bitten an St. Medard erfolglos, besonders wenn man zur Erflehung von Regen sich an ihn wendet.

St. Medard starb im Jahre 545 als Bischof von Torneau. (Acta Sanctorum der Bollandisten im II. Band für den Juni, unter dem 8. Juni S. 70 ff.)

Bessere Auskunft erhielt ich über die Legende, welche St. Swithin mit dem vierzigtägigen Regen verbindet. Zwar konnte ich diesen Heiligen in den Bollandisten wenigstens am 15. Juli nicht finden, doch hatte Professor Brandl in Straßburg die Güte, mir durch Vermittlung unseres Innsbrucker Anglisten Dr. Fischer eine vollständig befriedigende Aufklärung zukommen zu lassen, wofür ich ihm meinen besten Dank ausspreche. Nach den Quellen, die Professor Brandl zur Verfügung stehen, war St. Swithin Bischof von Winchester; er starb am 2. Juli 862. Die auf unsere Wetterregel bezügliche Legende ist die folgende: St. Swithin wollte auf freiem Friedhofe und zwar unter der Traufe des Kirchendaches begraben werden. Er mochte damit wohl einem bestehenden Aberglauben begegnen; thatsächlich wurde er nach seinem Wunsche auf der Nordseite der Kirche begraben. Nun folgt die Legende. Als trotz seines ausgesprochenen Willens die Mönche am 15. Juli 865 seine Gebeine in die Kathedrale übertragen wollten, fing es an zu regnen und regnete 40 Tage, so daß man ihn in seinem Grabe ließ und eine Kapelle über demselben erbaute. Thatsächlich hat die Übertragung der Gebeine am 15. Juli 971 bei herrlichem Wetter stattgefunden. Die Legende stammt aus spätern Zeiten. Hier finden wir denn an der Legende einen Anhaltspunkt für die bekannte Wetterregel.

Da nun auch St. Medards Gebeine mehrmals übertragen wurden, so ahne ich, daß irgendwo in Frankreich eine ähnliche Legende auch von St. Medard vorhanden ist oder wenigstens vorhanden war.

<sup>30</sup> (Zu S. 251.) Dieses Sprichwort hat besonders in den Alpenländern und wohl auch anderswo die Bedeutung, daß nach einem Schneefalle, welcher gewöhnlich zur Zeit der Unterbrechungen der großen Kälte eintritt, neuerdings kaltes, aber in kontinentalen Gegenden klares oder etwa nebeliges Strahlungswetter eintritt. Allgemein wird eine neue Schneedecke als die Ursache der Bildung hohen Luftdruckes (Anticyklone) und dadurch im Winter klaren, aber kalten Wetters angesehen.

<sup>31</sup> (Zu S. 291.) Siehe Anmerkung 17.

<sup>32</sup> (Zu S. 292.) Der Verfasser schreibt hier besonders in Berücksichtigung der englischen Verhältnisse. England hat kein Land mit organisiertem Beobachtungsdienst im Westen — die Vereinigten Staaten und Canada liegen so fern, daß sie hier, wie im Texte gezeigt wird, nicht in Betracht kommen. Für Deutschland, Österreich,

Dänemark, Norwegen, Schweden und Rußland ist die Lage bedeutend günstiger, da ihnen die Berichte aus England von größtem Nutzen sein können.

<sup>33</sup> (Zu S. 301.) Über die Art und Weise, wie die Prognosen an dem eingetroffenen Wetter zu prüfen sind, und über die Frage, wann man eine Prognose als eingetroffen anzusehen hat, wurde vieles von den Fachmeteorologen geschrieben und Methoden vorgeschlagen, welche eine exakte Strenge erreichen sollten. Wir kennen aus dem, was in unserem Buche so klar und objektiv dargelegt wurde, die Grenzen, welche gegenwärtig noch der Wissenschaft gezogen sind, haben aber auch gelernt, daß es allgemeine Witterungscharaktere giebt, innerhalb welcher Schwankungen der Intensität von ziemlichem Umfange möglich sind. Da letztere vielfach von komplizierten Lokalen u. s. w. Verhältnissen abhängen, ist es fast unmöglich, auch die Intensität eines gewissen Witterungscharakters vorauszusagen. Man wird daher heute im allgemeinen schon zufrieden sein müssen, wenn es gelingt, den allgemeinen Witterungscharakter vorherzusagen — auch da giebt es noch Ursachen genug, welche plötzlich störend eingreifen und unsere Prognose zu schanden machen. Ich würde deshalb ohne Zaudern bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse anzuerkennen bereit sein, daß eine Prognose als voller Treffer anzusehen ist, wenn sie den allgemeinen Witterungscharakter richtig getroffen hat. Ob damit sich die interessierten Kreise auch zufrieden geben würden? In allen gewöhnlichen Fällen, ja, in besondern Ausnahmefällen, nein. Wenn z. B. die Prognose lautete: „regnerisch“, und in Wirklichkeit ein so andauernd strömender Regen sich einstellt, daß Überschwemmungen eintreten, so wird man auf die Prognose schlecht zu sprechen sein. Wenn die Prognose lautet: „stürmische Winde“, und es fällt ein Orkan zerstörend und vernichtend ein, so wird man mit Recht finden, daß die Prognose ihre Aufgabe nicht erfüllt habe. Allein solche Fälle des Mißerfolges zu vermeiden, liegt heute schon gar nicht in der Macht der Meteorologen, und es wird sehr gut sein, wenn die weitesten Kreise sich dessen bewußt sind und bleiben. Sie werden dann das thun, was ihre Sache in der ganzen Frage der Wetterprognose ist, nämlich mit der Prognose der Centralstelle in der Hand die lokalen Wetterzeichen beobachten, wodurch sie erst in die Lage versetzt werden, des ganzen Nutzens der Prognose sich zu versichern. Bezüglich der Prognosen der Centralstellen selbst scheint es mir unbillig, daß man sie herabsetzt und bespöttelt, weil sie in der Intensität des Wetters fehlschlagen; meines Erachtens ist das Eintreffen des von der Prognose gekennzeichneten allgemeinen Witterungscharakters für den jetzigen Stand der Wetterkunde ein voller Treffer.





## Namen- und Sachregister.

- Abercromby**, cyclonale Wärme 144.  
 — Folgerungen aus den Barogrammen 264.  
 — Monsunregen 259.  
 — tägliche Wetterchwankung 201.  
 — tropische Cyclonen 91.  
 — über Wetterregeln 10.  
**Alto cumulus** 72. 80. 81.  
**Altostratus** 80. 81.  
**Altweibersommer** 212.  
 Änderungen des Wetters 33.  
 — allgemeine 197.  
 — ihre Unterscheidung von Wetterchwankungen 197.  
 — Unabhängigkeit von den täglichen Schwankungen 197. 209.  
**Anticyklonales Wetter**, Gegenüberstellung des cyclonalen und 95.  
**Anticyklone** 31. 93.  
 — Abhängigkeit von den Jahreszeiten 32.  
 — atlantische 233.  
 — Druck über der 94.  
 — Form der 31.  
 — Kreislauf der Luft in den 62.  
 — Ursache der Trockenheit in den 94.  
 — Wetter in der 31.  
 — Wetterregeln in der 34.  
 — Wind in der 33.  
**Arche Noes** 1. 36.  
**Auge** des Sturmes 91.  
**Augustin**, Regen in Prag 204.  
**Australische Wetterprognosen** 309.  
**Australisches Wetter** 133.  
**Balafres** 66.  
**Barber** 150.  
**Barogramme** 102.  
 — Folgerungen aus den 264.  
 — konvexe und konkave Kurve der 266.  
**Barometer** 2. 264.  
 — allgemeine Angaben des 264.  
 — auf Schiffen 279.  
**Barometergang** 110.  
 — in Böhmen und Gewitterstürmen 159.  
 — in Cyclonen 26.  
 — in sekundären Depressionen 29.  
 — Regen bei steigendem 269. 271.  
**Barometergang**, Regen bei unverändertem 275.  
 — scheinbare Fehlangaben des 268.  
 — schönes Wetter bei niedrigem oder fallendem 278.  
 — Sprung 111.  
 — Wellen 112.  
 — Wettervorhersage mit einem 264.  
 — Wogen 112.  
**Barometrische Unregelmäßigkeiten** 112.  
**Beauforts** Bezeichnung des Wetters 11.  
 — Windskala 12.  
**Beber**, van, Temperatur auf den Cyclonenbahnen 287.  
**Beobachtungen**, beschreibende 121.  
**Beständigkeit** der Cyclonen 88.  
**Bewegung** der Wolken 57.  
**Bewölkung**, lokale 189.  
 — täglicher Gang der 200.  
**Bezold**, von 165.  
**Blanford**, Regen in Kalkutta 202.  
**Blitzstrahl** und Regen 77.  
**Blizzard** 150.  
**Böen** 157.  
 — Barometergang in 159.  
 — einfache 157.  
 — Gewitter- 158.  
 — in Zama 164.  
 — Siniens- 162.  
**Britische Wetterprognosen** 296.  
 — Treffer und Prozente derselben 300.  
**Buchan**, Winde zur See 205.  
 — warme und kalte Perioden 210.  
**Bursters**, südliche 199.  
**Buys-Ballot'sches Gesetz** 15. 130. 131.  
**Canada** 309.  
**Chamfin** 210.  
**Cirrocumulus** 69.  
 — Wetterregeln nach 70.  
**Cirrostratum** 56.  
**Cirrostratus** 67.  
 — Schichtungen 68.  
**Cirrovelum** 67.  
**Cirrus** 50. 56.  
 — Bildung der 50.  
 — Filatur der 57.

- Cirrus, gefahrdrohende 65.  
 — ihr Wert für die Wettervorherfrage 66.  
 — Nebel 78.  
 — Schleier 78.  
 — Schönwetter- 65.  
 — über Cyclonen und Anticyklonen 61.  
 — welche vor dem Fallen der Barometer aufzutreten 269.  
 Cirrusstreifen 56.  
 — Bewegung der 57.  
 — Beziehung derselben zu den Cyclonen und Anticyklonen 61.  
 — Beziehung ihrer Lage zu den Isobaren 62.  
 — Entstehung der Schichtungen der 68.  
 — Lage der 57.  
 Cumulocirrus 72.  
 Cumulonimbus 51.  
 Cumulostratus 73.  
 Cumulus 48.  
 — Beziehung zum Cirrus 49.  
 — einfacher 54.  
 — entarteter 53.  
 — Frakto- 75. 79.  
 — getürmter 54.  
 — hoher 54.  
 — kleinere Abarten des 54.  
 — kugelig geballter 52.  
 — Linien- 54.  
 — Regen- 54.  
 — Koll- 74.  
 — Strato- 73.  
 — Veränderung bei Beginn des Regens 76.  
 Cyclische Wetterperioden 214.  
 Cyclone 19. 84.  
 — Achse der 85.  
 — Arten der 85.  
 — Auge des Sturmes in der 91.  
 — Ausfüllung der 111.  
 — Benennung verschiedener Teile der 18.  
 — Beständigkeit der 88.  
 — das Atlantische Meer durchkreuzende 283.  
 — doppelte Symmetrie der 20.  
 — Druck über der 94.  
 — Einfluß des Regens und der Temperatur auf die Bahn der 89.  
 — Fortschreiten der 87.  
 — Höhe der 90.  
 — Intensität 18.  
 — Kreislauf der Luft in der 85.  
 — obere Luftströmung in der 62.  
 — Regengebiete in der 18. 118.  
 — Rinne der 18.  
 — Rückseite der 18.  
 — Temperatur in der 141.  
 — Temperaturstörung einer 145.  
 — tropische und außertropische 91.  
 — Umkehren der 225.  
 — Vorderseite der 18.  
 Cyclone, Wetter in der 19.  
 — Wetterfolge in der 22. 26.  
 — Wetterregeln für die 17. 23. 24.  
 — Winde in der 20. 27.  
 — Windstille im Centrum der 91.  
 Cyclonenbahnen 240. 281.  
 — angezeigt durch den stärksten Wind 286.  
 — Einfluß der Temperatur der Umgebung auf die 287.  
 — Neigung zur Einhaltung gewisser Zugstraßen 282.  
 Depressionen 85.  
 Depressionen, sekundäre 28.  
 — Barometergang in den 29.  
 — Gewitterstürme in den 17.  
 — Intensität der 30.  
 — Wetter in den 28.  
 — Wetterfolge in den 30.  
 Depressionen, Vörmige 96.  
 — Arten der 97.  
 Deutschland, Wetterprognosen in 302.  
 Diablotons 79.  
 Donner gegen den Wind 172.  
 Donnerköpfe 54.  
 Durchsichtigkeit der Luft bei bedecktem Himmel 40.  
 Durchsichtigkeit der Luft im Reife 56.  
 Eisheilige 211.  
 Elektrische Erscheinungen und Regen 76.  
 Eurydice-Böe 162.  
 Federwolke 50.  
 Ferrel 7.  
 Filatur, Dreieck der 57.  
 Finley 127. 176. 182.  
 Fiskroy 69.  
 Flammarion 190.  
 Flutgewitter 196.  
 Flutregen 195.  
 Flutwinde 195.  
 Föhn 147.  
 Fractocumulus 75. 79.  
 Fuhards 79.  
 Gebirgsregen 192.  
 Gemäßigte Zone, Luftdrucktypen in der 224.  
 — Wetter in der 224.  
 Geradlinige Isobaren 39.  
 — Wetter in den 40.  
 Geschichtete Wolken 65.  
 — Entstehung der 68.  
 Geschwindigkeit des Windes 125.  
 Gesetz, Buys-Ballot'sches 15. 130. 131.  
 Gesetze der Grundformen der Isobaren 4. 14.  
 Gewitterböen 158.  
 Gewitterstürme 157.  
 — Abhängigkeit ders. vom Dampfgehalte 173.

- Gewitterstürme, Bahnen der 168.  
 — Barometergang in 159.  
 — Bedingungen der 172.  
 — Einfluß der Gezeiten 196.  
 — Gestalt der 165.  
 — Häufigkeit ders. in verschiedenen Ländern 173.  
 — in Frankreich 167.  
 — in sekundären Depressionen 29. 171.  
 — in V-Depressionen 165.  
 — mit Linienböden 165.  
 — Unabhängigkeit ders. von den Isobaren 169.  
 Gewitterwolke 170.  
 Gezeiten, unregelmäßige 251.  
 Globocumulus 52.  
 Gradient 124.  
 — Beziehung zum Winde 125. 129.  
 — in der vertikalen Druckverteilung 94.  
 — Temperatur= 287.  
 Grundformen der Isobaren 15.  
 Guldberg 7.
- Hagel 195.  
 — Entstehung des 195.  
 Hagelstürme 193.  
 — Lokalisierung der 193.  
 Hamburg 205.  
 Hann 303. 312.  
 Hazen 196.  
 Hildebrandson 55. 61. 62. 69. 75. 130.  
 Himmel, gefleckter oder gesprenkelter 71.  
 — kranker 78.  
 — makreliger 71.  
 — schmutziger 19. 40.  
 — wässriger 22.  
 Himmelsanblick, nach den Jahreszeiten 209.  
 Hinrichs 164. 191.  
 Höhe der Wolken 48. 80.  
 Hörbarkeit 41.  
 Howard 47.  
 Hurrikane 133.
- Jahreszeiten, Abhängigkeit des Wetters von den 253.  
 Jahreszeitliche Regen 260.  
 — Schwankungen 33. 209.  
 Indien, Monsun in 174. 202.  
 — Regen in 175.  
 — Temperatur in 147.  
 „Indischer Sommer“ 212.  
 Intensität der Cyclonen 18.  
 — der sekundären Depressionen 30.  
 — eines Typus 250.  
 — des Wetters 18.  
 Iowa, Böden in 164.  
 Isobaren 5. 11. 84.  
 — Beziehung ders. zu Wind und Wetter 15. 129.  
 — Entstehung der 100.  
 — Erklärung der Grundformen der 5.
- Isobaren, geradlinige 39.  
 — Gesetze der Grundformen der 4. 14.  
 — Grundformen der 16.  
 — keilförmige 35.  
 — Neigung der Winde zu den 130.  
 Isobronten 168.  
 Isothermen, allgemeine 140.  
 — Tages= 137.
- Kälte 137.  
 — große 149.  
 — Ursachen der 148.  
 „Kakenschwänze“ 66.  
 „Keil“ 35.  
 — Kamm des 35.  
 — Wetterregeln im 38.  
 — Wind im 35.
- Kew, Gradient und Wind 125.  
 Klunzinger 210.  
 Köppen, Wolkengewölbe 169.
- Lammasfluten 212.  
 Lämmerwolken 69.  
 Lawinen, Windwirkung vor den 161.  
 Ley 56. 67. 76. 82. 120. 127. 205.  
 Linienböden 162.  
 — Kreislauf der Luft in 170.  
 — mit Gewitterstürmen 159.  
 — Wolkengewölbe in 170.  
 Liniencumulus 54.  
 Lokale Änderungen in der Bewölkung 189.  
 — des Regens 190.  
 — des Wetters 188.  
 Lokalisierung der Hagelstürme 193.  
 Loomis 62. 126. 127. 130.  
 Luftdrucktypen 224.  
 Luftdrucktypus, nördlicher 240.  
 — östlicher 245.  
 — südlicher 225.  
 — westlicher 233.  
 Luftdruckverteilung über die Erde 222.  
 „Lufas-Sommer“ 212.
- Makrelige Stiege 71.  
 Makreliger Himmel 71.  
 „Martins kleiner Sommer“ 212.  
 Medard, St. 212.  
 Meteorogramme 102. 103.  
 — Deutung der 115.  
 Monsun 174. 202.  
 — Einbruch des 174.  
 Monsun, Nordost= 254.  
 — Temperatur des 255.  
 Monsun, Südwest= 174. 256.  
 — Eigenartigkeit des Regens im 175. 259.  
 Mythen 1.
- Nichtinstrumentale Aufzeichnungen 121.  
 Nichtisobariße Regen 15. 128. 157. 174.  
 Nichtisobariße Winde 128.

- Nimbopallium 75.  
 Nimbosstratus 75.  
 Nimbus 75.  
 Niveau der Schwankung 107.  
 North-Westers 203.  
 Northers und Nortcs 127.  
 Nubeculae 75.  
 Nubes hiemales 69.  
  
**O**berflächenwinde in Cyclonen und Anticyklonen 62.  
 Oberströmungen in Cyclonen und Anticyklonen 62.  
 Oberbeck 7.  
  
**P**amperos 176.  
 — Beziehung ders. zu den Vinienböden 178.  
 — Temperatur in den 177.  
 — Wolken in den 178.  
 Pamperos sucios 176.  
 Passatregion, Wetter in der 223.  
 Passatwinde 223. 233.  
 Perioden, cyclische 214.  
 Periodicität, Natur der 213.  
 Perspektive, Wolken- 58.  
 Plan des Buches 7.  
 Pocky cloud 52.  
 Poey 52. 75.  
 Prag, Regen in 204.  
  
**R**adiationspunkt der Wolkenbewegung 59.  
 Regen, bei fallendem Barometer 26.  
 — bei steigendem Barometer mit Wind 269. 271.  
 — bei unverändertem Barometer 275.  
 — bei Windstille 29.  
 — die Wetterzeichen vor dems. sind verschiedener Art 45.  
 — Flut- 195.  
 — Gebirgs- 192.  
 — in der Cyclone 20.  
 — in Kalkutta 202.  
 — in sekundären Depressionen 29.  
 — kalter, in geradlinigen Isobaren 41.  
 — lokale 190.  
 — mit Wind 20.  
 — Monjun- 175. 202.  
 — nichtisobariſche 15. 128. 157. 174.  
 — rieselnder 20.  
 — Schnürl- 29.  
 — tägliche Schwankung des 118. 202.  
 — Thal- 29.  
 — und Sonnenflecken 215.  
 — und Wettervorhersage 219.  
 — Wetterregeln über den 21.  
 Regenzeit in den Tropen 260.  
 Reif 38.  
 Richtung des Gefälles 140.  
 Ringbildende Wolkenstreifen, geringe Ausdehnung der 119.  
 Ringe, Wetterregeln der 23. 29. 37.  
  
 Ringwood 132.  
 Rinne der Cyclone 18.  
 — Beziehung ders. zur Geschwindigkeit 20.  
 Rinne der V-Depressionen 97.  
 Rollcumulus 74.  
 „Rohschweife“ 66.  
 Rothefay, Regenfall 216.  
 Ruß, fallender 36.  
  
**S**amum 147.  
 „St. Lukas-Sommer“ 212.  
 „St. Martins kleiner Sommer“ 212.  
 St. Medard 212.  
 St. Swithin 212.  
 Sattel 99.  
 Schäfchen 69.  
 Schnee 151.  
 Schwankung im Gradienten und in der Windgeschwindigkeit 126.  
 Schwankungen 107. 196.  
 — cyclische 214.  
 — jahreszeitliche 33. 209.  
 — jährliche 209.  
 — jährliche, des Regens 118.  
 — jährliche, des Windes 115.  
 — lokale 188.  
 — säkulare 209.  
 — tägliche 102. 108. 196.  
 — tägliche, des Wetters 196.  
 — tägliche, Unabhängigkeit ders. von den allgemeinen Änderungen 197.  
 Schwankungen, Überdeckung verschiedener 107.  
 — der Bewölkung 200.  
 — der Geschwindigkeit des Windes und der Gradienten 204.  
 — des Regens 202.  
 — der Richtung des Windes 205.  
 Scott 211.  
 Scud 79.  
 Seegras 66.  
 Sekundäre Depression 28.  
 — Bewegung der 28.  
 — Gewitterstürme in der 171.  
 — Intensität der 30.  
 — Wetter in der 28.  
 — Wetterfolge in der 30.  
 — Wind in der 28.  
 Senkrechte Aufeinanderfolge der Luftströmungen 62.  
 Sonnenflecken und Wetter 214.  
 Sonnenwärme und Kreislauf der Atmosphäre 6.  
 Sprung 7. 90. 165.  
 Stärke und Geschwindigkeit des Windes 136.  
 Statistik 2.  
 Statistische Meteorologie 3.  
 Strahlenbrechung 19. 36.  
 Strahlung, Einfluß der, auf die Temperatur 32.  
 Strahlungswetter 32.

- Stratocirrus 68.  
 Stratocumulus 73.  
 Stratopallium 55.  
 Stratus 55.  
 Streifen, Cirrus- 56.  
 Stürme 20.  
 — Äquinoctial- 211.  
 — geradlinige 39.  
 — südliche 133.  
 Südliche Bursters 99.  
 Südliche Halbkugel, Winde der 131.  
 Südwestmonsun 174. 256.  
 Symmetrie, doppelte, der Cyclone 20.  
 Synoptische Karten 4. 11.  
 — Entwerfung der 11.  
 — Wetterprognose mit Hilfe der 279.  
 — wie durch sie das Verständnis der Wetterregeln sich entwickelte 42.
- Tagesisothermen** 137.  
**Tägliche Schwankung** 33. 102. 196.  
 — allgemeiner Überblick über alle 208.  
 — des Barometers 102.  
 — der Bewölkung 200.  
 — des Regens 118. 202.  
 — der Temperatur 197.  
 — des Wetters 33. 196.  
**Tägliche Schwankung des Wetters in Anticyklonen** 33. 201.  
 — in Cyclonen 117. 200.  
**Tägliche Schwankung des Windes** 102. 105. 204.  
 — der Windgeschwindigkeit 115. 204.  
 — der Windrichtung 205.  
 — Unabhängigkeit ders. von den allgemeinen Änderungen 197.  
 — verschieden in jeder Zykloform 201.  
**Täglicher Gang, s. Tägliche Schwankung.**  
**Tau** 34.  
**Temperatur, Störung ders. durch die Cyclonen** 143.  
 — täglicher Gang der 197.  
 — Vorherjagen der 155.  
**Temperaturänderungen, Beispiele von** 152.  
**Thalregen** 193.  
**Theoretische Meteorologie** 6. 100.  
**Thermisches Gefälle** 138. 140.  
**Thermogramme** 102. 198.  
**Tornados** 179.  
**Tromben** 179.  
**Typen des Wetters** 220.  
 — Abhängigkeit der 252.  
 — Änderung der 254.  
 — Beständigkeit der 251.  
 — Intensität der 250.  
 — nördliche 240.  
 — östliche 245.  
 — südliche 225.  
 — westliche 233.  
 — Schwankung in den 250.  
 — Wiederkehr der 252.
- Überdeckung einer Kurve durch die andere** 107.  
**Umspringen des Windes** 27. 97.  
**Unterbrechung der Regen in Indien** 175.
- Bereinigte Staaten, Tornados in den** 182.  
 — Wetterprognosen in den 304.  
**Vförmige Depressionen** 96.  
 — in Australien 134.  
 — zwei Arten der 97.  
**Vieren des Windes** 27. 35.
- Wärme** 137.  
 — primäre und sekundäre Wirkungen der 155.  
**Wärmequellen** 146.  
**Wellen, barometrische** 113.  
**Wetter** 7. 33.  
 — Abhängigkeit des 252.  
 — Änderungen des 33.  
 — anticyklonales 95.  
 — Beauforts Bezeichnungen des 11.  
 — cyclonales 19. 95.  
 — in der gemäßigten Zone 228.  
 — in den geradlinigen Zykloaren 40.  
 — in der Kalmenzone 220.  
 — in den Keilen 36.  
 — in der Passatregion 223.  
 — in der sekundären Depression 28.  
 — in V-Depressionen 97.  
 — Intensität des 18. 250.  
 — Mythen 1.  
 — Perioden des 210.  
 — schlechtes bei steigendem Barometer 269. 271.  
 — schönes bei fallendem Barometer 278.  
 — =Statistik 2.  
 — Strahlungs- 32.  
 — =Typen 220.  
 — und Sonnenflecken 214.  
 — Wiederkehr des 252.  
**Wetterperioden** 210.  
**Wetterprognosen, auf wie lange hinaus sie ausgegeben werden können** 290.  
**Wetterprognosen, Beispiele von** 296.  
 — für Australien 309.  
 — für Canada 309.  
 — für Deutschland 302.  
 — für die Vereinigten Staaten 304.  
 — für England 296.  
**Wetterprognosen der Temperatur** 155.  
 — durch den gleichmäßigen Gang des Barometers 280.  
 — durch die Wolken 81.  
 — eines einzelstehenden Beobachters 262.  
 — Fehlerquellen der 294.  
 — Hilfsmittel der 280.  
 — in verschiedenen Ländern verschieden schwierig 295.  
 — mit Hilfe synoptischer Karten 279.  
 — Natur des Problems der 262.

## Namen- und Sachregister.

- Wetterprognosen, Prüfung der 301.  
 — unabhängig von der Theorie 289.  
 — Verwendung wiederkehrender Typen zur 213.  
 — wann sie am erfolgreichsten ist 292.  
 — Wetterregeln und 42.  
 — wie weit sie auf Einzelheiten sich einlassen kann 290.  
 — Zeit zur Vorbereitung der 291.  
 Wetterregeln 1. 9.  
 — allgemeine Theorie der 22. 42.  
 — Beispiel des Fehlschlagens der 44.  
 — die sich auf die Trockenheit der Luft beziehen 37.  
 — erste Erklärung der 10.  
 — für die Anticyklone 17.  
 — für die Cyclone 31.  
 — für geradlinige Isobaren 40.  
 — für Meile 38.  
 — für Regen, nicht alle aus der Feuchtigkeit ableitbar 45.  
 — neuere Entwicklungen der 42.  
 — Nutzen der, für die Wettervorhersage 46.  
 — sie können keinen wesentlichen Fortschritt machen 46.  
 — Ursache des Fehlschlagens der 43.  
 — von der Feuchtigkeit der Luft abgeleitet 23.  
 — wir werden dieselben nie außer acht lassen dürfen 46.  
 Wetterschwankungen 33.  
 — cyclische 214.  
 — jahreszeitliche 209.  
 — lokale 188.  
 — säkulare 209.  
 — tägliche 196.  
 Wetterzeichen 10. 263.  
 Wehlbach 54. 55. 69. 75.  
 Whipple 125.  
 Wiederkehr der Wettertypen 210. 252.  
 — Verwendung zur Wetterprognose 213.
- Wind 123.  
 — Beziehung der Geschwindigkeit zum Gradienten 125.  
 — Beziehung der Richtung zum Gradienten 129.  
 Winddrehung in einer Cyclone 27.  
 Windfolge in Cyclonen 26. 27.  
 Windgeschwindigkeit, tägliche Schwankung der 115. 204.  
 — in Anticyklonen 31.  
 — in Cyclonen 17. 86.  
 Wind hält den Regen auf 42.  
 Wind, Neigung der Richtung dess. zu den Isobaren 130.  
 — nichtisobarischer 128.  
 Wind, Theorie des 135.  
 — Umspringen des 27. 97.  
 — Vieren des 27.  
 — Zurückdrehen des 27.  
 Windrichtung, Beziehung ders. zum Gradienten 129.  
 — tägliche Schwankung der 205.  
 — =Skala Beauforts 13.  
 Windstärke 136.  
 Windstille 113.  
 — im Centrum einer Cyclone 91.  
 Wirbel 5. 88.  
 Wogen 112.  
 Wölkchen 78.  
 Wolken 46.  
 — Benennung der 47.  
 Wolken, flockige 70.  
 — geschichtete 58. 65. 68.  
 — gewölbte 170.  
 — Höhe der 80.  
 — Perspektive der 58.  
 — Wetterregeln nach den 46.  
 Wolkenfetzen 78.  
 „Ziegenhaar“ 1. 66.

In der **Herderschen Verlagshandlung** zu Freiburg im Breisgau ist erschienen und durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

# Jahrbuch

der

# Naturwissenschaften

1893—1894.

Enthaltend die hervorragendsten Fortschritte auf den Gebieten:

Physik, Chemie und chemische Technologie; Mechanik; Meteorologie und physikalische Geographie; Astronomie und mathematische Geographie; Zoologie und Botanik; Forst- und Landwirtschaft; Mineralogie und Geologie; Anthropologie und Urgeschichte; Gesundheitspflege, Medizin und Physiologie; Länder- und Völkerkunde; Handel, Industrie und Verkehr.

## Neunter Jahrgang.

Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben  
von **Dr. Max Wildermann.**

Mit 24 in den Text gedruckten Abbildungen und zwei Kärtchen.

gr. 8<sup>o</sup>. (XVI u. 536 S.) M. 6; in eleg. Original-Einband: Leinwand mit Deckenpressung M. 7. — Die Einbanddecke besonders 70 Pf.

Frühere Jahrgänge können nachbezogen werden, und zwar Jahrgang II—V zum ermäßigten Preise von à M. 3; geb. M. 4; Jahrgang VI, VII und VIII für je M. 6; geb. M. 7. — Jeder Jahrgang (mit Ausnahme des ersten) ist einzeln zu haben.

Über die ersten fünf Jahrgänge enthält der VI. Jahrgang ein **Generalregister** (36 S. gr. 8<sup>o</sup>), das zum Preise von 40 Pf. auch einzeln abgegeben wird.

„... Das Werk enthält wirklich alles, was der naturwissenschaftlich Gebildete aus dem Gesamtgebiet wissen muß, und das meiste von dem Gebotenen wird auch jedem Gebildeten verständlich und interessant sein. Möchte sich Wildermanns Werk immer mehr Boden in der Familienbibliothek des deutschen Volkes verschaffen!“

(Zeitschrift f. Naturwissenschaften. Leipzig. Bd. 67, 1./2. Heft.)

„Die alljährlich in den verschiedenen Zweigen der angewandten Naturwissenschaften erscheinenden Erfindungen und Forschungsergebnisse sind so zahlreich und die Berichte hierüber in so vielen Zeitschriften zerstreut, daß es dem Einzelnen kaum möglich wird, über diese Errungenschaften sich zu orientieren. Dies den Gebildeten aller Stände zu ermöglichen, ist der Zweck des „Jahrbuch der Naturwissenschaften“, dessen neunter Jahrgang nun vorliegt. Wie dies bei den vorausgegangenen Bänden der Fall war, so enthält auch der vorliegende eine Fülle der interessantesten Daten, einen so erschöpfenden Bericht über die im abgelaufenen Jahre auf dem gesamten naturwissenschaftlichen Gebiete zu verzeichnenden Fortschritte, daß jeder, der mit einer oder mehreren der naturwissenschaftlichen Disciplinen sich intensiver beschäftigt und deren Entwicklungsgang verfolgt, mit hoher Befriedigung über die Gewissenhaftigkeit und Genauigkeit, mit welcher das Jahrbuch seiner Aufgabe gerecht wird, erfüllt sein wird. Besonders möchten wir noch hervorheben, daß die Einführung der mitteleuropäischen Zeit in einer überaus klaren und eingehenden Weise behandelt und ein recht interessantes Kärtchen für die Zeit des mittleren Mittags beigegeben ist. Den Schluß bildet ein Verzeichnis der im abgelaufenen Jahre heimgegangenen Naturforscher u. s. w. mit kurzen biographischen Notizen. Die Illustrationen sind durchwegs vortrefflich. Möge das schöne und praktische Werk keinem Gebildeten unbekannt bleiben.“

(Neueste Erfindungen und Erfahrungen. Wien 1894, 8. Heft.)

„Der neunte Jahrgang von Wilbermann bietet in der gewohnten übersichtlichen Weise leichtverständliche Referate aus allen Gebieten des Naturwissens. . . In mehr als 200 Abhandlungen ist alles, was auf den Gebieten der Physik, der Chemie, in der Mechanik und Geographie, in Meteorologie und Astronomie u. s. w. Neues erschienen ist, treulich berichtet worden. Wir können uns nur immer wiederholen: wir kennen kein zweites Werk, welches den Leser in so geschickter Weise über den Gegenstand unterrichtet und weiterbildet.“

(Blätter für literar. Unterhaltung. Leipzig 1894, Nr. 81.)

„Dieses hochverdienstliche litterarische Unternehmen . . . hat vor kurzem seinen neunten Jahrgang der Öffentlichkeit übergeben, der, einen stattlichen Band von über 500 Seiten bildend, mit gewohnter Ausführlichkeit und Gewissenhaftigkeit über alles das eingehenden Bericht erstattet, was seit Jahresfrist auf dem heute schon geradezu unübersehbaren Gebiete der Naturwissenschaften Neues und Hervorragendes geleistet wurde. Da es unter den Gebildeten, welcher Berufssphäre sie auch angehören mögen, wohl kaum einen geben dürfte, der den naturwissenschaftlichen Errungenschaften unserer Zeit mit apathischer Gleichgiltigkeit gegenüberstände, vielmehr das Streben des intelligenten Mannes dahin gerichtet sein soll, sich wenigstens mit den hervorragendsten Resultaten der modernen Forschung vertraut zu machen, so kann ein Werk, das zur Erreichung dieses Zieles in so ausgezeichnete Weise hilfreich die Hand bietet, wie das vorliegende, auf eine möglichst weitgehende Beachtung seitens der gebildeten Welt vollen Anspruch erheben. . . .“

(Pädagog. Rundschau. Wien 1894, Nr. 7.)









Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-5169

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299215