

BIBLIOTHECA  
INSTITUTI  
BOTANICI  
Univ. Jagell.  
et  
Acad. Sc. Pol.

1

1000

I  
**Allgemeine Klimalehre**

Von

**Prof. Dr. W. Köppen**

Mit 7 Tafeln und 2 Figuren



# Naturwissenschaftliche Bibliothek

aus der Sammlung Götschen.

Jedes Bändchen elegant in Leinwand gebunden 80 Pfennig.

- 
- Paläontologie und Abstammungslehre** von Prof. Dr. Karl Diener in Wien. Mit 9 Abbildungen. Nr. 460.
- Der menschliche Körper** von E. Rebmann. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. S. Seiler. Mit 47 Abbild. u. 1 Tafel. Nr. 18.
- Urgeschichte der Menschheit** von Prof. Dr. M. Hoernes. Mit 48 Abbildungen. Nr. 42.
- Völkertunde** von Dr. M. Haberlandt. Mit 56 Abbild. Nr. 73.
- Tierkunde** von Prof. Dr. F. v. Wagner. Mit 78 Abbild. Nr. 60.
- Geschichte der Zoologie** von Prof. Dr. Rud. Burckhardt. Nr. 357.
- Tierbiologie** von Prof. Dr. S. Simroth. Nr. 131.
- Tiergeographie** von Prof. Dr. A. Jacobi. Mit 2 Karten. Nr. 218.
- Das Tierreich I: Säugetiere** von Oberstudienrat Prof. Dr. Karl Lampert. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.
- **III: Reptilien und Amphibien** von Dr. Franz Werner, Privatdozent an d. Univ. Wien. Mit 48 Abbild. Nr. 383.
- **IV: Fische** von Dr. Max Rauther, Privatdoz. d. Zoologie an d. Universität Gießen. Mit 37 Abbildungen. Nr. 356.
- **VI: Die wirbellosen Tiere** von Dr. Ludwig Böhmig, Professor der Zoologie an der Universität Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen und Würmer. Mit 74 Figuren. Nr. 439.
- Entwicklungsgeschichte der Tiere** von Dr. Johs. Meisenheimer, Professor der Zoologie an der Universität Marburg. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Figuren. Nr. 378.
- **II: Organbildung.** Mit 46 Figuren. Nr. 379.
- Schmarozer und Schmarozerthum in der Tierwelt** von Prof. Dr. F. v. Wagner. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.
- Die Pflanze** von Professor Dr. C. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.
- Das Pflanzenreich** von Dr. F. Reinecke u. Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Figuren. Nr. 122.
- Die Stämme des Pflanzenreiches** von Privatdoz. Dr. Rob. Pilger, Kustos am Kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 22 Abbildungen. Nr. 485.

- Pflanzengeographie** von Prof. Dr. Ludwig Diels. Nr. 389.  
**Pflanzenbiologie** von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abb. Nr. 127.  
**Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen** von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.  
**Die Pflanzenwelt der Gewässer** von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.  
**Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen.** 2 Bänden. Mit 100 Abbildungen. Nr. 268, 269.  
**Die Nadelhölzer** von Prof. Dr. F. W. Neger in Charandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.  
**Ruhpflanzen** von Prof. Dr. J. Behrens. Mit 53 Abb. Nr. 123.  
**Das System der Blütenpflanzen mit Ausschluß der Gymnospermen** von Dr. R. Pilger. Mit 31 Figuren. Nr. 393.  
**Die Pflanzenkrankheiten** von Dr. Werner Friedrich Bruck in Gießen. Mit 45 Abbildungen und 1 farbigen Tafel. Nr. 310.  
**Mineralogie** von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 130 Abbild. Nr. 29.  
**Geologie** von Prof. Dr. E. Fraas. Mit 16 Abb. u. 4 Taf. Nr. 13.  
**Paläontologie** von Prof. Dr. R. Hoernes. Mit 87 Abbild. Nr. 95.  
**Petrographie** von Prof. Dr. W. Brühns. Mit vielen Abbildungen. Nr. 173.  
**Kristallographie** von Prof. Dr. W. Brühns. Mit 190 Abbildungen. Nr. 210.  
**Geschichte der Physik** von Prof. A. Rißner. Mit 16 Figuren. 2 Bände. Nr. 293, 294.  
**Theoretische Physik** von Prof. Dr. G. Jäger. Mit Abbildungen. 4 Teile. Nr. 76—78 u. 374.  
**Radioaktivität** von Wilh. Frommel. Mit 18 Figuren. Nr. 317.  
**Physikalische Messungsmethoden** von Oberlehrer Dr. Wilh. Bährdt. Mit 49 Figuren. Nr. 301.  
**Geschichte der Chemie** von Dr. Hugo Bauer. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.  
— II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.  
**Anorganische Chemie** von Dr. F. Klein. Nr. 37.  
**Metalloide (Anorganische Chemie 1. Teil)** v. Dr. D. Schmidt. Nr. 211.  
**Metalle (Anorganische Chemie 2. Teil)** v. Dr. D. Schmidt. Nr. 212.  
**Organische Chemie** von Dr. F. Klein. Nr. 38.  
**Chemie der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. H. Bauer. 4. Teile. Nr. 191—194.  
**Analytische Chemie** v. Dr. Johs. Hoppe. 1. u. 2. Teil. Nr. 247, 248.  
**Raßanalyse** von Dr. O. Böhm. Nr. 221.

- Technisch-Chemische Analyse** von Prof. Dr. G. Lunge. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
- Stereochemie** von Prof. Dr. E. Wedekind. Mit 34 Fig. Nr. 201.
- Allgemeine und physikalische Chemie** von Dr. Max Rudolphi. Mit 22 Abbildungen. Nr. 71.
- Elektrochemie** von Dr. Heinr. Danneel. I: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Figuren. Nr. 252.
- II: Experimentelle Elektrochemie, Messmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.
- Toxikologische Chemie** von Privatdoz. Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
- Agrikulturchemie. I: Pflanzenernährung** von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
- Das agrikulturchemische Kontrollwesen** von Dr. Paul Krische. Nr. 304.
- Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden** von Prof. Dr. E. Haselhoff. Nr. 470.
- Physiologische Chemie** v. Dr. med. A. Begahn. 2 Teile. Nr. 240, 241.
- Meteorologie** von Dr. W. Trabert. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
- Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht** von Dr. A. Ripoldt jr. Mit 14 Abbildungen und 3 Tafeln. Nr. 175.
- Astronomie** von Möbius, neubearbeitet von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. Mit 36 Abbildungen und 1 Sternkarte. Nr. 11.
- Astrophysik** von Prof. Dr. W. F. Wislicenus, neubearbeitet von Dr. S. Ludendorff. Mit 15 Abbildungen. Nr. 91.
- Astronomische Geographie** von Prof. Dr. S. Günther. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
- Physische Geographie** von Prof. Dr. S. Günther. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
- Physische Meerestunde** von Prof. Dr. Gerhard Schott. Mit 28 Abbildungen und 8 Tafeln. Nr. 112.
- Klimatunde. I: Allgemeine Klimalehre** von Prof. Dr. W. Köppen. Mit 2 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 114.
- Paläoklimatologie** von Dr. Wilh. H. Eckardt. Nr. 482.

---

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

✓  
7  
Sammlung Götschen

---

# Klimafunde

I

## Allgemeine Klimalehre

Von

**Prof. Dr. W. Köppen**

Meteorologe der Seewarte in Hamburg

Zweite, verbesserte Auflage

Neudruck

Mit 7 Tafeln und 2 Figuren



Leipzig

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung

1911

10-11

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,  
von der Verlagshandlung vorbehalten.



18210

Inw. 76

Spamer'sche Buchdruckerei, Leipzig = R.

Inw. 76

# Inhalt.

Seite

Vorbemerkung. — Literatur.

## Kapitel 1. Der Inhalt der Klimafunde und die klimatischen Elemente und Faktoren.

- |  |    |
|--|----|
| § 1. Begriff der Klimafunde . . . . .  | 7  |
| § 2. Bestandteile oder Elemente des Klimas . . . . .   | 8  |
| § 3. Höchste und niedrigste Werte der klimatischen Elemente, Veränderlichkeit und Häufigkeit ihrer Werte . . . . . | 11 |

## Kapitel 2. Meteorologische Beobachtungen und deren Bearbeitung.

- |   |    |
|---|----|
| § 4. Meteorologische Beobachtungen . . . . .  | 15 |
| § 5. Klimatologische Untersuchungen . . . . . | 23 |

## Kapitel 3. Strahlung und Wärme.

- |   |    |
|---|----|
| § 6. Die Sonnenstrahlung, deren Bedeutung und mathematische Bedingungen. . . . .                | 28 |
| § 7. Physikalische Bedingungen, denen die Sonnenstrahlung in der Atmosphäre unterliegt. . . . . | 34 |
| § 8. Einnahme und Ausgabe der Energie . . . . .   | 37 |
| § 9. Wärmetransport und Wärmeverlust . . . . .  | 39 |
| § 10. Gestalt der täglichen und jährlichen Temperaturkurve der untersten Luftschicht . . . . .  | 42 |
| § 11. Temperatur der Oberfläche flüssiger und fester Körper . . . . .                           | 45 |
| § 12. Hauptsätze über die horizontale Temperaturverteilung auf der Erdoberfläche . . . . .      | 49 |
| § 13. Verteilung der Temperatur nach der Höhe . . . . .   | 54 |

## Kapitel 4. Wind

- |   |    |
|---|----|
| § 14. Ursachen des Windes und dessen Beziehungen zum Luftdruck . . . . .  | 60 |
| § 15. Kreislauf der Atmosphäre; planetarische Winde . . . . .             | 64 |
| § 16. Einfluß der Festländer auf die Zirkulation der Atmosphäre . . . . . | 67 |
| § 17. Periodische und unperiodische Änderungen des Windes . . . . .       | 69 |
| § 18. Stürme und besondere Winde. Wirkungen des Windes . . . . .          | 71 |

## Kapitel 5. Das Wasser in der Atmosphäre.

§ 19. Kreislauf des Wassers in der Atmosphäre . . . . .	75
§ 20. Horizontale Verteilung der Hydrometeore . . . . .	80
§ 21. Der jährliche und tägliche Gang der Hydrometeore . . . . .	82
§ 22. Die Regengürtel und ihre Störung durch die Festländer . . . . .	93
§ 23. Verteilung der Hydrometeore nach der Höhe . . . . .	100

## Kapitel 6. Klimatische Typen.

§ 24. Landklima und Seeklima. Wüstenklima, Waldklima, Küstenklima und Monsunklima . . . . .	103
§ 25. Gebirgsklima, Höhenklima . . . . .	110

## Kapitel 7. Die klimatischen Zonen.

§ 26. Die fünf Klimazonen . . . . .	116
§ 27. Die wichtigsten Kennzüge dieser Zonen . . . . .	117
§ 28. Klima und Kultur . . . . .	121
§ 29. Charakteristik der Tropenzone . . . . .	123
§ 30. Charakteristik der gemäßigten Zonen . . . . .	127
§ 31. Charakteristik der Polarzonen . . . . .	129



## Vorbemerkungen. — Literatur.

---

Der große Ästhetiker John Ruskin sagt über die meteorologische Wissenschaft die folgenden begeisterten Worte:

„Ihre Gedanken sind inmitten der Lieblichkeit der Schöpfung; sie führt die Seele wie das Auge zum Morgennebel, zur Mittagsglorie und zur Abendwolke — zum purpurnen Frieden des Berghimmels und zur wolfigen Ruhe des grünen Tals; bald sich bewegend im Schweigen des sturmlosen Äthers, bald auf den rauschenden Schwingen des Windes. Es ist in der That ein Wissen, welches — wie wir unwillkürlich empfinden — voll ist von der Seele der Schönheit. Sein Interesse ist unerschöpflich, unerringert an jedem Ort, zu jeder Zeit. Der, dessen Reich der Himmel ist, kann nie einen uninteressanten Fleck treffen, kann nie die Erscheinungen einer Stunde ausschöpfen: er ist in einem Reich beständigen Wechsels — ewiger Bewegung — endlosen Geheimnisses.“

Das meteorologische Beobachtungsnetz, das zwar höchst ungleichmäßig, aber stellenweise schon sehr dicht die Erde bedeckt, reicht selbst in seinen Anfängen nur wenig über hundert Jahre zurück. Auf seinen Aufzeichnungen beruht die Klimakunde fast gänzlich, und zwar konnte sie sich erst entwickeln, als durch das Wachstum dieses Netzes der Vergleich verschiedener Klimate möglich wurde. Die Klimakunde ist daher eine sehr junge Wissenschaft und zurzeit noch weit mehr mit dem Zusammentragen des Materials als mit dem Aufstellen allgemeiner Gesetze beschäftigt. Ihre Literatur besteht deshalb überwiegend einerseits aus den vielbändigen Jahrbüchern der meteorologischen Zentralstellen, in denen die täglichen Beobachtungen und die Mittel usw. derselben veröffentlicht sind, andererseits aus einer großen Menge von Skizzen und Aufsätzen, die theils in den meteorologischen Zeitschriften gesammelt, theils in anderen Zeitschriften und Werken, namentlich geographischen Inhalts, verstreut sind. Als die weit-aus reichste Quelle sind die 20 Jahrgänge (1866—85) der Zeitschrift der Oesterreichischen Gesellschaft für Meteorologie und die 22 der sich daran anschließenden Meteorologischen Zeitschrift,

herausgegeben von der Osterreichischen Gesellschaft für Meteorologie und der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft (seit 1884), zu nennen. Ergänzung finden sie namentlich in dem Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society und in den Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie. Zusammenfassende Darstellungen der Klimatologie gibt es nur sehr wenig: die wichtigste ist das Handbuch der Klimatologie von Jul. Hann (Stuttgart, Engelhorn, zweite Auflage in 3 Bänden, 1897). Neben diesem vortrefflichen Buche hat selbständigen Wert das Werk von A. Woeikof: Die Klimate der Erde (Jena, Costenoble, 1887, in 2 Bänden), besonders durch eingehendere Behandlung der Gewässer und des Schnees bzw. Eises.

Neben dem Wort und der Tabelle haben viele Tatsachen der Klimafunde ihre Darstellung in Karten gefunden. Die wichtigsten derselben sind gegenwärtig in guter Ausführung auch in den geographischen Atlanten zu finden, so besonders in dem Handatlas und dem Schulatlas (Oberstufe) von Debes. Reichhaltigere Sammlungen von klimatologischen Karten findet man in Hanns Atlas der Meteorologie (Gotha, Perthes, 1887) und in Bartholomews Physical Atlas. III. Meteorology (London 1899), für die Ozeane in den Atlanten der Seewarte (Hamburg, Friederichsen, 1882, 1891, 1896 und 1902). Jrgend eines dieser Kartenwerke, mindestens aber ein guter Schulatlas, wird auch zum vollen Verständnis des vorliegenden Werckens notwendig sein.

Als Ergänzung zur Klimafunde muß auch die Bekanntschaft mit einer zusammenfassenden Darstellung der Meteorologie dringend empfohlen werden. In dieser Hinsicht können wir auf Nr. 54 dieser Sammlung, Die Meteorologie von Dr. W. Trabert, hinweisen, wo der Leser auch einige weitere Literatur angegeben findet. Eingehende Belehrung findet man in Hanns Lehrbuch der Meteorologie (2. Auflage, Leipzig 1906).

---

## Kapitel 1.

### Der Inhalt der Klimakunde und die klimatischen Elemente und Faktoren.

#### § 1. Begriff der Klimakunde.

Unter Klima verstehen wir den mittleren Zustand und gewöhnlichen Verlauf der Witterung an einem gegebenen Orte. Die Witterung ändert sich, während das Klima bleibt. Die Klimakunde oder Klimatologie ist ein Zweig der Meteorologie im weiteren Sinne, der zwar ebenso, wie diese überhaupt, sich auf der Experimentalphysik und der Geographie aufbaut, in dem aber das geographische Moment über das physikalische überwiegt. Das Gegenstück zur Klimakunde ist die synoptische Witterungskunde; wie für die erstere die Einheit des Ortes, so ist für die letztere die Einheit der Zeit maßgebend; jene faßt die Gesamtheit der in vielen Jahren an einem Orte sich vollziehenden Erscheinungen nach ihrer gesetzmäßigen Wiederholung in ein Bild zusammen, diese faßt den momentanen Zustand über einem größeren Raume ins Auge und verfolgt die einzelne Erscheinung in ihrer Fortpflanzung über die Erde durch Stunden, Tage oder Monate eines gegebenen Jahres hindurch. Beide Zweige trachten dabei, angesichts der so vielseitigen Abhängigkeit des Menschen von den meteorologischen Bedingungen, nach praktischer Anwendung; und wie die Witterungskunde in die tägliche Wetterprognose und die Sturmwarnung ausläuft, so liefert die Klimakunde dem Landwirt, dem Industriellen,

dem Arzte die Unterlage zur Beurteilung des Einflusses des gewöhnlichen Verlaufes dieser Erscheinungen am gegebenen Orte auf das Gedeihen der Pflanzen, auf industrielle Prozesse, auf Krankheiten usw. Diese Bezugnahme auf den Menschen spielt sogar in der Abgrenzung der Klimatologie seit jeher eine Rolle, indem nur diejenigen meteorologischen Bedingungen, die das organische Leben in der Natur, insbesondere unsere eigenen Organe, direkt beeinflussen, als Bestandteile des Klimas anerkannt werden; so wird der Lehre vom Luftdruck, trotz ihrer außerordentlichen Wichtigkeit für die Meteorologie als Ganzes, aus diesem Grunde nur eine geringe klimatologische Bedeutung zuerkannt. Auch ist es wenig üblich, von „Klima“ dort zu sprechen, wo nicht Menschen dauernd oder zeitweise ansässig sind oder sein können. Man spricht kaum jemals vom Klima der Meere oder von jenem der freien Atmosphäre, wohl aber von jenem der Inseln, Küsten und Berggipfel. Dem entspricht denn auch eine zweite Definition des Klimas als der „Gesamtheit der atmosphärischen Bedingungen, die einen Ort der Erdoberfläche mehr oder weniger für Menschen, Tiere und Pflanzen bewohnbar machen“.

## § 2. Bestandteile oder Elemente des Klimas.

Die Vorstellungen, mit denen die Klimalehre arbeitet, lassen sich in dieselben Gruppen ordnen, nach denen die Meteorologie überhaupt ihren Stoff gliedert, also in die Hauptgruppen Strahlung, Wärme, Luftdruck, Wind und Wassergehalt der Atmosphäre (Hydrometeore), nebst den für den Zusammenhang minder wichtigen chemischen, optischen, akustischen und elektrischen Erscheinungen in derselben. Innerhalb jeder dieser Gruppen ergibt sich sodann eine Anzahl von mehr oder weniger belangreichen Vorstellungen, deren Anwendung auf die einzelnen Klimate diese charakterisiert.

Dies sind die klimatischen Elemente, z. B. die mittlere Lufttemperatur, die jährliche und tägliche periodische, sowie die mittlere unperiodische Schwankung derselben, das absolute Maximum und Minimum der Lufttemperatur usw. Unklare Fassung, unzweckmäßige Auswahl und falsche Ableitung dieser Größen in den Mitteilungen über die einzelnen Klimate hat den Fortschritt der Klimatologie sehr oft beeinträchtigt. Es ist deshalb eine scharfe Definition und eine Heraushebung der wichtigsten unter diesen Bestandteilen, aus denen sich der Begriff „Klima“ zusammensetzt, notwendig.

Mit dem Fortschritt des Wissens werden neue Gegenstände in die Zahl der klimatischen Elemente aufgenommen, wenn deren geographische Züge entschleiert werden. So ist z. B. wohl zu erwarten, daß Lustelektrizität und Ionen dereinst Aufnahme in die Klimatologie finden werden, nachdem ihre Beziehungen zur Erdoberfläche und zu den übrigen klimatischen Elementen klargestellt sein werden; allein gegenwärtig sind wir noch nicht so weit.

Sodann hat die Klimatologie die Wirkungen darzulegen, welche die astronomischen, geographischen und meteorologischen Bedingungen auf diese klimatischen Elemente ausüben. Diese äußeren Bedingungen oder klimatischen Faktoren sind vor allem: die geogr. Breite, die Höhe und die Natur der Unterlage der Atmosphäre, ob sie fest oder flüssig sei, und in ersterem Falle, welches ihre Neigung zum Horizonte ist und ob und welche Pflanzendecke oder Schnee-, respektive Eisdecke sie trägt; ebenso wichtig ist die Abhängigkeit der klimatischen Elemente von meteorologischen Bedingungen, die also auch ihrerseits wieder als klimatische Faktoren auftreten: so die Abhängigkeit des Windes von der Druckverteilung, die der Strahlung und Lufttemperatur von der Bewölkung usw. Bei diesen aber wirkt das Bedingte stets mehr oder weniger auf das Bedingende zurück, so daß



sich uns ein kompliziertes Ineinandergreifen von Ursache und Wirkung darbietet, das zu überblicken nicht leicht und das der exakten Rechnung zu unterwerfen gewöhnlich unmöglich ist. Dennoch ist es hier, wie in der ganzen Meteorologie, sehr wichtig, daß bei jedem Erklärungsversuch die Quantitäten, um die es sich handelt, wenigstens annähernd geschätzt werden, da sonst der Aufstellung grundloser, nur scheinbar plausibler Erklärungen für die verwickelten Vorgänge Thür und Tor geöffnet sind.

Unter den klimatischen Faktoren lassen sich zwei — der Einfluß der geographischen Breite und jener der Neigung des Bodens — zum Teil auf einen und denselben Faktor zurückführen: auf den Winkel, unter dem die Sonnenstrahlen die Erdoberfläche treffen. Der Wechsel dieses Winkels im Laufe des Tages und des Jahres, oder beim Übergang aus einer Breite in eine andere, oder vom Nord- zum Südsüdhang eines Berges oder Gebirges ist die Ursache für eine Menge der auffallendsten klimatischen Erscheinungen. Es ist daher nicht zu verwundern, daß das Wort „Klima“ vom griechischen κλίμα, neigen, sich herleitet, wobei unbestimmt bleibt, ob es eine gelehrte, von der Neigung der Sonnenstrahlen oder gar der Erdachse ausgehende Wortbildung oder die Verallgemeinerung eines vollstümlichen, im gebirgigen Griechenland naheliegenden Begriffes für den Unterschied zwischen den nach verschiedenen Himmelsrichtungen schauenden Abhängen ist.

Einen zweiten mächtigen Einfluß der Neigung einerseits des Horizonts zur Erdachse, andererseits der Bodenoberfläche zum Horizont hat man erst in den letzten 100 Jahren mehr und mehr erkannt: es ist ihr mechanischer Einfluß auf die Bewegungen der Luft. Einerseits unterliegen durch die Erdrotation alle horizontalen Bewegungen in der Atmosphäre einer je nach der geographischen Breite verschiedenen Ablenkung, durch die sie, statt ihr Ziel auf kürzestem Wege zu

erreichen, in den gemäßigten und höheren Breiten zur Bildung von Wirbeln genötigt werden, deren buntem Durcheinander wir die Launenhaftigkeit unseres Wetters im Gegensatz zu dessen Regelmäßigkeit unter dem Äquator verdanken. Andererseits bedingt die mechanische Empordrängung horizontaler Luftströme an den Lehnen der Gebirge einen großen Teil der Eigentümlichkeiten des Höhenklimas, die wir weiter unten kennen lernen werden.

Für die Darstellung in diesem Buche ziehen wir es vor, die klimatischen Faktoren der Breite, Höhe usw. bei den einzelnen Elementen des Klimas zu behandeln und nur zum Schluß ihren Einfluß auf alle diese übersichtlich zusammenzufassen, um so von der Betrachtung der einzelnen Züge zu jener des Gesamtbildes des Klimas einer Gegend überzugehen, wie diese sodann in einem zweiten Bändchen dieser Sammlung in der durch den engen Raum bedingten Kürze für die einzelnen Länder dargelegt werden soll.

### § 3. Höchste und niedrigste Werte der klimatischen Elemente, Veränderlichkeit und Häufigkeit ihrer Werte.

Der Spielraum, in dem sich die klimatischen Elemente bewegen, stellt sich für die wichtigsten wie folgt:

Die niedrigste Temperatur, die in der untersten Luftschicht bis jetzt beobachtet worden, ist  $-70^{\circ}$  C in Ostsibirien. In der freien Atmosphäre sind bereits, mit Hilfe unbemannter Luftballons mit Registrier-Apparaten, in 8—15 km Höhe noch niedrigere Temperaturen festgestellt worden, nämlich  $-70^{\circ}$  bis  $-86^{\circ}$  C; höher hinauf ist es gewöhnlich wieder etwas wärmer als in dieser Schicht.

Die höchsten in der Sahara, der indischen und der Colorado-Wüste beobachteten Lufttemperaturen haben 52 und  $53^{\circ}$  C erreicht; doch ist die Bestimmung etwas unsicher, weil der

Einfluß der direkten und zurückgeworfenen Sonnenstrahlung schwer auszuschließen ist. Der Boden und also auch der vom Boden aufgewirbelte Sand kann noch viel heißer werden.

Die höchste relative Feuchtigkeit der Luft ist 100% und wird oft erreicht, wenn auch nicht so oft, wie man gewöhnlich glaubt. Die niedrigsten bisher beobachteten Luftfeuchtigkeiten an der Erdoberfläche sind bisher gewesen: in Europa in einigen Alpentälern bei Föhn bis zu 6% herab, und in Ungarn und Südrußland bis zu 12%, im Death Valley in Nordamerika 5%. Dagegen sind in der freien Atmosphäre oberhalb 1000 m über dem Boden solche und noch größere Trockenheiten in der kälteren Jahreszeit nicht selten, auch zu Hamburg, wo am Erdboden nie relative Feuchtigkeit unter 21% beobachtet worden ist und in 18 von den 30 Beobachtungsjahren keine Werte unter 30% notiert worden sind.

Der höchste Barometerstand, reduziert auf Gefrierpunkt, Normalschwere und Meeresniveau, ist in Westsibirien mit 809 mm zur Beobachtung gekommen; sogar ohne Reduktion aufs Meeresniveau ist in Tomsk ein Stand von 793 mm verzeichnet worden. Die niedrigsten bisher beobachteten Stände waren bisher, im Meeresspiegel und mit denselben Reduktionen, 686 und 688 mm in tropischen Zyklonen — Bai von Bengalen 1885 und China-See 1891 —, 692 mm in Island 1824 und 694 mm in Schottland am 26. Januar 1884; an demselben Orte stieg der Luftdruck am 20. Januar 1896 auf 790 mm, also 96 mm höher. An der oberen Grenze der Atmosphäre ist der Luftdruck Null. Registrierballons erreichen zuweilen Höhen von 20—25 km, wo der Luftdruck kaum  $\frac{1}{20}$  des Wertes hat, den er am Meeresspiegel besitzt.

Die Windgeschwindigkeit schwankt zwischen 0 und 50 m in der Sekunde, doch schon Geschwindigkeiten über 30 m per Sekunde sind am Erdboden sehr selten und werden als Orkan bezeichnet. Nach den zerstörenden Wirkungen zu schließen,



Kommen bei manchen Orkanen, insbesondere bei den wenige Minuten dauernden nordamerikanischen „Tornados“, noch größere Windgeschwindigkeiten als 50 m per Sekunde vor, doch haben solche noch nicht gemessen werden können. Ein „mäßiger Wind“ hat 6—8 m per Sekunde Geschwindigkeit.

Die klimatischen Elemente zeigen an jedem Orte sowohl periodische, als unperiodische Schwankungen. Von periodischen sind die beiden einzigen sicher ermittelten die tägliche und die jährliche Periode. Beide sind auf den Festländern größer als auf den Meeren; mit wachsender geographischer Breite nimmt im allgemeinen die tägliche Schwankung ab, die jährliche bei Temperatur und Luftdruck zu, bei Regen, Bewölkung und Wind ab. Die unperiodischen Schwankungen nehmen mit der Breite, wenigstens bis gegen 60 Grad, zu. Als Maß der Veränderlichkeit werden verschiedene Größen aus den Beobachtungen abgeleitet, insbesondere: 1. die mittlere Größe der höchsten und niedrigsten Werte und ihrer Differenz während eines Monats und des Jahres; 2. die mittlere Abweichung der Einzelbeobachtungen oder des Tages-, Monats- und Jahresmittels vom vieljährigen Durchschnitt, ohne Rücksicht auf das Zeichen gemittelt; 3. die mittlere Differenz zweier um 24 Stunden absteher Beobachtungen oder zweier aufeinanderfolgender Tagesmittel (interdiurne Änderungen). Alle diese Größen sind ihrerseits selbst wichtige klimatische Elemente, die zur Charakteristik der Klimate dienen können.

Die verschiedenen klimatischen Elemente, wie Bewölkung und Temperatur, Windrichtung und Temperatur, Windrichtung und Regen, beeinflussen einander in mehr oder weniger entschiedener Weise. Ihr Zusammenhang ist ein Gegenstand der Meteorologie und muß hier als in den Hauptzügen bekannt vorausgesetzt werden, wird jedoch wegen seiner entscheidenden Wichtigkeit für das Verständnis der Klimate auch in der Klimafunde an vielen Punkten berührt.

Innerhalb des Spielraums, in dem sich ein klimatisches Element an einem gegebenen Orte bewegt, ist die Häufigkeit seiner verschiedenen Werte sehr ungleich. Je näher den extremen Grenzen, um so seltener treten diese Werte auf; es sind aber keineswegs etwa diejenigen Werte, die dem arithmetischen Mittelwert aller Beobachtungen am nächsten kommen, immer auch die häufigsten, und das arithmetische Mittel selbst liegt keineswegs immer in der Mitte zwischen den Extremen, vielmehr kann die Lage aller dieser Punkte nur durch besondere Untersuchungen aus der Erfahrung bestimmt werden. Daß dieses so sein muß, wird klar, wenn wir z. B. ein Element nehmen, das wie die Regenmenge und die Windgeschwindigkeit nach einer Seite (durch Null) begrenzt, nach der anderen unbegrenzt ist. Dann sind die Werte, die kleiner als das arithmetische Mittel sind, viel häufiger als die, welche größer als dasselbe sind, und von den beiden Extremen liegt das kleinere dem Mittel viel näher als das größere. Bei der Temperatur liegt zwar der (absolute) Nullpunkt so tief und ist die Temperatur der Wärmequelle — der Sonne — so hoch, daß ihre Änderungen nach beiden Richtungen gleich wenig beschränkt sind; hier kommt aber der Einfluß der Bewölkung zur Geltung, durch den diejenigen Temperaturen, die dem an diesem Ort und zu dieser Jahreszeit häufigeren Bewölkungsgrad entsprechen, häufiger sind, die dem selteneren entsprechenden dafür extremer sind. Das letztere sind in unserem trüben Klima im Winter die negativen, im Sommer die positiven Abweichungen vom Mittel, also die großen Kältegrade und Hitzegrade. In heiteren Klimaten, wie z. B. in Astrachan im Sommer und in Nertschinsk im Winter, sind im Gegenteil die bei trübem Wetter eintretenden Temperaturen, also in ersterem die Abweichungen unter, in letzterem die über dem Mittel, die selteneren und entsprechend extremeren.

## Kapitel 2.

**Meteorologische Beobachtungen und deren  
Bearbeitung.****§ 4. Meteorologische Beobachtungen.**

Das Material für die Klimafunde wird in der Hauptsache durch meteorologische Beobachtungen geliefert. Diese erfordern zwar zum größten Theile weder viele Mühe, noch auch schwer zu erwerbende Kenntnisse oder kostspielige Instrumente; allein sie verlangen, um Wert zu haben, ein bedeutendes Maß von Pünktlichkeit und Sorgfalt und die Beachtung einer Reihe von Regeln, durch deren Vernachlässigung ein großer Teil der Arbeit wertlos werden kann. Eine Menge viele Jahre fortgesetzter Beobachtungsreihen erweisen sich bei dem Versuche ihrer Verwendung als unbrauchbar, weil die Korrekturen der Instrumente und deren Aufstellung nicht bekannt, die Beobachtungsstunden fraglich oder schlecht gewählt und nicht fest eingehalten sind und der Sinn vieler Notierungen nicht genau feststellbar ist. Wer deshalb den Wunsch hat, durch meteorologische Aufzeichnungen die Wissenschaft zu fördern, möge die folgenden Hinweise beachten. Ausführlichere Anweisungen findet man in den Instruktionen der verschiedenen Beobachtungsnetze, z. B. des Preussischen meteorologischen Instituts und der Deutschen Seewarte; durch reichhaltige Hilfsstabeln zeichnet sich unter diesen besonders „Felineks Anleitung“ aus, in den neueren Auflagen von Hann bearbeitet.

1. Nur Beobachtungen, die mit Sorgfalt und Pünktlichkeit angestellt sind, können wissenschaftlich verwendet werden. Man halte die einmal gewählten Stunden möglichst präzise ein, vermerke allfällige Verspätungen genau, Sorge wenn möglich für einen zuverlässigen Stellvertreter und lasse, wenn

dennoch eine Beobachtung ausfällt, die Rubrik leer, statt sie mit gemutmaßten Werten auszufüllen.

2. Man Sorge dafür, daß alle Überschriften im Journal verständlich seien, daß über den Sinn jeder Zahl durchaus kein Zweifel bestehen könne, weder über Instrument und Skala (z. B. ob Grade Celsius oder Grade Reaumur), noch über die Zeit, auf welche sie sich bezieht, und schiebe diese Erklärungen nicht etwa in dem Glauben auf, daß man sie ja jederzeit im Bedarfsfalle machen könne. Wird dann, wie so oft geschieht, das Tagebuch erst nach dem Tode des Urhebers einem Fachmanne übergeben, so ist es gewöhnlich zu spät dafür. Beobachtet man Instrumente, so suche man deren Fehler gegen die sog. Normalinstrumente eines meteorologischen Instituts festzustellen. Schon beim Ankauf derselben suche man Korrektionsstabellen dafür mit zu bekommen; da jedoch kein Instrument völlig unveränderlich ist, so suche man später von Zeit zu Zeit die Korrekturen zu ermitteln. Die früher recht lästige allmähliche Verschiebung des Nullpunkts ist heute für Quecksilberthermometer aus Jeneiser Glas so gut wie ausgeschlossen. Für Barometer ist öftere, etwa alljährliche Vergleichung mit einem geprüften Instrumente wichtig. In Ländern ohne staatliches Beobachtungsnetz bieten sich Gelegenheiten dafür in den Hafenplätzen durch die Besuche solcher deutschen und englischen Schiffe, die für die Deutsche Seewarte oder das „Meteorological Office“ Journal führen. Man beginne das Journal mit einigen Angaben über den Ort der Beobachtung, die benutzten Instrumente und deren Aufstellung, und notiere jede Änderung in diesen Dingen.

3. Die Lage des Beobachtungsortes sei eine möglichst freie, luftige und von der näheren Umgebung wenig beeinflusste. Beobachtungen, die in engen Straßen volkreicher Städte angestellt werden, sind wohl interessant zum Vergleich

mit jenen des offenen Landes oder zu speziellen Zwecken, können aber über das Klima der Gegend keinen richtigen Aufschluß geben. Die Lufttemperatur z. B. ist in einer großen Stadt in unseren Breiten durchschnittlich um 0,5—1 Grad höher als in der Umgebung; der Unterschied ist am größten in windstillen Sommernächten, wo er 2 Grad übersteigt, bei windigem Wetter wird er gering; wohl aus diesem Grunde ist er im Winter, trotz der Heizung und Beleuchtung, kleiner als im Sommer, und in den Tropen größer als bei uns. Sehr lehrreich sind vergleichbare Beobachtungen in benachbarten, aber verschiedenen Lagen, wie in und außerhalb der Stadt oder des Waldes, auf dem Gipfel eines Hügel oder Berges, an dessen Abhang und im Tale am Fuße desselben usw., die je nach der Tageszeit, der Bewölkung und dem Winde merklich verschiedene Ergebnisse liefern.

4. Als Beobachtungsstunden wähle man in Gebieten, die ein organisiertes Beobachtungsnetz besitzen, womöglich die Stunden, die in diesem oder doch in einem nah benachbarten Netze gebräuchlich sind, um Material zu lehrreichen Vergleichen zu bekommen. Gewöhnlich wird dreimal am Tage beobachtet, und am meisten werden gegenwärtig, wenigstens von Deutschen, für klimatologische Zwecke die Stunden 7 h a. m., 2 h p. m. und 9 h p. m., für Zwecke der Wettertelegraphie die Stunden 8 h a. m., 2 h p. m. und 8 h p. m. bevorzugt.

5. Wer vollständige meteorologische Beobachtungen an Instrumenten machen will, wie sie einer regulären Station 1. oder 2. Ordnung entsprechen, tut am besten, sich einem bestehenden Stationsnetze anzuschließen, sich Instrumente und Instruktionen von einem meteorologischen Institut geben zu lassen und diesem seine Beobachtungen, wenn möglich allmonatlich, einzusenden. Wir können uns daher hier mit wenigen Winken für Beobachtungen über Lufttemperatur,

Regenfall und solche ohne Instrumente begnügen, weil für derartige der Preis der Teilnehmer viel weiter gezogen werden kann.

Das Thermometer muß, um die Luftwärme anzugeben, vor Regen, Sonne und auch der Strahlung solcher Gegenstände geschützt sein, die wesentlich wärmer oder kälter als die Luft sind, zugleich aber dem Luftzuge möglichst frei ausgesetzt sein und in Luft sich befinden, die als eine maßgebende Probe derjenigen angesehen werden kann, deren Wärmeverhältnisse wir studieren wollen. Es ist nicht leicht, besonders in sonnigen und windstillen Klimaten, diese Forderungen gleichzeitig ausreichend zu erfüllen. Zweierlei Aufstellungen sind gebräuchlich: 1. vor einem Fenster auf der Schattenseite des Hauses, womöglich vor einem im Winter nicht geheizten Raum und 20—30 cm von der Wand entfernt; und 2. in einem besonderen Gehäuse im Garten oder auf einer Wiese; als solches hat die Stevensonsche oder englische Hütte die größte Verbreitung, die im Sonnenschein bei Windstille allerdings um  $\frac{1}{2}$  Grad und mehr zu hohe Temperatur ergibt. Die gewöhnlichen Beschirmungen aus Zinkblech sind wohl gut, um die Thermometer vor Regen und Beschädigung zu schützen, verringern aber die Wirkungen von Strahlung nicht. Die günstigsten Ergebnisse liefert das Åzmannsche Aspirations-Psychrometer, das aber für gewöhnliche Stationen etwas zu teuer und zeitraubend ist. Für gelegentliche Bestimmungen der Lufttemperatur tut ein Thermometer mit kleinem Gefäß, rasch im Kreise herumgeschwungen, gute Dienste, da es sehr wenig von Strahlung beeinflusst wird (Schleuder-Thermometer).

Der Regenmesser mißt den in Tropfen oder Floden fallenden Niederschlag; Niederschläge, die sich wie Tau und Reif an den festen Oberflächen selbst bilden oder, wie die Nebelteilchen, schweben, können damit nicht in brauchbarer

Weise gemessen werden. Seine Angaben bedeuten, wie hoch das Wasser den Boden bedecken würde, wenn es weder abflösse, noch einsickerte, noch verdunstete. Schnee wird vor der Messung geschmolzen; zu diesem Behufe führt jede Station in unseren Breiten 2 Regenmesser. Die Form und Einrichtung des Regenmessers kann verschieden sein; wesentlich ist nur, daß seine obere Öffnung, die ein Fünfundzwanzigstel bis ein Zwanzigstel eines Quadratmeters betragen kann, genau bekannt, durch Verstärkung vor Verbiegen geschützt und horizontal aufgestellt sei, sowie daß ein doppelter Boden das Wasser durch enge Löcher aufnehme und vor Verdunstung schütze. Aus diesem wird das Wasser durch seitliches Ausgüßrohr oder anders in ein Meßglas gegossen. Läßt man sich den Regenmesser vom Klempner am Ort machen, so mache man die Öffnung rund mit einem Durchmesser von 178 mm, dann ist diese ein vierzigstel Quadratmeter und bedeuten 25 Gramm oder Kubikzentimeter gesammelten Niederschlags eine Regenhöhe von 1 mm. Der Regenmesser ist so aufzustellen, daß er von höheren Gegenständen nicht mehr als um 30 Grad überragt wird, aber doch dem Winde nicht voll ausgesetzt ist, da anderenfalls bei starkem Winde von feinem Regen und besonders Schnee zu wenig gemessen wird.

Beobachtungen ohne Instrumente können, wenn sie mit Aufmerksamkeit, Ausdauer und Sachkenntnis angestellt werden, der Wissenschaft ebensoviel Nutzen bringen, wie solche an Instrumenten. Es muß dabei streng unterschieden werden zwischen Wahrnehmungen, die zur Zeit der einmal gewählten Beobachtungstermine selbst, und solchen, die in der Zwischenzeit zwischen diesen Terminen gemacht werden; die Vermengung beider macht heute noch viele Aufzeichnungen mehr oder weniger unbrauchbar.

Die erste Forderung muß sein, daß wir von der Witterung zur Zeit der Terminbeobachtung eine möglichst vollständige

Darlegung bekommen; an zweiter Stelle müssen wir wünschen, auch über das, was zwischen den Beobachtungsterminen voring, unterrichtet zu werden. Für die Instrumentalbeobachtungen ergibt sich diese Unterscheidung von selbst. Die Beobachtungen ohne Instrumente aber, die sich dem aufmerksamen Menschen in jedem Moment von selbst aufdrängen, werden leicht in einer Weise angeschrieben, die die Feststellung, ob es zur Zeit des Beobachtungstermines selbst regnete, schneite, nebelte oder die Sonne schien, unmöglich macht. Und doch ist sicherlich das Bild vom Wetter ohne diese Angabe ganz unvollkommen und bedeutet z. B. der Stand des Psychrometers etwas anderes, wenn es regnet, als wenn die Sonne scheint.

a) Beobachtungen ohne Instrumente zu festen Terminen. Als Bewölkung wird notiert, wieviel Bruchteile des sichtbaren Himmelsgewölbes von Wolken eingenommen werden, sei es nach Zehnteln oder nach Vierteln, so zwar, daß 0 wolkenlosen, 10 oder 4 ganz bedeckten, 5 oder 2 halb bedeckten Himmel bedeutet. Die Dicke der Wolke kann durch Exponenten 0 und 2 beigefügt werden, z. B.  $10^2$  dick bedeckt,  $10^0$  leicht bedeckt. Beobachtungen über die Bewölkung der Nacht sind schwieriger und spärlich vorhanden; sie sind aber sehr interessant zum Vergleich mit dem Temperaturminimum (vgl. § 8).

Die Notierung von Hydrometeoren, die zur Zeit der Termine stattfinden, geschieht am besten in der Rubrik der Bewölkung, die dafür breiter zu nehmen ist; die internationalen Zeichen sind ● Regen, \* Schnee, △ Graupeln, ▲ Hagel, ≡ Nebel, ○ Tau, ⊥ Reif, hierzu sollte noch ☉ als Zeichen für Sonnenschein kommen. An diesen einfachen Notizen kann die Untersuchung der Dauer und täglichen Periode der Niederschläge, über die bis jetzt wenig bekannt ist, mit Erfolg stattfinden, auf Grund derselben Voraussetzung, die der Verwendung aller Terminbeobachtungen zugrunde liegt, näm-



lich: daß die so herausgegriffenen Augenblicke im mehrjährigen Mittel als richtige Proben für den Durchschnitt der benachbarten Stunden gelten können. Hatten z. B. in einer längeren Beobachtungsreihe 30% der um 2 h p. m. angestellten Beobachtungen Sonnenschein, so darf man annehmen, daß im Laufe von je 100 Stunden um diese Tageszeit im ganzen 30 Stunden lang die Sonne schien, 70 Stunden lang sie bedeckt war. Die Zahl der Stunden, in denen Sonnenschein vorkam, war natürlich viel größer, weil hier jeder Bruchteil einer Stunde für eine ganze Stunde gezählt wird. Schreibt nun jemand in der Absicht, recht vollständig zu sein, „Sonnenschein“ oder „Regen“ in die Terminbeobachtung, auch wenn diese vor der Beobachtung, aber nicht bei derselben stattfanden, so wird das obige Verhältnis zu groß und die ganze Berechnung falsch. Sonnenschein-Autographen kommen erst in neuester Zeit auf und sind ziemlich teuer. Notiert man jede Stunde oder jede zweite, ob die Sonne scheint oder nicht, so kann dieser wichtige Klima-Faktor auch ohne Autograph, wenn auch minder vollständig, festgelegt werden.

Auf diese Weise kann jede Person mit regelmäßigen Lebensgewohnheiten, z. B. jeder, der täglich seinen Weg zu bestimmten Stunden zwischen Wohnung und Arbeitsstätte macht, ohne alle Instrumente der Klimatologie einen wichtigen Dienst leisten, wenn er stets notiert, ob in einem gewissen Moment, z. B. am Anfang oder Ende dieses Weges, ●, \*, ○, ≡ oder keins von diesen Phänomenen statthatte.

Die Beobachtung des Windes können wir insofern zu den Beobachtungen ohne Instrumente rechnen, als eine Windfahne, eine Flagge oder rauchende Schornsteine fast überall auch ohnedies zu finden sind. Man ist international übereingekommen, da O im Deutschen Ost, im Franz. West bedeutet, die englischen Zeichen für die Winde zu benutzen, und begnügt sich auf dem Festlande meist mit 8 Richtungen: N,

NE (Nordost), E, SE, S, SW, W, NW. Die Stärke des Windes wird jetzt gewöhnlich nach der auf See gebräuchlichen Skala des Admirals Beaufort 0—12 geschätzt. 0 völlig windstill, 1 leiser Zug, 2 leichter, 3 schwacher, 4 mäßiger, 5 frischer, 6 starker, 7 steifer, 8 stürmischer Wind, 9 Sturm, 10 starker, 11 schwerer Sturm, 12 Orkan.

b) Beobachtungen, die nicht immer im Termin gemacht werden können und für die man die günstigen Momente mehr als bisher ausnutzen sollte, sind die über den Wolkenzug; denn sie sind sehr wichtig für das Verständnis der atmosphärischen Zirkulation. Die Beobachtung geschieht: entweder indem man einen hohen Gegenstand — Dachecke usw. — in der Nähe der Wolke ins Auge faßt, oder indem man sich eines schwarzen, durch Linien getheilten Spiegels bedient, wozu jede Glascheibe, unterwärts mit schwarzem Lack bezogen, dienen kann. In beiden Fällen muß man den Kopf durch Anlehnen oder sonstwie unbeweglich halten. Wolken am Horizont geben unsichere Beobachtung. Die Notierung geschieht, wie beim Winde, nach der Richtung, von wo der Zug kommt.

c) Ohne Rücksicht auf feste Termine können Angaben über Regen, Schneefälle, den Witterungscharakter des Tages, mit Beschreibung hervorragender Erscheinungen — z. B. Gewitterstürme und dgl. — unter Umständen wertvoll werden. Gewitter notiere man etwa in der Form: Gewitter aus SSW nach ENE ziehend  $4\frac{3}{4}$ — $5\frac{1}{2}$  p. m., um 5<sup>h</sup> Windstoß W 8, Regen von 5—8<sup>h</sup> p. m.

Auch durch Notizen über das Zufrieren und Aufgehen von Flüssen und Seen, Hochwasser, Nachtfrost, die periodischen Erscheinungen in der Pflanzen- und Tierwelt, Saat und Ernte usw. kann ein aufmerksamer Beobachter viele, auch für die Klimatologie hocharwünschte Beiträge liefern, auf welche näher einzugehen hier indessen nicht am Ort wäre.

### § 5. Klimatologische Untersuchungen.

Nicht selten werden Beobachtungs-Journale, sei es gedruckte, sei es, was noch wichtiger, handschriftliche, von Nicht-Meteorologen bearbeitet. Die Wissenschaft hat von solcher Mitarbeit auch erheblichen Nutzen, weil das vorliegende Material durch die kleine Anzahl von Spezialisten unmöglich nach allen Richtungen bewältigt werden kann. Es sind aber auch dabei gewisse Regeln und Gesichtspunkte im Auge zu behalten, über die wir freilich hier nur einige Andeutungen zur Ergänzung des bisher Gesagten machen können.

Da in der Klimafunde die Zahlen im Grunde nur so weit Wert haben, als sie mit anderen verglichen und in Zusammenhang gebracht werden können, und zwar in der Regel mit solchen, die an anderen Orten von anderen Personen gewonnen wurden, so ist die Vergleichbarkeit der Zahlen die große Forderung, die alle klimatologischen Methoden beherrscht und deren Außerachtlassung sich in zahllosen Fällen durch Trugschlüsse oder mindestens verlorene Arbeit gerächt hat.

Ist das Journal, das man bearbeiten will, von einem meteorologischen Institut veröffentlicht, so darf man im allgemeinen voraussetzen, daß bereits die nötige Kritik auf seine Angaben angewandt sei. Ist es dagegen noch unpubliziert, so suche man nicht nur sich selbst ein Urteil über den Sinn und den Wert der Ergebnisse zu bilden, die man aus ihm zieht, sondern teile auch die nötigsten Angaben zur Bildung dieses Urteils in bezug auf Lage, Instrumente, Beobachtungsstunden, Verlässlichkeit usw. bei Veröffentlichung der Ergebnisse mit.

Unter den Methoden, die unendliche Fülle der Witterungserscheinungen in einfache Ausdrücke zusammenzufassen, wird die Bildung des arithmetischen Mittels wohl stets obenan stehen, wenn man auch allmählich die Grenzen hat

erkennen müssen, wo es seine Dienste versagt. Ist an  $n$  Tagen zu einer gewissen Tagesstunde  $h$  die Lufttemperatur abgelesen worden und ist  $S$  die Summe ihrer Werte, so ist  $S/n$  deren arithm. Mittel, das in diesem Falle die Mitteltemperatur der Stunde  $h$  in diesen  $n$  Tagen heißt. Ist während eines Tages eine genügende Zahl von Malen in gleichen Abständen, z. B. jede Stunde, die Lufttemperatur gemessen worden, und ist die Summe dieser Werte  $S'$ , so ist ein Vierundzwanzigstel davon die Mitteltemperatur des Tages. Sind solche Messungen z. B. während des ganzen Juni wiederholt worden, also 30 mal 24 gleich 720 mal, und ist die Summe der Ablesungen  $S''$ , so ist  $S''/720$  die Mitteltemperatur des Monats. Will man mit weniger Beobachtungen täglich auskommen, so müssen diese passend verteilt werden, auf Grund der Erfahrungen passender Vergleichstationen. Da ferner die Jahrgänge untereinander große Unterschiede zeigen, so gehört eine große Zahl derselben dazu, um das Mittel so festzulegen, daß die Hinzufügung weiterer Jahre es nicht mehr merklich ändert und daß man es als sog. Normalwert ansehen darf. Da nun die Erfahrung zeigt, daß die Abweichungen der einzelnen Jahrgänge vom Normalwert sich über größere Strecken ziemlich gleichmäßig ausdehnen oder, was dasselbe ist, daß die Differenzen zweier benachbarter Orte viel konstanter sind als ihre meteorologischen Werte selbst, so kann man aus Beobachtungsreihen von wenigen Jahren die Normalwerte sehr annähernd durch den Vergleich mit langjährigen Beobachtungen an anderen, nicht zu weit entfernten Orten ableiten. Man nennt dies die kurze Reihe auf die lange reduzieren. Es führt zu demselben Resultat, ob man zu diesem Behufe die mittlere Differenz, die beide Orte während der gleichzeitigen Beobachtungen zeigten, an die Normalwerte der Vergleichstation anbringt, oder die Abweichung vom Normalwert, den dieser Zeitraum auf der letzteren Station aufwies,

mit umgekehrtem Zeichen an das Mittel der kurzen Beobachtungsreihe anbringt. — Temperaturmittel werden in ganzen und zehntel Graden des 100-theil. Thermom. angegeben.

Bei der Regenmenge pflegt man die Division durch die Zahl der Tage nicht vorzunehmen, sondern deren Summe für die Monate und das Jahr zu veröffentlichen; das hat allerdings den Übelstand, daß die Zahlen auch von der Länge des Monats beeinflusst sind (Februar!). Ganze Millimeter genügen für diese Summen, bei den einzelnen Messungen müssen aber, wegen der vielen schwachen Regen, auch zehntel berücksichtigt werden.

Da gleiche Mittel und Summen auf sehr verschiedene Weise zustande kommen können, so ist zu ihrer Ergänzung mindestens die Angabe der Extreme, d. h. des größten und kleinsten Wertes, wünschenswert.

Neben der Berechnung der Mittel resp. Summen und der Herausfuchung der Extreme ist das Auszählen gewisser Kategorien von Werten das wichtigste Hilfsmittel der Klimafunde: die Bestimmung der Häufigkeit einer Erscheinung oder ihrer verschiedenen Stufen, sei es nach den einzelnen Terminen, sei es nach Tagen, wie z. B. die Zahl der Tage ohne und mit Regen von verschiedener Stärke, die Häufigkeit der einzelnen Bewölkungsgrade oder größerer Gruppen derselben, der Temperatur nach Gruppen von je zwei oder fünf Graden, der Winde nach Richtungen und nach Stärkestufen, oder des Eintritts des Maximums bzw. Minimums eines Elements zu einer gewissen Tagesstunde usw. usw. Teilt man diese Zahlen durch die ganze Anzahl der Beobachtungen bzw. Beobachtungstage des Zeitraums, so erhält man die „Wahrscheinlichkeit“ der Erscheinung, die zwischen 0,00 und 1,00 liegen muß.

Bei der Publikation meteorologischer Beobachtungen gebe man in bezug auf die Lufttemperatur sowohl für die einzelnen Jahrgänge, als für das allgemeine Mittel derselben

die mittlere Temperatur der Beobachtungstermine (z. B. 7<sup>h</sup>, 2<sup>h</sup>, 9<sup>h</sup>) einzeln sowie deren Durchschnitt an, nach Monatsmitteln in Zehnteln eines Grades C; in den Augen eines Fachmannes hat man hiermit die Hauptsache getan, weil die Ableitung weiterer Resultate ihm damit ermöglicht ist; will man solche selbst erzielen, so suche man aus diesen Mitteln Normalwerte für den Ort abzuleiten, indem man sie einerseits, soweit nötig, durch Verbesserung nach einer passend gelegenen Vergleichsstation, deren täglicher Temperaturgang bekannt ist, auf 24stündige Mittel reduziert, andererseits in der oben angegebenen Weise bestimmt, wie das Mittel unseres Orts sich stellen würde, wenn er eine genügend lange Beobachtungsreihe hätte. Die Extreme sind besonders dann von Interesse, wenn vertrauenswürdige Angaben von Maximum- und Minimum-Thermometern vorliegen. Aus dem mittleren täglichen Maximum und Minimum ergibt sich die „tägliche Temperaturschwankung“. Die Extreme jedes Monats geben die „monatliche Schwankung“ an, die des Jahres die jährliche. Die absolut höchsten und niedrigsten Stände während einer längeren Jahresreihe geben das „absolute Maximum und Minimum“, deren Differenz die „absolute Schwankung“. Diese wächst stoßweise, wenn neue Jahrgänge hinzukommen, in denen noch extremere Werte vorgekommen sind. Die mittlere Schwankung dagegen wird durch neue Jahrgänge nur genauer durch Verringerung der Zufälligkeiten. Endlich ist auch die Größe der Temperatur-Änderung von Tag zu Tag von wesentlichem klimatologischen Interesse, sei es, daß man sie, wie Hann es getan hat, als Differenz der Tagesmittel berechnet, sei es, daß man sie, wie neuerdings geschieht, einzeln für die verschiedenen Termine bestimmt.

Ähnliches gilt auch von den übrigen klimatischen Elementen. Auch für sie ist die getrennte Bearbeitung der einzelnen Beobachtungstermine sehr zu empfehlen; denn

der tägliche Gang der Erscheinungen ist nicht nur an sich von großem Interesse, sondern er wirft Licht auf die Natur der Lokaleinflüsse und läßt in vielen Fällen den Sinn der allgemeinen Monats- und Jahresmittel erst erkennen. Bei vielen Elementen ist es längst üblich, die Mittel für die gewöhnlich eingehaltenen drei Termine getrennt zu geben; bei der Windrichtung geschieht dies, einfach wegen des großen Raumes, den die Aufzählung der einzelnen Richtungen verlangt, bei weitem nicht so oft; bei der Regenmenge geschieht leider auch die Messung selbst heute noch gewöhnlich nur einmal am Tage.

Ferner zähle man die Tage mit Niederschlag überhaupt (zweimal, solcher mit mindestens 0,3 mm und mit mehr als 1 mm am Tage), und außerdem die Zahl der Tage mit Schnee, mit Hagel, mit Graupeln gesondert; ferner für jeden Termin einzeln die Zahl der Beobachtungsmomente mit Regen oder Schnee, und die größte in 24 Stunden gefallene Niederschlagsmenge. Sehr wichtig sind auch Angaben über Schneedecke, deren Dicke und Dauer. Auch das Datum des ersten und letzten Schnees und Frostes ist ein klimatologisch interessantes Moment; ebenso die Zeit des ersten und letzten Gewitters und die Zahl der Tage mit Gewitter.

Die mittlere Bewölkung sowohl, als die Häufigkeit des ganz bedeckten, des gebrochenen und des wolkenlosen Himmels sind weitere bezeichnende Züge für das Klima eines Ortes. Ist das Journal gut geführt worden, so daß man den Zustand des Wetters bei jeder Terminbeobachtung zuverlässig erkennen kann, so lassen sich, wenn es mehrere Jahrgänge umfaßt, auch die Wahrscheinlichkeit des Regens und des Sonnenscheins für jeden Termin daraus ableiten (wie oben bemerkt), woraus weiter sich die Dauer dieser Erscheinungen ergibt.

Je tiefer man in die Meteorologie eindringt, um so mehr wird man auch aus den Beobachtungen machen können; in

jeder Richtung wird man aber bei der Bearbeitung einmal an eine Grenze kommen, über die hinaus diese Beobachtungen keine genügende Antwort mehr geben können, und wo genauere oder reichhaltigere bzw. anders gerichtete Beobachtungen nötig werden, die entweder nur anderswo oder überhaupt zurzeit noch nicht zu haben sind.

---

### Kapitel 3.

## Strahlung und Wärme.

### § 6. Die Sonnenstrahlen, deren Bedeutung und mathematische Bedingungen.

Der Begriff der Strahlung wird in den Leitfäden der Physik und Meteorologie auseinandergesetzt. Man versteht darunter den nach den Gesetzen des Lichtes erfolgenden Übergang der Wärme von wärmeren zu kälteren Körpern ohne die Vermittlung zwischenliegender, wägbarer Materie als Trägers dieser Wärmemengen.

Trotz vielfacher Bemühungen ist es noch nicht gelungen, irgend einen erheblichen meteorologischen Vorgang mit Sicherheit nachzuweisen, dessen Kraftquelle nicht in der Bestrahlung unseres Weltkörpers durch die Sonne läge. Es fehlt zwar nicht an Andeutungen dafür, daß auch die Stellung des Mondes zur Erde und Sonne einigen Einfluß auf meteorologische Vorgänge habe; allein die davon abhängenden Veränderungen sind entweder so unbedeutend, oder so unerklärlichen Schwankungen ausgesetzt, daß sie bis jetzt für die Meteorologie nichts mehr als eine Kuriosität sind. Auch ist es nicht ausgeschlossen, daß einige von ihnen in Schwankungen der Sonnenstrahlung ihren Grund haben.



Leider sind auch von den letzteren selbst bis jetzt nur die der täglichen und jährlichen Periode der Sonnenhöhe folgenden zuverlässig bekannt, obwohl es recht wahrscheinlich ist, daß auch ohne Rücksicht auf diese Höhe die Sonnenstrahlung selbst Schwankungen unterliegt, namentlich solchen im Laufe einer Sonnenrotation und einer Sonnenflecken-Periode. In der That sind in den atmosphärischen Erscheinungen ziemlich deutliche Anzeichen für eine etwa 26tägige, eine 11jährige und außerdem eine 34jährige Periode vorhanden, die jedoch in der Regel von den unperiodischen Änderungen der Witterung bis zur völligen Unkenntlichkeit verdeckt sind.

Dauernde Änderungen des Klimas in einer und derselben Richtung haben aus historischen Zeiten noch nicht nachgewiesen werden können. Da aber nicht nur die einzelnen Jahrgänge, sondern selbst Jahrzehnte sich durch ihre Wärme, ihren Regenreichtum usw. unterscheiden, so spricht man mit Recht von Schwankungen des mittleren Zustandes, von Klimaschwankungen, und bezeichnet so sowohl den Wechsel innerhalb desselben Jahrhunderts, z. B. zwischen der Wärme der Jahre um 1824 und der Kälte um 1838, als auch die großen Klimawechsel in geologischen Perioden.

Die Untersuchungen der Geologen haben unverkennbare Beweise dafür geliefert, daß es in allen Teilen der Erdoberfläche Zeiträume gegeben hat, wo das Klima erheblich kühler und namentlich schneereicher gewesen ist als heute, sog. Eiszeiten, und andere, wo es viel wärmer war. Über die Zeitlänge dieser Klimaschwankungen ist nicht mehr bekannt, als daß sie eine ungemein große, mindestens nach Zehntausenden von Jahren zu bemessende sei. Noch weniger weiß man, ob diese Zeitlänge eine beständige, die Schwankungen also periodisch waren, oder nicht. Erklärungen für diese Erscheinungen, deren schon so manche aufgestellt worden, sind unter diesen Umständen noch verfrüht. Da die Spuren der

Eiszeit im östlichen Nordamerika im Vergleich zu Europa um etwa ebensoviel südlicher herabreichen, wie die heutigen Isothermen (vgl. Taf. 1 u. 2), so ist es wahrscheinlich, daß die Eiszeit nicht so sehr räumlichen Verschiebungen der Klimate, als einer Verringerung der von der Sonne der Erdatmosphäre zugeführten Wärmemenge zuzuschreiben ist, die entweder für die ganze Erde, oder wenigstens für die ganz nördliche bzw. südliche Erdhalbkugel gleichzeitig erfolgte.

Die Witterungserscheinungen sind also ebenso, wie alles Leben der organischen Natur und der größte Teil der Bewegungen und Vorgänge auf der Erde überhaupt, Umwandlungen des in unbegreiflicher Fülle von unserer Sonne immerfort und allseitig hinausgeschleuderten Kraftvorrats, von dem nur ein winziger Bruchteil (etwa  $\frac{1}{2}$  Millionstel) von der Erde aufgefangen wird. Diese Kraftquelle ist es ja, die vor Millionen von Jahren den Kohlenstoff seiner Verbindung mit dem Sauerstoff entrissen und in der Steinkohle niedergelegt hat, wie sie durch ihre chemische Arbeit in der grünen Pflanze auch heute die Quelle aller Tier- und Menschenkraft ist; sie ist es auch, die das Wasser, das unsere Wassermühlen treibt, von der Meeresoberfläche zu den Wolken und auf die Höhe der Berge gehoben hat und die den Wind in Bewegung setzt, der unsere Windmühlen treibt. Verschwindend gering ist die Zahl der Fälle, wo die Triebkraft, wie z. B. in durch Ebbe und Flut getriebenen Mühlen, einen anderen Ursprung hat.

Bei dieser fundamentalen Bedeutung der Sonnenstrahlung für die Klimatologie müßte eine genaue Kenntnis ihrer Gesetze von hohem Werte für uns sein. Leider ist man von einer solchen noch weit entfernt. Denn wenn auch die mathematischen Grundlagen, die auf einfache trigonometrische Beziehungen hinauskommen, schon 1779 von Lambert entwickelt und seitdem wiederholt näher ausgeführt worden sind, so ist

unsere Kenntniss der physikalischen Größen, die hier in Betracht kommen, und ihres Zusammenwirkens noch recht mangelhaft. Das liegt besonders daran, daß ein einfaches Instrument fehlt, welches über die Sonnenstrahlung ähnlich unzweideutige und unter sich vergleichbare Angaben lieferte, wie das Barometer und Thermometer es für Luftdruck und Lufttemperatur thun. Die vorhandenen Instrumente liefern entweder Angaben, die so vielen Fehlerquellen unterworfen sind, daß sie fast gar nicht verwertet werden können: so das einfache Schwarzfugel-Thermometer, sei es offen oder in eine luftleere Hülse eingeschlossen; oder aber ihre Behandlung ist so zeitraubend und verlangt so viel Übung im Experimentieren, daß sie selbst von meteorologischen Observatorien nur ausnahmsweise in den Kreis ihrer regelmäßigen Beobachtungen gezogen wird.

Die Strahlungs-Intensität, d. h. die Licht- und Wärmemenge, welche irgend eine von der Sonne beschienene Fläche in der Zeiteinheit erhält, hängt zuvörderst ab von dem Winkel, unter welchem die Fläche von den Strahlen getroffen wird.

Denn auf die Ebene  $a c$  Fig. 1 fallen ebensoviel Strahlen, wie auf die zu den letzteren rechtwinklige Ebene  $a b$  fallen würden;  $a c$  ist aber größer als  $a b$ ; auf ein gleiches Flächenstück von  $a c$  fallen also weniger Strahlen und zwar, wie einfache Überlegung zeigt, im Verhältnis des Sinus des Winkels, den die Richtung der Strahlen mit der beschienenen Fläche bildet. Für eine horizontale Fläche ist dieser Winkel die Sonnenhöhe.

Die Änderung der Sonnenhöhe im Laufe des Tages bewirkt eine tägliche Periode der Wärmerscheinungen an der Erdoberfläche und mehr oder weniger aller übrigen meteorologischen Phänomene. Unter dem Äquator ist neben dieser täglichen Schwankung der Sonnenstrahlung keine nennenswerte andere Periode in derselben vorhanden; die bedeutenden jahreszeitlichen Änderungen in den Wind- und Regen-

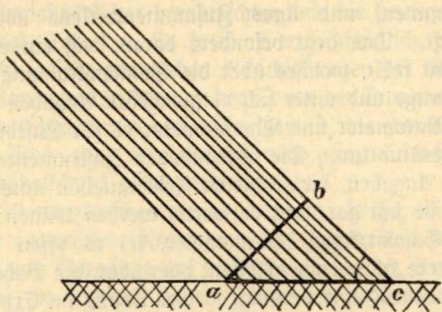


Fig. 1. Abnahme der Strahlungsstärke mit dem Einfallswinkel.

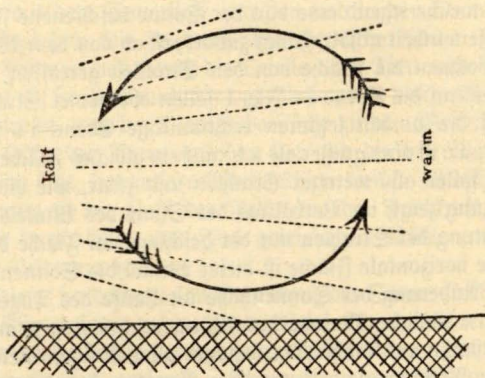


Fig. 2. Vertikalschnitt durch einen Teil der Atmosphäre mit von links nach rechts zunehmender Temperatur.  
 ..... Flächen gleichen Luftdrucks.

verhältnissen dieser Gegenden werden in der Hauptsache erst mittelbar durch den Einfluß der Zustände in den angrenzenden gemäßigten Zonen hervorgebracht. Die Unterschiede in der Temperatur der einzelnen Monate sind unbedeutend und größtenteils durch den Wechsel der Regen- und Trockenzeiten bedingt.

Je mehr wir uns den Wendekreisen nähern, desto mehr tritt dem Einfluß der Tageszeit jener der Jahreszeit auch in der Temperatur zur Seite, und wenn wir über die Wendekreise hinaus den Polen zuwandern, sehen wir ihn das Übergewicht über den abnehmenden Einfluß der Tageszeit erhalten, bis endlich am Pole der letztere insofern verschwindet, als die Sonne ein halbes Jahr über und ein halbes Jahr unter dem Horizont bleibt. Bei der Jahreschwankung ist aber nicht mehr die Sonnenhöhe allein, sondern auch die Dauer der Strahlung, die Tageslänge, maßgebend. Die Berechnung derselben ist eine Aufgabe der mathematischen Geographie, die schon im Altertume eine befriedigende Lösung gefunden hat. Das Zusammenwirken der wechselnden Intensität und Dauer der Sonnenstrahlung gibt aber für die Zeit, wo die Sonne nicht im Äquator steht, bereits eine ziemlich komplizierte Verteilung der Licht- und Wärmemengen, welche in die Erdatmosphäre unter den einzelnen Breitenkreisen im Laufe eines Tages zu verschiedenen Jahreszeiten eintreten. Denn die gegen den Pol, der eben Sommer hat, rasch zunehmende Tageslänge bietet, von einer gewissen Breite an, mehr als vollständigen Ersatz für die geringere Mittagshöhe der Sonne, so daß bei der Sommer Sonnenwende sogar eine größere Wärmemenge der oberen Grenze der Atmosphäre am Pol in 24 Stunden zugeführt wird, als in irgend einer anderen Breite.

Die geschichtlich nachweisbare annähernde Konstanz der Klimate innerhalb der letzten Jahrtausende beweist, daß die Sonnenstrahlung in dieser Zeit keinen großen und dauernden

Änderungen ausgesetzt gewesen ist. Daß sie vollständig konstant sei, ist eine willkürliche Annahme, die angesichts der Veränderlichkeit aller anderen Erscheinungen der Natur sehr unwahrscheinlich ist. Indessen sind die Beobachtungen über Sonnenstrahlung noch viel zu spärlich und mit zu vielen Fehlerquellen behaftet, um solche Änderungen festzustellen, und die Temperatur der untersten Luftschicht hängt von zu vielen Umständen ab, um aus ihr diesen Nachweis zu führen.

### § 7. Physikalische Bedingungen, denen die Sonnenstrahlung in der Atmosphäre unterliegt.

Das Obige bezieht sich aber nur auf die Strahlung vor dem Eintritt derselben in die Erdatmosphäre; in dieser werden die Strahlen in mannigfaltigster Weise gespiegelt, zerstreut, gebeugt und verschluckt. Das direkte Sonnenlicht wird dadurch geschwächt, aber gleichzeitig das diffuse Tageslicht erzeugt, ohne welches überall, wo nicht Sonne hinscheint, finstere Nacht sein würde. Es ist also zu unterscheiden zwischen dem Verlust, den die direkten Sonnenstrahlen beim Durchgang durch die Atmosphäre erleiden, und dem erheblich kleineren absoluten Betrage von zugestrahelter Energie, welche der Erdoberfläche dabei dauernd verloren geht, indem er in den Weltraum zurückgeworfen wird, bevor er die feste oder flüssige Unterlage der Atmosphäre erreicht hat.

Das große Gesetz von der Erhaltung der Kraft gilt natürlich im Gebiete der Meteorologie ebenso, wie in jedem anderen Zweige des Naturgeschehens. Strahlung, Wärme, Elektrizität, mechanische, molekulare oder chemische Arbeit lassen sich in ganz bestimmten festen Größenverhältnissen ineinander umwandeln; das, was bei allen diesen Formänderungen unverändert bleibt, nennt man in der heutigen Physik, um den mehrsinnig gebrauchten Ausdruck Kraft zu vermeiden, die

Energie. Energie kann weder entstehen, noch verloren gehen. Bei Untersuchung eines Vorganges ist also ein Teil der Aufgabe gelöst, wenn es uns gelingt, den Verbleib und die Wandlungen der in ihn eintretenden Energiemengen nachzuweisen; der zweite, freilich meist viel wichtigere und schwierigere Teil der Aufgabe besteht in dem Nachweis, wie diese Änderungen erfolgen und warum sie so erfolgen müssen.

Licht und strahlende Wärme sind voneinander nicht mehr verschieden, als hohe und tiefe Töne; es sind Schwingungen verschiedener Wellenlänge, nur nicht solche wägbarer Materie, sondern eines hypothetischen Etwas, das wir Äther nennen und dessen Existenz uns nicht direkt durch die Sinne, sondern durch die Einfachheit, mit welcher aus ihrer Annahme alle diese Erscheinungen erklärt werden können, zur Gewißheit wird. Nur eine einzige Oktave aus der langen Tonleiter dieser Schwingungen vermag unser Auge als Licht zu empfinden. Die daranstoßenden tieferen Oktaven erkennen wir als strahlende Wärme; die einzige uns bekannte noch höhere Oktave wird uns durch ihre photographische und elektrische Wirkung erkennbar. Wir fassen hier diese Oktavenreihe unter dem Worte „Strahlung“ zusammen.

Die Energiemenge, welche in Form von Strahlung von der Sonne an die Grenze der Erdatmosphäre in jeder Minute gelangt, wird gegenwärtig nach den Untersuchungen von Langley auf etwa 3 Kalorien pro Quadratcentimeter und Minute geschätzt. Eine (kleine) Kalorie ist die Wärmemenge, welche 1 Kubikcentimeter Wasser um 1 Grad erwärmt.

Von dieser Energiemenge behalten unter den günstigsten Umständen, nämlich wenn die Sonne im Zenit steht, die Sonnenstrahlen bis zur Erdoberfläche nahe drei Viertel. Je niedriger die Sonne steht, um so länger ist der Weg, den die Strahlen durch die Atmosphäre zu machen haben, und um so größer der Energieverlust.

In der folgenden Tabelle geben die Zeilen a und b den bis an das Meeresniveau gelangenden Bruchteil der zugestrahlten Wärmemenge, und zwar a auf einer horizontalen, b auf einer zu den Strahlen rechtwinkligen Flächeneinheit, Wolkenlosigkeit vorausgesetzt:

Sonnenhöhe:	90°	60°	40°	30°	[20°	10°	
Dicke der Atmosphäre:	1.00	1.15	1.56	2.00	2.92	5.7	
Durchgelassene	{ a { b	0.78	0.65	0.44	0.31	0.17	0.05
Strahlenmenge		0.78	0.75	0.68	0.62	0.51	0.31

In der Breite von Süddeutschland, wo die Mittagshöhe der Sonne am 21. Juni etwa 65 Grad, am 21. Dezember etwa 18 Grad beträgt, ist also die Intensität des direkten Sonnenscheins auf einer horizontalen Fläche mittags am ersteren Tage zwei Drittel, am letzteren ein Sechstel von derjenigen an der oberen Grenze der Atmosphäre am Äquator.

Diese Schwächung des direkten Sonnenscheins geht auf verschiedene Weise vor sich, teils durch Absorption, teils durch Zerstreuung (diffuse Reflexion). Der letzteren unterliegen an Wolken die Strahlen aller Art, in wolkenlosem Himmel aber hauptsächlich die Strahlen kleinster Wellenlänge, worin die blaue Farbe des Himmels und die rote der Sonne am Horizont ihre Erklärung finden. Die so zerstreuten Strahlen gehen der Erdoberfläche nur zum Teil verloren (allgemeine Tageshelle); die Strahlung des Himmels ist in bezug auf Ultraviolett in unseren Breiten in Summa sogar nicht kleiner als die direkte Sonnenstrahlung. Allein gerade die wärmespendenden roten und ultraroten Strahlen unterliegen der Zerstreuung nur wenig; dafür aber zeigen sich in diesem Teile des Spektrums breite „kalte“ Bänder, die wirklicher Absorption zu danken sind.

Soviel Licht uns auch der blaue Himmel gibt, so scheint doch, wenigstens in höheren Breiten, seine Strahlung stets,



auch am Tage, abkühlend zu wirken, während bei bewölktem Himmel an Sommertagen eine Wärmestrahlung vom Himmel gegen die Erde stattfindet. Bei Nacht dagegen ist nicht nur bei klarem, sondern auch bei bewölktem Himmel die Wärmestrahlung von der Erde gegen den Himmel gerichtet (nach Homén).

Ein beträchtlicher Teil der von der Sonne zugestrahlten Wärme geht der Erdoberfläche verloren durch diffuse Reflexion an der Oberfläche der Wolken, da deren Albedo<sup>1)</sup> meist sehr groß ist; weniger, aber doch noch sehr viel geht durch diejenige an Schneeflächen verloren. Die Albedo der übrigen Erdoberfläche ist um das 5—10fache kleiner.

### § 8. Einnahme und Ausgabe der Energie.

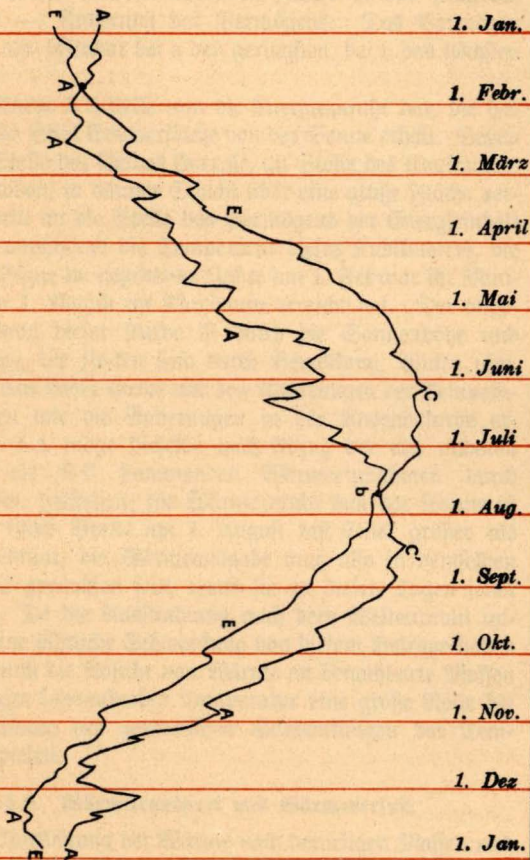
In den vorigen Paragraphen haben wir gesehen, daß der Erde von der Sonne fortdauernd große Mengen Energie zugestrahlt werden. Da nun dennoch der Zustand nach Ablauf von 12 Monaten bzw. von 24 Stunden durchschnittlich wieder derselbe ist, so ist es klar, daß durchschnittlich ebenso große Energiemengen von der Erde wieder ausgegeben werden. In letzter Instanz geschieht dies jedenfalls durchweg mittels Ausstrahlung in den Weltraum; im einzelnen sind aber der Weg, der dabei eingeschlagen wird, und die verschiedenen Zwischenstufen, die dabei durchlaufen werden, sehr mannigfaltig. Ein Teil der Strahlung wird, wie wir gesehen haben, noch vor oder nach Erreichung der festen oder flüssigen Erdoberfläche zurückgeworfen, ohne absorbiert zu werden; ein anderer Teil wird in der Atmosphäre, Hydrosphäre oder Lithosphäre — wie man die gasförmige, flüssige und feste Hülle des Erdkörpers bezeichnet — verschluckt, steigert deren

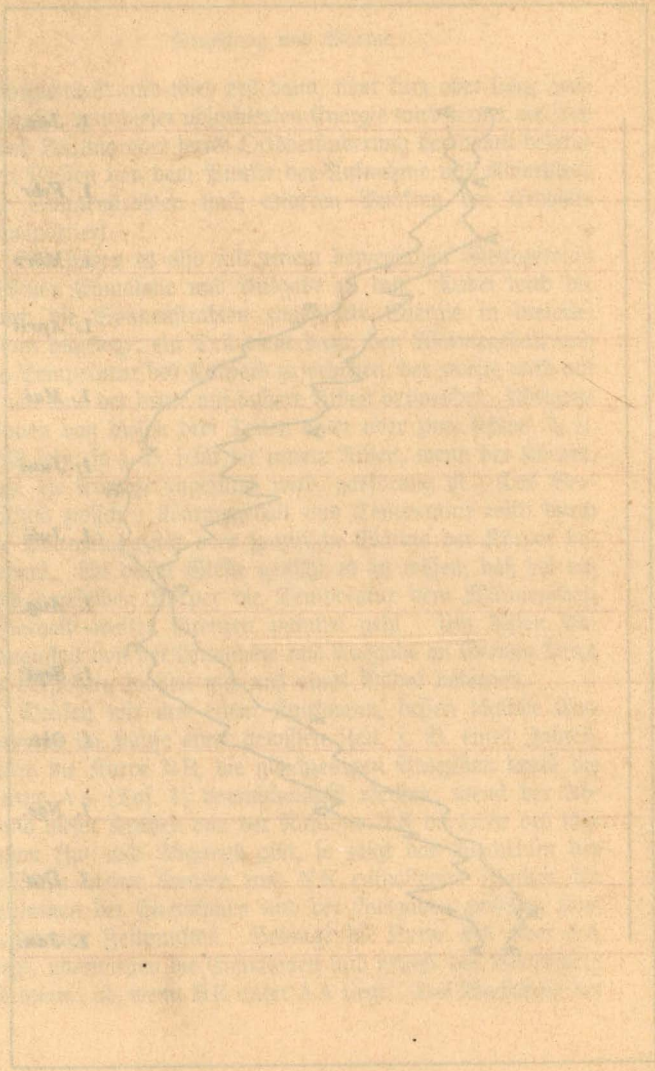
<sup>1)</sup> Unter Albedo versteht man das Verhältnis zwischen der Menge der von einer Oberfläche zerstreut zurückgeworfenen Strahlen und jener der darauffallenden.

Energieinhalt und wird erst dann, über kurz oder lang, ausgestrahlt; von dieser absorbierten Energie wird ferner ein Teil durch Leitung oder durch Ortsveränderung der damit beladenen Massen von dem Punkte der Aufnahme und Absorption der Sonnenstrahlen nach anderen Punkten der Erdhülle transportiert.

Wir haben es also mit einem beweglichen Gleichgewicht zwischen Einnahme und Ausgabe zu tun. Dabei wird die durch die Sonnenstrahlen zugeführte Energie in dreierlei Form angelegt: ein Teil dient dazu, den Wärmegehalt und die Temperatur des Körpers zu erhöhen, der zweite wird auf innere und der dritte auf äußere Arbeit verwendet. Übrigens können von diesen drei Teilen einer oder zwei fehlen, d. h. Null sein; so z. B. fehlt die innere Arbeit, wenn der Körper, dem die Energie zugeführt wird, gasförmig ist. Das Verhältnis zwischen Wärmegehalt und Temperatur wird durch die Wärmekapazität oder spezifische Wärme der Körper bestimmt. An dieser Stelle genügt es zu wissen, daß bei ein und demselben Körper die Temperatur dem Wärmegehalt innerhalb weiter Grenzen parallel geht. Um dessen Abhängigkeit von der Einnahme und Ausgabe an Energie klarer zu verstehen, wollen wir uns eines Bildes bedienen.

Denken wir uns einen Kaufmann, dessen tägliche Einnahmen im Laufe einer gewissen Zeit, z. B. eines Jahres, durch die Kurve EE, die gleichzeitigen Ausgaben durch die Kurve AA (Taf. 1) veranschaulicht werden; wenn der Abstand dieser Kurven von der Nulllinie NN die Höhe des täglichen Zu- und Abgangs gibt, so zeigt das Wachstum der zwischen diesen Kurven und NN enthaltenen Flächen die Summen der Einnahmen und der Ausgaben zwischen zwei gegebenen Zeitpunkten. Solange die Kurve EE über AA liegt, überwiegen die Einnahmen und wächst das Vermögen; es nimmt ab, wenn EE unter AA liegt. Das Wachstum der





zwischen beiden Kurven liegenden Fläche ist das Maß der (+ oder —) Änderung des Vermögens. Das Vermögen erreichte also offenbar bei a den geringsten, bei b den höchsten Betrag.

Die Kurve EE stelle nun die Energiezufuhr dar, die das betreffende Stück Erdoberfläche von der Sonne erhält. Setzen wir an Stelle des Geldes Energie, an Stelle des Kaufmanns 1 cbm Boden, in dünner Schicht über eine große Fläche verteilt, so tritt an die Stelle des Vermögens der Energieinhalt und also annähernd die Temperatur dieses Kubikmeters, die nach der Figur im gegebenen Jahre am 1. Februar ihr Minimum, am 1. August ihr Maximum erreicht hat. Der allgemeine Gang dieser Kurve ist durch die Sonnenhöhe und Tageslänge, die Zacken sind durch Bewölkung, Winde usw. bedingt. Aus dieser Kurve und den Änderungen der Temperatur können wir die Änderungen in der Ausgabekurve erschließen; AA möge dieselbe nach Abzug der aus anderen Quellen als EE stammenden Wärmeeinnahmen durch Winde usw. darstellen; die Wärmezufuhr von der Sonne ist unter 50 Grad Breite am 1. August fast 7mal größer als am 1. Februar, die Wärmeabgabe muß also in demselben Verhältnis gewachsen sein, wenn sie an diesen Tagen jener gleich ist. Da die Ausstrahlung nach dem Weltraum unmöglich eine jährliche Schwankung von diesem Betrage haben kann, so muß die Abfuhr von Wärme an benachbarte Massen von weniger schwankender Temperatur eine große Rolle bei der Gestaltung der periodischen Schwankungen der Temperatur spielen.

### § 9. Wärmetransport und Wärmeverlust.

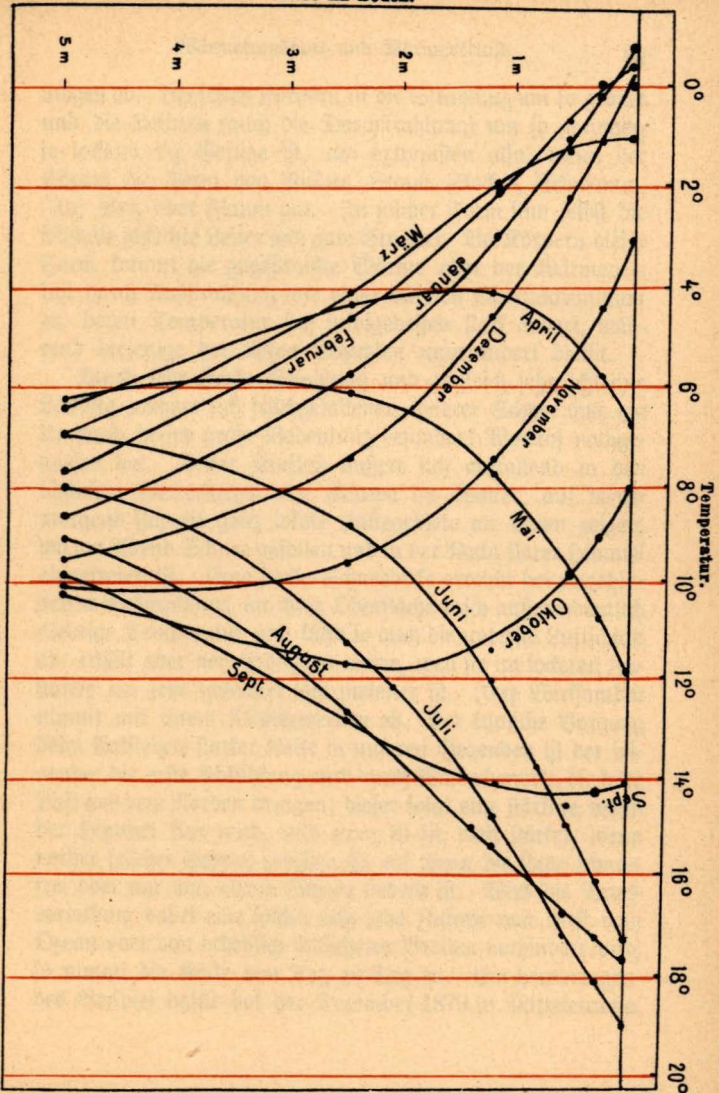
Diese Fortleitung der Wärme nach derartigen Massen und zurück zur Erdoberfläche muß sich annähernd proportional den Temperaturunterschieden vollziehen und unterliegt daher

periodischem Wechsel. Sie findet von der Bodenoberfläche und untersten Luftschicht einerseits in den Boden hinein, andererseits nach den oberen Luftschichten, und drittens durch horizontale Strömungen nach anderen Gegenden statt.

Die Fortpflanzung der sommerlichen Erwärmung und winterlichen Abkühlung ins Innere des Bodens hinein geschieht in der Weise, daß die jährliche Schwankung nach der Tiefe zu rasch kleiner wird und zugleich sich verspätet. Ganz dasselbe finden wir auch bei der täglichen Schwankung. Die besondere Verteilung der Wärme dabei ist je nach der geographischen Breite und der Natur des Bodens, insbesondere seinem Wassergehalt, verschieden. Um die charakteristischen Hauptzüge für Mitteleuropa erkennen zu lassen, mögen in Taf. 2 die monatlichen Mittelwerte aus den 14jährigen Beobachtungen zu Königsberg graphische Darstellung finden. Die Beobachtungen werden in der Tiefe von 2 $\frac{1}{2}$ , 31, 63, 126, 251 und 502 cm angestellt. Die Kurven geben die vertikale Verteilung der Temperatur in dem beigeschriebenen Monat. In 5 m Tiefe ist der April der kälteste, der Oktober der wärmste Monat, aber ihr Unterschied beträgt nur 4 Grad.

Die Wärmemengen, die so von der Oberfläche zur Tiefe und von dieser zurück zur Oberfläche sich bewegen, durch die Winde und Meeresströmungen aus niederen nach höheren Breiten getragen werden, oder bei der Verdunstung gebunden und bei der Kondensation wieder entbunden werden, gehen in letzter Stelle der Erde durch Ausstrahlung in den Weltraum verloren. Der Sitz dieser Ausstrahlung, wie der der Absorption der Sonnenstrahlen, ist in erster Linie die Oberfläche des festen Erdbodens, in zweiter die obere Schicht der Weltmeere und die Oberflächen von Wolken und Nebel. Das Strahlungsvermögen der Stoffe, aus denen die Erdoberfläche besteht, ist sehr verschieden groß; das Resultat, die Temperaturerniedrigung, hängt dabei in hohem Maße von deren Leitungsver-

Tiefe im Boden.



Tafel 2. Bodentemperatur in Königsberg.





mögen ab. Bei festen Körpern ist die Strahlung um so größer und die Leitung (auch die Durchstrahlung) um so geringer, je lockerer ihr Gefüge ist, am extremsten also, wenn der Körper die Form von Pulver, Staub, Flocken, Schwamm, Filz, Pelz oder Flaum hat. In solcher Form sind selbst die Metalle schlechte Leiter und gute Strahler. Bei Körpern dieser Form kommt die zugestrahlte Wärme oder der Wärmeverlust durch Ausstrahlung nur einer dünnen Oberflächenschicht zu, deren Temperatur sich insolgedessen stark ändert, während diejenige der tiefen Schichten unverändert bleibt.

Durch sehr starke Strahlung und zugleich sehr schlechte Leitung zeichnet sich frischgefallener, lockerer Schnee aus, ein Umstand, dessen große Bedeutung besonders Woeikof nachgewiesen hat. Dieser Einfluß äußert sich auffallend in den täglichen Wetterarten von Europa im Winter, auf denen morgens sich oft ganz lokale Kältegebiete an Orten zeigen, wo am Abend Schnee gefallen und in der Nacht klarer Himmel eingetreten ist. Eine starke Schneedecke erreicht bei ungehinderter Ausstrahlung an ihrer Oberfläche rasch außerordentlich niedrige Temperatur und kühlt so auch die unterste Luftschicht ab, erhält aber den Erdboden warm, weil sie im lockeren Zustande ein sehr schlechter Wärmeleiter ist. Ihre Wirksamkeit nimmt mit ihrem Dichterwerden ab. Der typische Vorgang beim Entstehen starker Kälte in unseren Gegenden ist der folgende: die erste Abkühlung wird durch Winde bewirkt, die kalte Luft aus dem Norden bringen; dieser folgt eine stärkere, wenn der Himmel klar wird, und zwar ist sie weit stärker, wenn vorher frischer Schnee gefallen ist, als wenn die Erde schneefrei oder nur von altem Schnee bedeckt ist. Wird die Druckverteilung dabei eine solche, daß jede Zufuhr von Luft vom Ozean oder von erheblich südlicheren Breiten verhindert wird, so nimmt die Kälte von Tag zu Tag zu. Ein hervorragendes Beispiel dafür bot der Dezember 1879 in Mitteleuropa.

Dagegen war bei ganz ähnlichen Luftdruck-, Wind- und Bewölkungsverhältnissen der Januar 1882 dort etwa  $7^{\circ}$  wärmer, weil keine Schneedecke den winterlichen Wärmestrom aus den tieferen Bodenschichten in die Atmosphäre abspernte.

### § 10. Gestalt der täglichen und jährlichen Temperaturkurve der untersten Luftschicht.

Im täglichen Temperaturgang fällt das Minimum auf das Ende der Nacht — im Sommer nach Sonnenaufgang —, das Maximum im Inneren des Festlandes auf 2—3 Uhr nachmittags, an der Küste meist früher; der Aufstieg ist also viel schneller als der Abstieg; der Mittelwert wird um 8 oder 9 Uhr vormittags und um 7 oder 8 Uhr nachmittags erreicht. Die Änderung der Temperatur ist also am raschesten nach Sonnenaufgang, am langsamsten in der Nacht. Eine schnelle Abkühlung bei Sonnenuntergang, wie sie oft angenommen wird, ist am Thermometer nicht nachweisbar.

Die Jahreszeiten fallen im allgemeinen am Wasser später als im benachbarten Binnenlande, was sich besonders im nördlichen Teile des Atlantischen und Stillen Ozeans und an Binnenmeeren, z. B. der Ostsee, bemerkbar macht. Der Grund davon liegt in der Aufspeicherung der Wärme durch das Wasser (S. 46). Ein zweiter wichtiger Einfluß auf den jährlichen Temperaturgang ist, namentlich in niederen Breiten, in dem jährlichen Wechsel der Winde gegeben; auch ein Teil der Abkühlungen, die gewöhnlich der Regenzeit zugeschrieben werden, ist wohl richtiger auf Kosten der Windrichtung zu schreiben.

In bezug auf die jährliche Temperaturkurve lassen sich fünf Haupttypen unterscheiden: der äquatoriale mit fast ganz gleichförmiger Temperatur während des ganzen Jahres; der den höheren Breiten gemeinsame normale oder europäische Typus, in dem die größte Wärme 1—2 Monate nach der Sommerwende folgt; der indische, in welchem sie in das

Frühjahr, und der Kapverdentypus, in welchem sie in den Herbst fällt; in allen diesen fällt die kälteste Zeit in den Winter der betreffenden Halbkugel, im letzten, sudanesischen Typus aber in denjenigen der anderen Halbkugel, die wärmste Zeit, wie im indischen, auf das Frühjahr.

a) Wenden wir uns zunächst dem uns vertrauten normalen oder europäischen Typus des jährlichen Temperaturganges zu, der nicht nur für den größten Teil der außerhalb der Wendekreise gelegenen Erdoberfläche kennzeichnend ist, sondern auch zwischen diesen auf beträchtlichen Strecken vertreten ist. In ihm erreicht die Wärme im allgemeinen ihren Höhepunkt ca. 1 Monat nach der sommerlichen, ihren Tiefpunkt ca. 1 Monat nach der winterlichen Sommwendepunkt der betr. Halbkugel — an den Küsten fallen beide Punkte oder einer von ihnen um einige Wochen später als im Binnenlande.

Bezeichnen wir als normal das Eintreten der Extreme 25—35 Tage nach den Sommwenden, so finden wir im einzelnen folgendes Verhalten: In Schweden, dem mittleren Rußland und den nördlichen Vereinigten Staaten ist die Jahreskurve symmetrisch und normal; Deutschland und die mittleren Vereinigten Staaten weichen davon nur durch etwas verfrühten Winter ab: in Südwest-Europa und in den Golfstaaten ist der Winter früh, der Sommer spät. In manchen Polarländern verschiebt sich umgekehrt das Minimum in den März, während der Juli der wärmste Monat bleibt. In schnee-reichen Gebieten bedingt die Schneeschmelze eine merkliche Verzögerung des Frühlings.

b) Weiter nach dem Äquator zu, zwischen etwa 15. und 30. Grad Breite, tritt auf großen Strecken der Ozeane — am wenigsten auf dem Indischen — der Kapverden-Typus des jährlichen Temperaturgangs auf, mit Verspätung des Wärmemaximums bis in den Herbst — in den September oder selbst Oktober auf der nördlichen, in den März oder April auf

der südlichen Halbkugel. Das Minimum zeigt stellenweise — wie auf den Kapverden und Ascension — ebensoviel Verspätung, in der Regel jedoch weniger.

In Kalifornien tritt dieser Typus auf kleinem Raume, in höherer Breite als sonst, sehr ausgeprägt bei San Francisco auf. Hier, wie auch am Senegal usw., ist es die kräftige Ansaugung kühler ozeanischer Luft nach dem erhitzten Innern, die in den vorhergehenden Monaten die Sommerwärme niederhält und erst beim Nachlassen der Seewinde die Luftwärme ihren höchsten Wert erreichen läßt.

c) Dagegen ist in den Binnenländern etwa zwischen den Wendekreisen und 10 Grad Breite — in Indien vom Himalaja bis nach Malabar — ein ganz anderer Wärmegang herrschend, den wir den indischen nennen können, mit Maximum der Wärme vor der Sommerwende der betr. Halbkugel, d. h. im April, Mai oder Juni auf der nördlichen, im Oktober, November oder Dezember auf der südlichen Halbkugel, und mit Minimum bei oder bald nach der Winterwende. Im normalen indischen Typus zerfällt das Jahr in drei Jahreszeiten: die kalte, die heiße und die Regenzeit. Daß dabei das frühe Ende der heißen Zeit beim Ausbruch des Monsuns weniger durch die direkte Wirkung des Regens, als durch die kühlere Luftströmung vom südlichen Indischen Ozean bedingt wird, zeigt sich in Süd-Dekan und Ceylon, wo der Wärmegang auch an den Orten diesem Typus folgt, an denen im Juli die Regen schwächer sind als im Mai, oder wo sie überhaupt erst im Herbst einsetzen.

d) Der sudanesishe Typus, der nur in der Alten Welt nördlich von der Linie vertreten ist und sich hier an den indischen anschließt, unterscheidet sich von diesem dadurch, daß die kühlste Zeit nicht auf das Winter-, sondern auf das Sommer-solstitium der nördlichen Halbkugel folgt und in den Juli und August fällt, sei es, daß sie dabei in die Mitte der hochsommer-

lichen Regenzeit, wie in Abyssinien, trifft, oder in die kleine Trockenzeit, wie in Togo. Auch in Indien ist dieser Typus auf kleinem Gebiete, im südlichen Teile der Malabarküste (Cochin) und der West-Ghats vertreten.

e) Der äquatoriale Typus endlich zeichnet sich durch gleichförmige Wärme während des ganzen Jahres aus: der Unterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monat beträgt weniger als  $3^{\circ}$  C. Welcher Kalendermonat der heißeste oder der feuchteste ist, hat unter diesen Umständen praktisch wenig zu bedeuten und scheint in der That auf die Pflanzenwelt keinen Einfluß zu haben; nur die Dauer der feuchten Zeit und das Maß der Feuchtigkeit ist für diese entscheidend. Theoretisch interessant aber ist es, daß diese kleine Schwankung teilweise eine Doppelwelle zeigt, entsprechend dem doppelten Durchgange der Sonne durch den Zenit; z. B. Batavia in  $6^{\circ}$  Grad nördl. Breite, wärmste Monate Mai und Oktober je  $26,4$  Grad, kühlste Januar  $25,3$  Grad, Juli  $25,7$  Grad.

### § 11. Temperatur der Oberfläche flüssiger und fester Körper.

Die Einnahme und Ausgabe der Wärme der Atmosphäre geschieht wegen der Durchstrahlbarkeit der Luft größtenteils durch Vermittlung der Oberflächen der festen und flüssigen Körper, die sie berührt. Die Temperatur dieser Oberflächen hat daher für die Klimalehre und auch für die Biologie des Menschen große Bedeutung. Da es sich aber um die Temperatur einer unendlich dünnen Schicht handelt, von der aus sich die Temperatur nach der Luft sprungweise und auch nach dem Innern des Körpers gewöhnlich sehr schnell ändert, so ist leider nur eine annähernde Bestimmung derselben möglich.

Auf festem Lande ist die tägliche und jährliche Schwankung in der obersten Bodenschicht erheblich stärker als in der Luft; von da nimmt sie abwärts rasch ab, so daß die tägliche in etwa 1 m Tiefe verschwindet; von dort an genügt also eine Be-

obachtung am Tage, in größeren Tiefen eine per Woche; je nach der Größe der Jahreschwankung findet man von einer Tiefe von 2—20 m an eine unveränderliche Temperatur, die die Jahrestemperatur der Luft am Orte um etwa 1 Grad für den ersten und 0,03 Grad für jeden folgenden Meter der Tiefe übertrifft. Im Hochgebirge ist der Temperaturüberschuß des Bodens über die Luft meist viel größer.

Dagegen ist an der Oberfläche tiefen Wassers die tägliche Wärmeschwankung nur sehr gering und auch die jährliche viel kleiner, als in der Luft darüber. Hier sind also die Änderungen der Temperatur der Luft nicht durch die Unterlage hervorgerufen, sondern teils vom benachbarten festen Lande herübergebracht, teils direkt durch die Wirkung der Sonnenstrahlen und die Ausstrahlung in der Luft selbst bewirkt. Dieser Unterschied hat einen durchaus verschiedenen Verlauf vieler Phänomene auf dem Lande und dem Meere zur Folge. Die tägliche Temperaturschwankung beträgt:

	in der untersten Luftschicht:	in der obersten Schicht der Unterlage:
Auf tropischen Meeren <sup>1)</sup>	1.5° C	0.5° C
Zu Melbourne . . . .	8.0 "	15.6 "
Zu Nukus (bei Rhiva) .	11.8 "	27.1 "

Die Ursachen der geringen Temperatur-Änderung der Wasseroberfläche sind: 1. die Durchstrahlbarkeit des Wassers; 2. die Beweglichkeit seiner Teile, bei der die Wärmeänderung sich auf große Massen verteilt (Fortströmen, Niedersinken der erkalteten Massen); 3. die Verdunstung [1 mm Wasserschicht zu verdunsten verlangt ebensoviel Wärme, wie die Erwärmung einer 600 mm dicken Wasserschicht um 1° C <sup>2)</sup>]; 4. die große

<sup>1)</sup> Die gegenwärtige Art der Messungen bedingt, daß wahrscheinlich die Schwankung in der Luft in Wirklichkeit noch etwas geringer, in der Wasseroberfläche etwas größer ist, der Unterschied zwischen beiden also kleiner ist, als hier angegeben.

<sup>2)</sup> Eine Schicht von 1 mm Eis zu schmelzen nur so viel Wärme, wie eine solche von 80 mm Wasser um 1° zu erwärmen.

Wärmekapazität des Wassers: nach Gewicht ist diejenige der meisten Gesteine und Erden nur ca.  $\frac{1}{5}$  von jener des Wassers, für gleiche Volumina freilich ungefähr  $\frac{1}{2}$ , weil die Dichtigkeit dieser Stoffe durchschnittlich etwa  $2\frac{1}{2}$  ist. Aber auch Luft hat nach Gewicht nur eine etwa ebenso große Wärmekapazität wie jene Stoffe (0.24), während ihre Dichte (bei 0 Grad und 760 mm) nur ca.  $\frac{1}{770}$  von jener des Wassers ist: also ist die Wärmekapazität von 1 Kubikmeter Luft nur etwa  $\frac{1}{3200}$  von jener eines Kubikmeters Wasser.

Wie der Erdboden, so werden auch alle größeren Gegenstände mit rauhen Oberflächen von der Strahlung weit stärker beeinflusst als die kleine und metallglänzende Kugel des Quecksilberthermometers. Die Ursache davon, daß die Temperatur solcher großen, rauhen Körper sich viel mehr von jener der sie umspülenden Luft entfernen kann, ist erstens darin zu suchen, daß sie den größten Teil der Strahlen verschlucken, statt sie zu spiegeln oder durchzulassen, und zweitens, daß die vorbeistreichenden Luftteilchen Zeit haben, ihre Temperatur mit jener der Oberfläche bis zu einem gewissen Grade auszugleichen, und daher nur an der Stelle, wo sie den Körper zuerst treffen, ihre volle abkühlende Wirkung ausüben. Kräftiger Sonnenschein bei ruhiger Luft bedingt es, daß einige geschützte Hochtäler in den Alpen, wie Davos, trotz strenger Winterkälte mit südlichen Winterzuzugsstätten konkurrieren; die Patienten können sich dort bei Frösten von 10—20 Grad behaglich im Freien aufhalten. Auch die Spiegelung der Sonnenstrahlen von den umgebenden Schneehängen wirkt dazu mit, ebenso wie am Rhein und am Genfer See die Spiegelung vom Wasser ein erheblicher Faktor bei der Traubenreife ist.

Eine große Rolle für den Wärmezustand der Oberfläche eines Körpers spielt die gute oder schlechte Wärmeleitung in ihm. So ist nach einer Reifnacht ein lose auf dem Boden liegender Stein viel stärker bereift, als eine in den Boden ein-

gesenkte Platte, die die Wärme des Erdbodens zur Oberfläche leitet; noch mehr sind es die hölzernen Bohlen einer Brücke usw. Umgekehrt bleibt die Oberfläche eines großen Steins im Sonnenbrand kühl, wenn diejenige kleinerer Steine, besonders solcher von dunkler Farbe, so heiß ist, daß sie die nackte Sohle schmerzt. Durch die rasche und ungleichmäßige Erwärmung werden in Steinen und Felsen in Wüstengegenden Spannungen erzeugt, die sie zum Zerspringen bringen; die Oberflächenschicht sondert sich am Tage, durch die Sonnenglut ausgedehnt, schalenförmig vom kälteren Innern ab, oder berstet beim Erkalten in der Nacht krachend, weil das Innere dieser Zusammenziehung nicht folgt.

Kommt zu Strahlung und Leitung der Wärme auch noch deren Erzeugung oder Bindung im Körper hinzu, wie bei feuchten Gegenständen durch die Verdunstung oder bei warmblütigen Tieren durch die Atmung, so ist natürlich der Zusammenhang zwischen der Temperatur der Oberfläche und jener der Luft noch komplizierter. Schon vielfach hat man versucht, für den Komplex von Wärmeeinwirkungen, unter denen die Organismen stehen, einen einfachen Ausdruck, sei es durch ein Instrument, sei es durch Berechnung, zu finden. Dahin gehören auch die bei Laien beliebten Angaben über „die Temperatur in der Sonne“, die aber nach dem Gesagten so lange einen ganz unbestimmten Begriff bezeichnen, als nicht festgestellt wird, um einen wie großen, wie gearteten und wie ausgesetzten Körper es sich handelt. Dagegen sind in neuester Zeit einige Untersuchungen gemacht über die Abhängigkeit der Temperatur der unbedeckten menschlichen Haut von den Witterungsbedingungen, welche wohl verdienen fortgesetzt zu werden, so wenig sie auch auf Exaktheit Anspruch machen können. Die bedeutendste Beobachtungsreihe hat Vincent in Brüssel 1889 angestellt. In der Zeit vom Juni bis November hat er 360 Ablesungen an einem Thermometer an-



gestellt, dessen kleines zylindrisches Gefäß er im Freien langsam an dem Ballen der linken Hand rieb — Wind und Sonne tunlichst ausgesetzt. Es ergab sich, daß man seinen Stand  $H$  innerhalb mäßiger Fehlergrenzen durch die Formel:

$$H = 26,5 + 0,3 L + 0,2 S - 1,2 W$$

ausdrücken konnte, worin  $L$  der Abstand der Lufttemperatur von 0 Grad,  $S$  die Strahlung, gemessen durch den Überschufß der Temperatur des geschwärzten Thermometers im Vakuum, und  $W$  die Windgeschwindigkeit in Metern p. Sek. sind.

Die Temperatur der Haut und der Kleideroberfläche stellt sich nach Kubner bei Winterkleidern ohne Mantel so:

bei Lufttemperatur	unbekleidete Stellen	unter d. Kleidern wärmer um	über d. Kleidern kälter um
10°	29.0°	3.2°	9.7°
15°	29.2°	2.4°	8.2°
17.5°	30.0°	1.4°	7.1°
25.6°	31.2°	1.0°	4.6°

Einen Einfluß der Feuchtigkeit der Luft auf die Temperatur der Haut hat Vincent nicht gefunden. Dennoch wirkt sie in wärmeren Klimaten offenbar stark auf die Schweißabscheidung und auch wohl auf die Wärmeabgabe durch die Haut ein, da der Mensch trockene Hitze weit leichter ertragen kann als feuchte. Im Juli ist der Stand des feuchten Thermometers in der Arizona-Wüste bei einer Luftwärme von 30—34 Grad nur 15—21, an der Atlantischen Küste bei 20—27 Grad Luftwärme dagegen 18—25 Grad. Hitzschlag ist hier viel häufiger als dort.

## § 12. Hauptfäße über die horizontale Temperaturverteilung auf der Erdoberfläche.

Die Vorstellungen, die wir in den vorhergehenden Paragraphen erworben haben, finden ihre weitgehende Anwen-

dung bei der Betrachtung der räumlichen Verbreitung der Wärme über die Oberfläche der Erdoberfläche, welche in den Isothermenarten Tafel 3 und 4 dargestellt ist. Neun große Prinzipien sind es hauptsächlich, welche diese Verteilung im horizontalen Sinne bestimmen.

### A. Wirkungen der Unterschiede in der Sonnenstrahlung.

1. Das Jahresmittel der Temperatur nimmt vom Äquator nach den beiden Polen ab, wegen der abnehmenden Summe der Sonnenstrahlung.

2. Die jahreszeitlichen Unterschiede in der Temperatur nehmen vom Äquator nach den Polen zu, weil die jahreszeitlichen Unterschiede in den zugestrahlten Wärmemengen in derselben Richtung wachsen.

Ihren einfachsten numerischen Ausdruck erhalten diese zwei Sätze durch die folgenden mittleren Temperaturen der Breitengrade (Mittel aus den beiden Berechnungen von Spitaler und Batchelder, südlich von 60° südl. Br. nach Hann):

Geogr. Breite:		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Nördl. Halb- Kugel	Jahr	26.2	26.7	25.3	20.3	14.0	5.7	-1.0	-10.0	-16.7
	Januar	26.4	25.8	21.9	14.6	4.9	-7.0	-15.8	-26.0	-33.5
	Juli	25.6	26.9	28.3	27.3	24.0	18.1	14.0	7.0	1.8
	Differ.	0.8	1.1	6.4	12.7	19.1	25.1	29.8	33.0	35.3
Südl. Halb- Kugel	Jahr	26.2	25.3	23.0	18.4	12.0	5.6	-2.0	-11.5	-19.8
	Januar	26.4	26.3	25.4	21.8	15.6	8.3	3.2	-0.8	-6.5
	Juli	25.6	23.9	20.0	14.6	9.0	2.9	-7.6	-22.2	-31.5
	Differ.	0.8	2.4	5.4	7.2	6.6	5.4	10.8	21.4	25.0

In diesen Zahlen sind aber auch die Wirkungen des verschiedenen Raumanteils von Land und Wasser mit enthalten, entsprechend den Sätzen 4 und 5.

3. Die Beeinträchtigung der Strahlung durch Bewölkung wirkt am Tage, im Sommer und in niedriger Breite abkühlend, in der Nacht, im Winter und in hohen Breiten erwärmend. An ganz trüben Tagen weicht die Lufttemperatur durchschnittlich um folgende Größen vom Mittel der ganz heiteren Tage ab:

	um 3 Uhr nachmittags im Sommer	um 6 Uhr morgens im Winter
in St. Petersburg	— 7 Grad	+ 16 Grad
in Tiflis	— 8 „	+ 6 „

### B. Wirkungen der thermischen Verschiedenheit von Wasser und Land.

4. Die Abnahme des Jahresmittels der Temperatur vom Äquator zum Pol ist größer über dem Lande als über dem Wasser wegen der Beweglichkeit des Wassers und seiner größeren Befähigung zur Aufspeicherung der Wärme. Die Oberfläche des Wassers ist durchschnittlich in niedrigen Breiten etwas kühler, in höheren bedeutend wärmer als die unterste Luftschicht, besonders bei Lufttemperaturen unter Null über offenem Wasser.

Nach einer Berechnung, die Zenker auf theoretischer Grundlage mit Hilfe von Erfahrungs-Konstanten durchgeführt hat und die sich den beobachteten Werten befriedigend anschließt, ist die Normaltemperatur der untersten Luftschicht im Landklima (L) und Seeklima (S):

Br.	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	Pol
L.	34.6	33.5	30.0	24.1	15.7	5.0	—7.7	—19.0	—24.9	—26.1
S.	26.1	25.3	22.7	18.8	13.4	7.1	0.3	—5.2	—8.2	—8.7

5. Aus denselben Ursachen ist der Temperatur-Unterschied der Jahres- und Tageszeiten auf dem Lande größer als auf dem Meere und verspäten sich die Wendepunkte der Jahresperiode auf dem letzteren. In derselben Breite von ca. 60 Grad N er-

geben sich im Durchschnitt von 9 Stationen in Sibirien die mittleren Monatstemperaturen der Reihe L, in jenem von 5 Inselstationen auf dem Atlantik die der Reihe S, beide in ganzen Graden (nach Hann):

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
L.	-29°	-24°	-15°	-4°	6°	16°	19°	15°	8°	-4°	-19°	-27°
S.	4°	4°	4°	6°	8°	11°	12°	12°	11°	8°	6°	5°

Stellt man die Mitteltemperaturen des wärmsten und kältesten Monats einiger Orte Europas und Asiens zusammen, die ungefähr auf 52. Grad nördl. Breite liegen, so erkennt man die stetige Zunahme der Winterkälte und der Sommerwärme von der Westküste nach dem Innern des Festlandes deutlich. Die Küste hat ein „limitiertes“, das Binnenland ein „exzessives“ Klima. Der Unterschied dieser Monate nimmt auf dieser Strecke von 8 Grad auf 52 Grad zu.

	Balen- tia, Isl.	Münster, Westf.	War- schau	Oren- burg	Irutsk (490 m)	Nertschinsk (600 m)
Januar	7.3	1.3	-4.3	-15.3	-20.8	-33.6
Juli	15.1	17.3	18.7	21.6	18.4	18.2

6. Gegen abkühlende Einflüsse verhält sich mit hinreichend dickem Eis bedecktes Wasser wie Land und zeigt mit Schnee bedecktes Land die Eigenschaften des Landes in erhöhtem Maße. Gegen Erwärmungen aber, die über den Gefrierpunkt hinausführen, verhalten sich beide noch stumpfer als Wasser.

### C. Wirkungen der Winde und Meeresströmungen.

7. Die Bewegung der Luft wirkt, auch wo sie nicht überwiegend nach einer Richtung geschieht, auf die durch Unterschiede in der Ein- oder Ausstrahlung erzeugten Temperaturunterschiede mäßigend ein. Durch die vorherrschenden Winde werden diese Temperaturverhältnisse in deren Richtung verschoben: Winde von der Polarseite des Horizonts bringen die

Kälte, solche von der Äquatorialseite die Wärme in andere Breiten, landeinwärts wehende Winde bringen das Seeklima auf das Land, seewärts wehende das Landklima auf die See.

Die Richtung, aus der die durchschnittlich wärmsten und kältesten Winde kommen, stellt sich deshalb verschieden, und zwar nach Hann so:

Richtung	NW Europa	Deutsch-land	Mittel-rußland	West-sibir.	Ost-Asien	Ostl. Union	
Winter	kältester	ENE	NE	NNE	N	NW	NNW
	wärmster	SW	SW	SSW	SSW	SSE	SSE
Sommer	kältester	NNW	NNW	NW	NNW	—	NE
	wärmster	SE	SE	SE	SSE	—	SSW

Der Unterschied beträgt im Winter in Westsibirien 11 Grad, in Deutschland 7, in Nordwest-Europa nur  $5\frac{1}{2}$  Grad; im Sommer allgemein 3— $4\frac{1}{2}$  Grad. Sehr gemildert wird er dort, wo nach der Seite der kältesten Winde ein Gebirge liegt oder ein Wasserbecken, das sie vorwärmt; so ist z. B. der erwärmende Einfluß der Ostsee auf den Nordostwind oft in Hamburg bemerkbar.

Wegen des Vorherrschens der westlichen Winde in den gemäßigten Zonen haben die Orte gleicher Breite in Westsibirien ein weniger kontinentales Klima, insbesondere geringere Jahreschwankung der Wärme als Nikolajewsk, obwohl erstere recht im Zentrum des alten Kontinents, letzteres an der Ostküste Asiens liegt.

8. Ebenso verschieden die Meeresströmungen die Temperatur-Verhältnisse in der Richtung ihrer Bewegung: polwärts fließende sind relativ warm, äquatorwärts fließende oder aus der Tiefe aufgestiegene Wassermassen sind kalt und beeinflussen auch die auf ihnen liegende Luft in gleichem Sinne.

Die Luft über den warmen Meeresströmungen — dem Golfstrom, Kuro Siwo, Brasilien- und Agulhas-Strom — ist

relativ zur Breite warm, die über den kalten Strömen und dem emporquellenden Küstenwasser an den Küsten von Peru und Südwest-Afrika relativ kalt. Aber die Wirkung dieser Ströme pflanzt sich, besonders im Gebiet der starken westlichen Winde, ganz ungleichseitig fort, die des Golfstroms z. B. nach Europa, nicht nach dem so viel näheren Nordamerika.

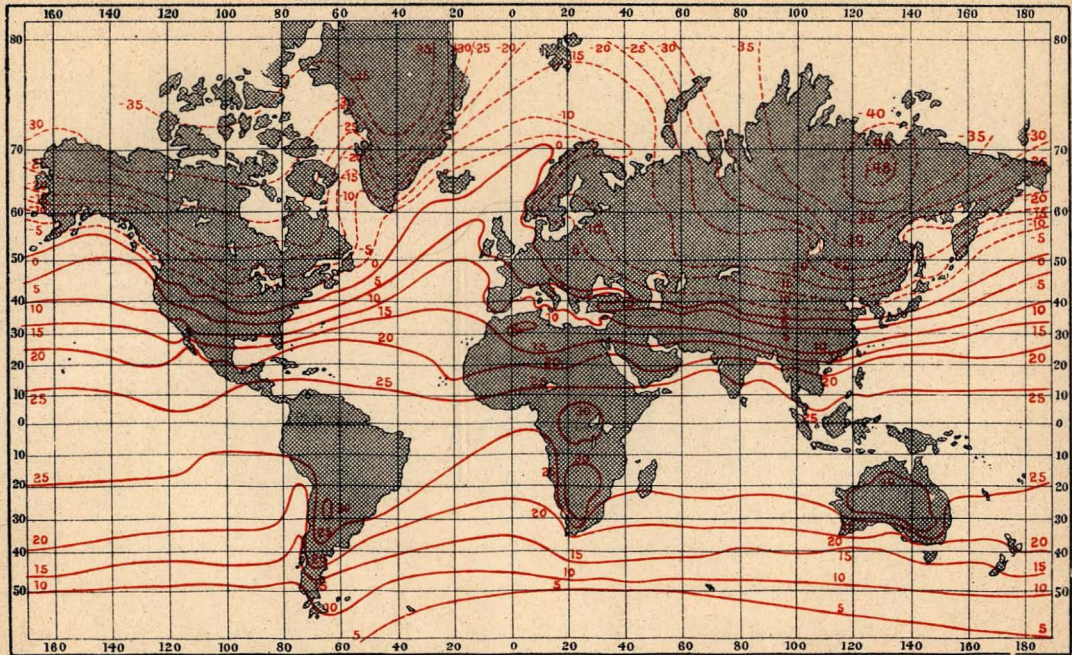
9. Die Behinderung der Winde durch Gebirge erteilt dem Klima lokale Wärmeeigenschaften: ist die Behinderung allseitig, so kann die Strahlung, besonders die Ausstrahlung, unbehindert ihre Wirkung entfalten (Tallklima); ist sie nur von der kälteren, polaren und Landseite gegeben, so kann die mittägliche Exposition oder das warme Meer oder beides seine wärmende Wirkung ausüben (Winterkurorte). Kommt ein bedeutender Luftdruck-Unterschied zwischen beiden Seiten des Gebirges zustande, so wirkt derselbe dahin, daß die Luft auf der Seite des niedrigen Drucks stürmisch herabgezogen wird und hier als trockener und, je nach ihrem Ursprung, heißer oder kalter Wind (Föhn, Bora) empfunden wird (§ 18).

Die Sätze 1—5 sind an den Isothermenkarten Taf. 3 und 4, trotz ihres kleinen Maßstabes, leicht zu belegen.

### § 13. Verteilung der Temperatur nach der Höhe.

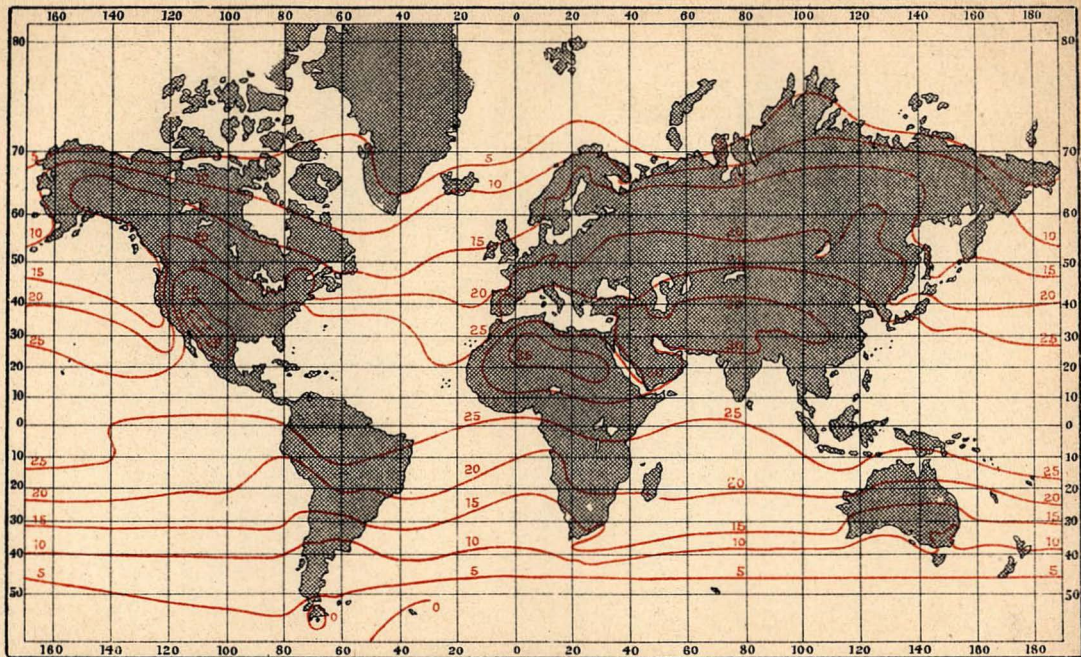
In den bisher betrachteten Fällen entsprach im großen und ganzen überall der stärkeren Sonnenstrahlung höhere Lufttemperatur, zwar mit manchen Verschiebungen, Skalenänderungen usw., aber doch ohne Umkehrung. Ganz anders bei der vertikalen Verteilung beider; hier ist der Gegensatz Regel. Je höher wir uns in die Atmosphäre erheben, desto intensiver wird die Kraft der Sonnenstrahlen, weil sie um so weniger von den Schirmwirkungen der Atmosphäre beeinträchtigt ist; und dennoch desto niedriger wird in der Regel die Lufttemperatur. Und zwar ist ihre Änderung in vertikaler Richtung weit schneller als in horizontaler. Eine Erhebung um 1 Kilometer bringt



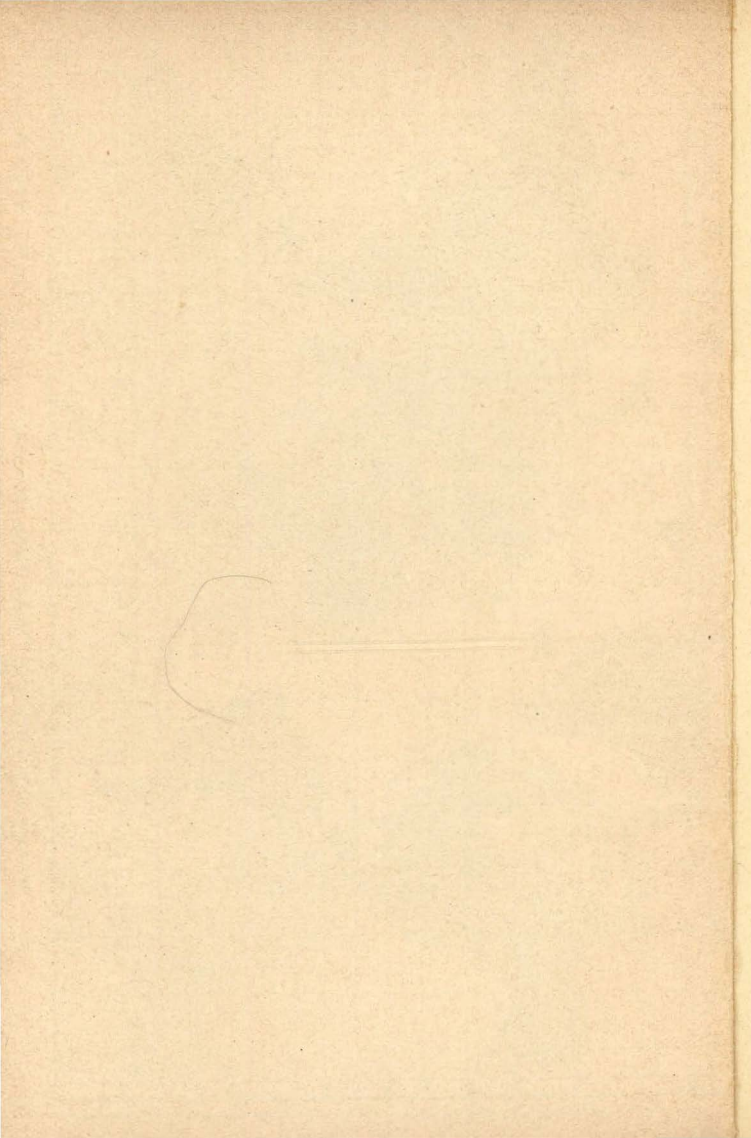


Tafel 8. Isothermen im Januar. — Temperaturen über Null, - - - - - Temperaturen unter Null.





Tafel 4 Isothermen im Juli. — Temperaturen über Null. - - - - - Temperaturen unter Null.



durchschnittlich eine Temperatur-Erniedrigung von 4—8° C hervor, also ebensoviel wie eine Annäherung an den Pol um etwa 10 Breitengrade oder mehr als 1000 Kilometer.

Es wirken mehrere Ursachen bei diesem Ergebnis zusammen. Bestimmend für die Größe der Temperaturabnahme mit der Höhe sind vor allem drei:

1. Beim Auf- oder Absteigen ändert sich der Druck, unter dem die Luft steht; jedes Gas aber erwärmt sich bei zunehmendem Druck und kühlt sich bei abnehmendem Druck ab; die Größe der Temperaturänderung beträgt für trockene Luft 10° C für jedes Kilometer Höhenänderung.

2. In feuchter Luft führt aber diese Abkühlung nach einiger Zeit zur Ausscheidung eines Theils des Wassers in Tropfenform (Wolken); die dabei freiwerdende Wärme verlangsamt die Abkühlung bei weiterem Aufsteigen etwa auf die Hälfte. Umgekehrt bringen herabfallende Wassertropfen niedrigere Temperatur von oben mit und erzeugen auch durch Verdunstung Kühle.

Die in diesen beiden Sätzen ausgesprochene Temperaturänderung in auf- und absteigenden Luftmassen ist nur eine Umwandlung der Energie aus der Wärmeform in die Form der Disgregation und umgekehrt, ohne notwendig mit einem Übergang von Energie auf andere Massen oder deren Zufuhr von außen verbunden zu sein, wie dies doch bei den in den vorigen Paragraphen betrachteten Erscheinungen stets der Fall war.

3. Da die Neigung zu vertikalen Bewegungen um so größer ist, je schneller die Temperatur nach oben abnimmt, dagegen das Gleichgewicht stabil ist, wenn die Luft oben wärmer oder doch wenig kälter ist als unten, so sind die letzteren Zustände langdauernd, die ersteren vorübergehend, und ist im Mittel daher die vertikale Temperaturänderung nicht 10 Grad, sondern nur 4—8 Grad pro Kilometer.

Diese Ursachen würden in einem bloßen Gasball ohne festen Kern ebenso wirken, wie in der Atmosphäre der Erde, und wahrscheinlich auch der Größe nach eine ähnliche Temperaturabnahme nach der Peripherie hin bewirken. Die absolute Höhe aber der Temperatur wird in der Erdatmosphäre vorzugsweise bestimmt durch

4. diejenige Temperatur, bei welcher auf der festen oder flüssigen Erdoberfläche ein Gleichgewicht zwischen Einnahme und Ausgabe der Wärme stattfindet. Und diese Prozesse, deren fundamentalster die Strahlung ist, die ihren Hauptsitz an der festen Erdoberfläche hat, wirken modifizierend auch auf die vertikale Wärmeverteilung in der Luft ein. Infolgedessen ist diese Verteilung in Gebirgen nicht dieselbe, wie in der freien Atmosphäre.

Über die letztere sind wir nur unvollkommen unterrichtet, da wir erst seit kurzem durch die Fortschritte in der Drachen- und Ballontechnik in die Möglichkeit versetzt sind, tägliche Aufzeichnungen aus der freien Atmosphäre zu erhalten. Die zahlreichen Ballonfahrten Glaishers in den Jahren 1862—1865 in Höhen von 5—8000 Metern hatten eine Verlangsamung der Temperatur-Abnahme in den oberen Schichten ergeben; allein bei diesen Fahrten waren die Thermometer nicht ausreichend gegen den Einfluß der in diesen Höhen und bei der relativen Windstille im Ballon sehr starken Sonnenstrahlung geschützt; dagegen haben die von Berlin aus 1893—94 unternommenen Fahrten in Höhen von 4000—9150 Meter, bei denen dieser Schutz genügend war, in den oberen Schichten eine noch etwas stärkere Temperatur-Abnahme (7 Grad pro Kilometer) ergeben, als in den unteren, und die seitdem ausgeführten zahlreichen Aufstiege unbesannter Registrierballons haben dies bestätigt; diese haben aber auch ergeben, daß in noch größeren Höhen die Temperatur-Abnahme gewöhnlich wieder abnimmt und in einer ge-

wissen Höhe aufhört oder sogar in eine Zunahme übergeht, um noch höher hinauf wieder einzusetzen. Das Mittel aus einer großen Zahl bemannter und unbemannter Fahrten — in den tieferen Schichten 581, in den höheren 141 — gibt folgende Werte für die durchschnittliche Temperatur-Abnahme in Mitteleuropa pro Kilometer Höhe:

Höhen	0	1	2	3	4	5	6	7 km
Temp.-Abnahme	6°	5°	5°	5°	6°	7°	7°	

Höhen	7	8	9	10	11	12	13	14 km
Temp.-Abnahme	7°	7°	6°	4°	1°	-1°	0°	

Es erweist sich aber, daß die temporären Gebiete hohen und niedrigen Luftdruckes (die Barometermaxima und -minima) sich in dieser Hinsicht wesentlich verschieden verhalten. Die Temperatur-Abnahme ist bis zu 2000 m Höhe in den Maxima weit schwächer als in den Minima, im Winter macht sie hier vielfach einer Temperatur-Zunahme Platz, so daß die in den untersten Schichten durch die ungehinderte Ausstrahlung nach dem Weltraum tief erkalteten Maxima in der Höhe gewöhnlich wärmer sind, als die durch den Wolkenschirm unten wärmer gehaltenen Minima. Aber in den letzteren erreicht die Abnahme durchschnittlich schon in 9—10 000 m ihr Ende, während sie in den Maxima bis 12 oder 13 000 m fort dauert, so daß in diesen hohen Schichten wieder, wie am Erdboden, die Maxima durchschnittlich die größten Kältegrade beherbergen.

Die Ursache dieser warmen Schicht und ihres eigentümlichen Verhaltens zur horizontalen Druckverteilung ist noch nicht ergründet. Ihre Existenz aber kann jetzt, da zahlreiche Aufstiege von Registrierballons über sie hinausgegangen sind, nicht bezweifelt werden.

Im Gebirge wächst die vertikale Temperatur-Abnahme im allgemeinen mit der Steilheit der Abhänge. Auf Plateaus und schwach geneigten Bodenschwellen verschwindet sie oftmals

gänzlich. In den oberen, steileren Teilen der Gebirge nähert sie sich dagegen sehr den Verhältnissen der freien Atmosphäre. Vergleicht man nur Stationen auf Berggipfeln oder Steilhängen miteinander, so findet man  $6\frac{1}{2}^{\circ}$  C als normale Temperatur-Abnahme, die in Europa im Januar auf 5—6 Grad sinkt, zum Mai oder Juni auf 7—8 Grad zunimmt. Nur im Innern von Hochdruck-Gebieten wird sie auch in solchen Lagen viel geringer.

Geringer ist die Temperatur-Abnahme, wenigstens im Winter, wenn man Täler mit Höhen vergleicht.

In den europäischen Gebirgen ist sie durchschnittlich am langsamsten im Dezember, wo sie nur 3—4 Grad pro Kilometer, am schnellsten im Mai, wo sie ca. 7 Grad pro Kilometer beträgt. In der Höhe ist also der jährliche Temperaturgang geringer als unten und verspätet, — Eigenschaften, in denen das Höhenklima mit dem Seeklima übereinstimmt. Anders dort, wo eine Küste oder ein Tiefland mit sehr limitiertem Klima an ein trockenes Plateau grenzt; in solchen Fällen ist die Temperatur-Abnahme im Sommer kleiner als im Winter; so im NW.-Himalaja, in Chile und in SW.-Afrika, wo das hochgelegene Innere im Sommer wärmer als die Küste ist. In der freien Atmosphäre nimmt indessen der Unterschied der Jahreszeiten bis zu 2 oder 3000 m über dem Meere wohl überall ab; darüber hinaus nimmt er aber nach Teisserenc de Borts Untersuchungen mit Registrierballons wieder zu, so daß er in 5—7000 m Höhe wieder fast ebenso groß ist wie in der untersten Luftschicht, um erst weiter oben sich abermals zu verringern. Die unregelmäßigen Schwankungen der Temperatur sind auch in großen Höhen nicht geringer als an der Erdoberfläche und gehen dabei oben, wegen der größeren Verschiebbarkeit der Luftmassen (großeren Windstärke) und geringeren Auffpeicherung der Wärme durch feste oder flüssige Körper, schneller vor sich als unten.

Weit schneller verschwindet natürlich die tägliche Temperatur-Schwankung. In klaren Nächten, wo der Boden stark ausstrahlt, ist in der Tat Zunahme der Wärme nach oben für die unteren 30 m vor Sonnenaufgang selbst im Sommer die Regel. An Abhängen fließt dabei die erkaltete, schwerere Luft herab, in Talkesseln sammelt sie sich an. Daher sind lehtere Früh- und Spätfrösten viel mehr ausgesetzt als Ruppen und Hänge mit guter „Luftdrainage“. Im großen findet dasselbe in Hochdruckgebieten mit heiterem Himmel im Winter statt.

Während in der Atmosphäre gewöhnlich die Temperatur (ebenso wie im festen Erdboden, nur langsamer) mit der Entfernung vom Erdmittelpunkt abnimmt, ist in den Meeren und Seen die umgekehrte Verteilung die Regel. Die Dichtigkeit nimmt mit abnehmender Temperatur beim süßen Wasser bis  $4^{\circ}\text{C}$  zu, beim Meerwasser sogar bis unter dessen Gefrierpunkt, der bei  $-2,2^{\circ}\text{C}$  liegt; infolgedessen sinkt Wasser, das an der Oberfläche erkaltet, in die Tiefe. Flüssigkeiten ändern aber ihre Temperatur bei Änderungen des Druckes fast gar nicht, die kalten Wassermassen sammeln sich daher in der Tiefe an. Die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen ist dagegen von viel beschränkterem Einfluß, weil die warmen Wassermassen an der Oberfläche bleiben; erst die damit verbundene Verdunstung, die ihren Salzgehalt und damit ihre Dichtigkeit steigert, läßt sie bis zu einer gewissen Tiefe hinabsteigen. Die Folge ist, daß isolierte Wasserbecken in der Tiefe das ganze Jahr hindurch ungefähr die Temperatur zeigen, die ihre Oberfläche in der kältesten Jahreszeit annimmt, während in den großen Weltmeeren die kalten Wassermassen der hohen Breiten in der Tiefe sich zum Äquator bewegen und hier unter der Linie selbst sich schon von etwa 1000 m Tiefe an bis zum Grunde Temperaturen zwischen  $0^{\circ}$  und  $4^{\circ}$  finden, wo die Oberfläche  $26-28^{\circ}\text{C}$  aufweist.

Durch den verschiedenen Salzgehalt werden diese Verhältnisse allerdings in mannigfaltiger Weise modifiziert, worauf wir hier nicht näher eingehen können.

---

## Kapitel 4.

### Wind.

#### § 14. Ursachen des Windes und dessen Beziehungen zum Luftdruck.

Wirken auf eine Luftmasse in entgegengesetzter Richtung ungleiche Kräfte ein, so setzt sie sich in der Richtung des überwiegenden Antriebes in Bewegung.

In vertikaler Richtung besteht Gleichgewicht, wenn die Luftdruckabnahme für einen beliebigen Höhenzuwachs gleich ist dem Gewicht der zwischenliegenden Luftsäule — beide auf gleiche Einheiten reduziert. Man nimmt aber der Druck in warmer Luft langsamer mit der Höhe ab als in kalter, nach einem Ausdruck, den man als die barometrische Höhenformel bezeichnet. Wenn in zwei benachbarten Luftsäulen von verschiedener Temperatur der Druck in irgend einem Niveau gleich ist, so muß in allen höheren Niveaus ein Überdruck auf seiten der wärmeren, in allen tieferen ein solcher auf seiten der kälteren Säule bestehen. Unten wird daher eine Strömung von der kalten zur warmen, oben eine entgegengesetzte sich einstellen, wie dieses sich leicht mit der Lichtflamme zeigen läßt, wenn man eine Thür aus warmem nach kaltem Raume öffnet (vgl. Fig. 2, Seite 32).

Dieses einfache Schema finden wir aber in der freien Atmosphäre nur in beschränktem Maße vertreten; vor allem in den Land- und Seebrisen. Da, wie wir gesehen haben (§ 12), am Tage das Land, in der Nacht das Meer wärmer ist,



so strömt die unterste Luftschicht am Tage vom Meere zum Lande hin (Seebrise), in der Nacht umgekehrt (Landbrise). Das ist an vielen Küsten, namentlich der Tropenzone, ein täglich sich abspielender Vorgang zu den Zeiten, wo nicht allgemeinere Strömungen diese lokalen verdecken, also sei es in einem ausgedehnten Kalmengebiet oder im Schutze von Gebirgen, nicht nur an der Meeresküste, sondern auch an größeren Seen. In manchen Fällen ist es auch gelungen, den entgegengesetzten Rückstrom in der Höhe nachzuweisen. Auch die treibende Druckdifferenz, der etwas höhere Barometerstand auf dem Wasser am Tage, auf dem Lande in der Nacht, läßt sich vielfach in der Verschiedenheit des täglichen Barometerganges nachweisen. Der Seewind pflegt bedeutend stärker zu sein als der nächtliche Landwind.

Würde die Erde ruhen und die Sonne sie umkreisen, so würde voraussichtlich der Temperaturunterschied der Breitengrade nach demselben einfachen Schema eine untere Luftströmung von den Polen zum Äquator und eine obere von da zu den Polen zurück hervorrufen. Die Erfahrung zeigt uns jedoch ein ganz anderes Bild: zwischen 30 Grad N und S allerdings unten eine vorwiegend zum Äquator, aber auch nach Westen gerichtete Luftbewegung — die Passate —, zwischen 30 und 60 Grad Breite aber auf beiden Halbkugeln sogar eine nicht nur überwiegend nach Osten, sondern meist zugleich auch polwärts gerichtete Luftbewegung am Erdboden — die Region der vorwiegend westlichen und äquatorialen Winde. Zugleich finden wir, auch unten, in den Breiten zwischen 30 und 60 Grad Breite, besonders auf der südlichen Halbkugel, keine Zunahme, sondern eine ausgesprochene Abnahme des Luftdrucks mit wachsender Breite.

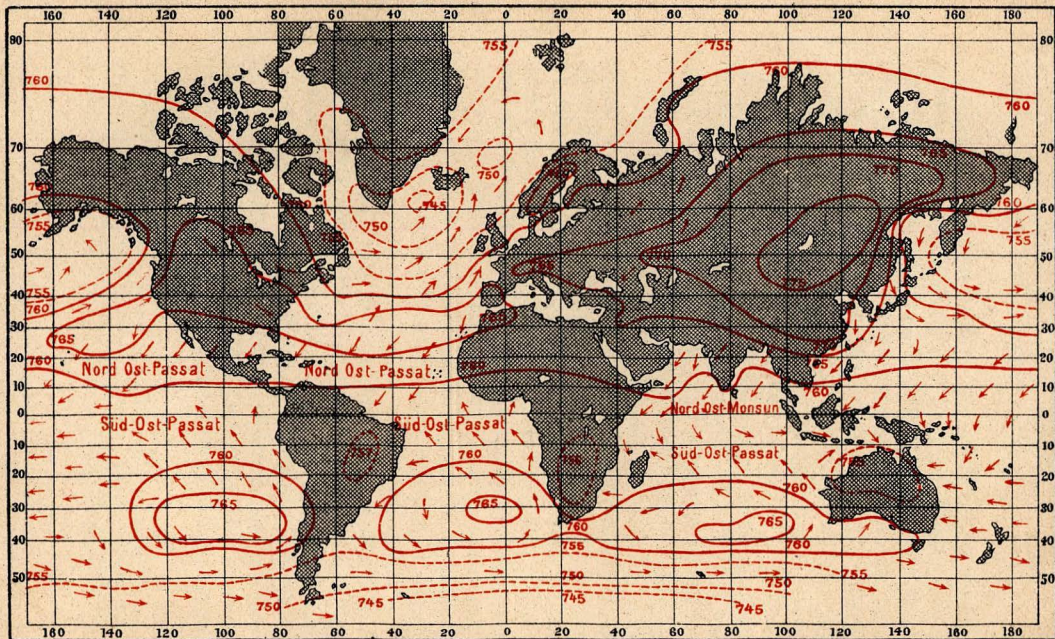
Die Ursache dieser Abweichung liegt in der täglichen Umdrehung der Erde. Auf eine ausreichende Darlegung ihrer Wirkungen auf den Kreislauf der Atmosphäre müssen wir hier

verzichten. Nur erinnert möge hier an das höchst wichtige Gesetz sein, das die Richtung und Stärke des Windes mit der horizontalen Verteilung des Luftdrucks verknüpft. Dieses Gesetz hat schon vor 2—4 Jahrzehnten seinen Ausdruck in einer Formel gefunden, in welche auch die Reibung und die Änderungen („Beschleunigungen“) der Bewegung eingehen; sein praktisch wichtigster Teil läßt sich, für den Erdboden, in folgenden Sätzen ausdrücken: Ein Beobachter, der mit dem Winde geht, hat den niedrigeren Luftdruck auf der nördlichen Halbkugel zu seiner Linken, auf der südlichen zu seiner Rechten, zugleich auf beiden etwas vor sich; den höheren Druck auf der entgegengesetzten Seite. Die ablenkende Wirkung der Erdrotation ist unabhängig von der Richtung des Windes<sup>1)</sup>. Der Wind ist um so stärker, je stärker das Gefälle des Luftdrucks (der „Gradient“ bzw. die Druckdifferenz auf die Einheit der Entfernung) ist. Die Hindernisse, die die Erdoberfläche der Luftbewegung entgegengesetzt, verkleinern den Winkel zwischen dem Gefälle und dem Wind und verringern die Stärke des Windes; sie sind in unebener, von Bergen umgebener Landschaft am größten, kleiner in der Ebene, noch kleiner auf dem Meere, am geringsten in den höheren Schichten der freien Atmosphäre.

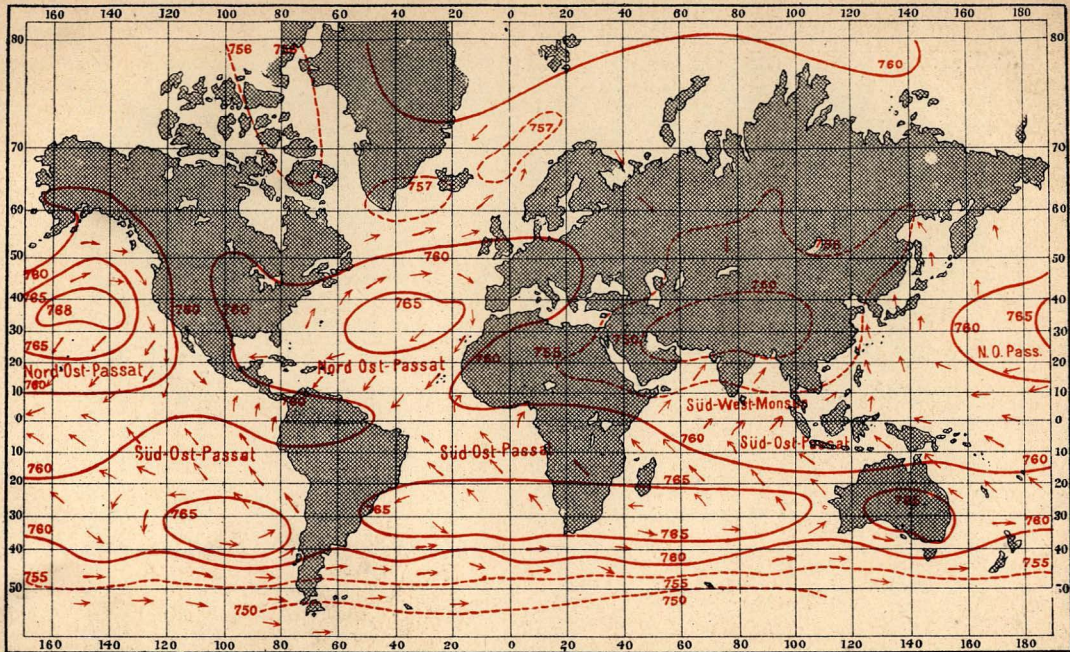
Wie in jedem Augenblick, so zeigen auch in den Mittelwerten Windrichtung und Druckverteilung einen innigen Zusammenhang, der aus den Taf. 5 und 6 deutlich hervortritt. Die Kurven stellen Linien gleichen Luftdrucks — Isobaren — dar, in Millimetern Höhe eines Quecksilber-Barometers (vgl. Trabert, Meteorologie S. 59), reduziert auf den Gefrierpunkt, das Meeresniveau und die Schwere auf dem Parallel 45 Grad.

<sup>1)</sup> Die ältere Auffassung, wonach nur die nord-südliche Komponente der Bewegung diese Ablenkung erfährt, beruhte auf Irrtum. Eine gemeinverständliche Darstellung der neueren kann man in meinen „Grundlinien der Maritimen Meteorologie“ (Hamburg 1899 S. 31—33) und anderen Schriften finden.





Tafel 5. Isobaren und Winde im Januar. — Hoher Luftdruck. - - - - - Niedriger Luftdruck.  
 Die Pfeile geben die herrschende Windrichtung an.



Tafel 6. Isobaren und Winde im Juli. — Hoher Luftdruck. - - - Niedriger Luftdruck.  
Die Pfeile geben die herrschende Windrichtung an.



Gelegentlich, aber selten und lokal kommen auch Winde vor, deren Energie nicht, wie die der bisher betrachteten, in der Sonnenstrahlung ihre Quelle hat, so z. B. die Stoßwinde von Lawinen und Berggrutschen, die in den Alpen sehr gefürchtet sind.

Der Wind wirkt sowohl unmittelbar durch seine mechanische Kraft, als mittelbar durch seinen bestimmenden Einfluß auf Temperatur und Feuchtigkeit, mächtig auf das Leben des Menschen und der übrigen Organismen ein. Seine enge Verknüpfung mit der Verteilung des Luftdrucks gibt auch der letzteren große Wichtigkeit für die Klimatologie, während der direkte Einfluß des Luftdrucks auf die organische Natur geringfügig ist; erst in Höhen von mehreren tausend Metern wird die Druckverminderung für den Menschen fühlbar (Bergkrankheit, § 25).

Der Wind wird mehr als irgend ein anderes klimatisches Element von der Rauigkeit und den Hervorragungen der Erdoberfläche beeinflusst. Die Windgeschwindigkeit nimmt deshalb von der Erdoberfläche aufwärts zuerst sehr schnell, nachher langsamer und von 200 m an bei östlichen Winden oft nicht mehr, bei westlichen gewöhnlich zu. Bei Berlin ist die Windgeschwindigkeit im Mittel vieler Ballonaufstiege wie folgt, wenn diejenige an dem schon sehr frei stehenden Anemometer auf dem Turm des Observatoriums in Potsdam = 1 gesetzt wird:

Höhe km	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6
Geschwind.	1,75	1,95	2,15	2,5	3,1	4,5

Auf dem Blue Hill (Massachusetts) nimmt die Windgeschwindigkeit durchschnittlich für 100 m im Sommer um 0,3, im Winter um 0,9 m per Sekunde zu.

Wegen des starken Einflusses der Gebäude, Bäume und Bodenwellen auf den Wind ist es sehr schwer, zwei Anemo-

meter so aufzustellen, daß sie genau vergleichbare Angaben bei allen Windrichtungen geben.

### § 15. Kreislauf der Atmosphäre; planetarische Winde.

Auf den Ozeanen der Erde, besonders auf dem Atlantischen, finden wir eine zonenweise Anordnung des Luftdrucks und der Winde, die wahrscheinlich, wenn die Erdoberfläche gleichmäßig von Wasser oder von ebenem Land gebildet sein würde, sich überall finden würde und auch in der Atmosphäre anderer Planeten angenommen werden darf, da sie durch die Verteilung der Sonnenstrahlung nach der geographischen Breite und die Wirkungen der täglichen Umdrehung bedingt ist. In der Nähe des Äquators liegt ein Gürtel mit Stillen und veränderlichen Winden, der äquatoriale Kalmengürtel, die Mallungen der deutschen, Doldrums der englischen Seeleute. Nördlich daran stößt der Gürtel des Nordostpassats, südlich jener des Südostpassats. Die Passate sind Winde, die Tag für Tag aus derselben Richtung und mit annähernd derselben Stärke wehen. In der Nähe von 30 Grad Breite folgt je ein zweiter Gürtel mit Mallungen, aber nicht, wie der äquatoriale, mit niedrigem, sondern mit hohem Luftdruck. Man bezeichnet von alters her jenen im Norden als die Roßbreiten (*horse latitudes*), und da eine kurze Bezeichnung erwünscht ist, können wir auch den im Süden so bezeichnen. Weiter nach den Polen zu findet man bis in die Nähe von 60 Grad ein ausgesprochenes Übergewicht westlicher Winde. Findet aber schon in den vorhergehenden Gürteln jedes Schiff etwas andere Verhältnisse: die Kalmengürtel bald breit, bald schmal, den Passat bald mehr, bald weniger stetig und frisch, so sind in den Roßbreiten und zunehmend nach 60 Grad hin Wind und Luftdruck äußerst veränderlich. Nach den Polen zu sind diese Gürtel der westlichen Winde begrenzt durch je einen Gürtel veränderlicher, oft stürmischer Winde aus allen Richtungen, niedrigsten mitt-



Ieren Luftdrucks und stärkster Luftdruckschwankungen, wo der Beobachter sich fast ebensooft auf der Nord- wie auf der Südseite eines barometrischen Minimums befindet. Auf der nördlichen Halbkugel ist noch weiter polwärts ein Gebiet erkennbar, wo im Winter nördliche oder östliche Winde bereits ein entschiedenes Übergewicht haben, während im Sommer teils diese, teils Windstillen überwiegen. Auf der südlichen Halbkugel sind bisher nur wenige Schiffe über das Gebiet der vorwaltenden Westwinde hinausgekommen.

Die Erklärung dieser Luftdruck- und Wind-Gürtel ist ein schwieriges Problem. Selbstverständlich ist sie nur möglich unter Hinzuziehung der Luftbewegungen in den übrigen Schichten der Atmosphäre, durch die die Bewegungen der untersten Luftschicht ihre Ergänzung und teilweise auch Kompensation finden. Ja sogar, da in dem untersten Zehntel der Atmosphärenmasse die Windänderung mit der Höhe durchschnittlich am schnellsten vor sich geht, so ist das, was wir am Erdboden beobachten, für die Mechanik der Atmosphäre am wenigsten maßgebend. Das Problem schien durch die von Ferrel 1858 gegebene Theorie der atmosphärischen Zirkulation (vgl. das Schema auf S. 73 von Bd. 54 dieser Sammlung) eine mechanisch mögliche Lösung gefunden zu haben, mit der auch die von Oberbeck 1888 ausgearbeitete Theorie übereinstimmte, wenn man unter der „unteren Strömung“ von Oberbeck nicht die Winde an der Erdoberfläche, sondern diejenigen in 2—10 km Höhe verstand. Die Abweichung der untersten Luftschicht ist nach Ferrel durch die Reibung am Erdboden bedingt. Sie folgt passiv dem durch den Kreislauf der freien Atmosphäre erzeugten Luftdruck-Gefälle.

Soweit es sich um die in die Richtung der Breitenkreise fallende Komponente der Bewegung handelt, stimmen diese Theorien miteinander und mit der Erfahrung in den meisten Stücken überein; insbesondere in bezug auf das Vorwalten

von West nach Ost gerichteter Luftbewegungen in den Zonen zwischen 35 Grad und 60 Grad Breite durch die ganze Atmosphäre hindurch. Eine Kompensation durch entgegengesetzte, also östliche Winde ist nicht nötig, weil es sich um in sich geschlossene Lustringe handelt. Über dem Äquator ergibt besonders Oberbeck's Theorie im Einklang mit der Erfahrung über dem Stillengürtel der untersten Luftschicht eine östliche Luftströmung bis in die größten Höhen; der Übergang in die westliche Strömung der gemäßigten Zonen soll sich, je höher hinauf, in um so geringerer Breite vollziehen, über den äußeren Theilen der Passate also westliche Antipassate wehen, wofür auch manche Erfahrungstatsachen sprechen. Auch die allgemeine Luftdruck-Verteilung in verschiedenen Höhen stimmt mit diesem Bilde überein. Die beiden Ringe hohen Luftdrucks, die an der Meeresoberfläche bei etwa 30 Grad N und S liegen, sowie die große westliche Strömung zwischen 35 und 60 Grad Breite sind nach diesen Theorien Produkte des Zusammenwirkens der Erdumdrehung mit dem Temperaturunterschied zwischen Pol und Äquator.

Die Hauptschwierigkeit bietet indessen die zweite, die in den Meridian fallende Komponente der Luftbewegung, also der Luftaustausch zwischen höheren und niedrigen Breiten. Hier muß, soweit es sich um das Mittel der ganzen Halbkugel handelt, im Jahreslaufe ebensoviel Luft in der Richtung zum Pol wie zum Äquator fließen, da sie sonst an einer dieser Stellen sich anhäufen müßte. Entsprechend dem auf S. 60 dargelegten Satze, wonach stets oben die Bewegung vom Warmen zum Kalten, unten vom Kalten zum Warmen geht, verlangen Ferrel und Oberbeck für die freie Atmosphäre über einer von den Polen zum Äquator gerichteten Bewegung eine solche, die zu den Polen zurückkehrt — beide natürlich nur als Komponenten neben der anderweitig bestimmten westlichen oder östlichen Bewegung. Die Beobachtung hat bis jetzt für

diese oberste Polwärts-Bewegung keine Beweise geliefert. Bis vor kurzem konnte man noch annehmen, daß diese Strömung sich oberhalb von 10 000 m von der Erdoberfläche, über der Cirrus-Region, abspielt. Aber jetzt hat man durch die unbemannten Registrier- und Pilotballons auch diese Schichten, bis über 20 000 m Höhe hinaus, der Beobachtung zugänglich gemacht und mehr Versetzungen nach niederen als nach höheren Breiten gefunden, so daß Hildebrandsen die Behauptung aufstellen zu müssen glaubt, daß in den ständigen Kreisläufen um die beiden Pole ebenso, wie in den wandernden Zyklonen unserer Breiten, oben zentrifugale, unten zentripetale Bewegungen vorherrschen, die einander kompensieren; damit ist unten eine Bewegung zum Kalten, oben eine solche zum Warmen bedingt. Wie eine solche mechanisch möglich ist, bedarf noch der Erklärung.

Infolge der wechselnden Stellung der Sonne müssen im Jahreslaufe die planetarischen Windgürtel eine Schwankung ausführen; an den Zonen hohen Druckes kann man dieselbe auch auf Taf. 5 und 6 erkennen. Der südhemisphärische Kreislauf ist stärker entwickelt als der nordhemisphärische, der äquatoriale Kalmengürtel tritt daher kaum auf die Südhalbkugel über, sondern bewegt sich zwischen 0 Grad im März und etwa 10 Grad N im September.

### § 16. Einfluß der Festländer auf die Zirkulation der Atmosphäre.

Dadurch, daß 27 % der Erdoberfläche von festem, zum Teil gebirgigem Lande eingenommen wird, erleidet das planetarische Windsystem tiefgreifende Änderungen. Die in § 12 dargestellten Temperatur-Unterschiede zwischen Land und Meer erzeugen jahreszeitlich wechselnde Winde, die eine den täglichen Land- und Seebrisen analoge, aber ungleich groß-

artigere Erscheinung sind; denn sie reichen stellenweise bis nahe zur Mitte der Ozeane und der Festländer. Im Winter ist der Luftdruck in den unteren Niveaus auf den Festländern größer als auf den Ozeanen und fließt die kalte Luft aus den ersteren an der Erdoberfläche (unter dem durch die ablenkende Wirkung der Erdrotation bedingten Winkel) nach den letzteren ab; im Sommer ist umgekehrt der Druck in den unteren Schichten auf den Festländern geringer als in der Umgebung und es wird Seeluft, wieder mit der entsprechenden Ablenkung, dorthin angesaugt. Die Druckverteilung und die Luftbewegung in den höheren Schichten ist übrigens dieser unteren nicht direkt entgegengesetzt, sondern sie schließt sich oberhalb 1000 m Seehöhe näher dem planetarischen System (§ 15) an.

Vor allem ist die Süd- und Ostseite des größten der Kontinente, Asiens, der Schauplatz einer großartigen Entwicklung solcher, als Monsune bezeichneten, jahreszeitlichen Winde. Die Wirkung Asiens und seiner ausgedehnten Hochländer wird hier noch unterstützt durch die entgegengesetzte jährliche Schwankung in den Wüsten Australiens und Südafrikas. Von 10—23 Grad nördl. Breite und von Afrika bis zu den Philippinen herrscht im Sommer der SW-Monsun, auf dem Arabischen Meere mit stürmischer Kraft, auf dem Chinesischen nur schwach; im Winter aber der NE-Monsun, der mäßig bis schwach weht. An der chinesischen Küste reicht der NE, und zwar frisch wehend, bis 30 Grad nördl. Breite; im übrigen wechseln an der Ostküste Asiens bis hinauf zur Beringstraße schwache südliche Winde des Sommers mit stärkeren nordwestlichen Winden der kälteren Jahreszeit ab.

Ähnlich, wenn auch minder ausgeprägt, ist der Wechsel an der Ostküste Nordamerikas in 30—47 Grad nördl. Breite zwischen dem Vorwiegen starker WNW-Winde im Winter und mäßiger SW-Winde im Sommer.

### § 17. Periodische und unperiodische Änderungen des Windes.

Wir haben somit zweierlei jahreszeitliche Windwechsel kennen gelernt: einerseits Pulsationen der beiden Hälften des großen planetarischen Windsystems, deren jede dann größer ist, wenn die betreffende Halbkugel Winter hat; andererseits die Wirkungen der Luftanhäufung im Winter und der Luftabfuhr im Sommer, die auf den Festländern stattfindet. Bei den Monsunen Asiens überwiegt der letztere Einfluß; auf anderen Gebieten, besonders auf offenem Meere, ist der erstere vorherrschend. So kann der SW-Monsun in den Südwest-Küsten bei Sierra Leone und Costa Rica im Nordsommer als der über den Äquator übergetretene und dem Ablenkungsgesetz der Nordhemisphäre verfallene SE-Passat angesehen werden; ebenso der NW-Monsun auf dem Indischen Ozean zwischen 0 Grad und 10 Grad südl. Breite im Südsommer; die Erhöhung der Sahara und Australiens wirkt nur verstärkend auf gewisse Teile dieser Monsune.

Den Monsunen analog, jedoch nur auf die Nähe der Küste beschränkt sind die täglichen Land- und Seebrisen (§ 12). Der letzteren Eintritt erfolgt meist erst gegen Mittag, und zwar zuerst auf dem offenen Meere, worauf die oft sehr scharfe Grenzlinie der Brise allmählich an die Küste und bis 30 und mehr Kilometer landeinwärts vorrückt. Wo eine ausgesprochene allgemeine Luftströmung vorhanden ist, wechselt deren Richtung im Tageslauf um einen gewissen Winkel, indem sie sich mit dem Druck vom Meere am Tage, vom Lande in der Nacht kombiniert.

Im Gebirge pflegt am Tage der Wind talaufwärts, in der Nacht talabwärts zu wehen, (vgl. § 25).

Im Flach- und Hügellande besteht die tägliche Schwankung des Windes hauptsächlich in einer Zunahme der Windstärke vom Morgen zum Mittag, worauf sie von 2 Uhr bis nach

Sonnenuntergang wieder abnimmt. In einiger Höhe über dem Boden (schon auf dem 300 m hohen Eiffelturm) und auf freigelegenen Bergspitzen findet umgekehrt eine Abschwächung des Windes bei Tage statt. Die Erklärung für beide Erscheinungen liegt in dem Austausch von Luftmassen zwischen den unteren, retardierten, und den oberen, schneller fließenden Luftmassen. Dieser Austausch ist am frühen Nachmittag am stärksten, in der Nacht am geringsten. Dort, wo er schneller bewegte Massen herbeiführt, bewirkt er Zunahme; dort, wo er überwiegend schwächer bewegte bringt, Abnahme der Windstärke. Auf dem offenen Ozean ist fast gar keine tägliche Stärkeperiode vorhanden.

Die allgemeine Zunahme der mittleren Windgeschwindigkeit mit der Annäherung an das offene Meer und nach den höheren Breiten hin unterliegt einer jährlichen Periode: sie ist viel größer in der kalten, als in der warmen Jahreszeit. Infolgedessen fällt in der gemäßigten Zone das Maximum der Geschwindigkeit an Küstengebieten an der Windseite der Festländer und in höheren Breiten auf den Winter, im Binnenlande dagegen auf den Frühling, das Minimum dort auf den Sommer, hier zum Teil (wegen der vielen Windstillen in den winterlichen Hochdruckgebieten) auf den Winter. In der heißen Zone ist dort, wo Monsune herrschen, der vom Meere kommende in der Regel (z. B. sehr ausgeprägt in Indien) der stärkere.

Der Glaube an zweimal im Jahre auftretende „Äquinoctialstürme“ ist für die meisten Gegenden der Erde grundlos, wenn auch (auf der nördl. Halbkugel) der September das Maximum der tropischen Orkane, der März dagegen das der Windgeschwindigkeit in vielen Binnenländern der gemäßigten Zone bringt.

In niederen Breiten überwiegen diese periodischen Schwankungen des Windes, in höheren die unperiodischen.

Diese werden größtenteils durch die Bewegung zeitlich bestehender Wirbel bedingt, deren Drehungssinn entweder der scheinbaren Bewegung der Sonne in der betr. Halbkugel entgegen ist — das sind Zyklonen mit niedrigem Luftdruck in der Mitte — oder mit dieser geht; diese nennt man Antizyklonen, in ihrer Mitte steht das Barometer hoch. Da diese Wirbel in beständigem Wandern, Wachsen und Vergehen begriffen sind, so wechselt an jedem Orte der höheren Breiten die Windrichtung in sehr launenhafter, aber immerhin nicht gefetzloser Weise. Weil nämlich diese Wirbel, besonders die zyklonischen, sich vorwiegend von West (NW, SW) nach Ost (SE, NE) bewegen, und zwar vorzugsweise in den polaren Teilen der gemäßigten Zonen, so kommen Orte dieser Zone auf der nördlichen Halbkugel öfter auf die rechte, auf der südlichen öfter auf die linke Seite des Wirbels zu liegen, und das bedingt bei Wirbeln beider Art, wie man sich leicht durch eine Zeichnung veranschaulichen kann, ein Übergewicht der Winddrehungen im Sinne N—E—S—W auf der nördlichen, N—W—S—E auf der südlichen Halbkugel. Die Seeleute nennen eine Drehung dieser Art auf der nördlichen Halbkugel „Auschießen des Windes“, eine entgegengesetzte „Krimpen“.

### § 18. Stürme und besondere Winde. Wirkungen des Windes.

Weitaus am eingehendsten untersucht, besonders ihrer praktischen Wichtigkeit wegen, sind die stärksten Winde, die Stürme und Orkane. Die meisten Stürme gehören zyklonalen Luftwirbeln an, doch ist nicht oft der ganze Umkreis der Zyklone stürmisch. Die Unterscheidung in Wirbelstürme und andere Stürme ist daher nicht strenge durchführbar. In mittleren und höheren Breiten, wo die Richtung und Stärke des Windes fortwährend wechselt, erreicht die letztere oft hohe Werte und sind die Stürme nicht so scharf von dem übrigen Verlaufe des

Wetters abgesetzt, wie in den Tropen, wo sie sich von der Regelmäßigkeit und Ruhe der übrigen Witterung abheben. Gerade diese isolierten tropischen Orkane erreichen aber die regelmässigste Ausbildung und zuweilen die größte Gewalt. Die Mehrzahl dieser Orkanwirbel entsteht in der Nähe von 10 Grad Breite, bewegt sich nach einer westwärts und zugleich vom Äquator weg gerichteten Bahn bis etwa zum Wendekreis und biegt darauf erst polwärts, dann in die allgemeine Bahn der Wirbel der gemäßigten Zone einschwenkend ostwärts ab; zugleich verbreitet sich ihr Durchmesser rasch, während ihre Intensität gewöhnlich abnimmt. Nicht alle Teile der Tropenzone werden jedoch von ihnen heimgesucht. Nicht nur die nächste Nachbarschaft der Äquators — etwa 5 Grad N bis 3 Grad S — ist frei davon, sondern auch große Meeressteile und die angrenzenden Festländer sind entweder ganz frei — so der ganze Südatlantische und der Osten des Großen Ozeans südlich der Linie — oder erhalten sie sehr selten: so der Osten des Nordatlantischen, des Nordpazifischen und des südlichen Indischen Ozeans. Die Jahreszeit ihres Auftretens ist — von vereinzelt Fällen abgesehen — in Westindien und dem Nordatlantik August bis Oktober; im Chinesischen Meer September und Oktober; in der Bai von Bengalen Mai und Oktober; im Arabischen Meere Mai und Juni; im südlichen Indischen Ozean Januar bis April; im südlichen Großen Ozean Januar bis März. Der Ausdruck „Orkan“ stammt aus Westindien; die Orkanwirbel des Chinesischen Meeres werden Taifune genannt.

Es sind hauptsächlich einige Inselgruppen: die großen und kleinen Antillen, die Maskarenen (Mauritius), die Samoa-, Tonga- und Fidji-Inseln nebst Neukaledonien und die Philippinen nebst Formosa, auf denen diese furchtbaren Erscheinungen, trotz ihrer Seltenheit, in der Charakteristik des Klimas zu beachten sind, weil ihre Verwüstungen den Wohlstand der Bevölkerung manchmal auf viele Jahre beeinträchtigen.



Winde, die für einzelne Landschaften wichtig sind, haben vielfach besondere Namen erhalten. Bei den alten Griechen und Römern trugen alle Richtungen eigene Namen; das zweckmäßigere System der Bezeichnung nach vier Hauptrichtungen und deren Verbindungen hat sich erst seit Karl dem Großen ausgebildet, vor allem natürlich bei den Seefahrern. Bei den Italienern waltet auch jetzt das ältere System vor. Über Föhn, Bora und Gebirgswinde vgl. § 25.

Für das westliche Mittelmeer sind hauptsächlich der drückend warme „Scirocco“ (in Spanien Leveche) aus SE, S oder SW und der bei heiterem Wetter vorwaltende „Maestro“ aus NW charakteristisch. Im südöstlichen Frankreich, resp. vom Ebro bis Genua wird der NW als „Mistral“ wegen seiner Heftigkeit und Dauer der bestimmende Zug des Klimas, wohl am schlimmsten bei Avignon.

Feindlich in das Leben des Menschen eingreifende Mächte sind die mit Staub und Sand beladenen, austrocknenden Wüstenwinde, die als Samum, Chamsin (Ägypten), Harmattan (Oberguinea) usw. bekannt sind, und die Schneestürme, die in Sibirien als Burán und Púrga, in Nordamerika als Blizzard bezeichnet werden. Bei der Púrga ist die Luft ein Chaos von beweglichem, hartem Schneestaube, der die Augen verschließt, das Atmen beklemmt, in die feinsten Ritzen der Kleidung eindringt und Menschen und Tiere umstößt; nur der Wald bietet Schutz; wo er fehlt, müssen Mensch und Tier entweder sich hinlegen und, vom Schnee bedeckt, das Ende des Sturms abwarten, oder sie treiben willenlos ins Verderben. Jede Orientierung geht in diesen Schneestürmen verloren, und selbst in Südrußland erfrieren Menschen dabei in nächster Nähe ihrer Wohnungen und gehen ganze Herden Vieh im Burán zugrunde.

Vielfach wirkt der Wind schädigend auf die Vegetation, teils durch Abpeitschen der Knospen, teils durch übermäßig gesteigerte Verdunstung, der die Wurzelstätigkeit nicht zu genügen

vermag, weil der Boden entweder zu wasserarm oder zu kalt ist. Am sichtbarsten sind diese Wirkungen bei heißen trockenen Winden. Außer den erwähnten Wüstenwinden ist z. B. der „Norther“ im südlichen Australien und der „Suchowéi“ in den Steppen Südrusslands zu erwähnen; an dem furchtbaren Mißwachs, der einige Teile Rußlands 1891 heimsuchte, hatten wenige Tage dieses Windes wesentlichen Anteil.

Um den durchschnittlichen Charakter der verschiedenen Windrichtungen für einen Ort zu ermitteln, berechnet man sog. thermische, atmische, Bewölkungs-, Regen- und Stärke-Windrosen, die die mittlere Temperatur, Dampfspannung usw. bei den einzelnen Richtungen angeben. Da der Wind die Luft selbst ist, in der wir leben, und er seine Eigenschaften während dieser Ortsveränderung theils weiter trägt, theils in gesetzmäßiger Weise ändert, so gestaltet sich der Zusammenhang dieser Erscheinungen mit der Windrichtung sehr charakteristisch, (vgl. S. 53). Der Raum verbietet ein näheres Eingehen darauf.

Außer den schon erwähnten Wirkungen des Windes müssen wir diejenigen, die er durch seinen mechanischen Stoß ausübt, erwähnen. Er wirft Wellen auf, sowohl auf dem Meere, als auf einer Sandfläche (Dünen, Wellenfurchen), die in seiner Richtung fortschreiten. Er entführt in trockenen Gegenden alles leicht bewegliche Bodenmaterial, erhöht die Unfruchtbarkeit der Wüsten und zugleich die Fruchtbarkeit derjenigen Nachbargebiete, wo er den Staub fallen läßt. Er ist auch der Haupttreiber der Meeresströmungen; ihm ist auch wahrscheinlich ein großer Teil der verschieden steilen Ränder der Flußtäler zuzuschreiben, indem zur Zeit hohen Wasserstandes die Wellen an demjenigen Ufer branden und nagen, nach dem die vorherrschende Richtung der gleichzeitigen starken Winde gerichtet ist.

---

## Kapitel 5.

## Das Wasser in der Atmosphäre.

## § 19. Kreislauf des Wassers in der Atmosphäre.

Neben ihren fast unveränderlichen Bestandteilen Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure, zu denen in neuerer Zeit noch Argon, Krypton, Helium usw. getreten sind, enthält die Atmosphäre auch mehr oder minder große Mengen Wasser in gasförmiger, flüssiger und fester Form. Seine Wandlungen bilden einen großen Teil dessen, was wir „Wetter“ nennen. Sie werden unter dem Ausdruck „Hydrometeore“ zusammengefaßt. Ihre außerordentliche Mannigfaltigkeit bedingt es, daß die Klimatologie ihnen unzählige verschiedene Seiten abgewinnen kann, deren jede mehr oder weniger zur Charakteristik eines Klimas beitragen kann.

Als Niederschläge bezeichnet die Klimatologie, abweichend von der Chemie, die flüssigen oder festen Stoffe, die sich aus der Luft auf den Boden oder auf feste Gegenstände absetzen — also mit geringen Ausnahmen die Kondensationsprodukte des Wasserdampfes der Atmosphäre; sei es, daß sie in der untersten Luftschicht sich bilden, wie Tau und Reif, sei es, daß sie aus der Höhe herabfallen, wie Regen, Schnee, Graupeln und Hagel. Manchmal, z. B. beim „Glätteisen“, dürfte beides abwechselnd oder zugleich vorkommen, nämlich neben dem Herabfallen unterkalteter Regentropfen die Verdichtung des Wasserdampfes an der Oberfläche der festen Gegenstände selbst.

Die relative Feuchtigkeit der Luft und die Nebelbildung hängen in erster Linie von den Zuständen in der Luftschicht ab, in der wir leben; Regen, Schnee, Hagel dagegen in erster Linie von denjenigen einer höheren Schicht, die von jenen der untersten sehr abweichen können; und je großtropfiger er ist, aus einer

um so größeren Höhe pflegt der Regen zu kommen. So stehen die Gewitterregen an dem einen, der Nebel am anderen Ende der Reihe der Hydrometeore; die Bedingungen für ihre Bildung und darum auch für ihre Verteilung nach Raum und Zeit pflegen entgegengesetzt zu sein.

Ein Kubikmeter Raum kann nur begrenzte, je nach der Temperatur verschiedene Mengen Wassers in Gasform enthalten, z. B. bei 0 Grad höchstens 4,9 g, bei 30 Grad höchstens 30,1 g. Wird feuchte Luft unter die „Sättigungstemperatur“ oder, was dasselbe ist, unter ihren „Taupunkt“ abgekühlt, so verdichtet sich der überschüssige Wasserdampf in tropfbar flüssige oder in feste Form, wenn auch nicht immer sofort (s. unten S. 78—79).

Die Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft werden daher einerseits durch ihren absoluten Wasserdampfgehalt — sei es in Grammen, sei es in Millimetern Dampfspannung — ausgedrückt, andererseits durch das Verhältnis der letzteren Größe zu ihrem höchsten bei der bestehenden Temperatur möglichen Werte — die sog. relative Feuchtigkeit. Neben dem Gehalt der Luft an Wassertropfen oder an Eis (Schnee ist die relative Feuchtigkeit erfahrungsgemäß dasjenige Moment, das sich am meisten der Wahrnehmung aufdrängt, vor allem dadurch, daß mit ihr die Leichtigkeit, mit der sich der atmosphärische Wasserdampf kondensiert, und die Schwierigkeit der Verdunstung von feuchten Oberflächen annähernd parallel geht. Die Versuche, andere Funktionen des Dampfgehaltes der Luft, namentlich Sättigungsdefizit, Taupunkt oder psychrometrische Differenz, an die Stelle der relativen Feuchtigkeit zu setzen, erweisen sich als nicht glücklich, obwohl diese Größen für bestimmte Zwecke Bedeutung haben. Schon der Umstand, daß man die Formänderungen gewisser organischer Körper benutzt, um direkte Messungen der relativen Feuchtigkeit zu machen (z. B. am Haarhygrometer), zeigt die unmittelbare Einwirkung der

letzteren auf die organische Welt. Auf den Menschen hat (nach Thomas) trockene Luft folgende Wirkungen: nervöse Aufregung, Schlaflosigkeit, Pulsbeschleunigung, größere Hauttrockenheit, Wärmeverminderung; Desor schreibt speziell neben der Bartlosigkeit auch den geringeren Fettansatz der Bewohner der Vereinigten Staaten im Vergleich zu den Europäern der größeren Lufttrockenheit zu. Berringerter Luftdruck, der die Verdunstung fördert, hat dieselben Wirkungen wie eine Verringerung der relativen Feuchtigkeit. Feuchte Luft (und erhöhter Luftdruck) haben die entgegengesetzten Wirkungen.

Daß sich feuchte Kälte sowohl als feuchte Hitze uns viel unangenehmer bemerkbar machen, als dieselben Temperaturen bei trockener Luft, weiß jeder; denn bei naschkaltem Wetter ist es die Wärmeentziehung durch die große Wärmekapazität des in der Luft befindlichen flüssigen oder festen Wassers, bei feuchter Schwüle umgekehrt der Fortfall der wärmeentziehenden Verdunstung, was so ungünstig ist. Daher sind auch Temperaturschwankungen bei feuchter Luft empfindlicher und gefährlicher als bei trockener.

Die Atmosphäre ist ein gewaltiger Destillierapparat. Die Verdampfung, d. h. der Übergang des Wassers aus dem flüssigen oder festen in den gasförmigen Zustand, geht auf allen Wasserflächen, feuchten Landflächen, der Pflanzendecke und endlich auch auf Schnee und Eis vor sich; sie ist um so größer, je höher die Temperatur, je weiter die Luft von der Sättigung entfernt und je größer die Windgeschwindigkeit ist. Die Wiederverdichtung des Wassers in tropfbare oder feste Form geschieht entweder in der freien Atmosphäre — Nebel resp. Wolken — oder an festen Oberflächen — Tau, Beschlag, Reif (z. T. auch Raufrost und Glatteis). Wie sich aus den mikroskopischen Tröpfchen einer Wolke Regen, Schnee und Hagel bilden, ist noch ungenügend geklärt. Der Regen entsteht durch Zusammenfließen der Tropfen, in einem dem Buttern ähnlichen

Vorgang, der nach Defant hauptsächlich zwischen Tröpfchen gleicher Größe stattfindet. Die größeren Tropfen sind wahrscheinlich stets ein Produkt des Zusammenfließens kleinerer. Welche Bedingungen aber in einem Falle dieses Zusammenfließens befördern, in anderen Fällen es bei anhaltend bedecktem Himmel doch zu keiner Regenbildung kommen lassen, ist noch unbekannt. Von den Schneesternern ist nicht nur die erste Bildung, sondern auch ihr regelmäßiges Wachsen unbekannt, nur die Zusammenballung bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt ist leicht erklärlich. Das Wachsen der Graupel- und Hagelkörner scheint jenem des Rauhreiß und Glatteises (s. unten) ähnlich zu sein, die Unterseite des fallenden Kornes verhält sich wie die Windseite des Rauhreißbüschels.

Nebel und Wolken bestehen ebenfalls aus Tropfen — die Annahme von hohlen Bläschen war ein Irrtum —, aber diese haben wegen ihrer Kleinheit keine merkbare Fallgeschwindigkeit. Da nämlich bei einem  $n$ -mal kleineren Tropfen das Gewicht  $n^3$ -mal, der Luftwiderstand aber nur  $n^2$ -mal geringer ist, so fallen die Tropfen um so langsamer, je kleiner sie sind, und schon eine geringe aufsteigende Bewegung der Luft erhält die kleinsten schwebend.

Die Verwandlung des Wassers aus Dampf in Flüssigkeit und in Eis geschieht in der Atmosphäre nicht immer beim Taupunkt und Gefrierpunkt, vielmehr sind „Übersättigung“ mit Dampf und „Unterkaltung“ unter 0 Grad ohne Gefrieren häufige Erscheinungen. Die Berührung mit festen oder flüssigen Gegenständen — Staub und Rauch einerseits, den Objekten an der Erdoberfläche andererseits — ist deshalb oft eine wichtige Bedingung zur Kondensation. Daher die dichten Nebel in großer Fabrikstädten, und der starke Beschlag und Rauhreiß an Bäumen usw. Nebel und Wolken bestehen auch bei starkem Frost überwiegend aus flüssigem Wasser, das erst

beim Berühren von rauhen Flächen als „Rauhreif“ gefriert; ist die Temperatur ungefähr 0 Grad, so kann der unterkaltete Tropfen vorher sich ausbreiten, es entsteht durchsichtiges „Glätteis“.

Sinkt bei klarer Nacht die Temperatur der Bodenoberfläche und der untersten Luftschicht unter den Sättigungspunkt der letzteren (den Taupunkt), während die Pflanzen und tieferen Bodenschichten fortfahren, Wasser abzugeben, so bedecken sich Gegenstände an der Oberfläche mit Tau oder Reif, um so stärker, je stärker sie ausstrahlen und je schwerer sie Wärme aus der Tiefe zugeführt erhalten. Durch die „Kondensationswärme“ wird die weitere Abkühlung sehr verlangsamt. Deshalb ist Nachtfrost nicht zu fürchten, wenn der Taupunkt abends erheblich über dem Gefrierpunkt liegt. Erstreckt sich die Abkühlung auf eine größere Luftschicht, so bilden sich Nacht- und Morgennebel; das ist hauptsächlich in Vertiefungen der Fall, wo kalte Luft aus der Umgebung zusammenfließt. So gefährlich für den Gartenbau diese Abkühlungen selbst sind, so sind die Kondensationen dabei sowohl als Dämpfer der Frostgefahr, wie auch als Wasserspender in trockener Zeit von Vorteil.

Da Luft beim Aufsteigen erkaltet, beim Absteigen sich erwärmt (§ 13), wenn sie nicht Zeit hat, unterwegs größere Mengen Wärme aufzunehmen oder abzugeben, so begünstigen vertikale Luftbewegungen die Bildung von Wolken (in der Höhe), während Nebel (am Boden) sich nur bei Abwesenheit derselben bilden kann. Nebel ist daher am häufigsten in solchen Gegenden und Zeiträumen, wo Umkehrung der normalen Temperatur-Abnahme mit der Höhe stattfindet: in winterlichen Hochdruckgebieten und über kalten Meeresströmungen. Über warmen Wasserflächen, deren Ausdehnung zu gering ist, um die Temperatur der darüberliegenden Luft zu beeinflussen, tritt übrigens bei Kälte auch Nebel — sog. Frostrauch — auf, so über Waken im Eise, aber ganz lokal.

Umgekehrt bewirken aufsteigende Luftbewegungen, wenn die Luft in ihnen nicht gar zu trocken ist (Sahara), leicht Wolkenbildung und, wenn diese mächtiger wird, auch Regen. Man kann, wenn auch in jedem Regen Tropfen von verschiedener Größe vorkommen, zwischen großtropfigen Schlagregen und kleintropfigen Nieselregen unterscheiden. Nach Dauer und Ergiebigkeit lassen sich die Regen in vier charakteristische Gruppen teilen: 1. kurz und ergiebig: Platzregen, 2. kurz und spärlich: Schauer in trockenen Binnenländern und im Passat auf den Ozeanen, 3. lang und ergiebig: Monsunregen der heißen, Landregen der gemäßigten Zonen, 4. lang und spärlich: Nebelregen (im Extrem: Nebelreißer, garúa). 1. und 2. gehören den niedrigeren Breiten, dem Festlande, dem Sommer und den Nachmittagsstunden an; 3. und 4. mehr den höheren Breiten, den Meeren, dem Winter und der Nacht bzw. dem Vormittage. Die Größe der Tropfen nimmt von 1. bis zu 4. ab, ebenso wie die Höhe ihrer Entstehung über dem Ort der Beobachtung, bei 2. tritt jedoch nicht selten Verkleinerung während des Falls durch Verdunstung auf.

Unsere stärksten Gewitterregen geben nur einen schwachen Begriff von den Güssen und den elektrischen Entladungen, die in vielen Gegenden der Tropenzone die Regenzeit kennzeichnen. So stehen die Nebel an dem einen, die Gewitter am anderen Ende der Reihe in einem gewissen Gegensatz (§ 20).

### § 20. Horizontale Verteilung der Hydrometeore.

In der Verteilung der Hydrometeore über die Erde zeigt sich eine ähnliche, nur viel weniger durchgreifende Tendenz zur zonenweisen Anordnung, wie bei den Temperatur-Verhältnissen.

Die Verteilung der Dampfspannung über die Erde ist im Winter in den Hauptzügen übereinstimmend mit der Verteilung der Temperatur. Im Sommer sind die Abweichungen



bedeutender, weil das Innere der Festländer sich durch geringere Dampfspannung trotz höherer Temperatur auszeichnet.

Umgekehrt ist die relative Feuchtigkeit im allgemeinen dann und dort hoch, wo die Temperatur niedrig ist, doch zeigt sie viel mehr selbständige Züge als die Dampfspannung, so daß sie feuchte und trockene Klimate in den Tropen wie in der Polarzone erkennen läßt.

Mit der relativen Feuchtigkeit der untersten Luftschicht parallel geht die Neigung zur Nebelbildung, während die Bildung von Wolken große relative Feuchtigkeit in höheren Schichten der Atmosphäre zur Voraussetzung hat. Der am Schluß des vorigen Paragraphen besprochene Gegensatz zwischen der Nebelbildung an der Erdoberfläche und der Ausbildung der bis in 5 und selbst 10 Kilometer über dem Meere reichenden Haufenwolken und großtropfigen Kondensationen, die den aufsteigenden Luftbewegungen ihren Ursprung verdanken, spricht sich in der horizontalen Verteilung der Hydrometeore deutlich aus. Über warmen Meeresströmungen sind Gewitter und Schlagregen, über kalten sind Nebel häufig; unter 15—40 Grad Breite sind darum die Westhälften der Ozeane — mit Golfstrom, Kuro Siwo, Brasil- und Agulhas-Strom — weit gewitterreicher, als deren Osthälften mit Kanarien-, Kalifornien-, Peru- und Benguela-Strömung, dagegen letztere reich an Nebeln. Am interessantesten ist dieser Gegensatz zwischen Ost- und Westküsten der Festländer bei Südafrika, wo er sich südwärts über das Festland hinaus weit ins freie Weltmeer fortsetzt. Überall, wo man auf der Karte kalte Strömungen angegeben findet, darf man Neigung zu Nebeln und Regenarmut, über warmen aber Neigung zu Regen, eventuell auch Gewitter und Hagel erwarten. Sehr ausgesprochen ist dieser Gegensatz auch in etwas höheren Breiten, wo die Nebel auf dem kalten Wasser der Neufundland-Bank und des Schotskischen Meeres in scharfem Gegen-

satz stehen zu den Gewitterregen und Stürmen des Golfstroms und des warmen Japanischen Stromes.

Es ist zwar klar, daß die von den Flüssen aus den Festländern den Meeren zugeführten Wassermengen in der Höhe, als Wasserdampf und Wolken, wieder zu den Festländern zurückkehren; man darf aber darum nicht annehmen, daß aller Wasserdampf im Innern der Kontinente direkt vom Meere stamme. Auf dem langen Wege findet hingegen vielfach Niederschlag und Wiederverdampfung statt, so daß das Wasser der Regen im Innern der großen Festländer überwiegend in der Nachbarschaft verdunstet ist. Da nun im Winter in den gemäßigten und höheren Breiten wegen der niedrigen Temperatur im Binnenlande wenig Wasser verdunstet, so beschränken sich in diesen Jahreszeiten die Niederschläge größtentheils auf die Nachbarschaft der größeren Wasserbecken, insbesondere der Ozeane; zum Sommer dagegen, wenn die Festländer wärmer als die angrenzenden Meere sind, nimmt die Stärke und in freilich viel geringerem Grade auch die Häufigkeit der Regen im Innern der Festländer so zu, daß die Regenmenge in ihnen oft diejenige an den benachbarten Küsten übertrifft. Aufsteigende Luftbewegungen, welche die Hauptursache des Regens bilden, sind dann auf dem Festlande, wo um diese Jahreszeit auch der niedrigere Luftdruck sich findet, häufiger als auf dem Meere, und die hohe Temperatur ermöglicht dort einen starken Wasserdampfgehalt der Atmosphäre und eine starke Verdunstung.

## § 21. Der jährliche und tägliche Gang der Hydrometeore.

A. Die jährliche Periode der Hydrometeore wird in den gemäßigten und kalten Zonen, wo die jährliche Temperaturschwankung groß ist, von dieser beherrscht, während sie in der ewig heißen Zone durch die dort sehr viel strengere Periodi-

zität der Luftbewegungen, der horizontalen sowohl wie der vertikalen, bestimmt wird.

Dabei ist der jährliche Gang der verschiedenen Hydrometeore entweder parallel — indem diejenigen der untersten Luftschicht (insbesondere Nebel und relative Feuchtigkeit) ihre höchsten und niedrigsten Werte gleichzeitig mit denen der oberen Schichten (insbesondere der Bewölkung, des Regens und Gewitters) erreichen; oder die beiden Gruppen haben mehr oder weniger entgegengesetzten Gang; oder endlich ihre Perioden sind gegeneinander in mannigfaltiger Weise verschoben. Diese Verschiedenartigkeit macht es schwierig, aus dem Gewirre der Erscheinungen die großen Züge herauszulösen.

a) In den gemäßigten und kalten Zonen besteht ein Gegensatz zwischen dem jährlichen Gange auf dem Festlande und dem Meere, der durch mannigfache Übergänge vermittelt wird. Der Dampfdruck zwar ist fast überall in den wärmsten Monaten am größten, in den kältesten am geringsten; aber während im Binnenlande die Regenmenge in der warmen, die relative Feuchtigkeit und Häufigkeit des Nebels in der kalten Jahreszeit am größten sind, ist es auf dem Ozean umgekehrt.

A. Binnenland:		Winter <sup>1)</sup>	Frühl.	Somm.	Herbst
Breite:	R. menge, mm	66	115	183	95
Prag 50° N	rel. Feucht. %	84	70	66	78
Kimberley 29° S	R. menge, mm	32	89	216	119
	rel. Feucht. %	61	52	55	63
B. Ozean:					
Färöer 62° N	R. menge, mm	567	407	317	518
	rel. Feucht. %	84	81	85	85
Kap Jubh 28° N	R. menge, mm	81	15	0	129
(W.-Küste v. Afr.)	rel. Feucht. %	85	86	93	91
St. Kolloth 29° S	R. menge, mm	61	17	4	37
(W.-Küste v. Afr.)	rel. Feucht. %	76	83	87	80

<sup>1)</sup> Als Winter durchweg Dezember bis Februar auf der nördlichen, Juni bis August auf der südlichen Halbkugel verstanden, als Sommer die entgegengesetzten Monate.

Während in Mitteleuropa Nebel bekanntlich bedeutend häufiger in der kalten als in der warmen Jahreszeit auftreten, sind die berühmten Nebel der Neufundland-Banken auf die Monate April bis September beschränkt und im Juni am häufigsten. In der Zahl der Tage mit Nebel und mit Gewitter zeigt sich dieser Gegensatz zwischen Ozean und Kontinent noch ausgeprägter als in der relativen Feuchtigkeit und der Regenmenge; diese Zahl beträgt z. B.:

1. Nebeltage:	Winter	Frühl.	Somm.	Herbst
zu Stykfisholm, Island . . .	1	3	4	1
„ Thorshavn, Faröer . . .	2	7	24	10
„ Royalbai, Südgeorgien .	13	19	27	15
„ Prag . . . . .	23	16	13	27
„ Moskau . . . . .	10	6	5	10
2. Gewittertage:				
auf Island . . . . .	0,6	0,1	0,1	0,3
„ den Faröern . . . . .	0,6	0,3	0,1	0,1
zu Prag . . . . .	0	4	11	1
„ Moskau . . . . .	0	3	9	0

Der Gegensatz zwischen Meer und Land zeigt sich auf kleinem Raume sehr anschaulich auf den Britischen Inseln. Von der Gesamtzahl der Tage mit Nebel entfallen hier nach Scott auf den

	Winter	Sommer
Küste . . . . .	15%	44%
Binnenland . . . . .	47%	11%

In der Nachbarschaft kalter Meeresströmungen dringt der Gegensatz zwischen Regenmenge und Nebelhäufigkeit näher zum Äquator vor: in Loango heißt die kühle trockene Jahres-

zeit das Nebeljahr, die heiße das Regenjahr; die Nebel der Trockenzeit werden hier allerdings durch Grasbrände verstärkt.

Die Mehrzahl der meteorologischen Stationen zeigt indessen nicht so typische Verhältnisse, sondern komplizierte Zwischenformen. So ist z. B. an der deutschen Küste der jährliche Gang der Nebel und der Gewitter wohl entgegengesetzt, und zwar mit kontinentalem Charakter; aber relative Feuchtigkeit und Regenmenge zeigen diese Bünde nur in bezug auf das Maximum, das Minimum erreichen beide im Frühjahr, und zwar infolge des häufigen Auftretens östlicher Winde in dieser Jahreszeit; die ganze Schwankung ist übrigens hier gering.

b) In den meisten Gegenden der heißen und der wärmeren gemäßigten Zone ist, soweit eine scharfe Periodizität der Hydrometeore überhaupt vorhanden ist, diese für alle annähernd gleich: in der Regenzeit sind sowohl die relative Feuchtigkeit, als die Gewitter häufiger als in der Trockenzeit, und zwar ohne wesentlichen Unterschied zwischen Ozean und Kontinent. Und zwar gilt dieses sowohl für die sogenannten subtropischen Winterregen, als für die tropischen Regen bei höchstem Sonnenstande.

Subtropische Winterregen. Winter Frühl. Somm. Herbst

Palermo 38° N	{	R.menge, mm	223	127	31	208
		rel. Feucht. %	70	66	64	67
Kapstadt 34° S	{	R.menge, mm	285	124	53	170
		rel. Feucht. %	80	73	67	75

Tropische Sommerregen.

Puebla (Mexiko)	{	R.menge, mm	23	124	522	266
		rel. Feucht. %	58	53	71	69
Pieter-Maritzburg (Natal)	{	R.menge, mm	19	233	346	147
		rel. Feucht. %	64	72	75	72

Wo, wie in Indien, unter dem Zusammenwirken periodischen Windwechsels und jährlicher Temperaturschwankung die Dreiteilung des Jahres in eine kühle, eine heiße und eine Regenzeit sich herausbildet, erstreckt sich diese Asymmetrie auf beide hier betrachtete Elemente, jedoch in etwas verschiedener Weise; z. B. in

		Dez.—Fbr.	März—Mai	Juli—Sept.
Mahaabad	{ N.menge, mm	39	30	797
	{ rel. Feucht. %	65	42	81

Die übrigen auf die Hydrometeore bezüglichen klimatischen Elemente, insbesondere Bewölkung und Zahl der Tage mit Regen, vermitteln zwischen diesen Extremen: sie schließen sich diesen an, wo diese, wie in den letztgenannten Gegenden, zusammengehen, und sie zeigen eigenartigen verwickelteren jährlichen Gang dort, wo Regenmenge und relative Feuchtigkeit diskordant verlaufen, also in den kälteren Teilen der Erde. Ein näheres Eingehen darauf muß in die spezielle Klimafunde verwiesen werden; dagegen sollen die wichtigsten Arten des jährlichen Wechsels von Regen- und Trockenzeiten aus niederen Breiten, wo nicht die Wärme, um so mehr aber die Regen die Jahreszeiten machen, etwas genauer betrachtet werden.

Zwischen 30 Grad N und 30 Grad S treffen wir in vielfacher Wiederholung folgende vier Haupttypen der Regenverteilung über das Jahr, die wir durch je eine Station aus nördlicher und südlicher Breite veranschaulichen wollen:

1. Doppelte Regenzeit, große Trockenzeit im Winter, kleine Trockenzeit („veranillo“ der Spanier) im Sommer<sup>1)</sup>.
2. Einfaches Sommermaximum.
3. Herbstmaximum, Trockenzeit Winter und Frühling.
4. Wintermaximum, Trockenzeit im Sommer.

<sup>1)</sup> „Sommer“ und „Winter“ wie in den außertropischen Breiten der betreffenden Halbkugel verstanden.

## Beispiele, Regenmenge in Millimetern.

	Nordhalbkugel.					Südhalbkugel.			
	1	2	3	4		1	2	3	4
	Colombo	Bombay	Madras	Teneriffa		Sanſibar	Tanamaribo	Mitwa, D. D. -N.	St. Helena, 2. St.
Jan.	82	3	21	53	Juli	58	5	17	51
Febr.	48	0	7	73	Aug.	42	7	24	44
März	121	0	9	93	Sept.	44	17	8	30
Apr.	290	1	16	38	Okt.	102	89	8	15
Mai	307	14	50	19	Nov.	152	133	20	10
Juni	212	522	52	8	Dez.	162	280	116	8
Juli	113	624	96	5	Jan.	76	294	122	20
Aug.	97	378	118	2	Febr.	107	236	103	27
Sept.	127	278	123	12	März	153	187	171	44
Okt.	365	45	278	63	Apr.	373	51	320	26
Nov.	319	12	338	74	Mai	291	18	101	42
Dez.	161	1	133	114	Juni	62	8	1	55

Typus 1 ist namentlich in der Nähe des Äquators vertreten — Afrika von etwa 8° N bis 15° S, Ecuador, Venezuela, SW-Rüsten Mittelamerikas und der großen Antillen —, kehrt jedoch auch in SüdJapan wieder; Typus 2 reicht in den Osthälften der Festländer über 30 Grad Breite hinaus; Typus 4 ist unter 30—45 Grad Breite in deren Westhälften (Mittelmeergebiet, Kalifornien, Chile, Kapland, SW-Australien) sehr bekannt unter dem Namen der „subtropischen Winterregen“. In niederen Breiten tritt er, jedoch ohne eigentliche Trockenzeit, ausnahmsweise an einigen vom Passat bestrichenen Gebirgsküsten auf (Bernambuco, Zinschhafen, Amboina).

In den außertropischen Breiten zeigen zwischen den überwiegenden Sommerregen der Binnenländer und Winterregen der Weltmeere die Küstengebiete<sup>1)</sup> Neigung zu überwiegenden Herbstregen mit relativ regenarmen Frühjahren.

B. Die tägliche Periode der Hydrometeore folgt größtentheils denselben Gesetzen, die wir an der jährlichen wahrgenommen haben, jedoch mit charakteristischen Abweichungen, die durch die Kürze des Zeitraums bedingt sind, welcher gegenüber der Geschwindigkeit der Luftbewegungen nicht mehr als unendlich groß gelten kann.

Was die Eigenschaften der untersten Luftschicht selbst anbelangt, so gehen Dampfgehalt und Dampfspannung in der täglichen Periode nur auf dem Wasser stets und im Winter meistens auch auf dem Lande der Temperatur parallel; im Sommer haben sie im Binnenlande dagegen zwei Minima — zur wärmsten und zur kältesten Zeit — und zwei Maxima — morgens und abends. Das nachmittägliche Minimum ist eine Wirkung des um diese Zeit bestehenden vertikalen Luftaustauschs, durch den dampfärmere Luftmassen aus der Höhe zum Erdboden gelangen. Auf Bergen dagegen ist aus demselben Grunde die Dampfspannung am Nachmittag am größten.

Die relative Feuchtigkeit ändert sich im allgemeinen umgekehrt wie die Temperatur; nur durch periodische Winde werden Abweichungen darin hervorgebracht, namentlich bewirkt an Küsten der Seewind häufig eine Zunahme der relativen Feuchtigkeit und der Nebelhäufigkeit um die Mittagsstunden, die an manchen Orten plötzlich eintritt und aufhört, jedoch an trüben Tagen meist ausbleibt. Auf Berggipfeln sind ebenfalls die Nebel am häufigsten um die Mittagszeit, weil sie hier eine Folge der Wolkenbildung in aufsteigenden Luft-

<sup>1)</sup> Auch die von Binnengewässern wie die Ostsee und die großen Seen Nordamerikas.



strömungen sind. Dagegen bilden sich in den Tiefländern bekanntlich lokale Nebel in der wärmeren Jahreszeit fast nur nach Sonnenuntergang, besonders auf feuchten Wiesen und Mooren, in Tälern und Mulden; die steigende Sonne bringt sie bald wieder zur Auflösung.

Bei dem Regen kann man drei Elemente unterscheiden: seine Dauer, seine Intensität und seine Menge. Das Produkt der ersten beiden ergibt die letztere. Der tägliche Gang der drei Elemente an einem Orte der Ozeanküste mit vorwiegend von See kommenden Winden, ferner an zwei Binnenlandorten hoher und niedriger geographischer Breite ist im folgenden Tafelchen dargestellt. Es sind typische Gegenstände ausgewählt; in den meisten Gegenden aber ist der Gang, namentlich der Regenmenge, recht verwickelt mit mehreren Maxima und diejenige Verteilung der Mengen, die für den Ozean charakteristisch ist — Hauptmaximum in der Nacht — tritt stellenweise auch weit im Binnenlande — Bern, Irkutsk — auf.

- Reihe 1. Regenmenge in Tausendstel der Gesamtmenge;  
 " 2. Regendauer in Tausendstel der Gesamtdauer;  
 " 3. Intensität in mm pro Regenstunde.

	Vormittag			Nachmittag		
	0—4h	4—8h	8—12h	0—4h	4—8h	8—12h
A. Ozean-Küste:						
Balentic	1. 181	<b>183</b>	160	149	162	165
W-Irland, 52° Br.	2. 186	<b>213</b>	154	128	145	164
	3. 0,97	0,84	1,04	<b>1,16</b>	1,12	1,01
B. Binnenland:						
Pawlowsk 60° Br.	1. 148	156	144	<b>201</b>	185	157
	2. 174	<b>220</b>	152	146	149	156
	3. 0,42	0,35	0,48	<b>0,69</b>	0,62	0,50
San José de Costa- rica, 10° Br.	1. 13	6	44	342	<b>485</b>	84
	2. 126	56	54	224	<b>343</b>	191
	3. 0,88	0,80	0,58	2,74	<b>3,32</b>	1,02

Der tägliche Gang der Intensität stimmt mit demjenigen der Platzregen und Gewitter, soweit bekannt, überein. Bei der Zahl der Gewitter zeigt sich der Gegensatz zwischen Festland und Meer, den wir in der jährlichen Periode fanden, auch in der täglichen ausgeprägt (Prozentsätze):

	Vormittag			Nachmittag		
	0—4h	4—8h	8—12h	0—4h	4—8h	8—12h
Deutschland . . . . .	5	4	10	37	32	12
NW-Schottland . . .	22	15	13	12	17	21
Atlant. Ozean, 0—10° N.	27	17	10	10	16	20

Im übrigen ist das Beobachtungsmaterial über die tägliche Periode der Regen auf dem Meere und auf exponierten Inseln so spärlich, daß wir uns mit den Erscheinungen auf den Festländern begnügen müssen.

Die durchschnittliche Intensität der Regen ist hier in der Regel zur kältesten Tageszeit am geringsten, zur wärmsten Tageszeit oder etwas später am größten: am Nachmittag überwiegen die Schlagregen, nachts und am Morgen die Kieselregen. Minimum und Maximum verhalten sich in Europa etwa wie 1:1½. Geringer und in unseren Gegenden in der kälteren Jahreszeit ungefähr entgegengesetzt, in der wärmeren sowie in niederen Breiten häufiger gleichlaufend ist die tägliche Periode der Regenhäufigkeit oder der Regendauer. Minimum und Maximum stellen sich meist nur etwa wie 1:1,2. Das Produkt beider Größen, die Regenmenge, hat, wie leicht zu begreifen, einen komplizierten täglichen Gang, in welchem sich vielfach mindestens zwei Maxima zeigen: eines vor Sonnenaufgang zur Zeit der häufigsten, ein zweites am Nachmittag zur Zeit der stärksten Regen. In mittleren Breiten überwiegt im Binnenlande das letztere, an den Küsten das erstere Maximum, wie die folgenden Zahlenreihen zeigen (Prozente der Tagesmenge):

	Vormittag			Nachmittag		
	0—4h	4—8h	8—12h	0—4h	4—8h	8—12h
6 Küstenstationen:	18	<b>19</b>	17	15	15	16
6 Binnenlandstationen:	14	15	15	<b>19</b>	<b>20</b>	17

Die Jahreszeiten verhalten sich verschieden, wahrscheinlich je nachdem, wieviel ozeanische Luft dem Orte zuteil wird: in Mitteleuropa ist im Binnenlande (Paris, Berlin, London) im Sommer der kontinentale Tagesgang verstärkt, im Winter wird er durch jenen der Küste ersetzt; die in beiden Jahreszeiten vorherrschenden Winde vom Ozean sind im Winter stärker als im Sommer. An den Küstenorten selbst dagegen (Valentia, Triest) ist, wahrscheinlich sowohl wegen der sommerlichen Seewinde, als wegen der allwärts im Sommer verstärkten Tagesperiodizität, der Küstentypus im Sommer noch ausgeprägter als im Winter.

In der heißen Zone ist der binnenländische Typus der Nachmittagsregen sehr vorherrschend und ausgeprägt; an Küstenorten aber findet man auch das ganze Jahr (z. B. Kamerun) oder zu gewissen Zeiten, speziell in der Regenzeit bei entwickeltem Monsun (z. B. Batavia), Nachtregen stark überwiegend. Der letztere Ort gibt folgendes Ergebnis in %:

	Vormittag			Nachmittag		
	0—4h	4—8h	8—12h	0—4h	4—8h	8—12h
Januar u. Februar	<b>22</b>	20	13	13	15	17
Oktober u. November	7	5	11	30	<b>36</b>	11

Im Januar und Februar fällt, mit WNW-Monsun, dreimal so viel Regen, wie im Oktober und November.

Zahlreiche Gegenden, namentlich solche, die an der See-  
seite von Gebirgen gelegen sind, zeigen ein durchschnittliches  
Verhältnis der starken Regen und Gewitter von den frühen

Nachmittags- auf die Abendstunden. Dies ist vermutlich dem zuzuschreiben, daß die Gewitter und Platzregen dieser Gegenden in der Regel nicht in ihnen entstehen, sondern ihnen fertig aus andern Gegenden zuziehen, die die Gewitterherde abgeben und von denen die Wolken der betrachteten Gegend vorwiegend kommen.

Wie der tägliche Gang des Dampfdrucks, so wird auch der der Bewölkung vom täglichen Gange der vertikalen (Auf- oder Ab-)Bewegungen der Luft beeinflusst. Wo der Luftaustausch zwischen oben und unten einen starken täglichen Gang hat, also besonders im Sommer in Wüsten, gelangen um die heißeste Tageszeit dampfreichere Luftmassen in die Höhe, so daß in der Höhe nicht nur der Dampfdruck, sondern auch die relative Feuchtigkeit und die Wolkenbildung in den aufsteigenden Luftströmen (Kumulus- und Kumulo-Nimbus-Formen) am frühen Nachmittag ihr Maximum erreichen.

Die tägliche und jährliche Periode der Bewölkung wird dadurch verwickelt, daß sie für die kompakten, durch aufsteigende Bewegung gebildeten Wolken mit traubigen oder zu Schirmen ausblühenden Gipfeln dieser letzteren Art ganz anders ist, als für die unbestimmten stratus- und stratokumulusartigen Formen. Erstere erreichen das Maximum ihrer Entwicklung um die wärmste Tages- und Jahreszeit oder bald danach, letztere gegen Morgen und in der kälteren Jahreszeit. Da deren Entwicklung erst in der Nacht erfolgt, pflegt der Abend die heiterste Tageszeit zu sein; die Kumuluswolken dagegen beginnen bei ruhigem Wetter erst gegen 10<sup>h</sup> a. m. sich zu bilden und sind gewöhnlich um 5<sup>h</sup> p. m. wieder in Auflösung begriffen. Ähnlich, wie aus diesem Grunde 10—12<sup>h</sup> a. m. und 10—12<sup>h</sup> p. m. die geringste Bewölkung zu zeigen pflegen, sind in vielen Gegenden der nördlichen gemäßigten Zone Mai und September die heitersten Monate, während im Sommer Kumuluswolken, Regenschauer und Gewitter, im Winter

stürmischeres Wetter mit langdauernden Regen und Schneefällen das Wetter beherrschen.

## § 22. Die Regengürtel und ihre Störung durch die Festländer.

Die drei Größen, nach denen man den Prozeß des Flüssig- oder Festwerdens des Wassers in der freien Atmosphäre gewöhnlich untersucht: Größe der Bewölkung, Zahl der Tage mit Niederschlag und Niederschlagsmenge<sup>1)</sup> gehen in der Tropenzone einander auch in der jährlichen Periode ziemlich parallel; in höheren Breiten laufen sie infolge der Zunahme der jährlichen Temperaturschwankung stellenweise weit auseinander.

In den Grundzügen der Verteilung ihrer Jahreswerte über die Erde stimmen sie indessen überein. Auch bei ihnen ist eine Anordnung nach Zonen ausgeprägt, die aber viel mehr, als bei der Temperatur, durch einen zweiten Faktor, die Lage des Ortes zum Meere und zu den vorherrschenden Winden, durchkreuzt wird.

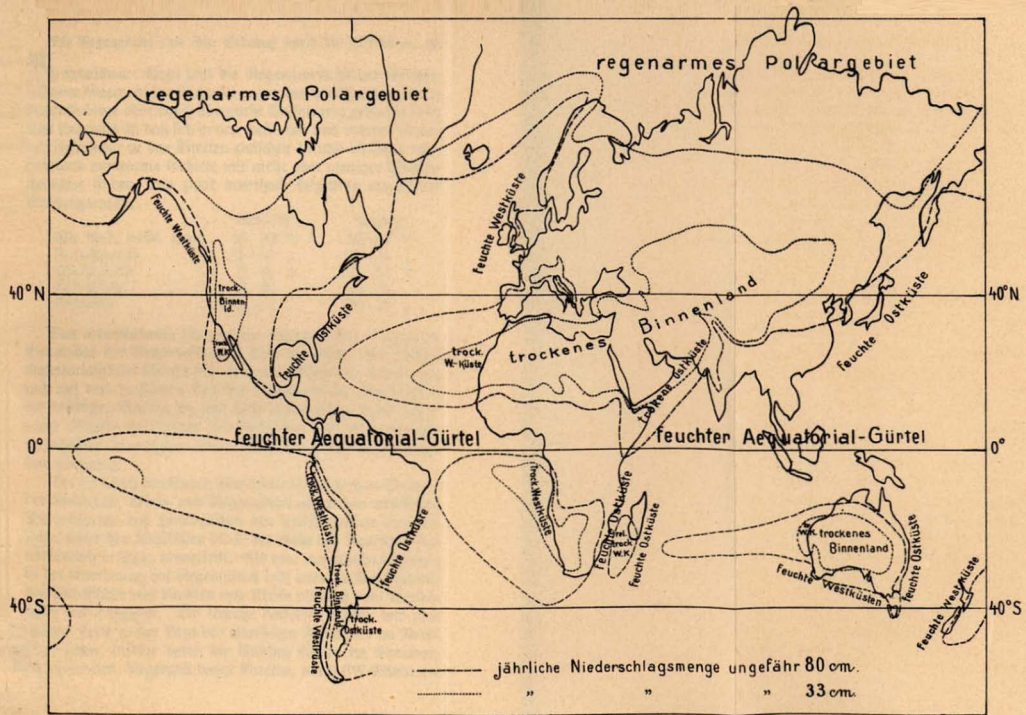
Wie bei Wind und Luftdruck, so kann uns auch hier als Ausgangspunkt der Atlantische Ozean dienen. Ein schmaler Wolken- und Regengürtel liegt nahe dem Äquator, zwischen den beiden Passaten, am Ende des Nordsommers bis nach 10 Grad nördl. Breite sich verschiebend, im Ausgang des Südsommers aber nicht weiter als bis an den Äquator zurückweichend, da die Grenze zwischen dem süd- und nordhemisphärischen Windsystem vorwiegend nördlich von 0 Grad liegt (§ 15). Von diesem äquatorialen Regengürtel aus nehmen beiderseits bis nach den Wendekreisen Wolken und Regen immer mehr ab, besonders an der Ostseite des Ozeans. Einzelne kleine Haufenwolken, viel Sonnenschein und vereinzelte

<sup>1)</sup> Der Kürze wegen werden für diese Größen gewöhnlich die Ausdrücke „Regentage“ und „Regenmenge“ gebraucht, auch wo ein Teil der Niederschläge als Schnee niederfällt.

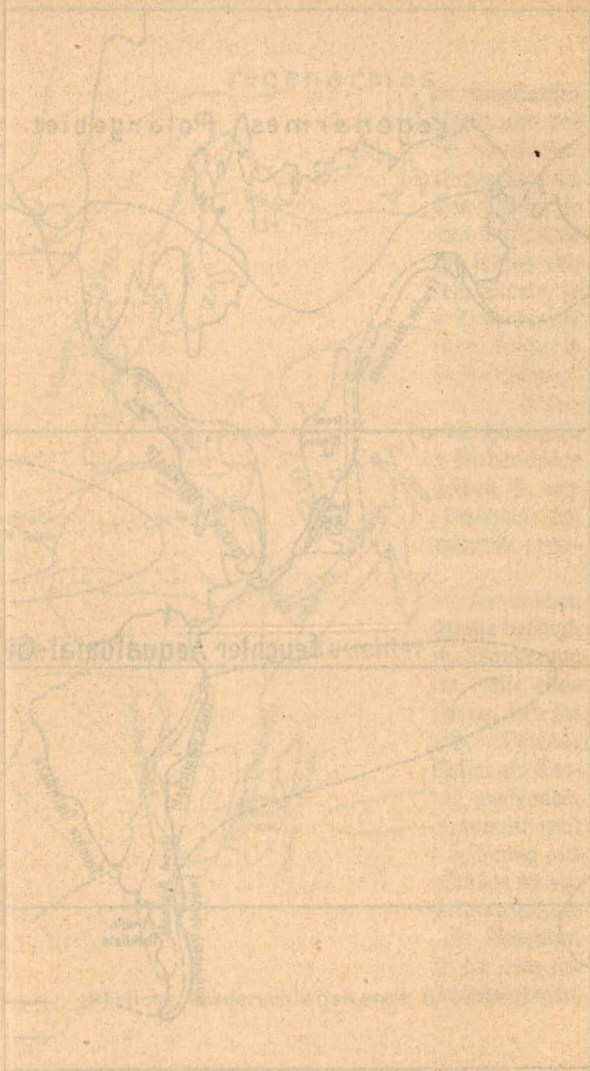
kurze und wenig ergiebige Regenschauer sind das charakteristische Wetter der äußeren Teile der beiden Passate und des Hochdruckgebiets der Kopfbreiten. Regenlos sind die Passatzonen freilich auf dem Meere keineswegs. Entfernt man sich vom Äquator weiter in das Gebiet der westlichen Winde, so nehmen Wolken und Regen mit dem Sinken des Luftdrucks wieder rasch zu. Im Gebiete niedrigsten Drucks südlich von Island erreichen die Regen, wenn auch nicht die Stärke, so doch die Häufigkeit wie am Äquator und ist die Trübung des Himmels im Winter noch viel größer als dort; noch stärker ist die Zunahme der Regen polwärts vom südlichen Wendekreis. Dagegen ist jenseits der Gürtel der Westwinde, in den Polarzonen (wahrscheinlich in beiden Hemisphären), die Häufigkeit der dort ganz überwiegend als Schnee fallenden Niederschläge wieder geringer und besonders die Menge derselben ist, entsprechend dem durch die niedrige Temperatur bedingten geringen Dampfgehalt der Atmosphäre, vergleichsweise unbedeutend.

Zwischen dem Ostlande und Westlande des Atlantischen Ozeans zeigt sich indessen, durch die Windverhältnisse bedingt, ein beträchtlicher Unterschied. Soweit die jährliche Wanderung des äquatorialen Regengürtels reicht, in diesem Falle etwa von 5 Grad südl. Breite bis 15 Grad nördl. Breite, sind die Regenmengen an beiden Küsten ungefähr gleich. Darüber hinaus aber ist die amerikanische Küste, wo der Passat als Seewind weht und, namentlich im Sommer, mit wachsender Breite eine vom Äquator abgewandte Richtung annimmt, weit regenreicher, als die afrikanische, wo der Wind beständig aus mehr polarer Richtung weht. Im Gebiete der westlichen Winde sind wiederum die Westküsten von Island, Großbritannien und Norwegen erheblich reicher an Niederschlägen als Labrador.

Dieselbe Anordnung der Regengebiete wie im und am Atlantischen Ozean finden wir nun, mit lokalen Abänderungen,



Tafel 7.



Regierungsbezirk Posen

Provinz Posen



auch anderwärts. Dazu tritt die Regenarmut solcher Gebiete, die vom Meere, in der Richtung gegen den herrschenden Wind, durch Gebirge oder durch übergroße Entfernung getrennt sind. Das Ergebnis ist, daß sich in den westlichen und inneren Teilen der Festländer in den Breiten zwischen 15 und 50 Grad ausgedehnte regenarme Gebiete mit mehr oder weniger Wüstencharakter finden, und zwar innerhalb folgender ungefährer Breitengrenzen:

	Westküste	Inneres
Alte Welt, nördl. Hem. . . . .	18—30° N	16—50° N
Nord-Amerika . . . . .	25—33 "	30—44 "
Süd-Amerika . . . . .	5—32 S	17—50 S
Süd-Afrika . . . . .	17—32 "	18—34 "
Australien . . . . .	20—27 "	20—32 "

Das nebenstehende schematische Skizzen Taf. 7 zeigt die Hauptzüge der Regenverteilung über die Erde. Der feuchte Äquatorialgürtel schließt sich an den Ostküsten der Kontinente und auf dem westlichen Teil der Ozeane an die Regengürtel der mittleren Breiten an, und diese letzteren sind durch regenarme Gebiete im Innern der Festländer auf der nördlichen Hemisphäre in mehrere Stücke zerspalten, auf der südlichen nur eingengt.

Der mehrfach erwähnten Verschiebung des ganzen Systems der Luftdruck-, Wind- und Regengürtel gegen den nördlichen Pol entspricht das Hinabreichen der Trockengebiete der südlichen tropischen Westküsten bis in die Nähe des Äquators, das namentlich in Peru hervortritt. Als eine wesentliche Störung in der Anordnung der Regengürtel tritt aber die Regenarmut der Südostküste von Arabien und Afrika nördlich vom Wendekreis uns entgegen. Die Ursache derselben dürfen wir zum großen Teile in der Lage des asiatischen Festlandes im Nordosten sehen, insofern die östlichen Winde im Sommer, der normalen Regenzeit dieser Breiten, durch SW-Winde er-

setzt werden, die der Küste entlang wehen, ebenso wie die NE-Winde des Winters. Daß die Frage damit nicht erschöpft ist, zeigt allerdings die ebenso verlaufende Südostküste von Vorderindien, die weit mehr Regen hat, wenn auch nicht entfernt so viel, wie die SW-Küsten von Vorder- und Hinterindien.

Gebiete, wo, wie an den letztgenannten Küsten während des SW-Monsun, ein mit Dampf beladener Wind durch ein quer sich ihm entgegenstellendes Gebirge zum Aufsteigen genötigt wird, liefern in der ganzen Welt die größten Regenmengen. Dieser Fall liegt z. B. vor: an der Küste von Guyana und von Brasilien von Kap Roque bis Kap Frio, sowie an der Ostküste von Madagaskar, das ganze Jahr hindurch für den Passat, an den SW-Küsten von Liberia und Sierra Leone, wie von Malabar, Aracan, Tenasserim im Sommer für den SW-Monsun, ebenso in der wärmeren Jahreszeit an der Ostküste von Australien für den Passat, an den Südostküsten von China, Japan und Kamtschatka für den Süd-Monsun, umgekehrt in der kälteren an der NW-Küste von Japan für den NW-Monsun, an den Ostküsten von Formosa, den Philippinen und Hinterindien für den NE-Monsun, an der NE-Küste von Neuguinea im allgemeinen im Südsommer für den Nordmonsun, aber bei Finschhafen, das nach SE exponiert ist, ebenso wie bei Amboina, im Südwinter für den Passat; in höheren Breiten für die Westwinde, besonders im Winter und Herbst, an den Westküsten von Norwegen, Großbritannien, Galicien, von Nordamerika zwischen 40 und 60 Grad N, von Südamerika südlich von 37 Grad S, von Neuseeland usw.

Aber auch ohne starkes Ansteigen des Terrains bewirkt das Festland bei starken von der See kommenden Winden ein Empordrängen der Luftmassen in der Weise, daß es sie durch Reibung zurückhält und nötigt, was sie an Geschwindigkeit verlieren, durch vergrößerten Querschnitt — in diesem Falle vergrößerte Höhe — des Stroms zu ersetzen, um eine kon-

tinuierliche Strömung zu ermöglichen. Der große Regenreichtum der Ebenen am Amazonas und unteren Brahmaputra, der landeinwärts in noch größere Regenmengen an den die Ebene abschließenden Gebirgen übergeht, dürfte so zu erklären sein. Auch auf dem Ozean scheinen die Räume, wo die Luftströmung von Gebieten mit starken nach solchen mit schwachen Winden weht, also die Luftmassen durchschnittlich in Verzögerung begriffen sind, mehr Regen zu haben, als solche, wo ihre Geschwindigkeit zunimmt.

Zu beachten ist auch, daß für die Regenerzeugung nicht so sehr die Windrichtung am Erdboden, als jene in Wolkenhöhe maßgebend ist, die von ersterer um mehrere Strich, auf der Nordhemisphäre meist nach rechts abweicht. So z. B. ist am unteren Indus die Regenmenge sehr gering, trotzdem der Unterwind in der Regenzeit direkt vom Meere kommt; wahrscheinlich kommt der Wolkenzug überwiegend vom trockenen iranischen Plateau.

In der Nähe des Äquators fallen Regengüsse vielfach bei Windstille, und der Gürtel der äquatorialen Mallungen (d. h. Windstillen und veränderlichen Winde) ist auf seiner jährlichen Wanderung von großen Regen begleitet.

Durch das Zusammenwirken dieser wichtigsten Ursachen mit anderen, wohl zurzeit nur teilweise erkannten, setzt sich das komplizierte Bild der Regenverhältnisse der Erde nach Quantität und jahreszeitlicher Verteilung der Regen zusammen. Der regelmäßige Wechsel von Trockenzeiten und Regenzeiten ist dabei nur in niederen Breiten scharf ausgeprägt, jenseits etwa 45 Grad Breite wird die Veränderlichkeit der Jahrgänge so groß, daß dieser periodische Wechsel mehr oder weniger sich verwischt, und sorgt andererseits die Kälte des Winters dafür, daß am Ausgange der kalten Jahreszeit bedeutende Wasservorräte selbst dort vorhanden sind, wo Winter und Frühling nur wenig Niederschlag bringen.

Die Regen der tropischen Zone „folgen der Sonne“ in ihrem Jahreslaufe vom Norden nach dem Süden und zurück; die Regenzeiten setzen in den meisten Gegenden dann ein, wenn die Sonne am höchsten steht; dem zweimaligen Durchgange der Sonne durch das Zenit entspricht vielfach eine zweimalige Regenzeit mit einer großen und einer kleinen Trockenzeit dazwischen. In der Nähe des Äquators sind diese Trockenzeiten am wenigsten ausgeprägt und bringen alle Monate mehr oder weniger Regen. In der Regel liegt, wie die Theorie auch erwarten läßt, der Gürtel mit doppelter Regenzeit dem Äquator näher, als derjenige mit einfacher Sommerregenzeit; allein diese Aufeinanderfolge ist, selbst auf den Ozeanen, keineswegs überall vorhanden. Namentlich treten an vielen Stellen, auch in sehr niedrigen Breiten, Herbstregen an Stelle beider Typen; die große Trockenzeit rückt dabei in den Frühling vor. Lokal findet auch eine vollständige Umkehrung statt: Regenzeit im Winter der betreffenden Halbkugel, relative Trockenzeit im Sommer; so ist es außer in den oben bei der Wirkung der Winde schon erwähnten Gegenden auch an der Küste von Pernambuco und auf dem Ozean westlich von Peru zwischen 5 und 15 Grad südl. Breite der Fall.

Typisch aber sind Winterregen und regenarme Sommer für die dem 35. Parallel benachbarten Breiten beider Hemisphären im westlichen Teile der großen Festlandsmassen und im östlichen der benachbarten Ozeane. Das klassische Beispiel dafür sind die Umgebungen des Mittelmeers nebst den Atlantischen Inseln im Westen und den gebirgigen Teilen Persiens und West-Turkestans im Osten. Dasselbe aber finden wir in Kalifornien, Chile, Kapland und SW-Australien. Alle diese Gegenden nehmen im Sommer an der Regenlosigkeit der auf ihrer Äquatorial-Seite liegenden Wüsten teil, im Winter an dem Regenreichtum der angrenzenden höheren Breiten. Die beiden regenarmen Gürtel nehmen also an der

Bewegung des äquatorialen Regengürtels teil, sie liegen je-  
weils im Sommer ihrem Pole näher als im Winter.

In den Breiten über 50 Grad hinaus fallen die Nieder-  
schläge in allen Jahreszeiten, besonders im Seeklima, häufig,  
aber selten stark; im Innern der Festländer fällt dabei die größte  
Regenmenge im Sommer, auf den Ozeanen im Winter, an  
den Westküsten meist im Herbst.

Die Äquatorialgrenze des Schneefalls liegt in der Ebene  
größtenteils zwischen 25 und 35 Grad Breite. Den Wende-  
kreis überschreitet sie nur in China und Südamerika. In der  
tropischen Zone kommt Niederschlag in fester Form in der  
Ebene wohl als Hagel, aber nicht mehr als Schnee vor. Über  
schwere Hagelfälle liegen, allerdings als über höchst seltene  
Ereignisse, Berichte aus vielen Gegenden der heißen Zone,  
besonders aus dem Binnenlande, vor; da kleine Hagelkörner  
beim Durchfallen der heißen unteren Luftschichten schmelzen,  
so sind es nur besonders große Schloßen, die bis zur Erdober-  
fläche gelangen. Daher kennt man in Indien keine Graupeln,  
wohl aber Fälle des Erschlagens von Menschen und Tieren  
durch Hagelschloßen.

Gewitter sind auch in ihrer geographischen Verbreitung  
und in ihrer Verteilung auf die Jahreszeiten enge an das Auf-  
treten großtropfiger Niederschläge gebunden, also wie diese  
an hohe Dampfspannung resp. an das Vorhandensein warmer,  
feuchter Luft, und an aufsteigende Bewegungen der Atmo-  
sphäre. Damit hängt ihre Zugehörigkeit zum Sommer in  
unseren Gegenden zusammen.

In der Polarzone sind Gewitter äußerst seltene Erschei-  
nungen, doch sind solche selbst auf Spitzbergen und Nowaja-  
Semlja schon beobachtet worden. Im kurzen, aber warmen  
Sommer Sibiriens sind Gewitter nicht selten, in einem  
Streifen vom Weißen bis zum Ochotskischen Meere beträgt  
die mittlere jährliche Anzahl der Tage mit Gewitter 5—10;

an den Küsten senkt sich dieser Streifen südlicher, im Westen über Schweden nach England, im Osten nach Japan. Im folgenden Streifen, der von Dänemark über Südsibirien nach Korea sich zieht, beträgt die Gewitterzahl 10—15; Norddeutschland, Böhmen, Ungarn, die Ukraina haben 15—20, die Nordufer des Schwarzen und Kaspischen Meeres wieder weniger Gewitter; die Alpenländer 20—30; in Italien und Dalmatien steigt die Zahl der Gewittertage teilweise über 30, dagegen ist sie in Portugal, wohl angesichts der kühlen Meeresströmung, geringer; dieselbe Meeresströmung bedingt in Marokko Gewitterarmut; in viel großartigerer Weise haben diese Wirkung der Perú- und der Benguela-Strom. Mit dem Eintritt in den äquatorialen Regengürtel steigt dann die Gewitterfrequenz außerordentlich: sie beträgt 80—110 Tage jährlich in Westafrika, auf den Sundainseln und in einem großen Teile von Hinterindien, von Mittelamerika und dem Nordwesten von Südamerika.

In den Wüsten Nordafrikas und Asiens sinkt die Gewitterfrequenz wieder auf den Wert herab, den sie in Island und dem nördlichen Norwegen hat, nämlich unter 5 jährlich; in Nordamerika scheinen, außer in den östlichen Vereinigten Staaten, die Gewitter erheblich seltener zu sein, als in gleichen Breiten des alten Kontinents, oder doch die analogen Gürtel südlicher zu liegen.

### § 23. Verteilung der Hydrometeore nach der Höhe.

Der Dampfdruck nimmt in der Regel mit wachsender Höhe viel rascher ab, als es in einer selbständigen Atmosphäre von Wasserdampf möglich wäre. Das Daltonsche Gesetz vom Partialdruck der Gase ist also auf die freie Atmosphäre nicht anwendbar, und zwar weil der Ruhezustand, den es voraussetzt, nicht erreicht wird. Die Ursache davon liegt darin, daß „in den oberen Regionen der Atmosphäre vermöge der

Temperaturabnahme nicht so viel Dampf in elastischer Gestalt vorhanden sein kann, als dieser Ausdruck angibt" (Kämz, Lehrbuch I, 343). Würde der Dampfdruck an der Erdoberfläche nicht höher steigen können, als dem Dalton'schen Gesetz und dem Sättigungsdruck in den obersten Luftschichten entspricht, so würden wir unten stets eine so geringe relative Feuchtigkeit haben, wie in der Sahara. Die Abnahme des Drucks mit der Höhe in jeder selbständigen Atmosphäre folgt dem Gesetz  $\log p_h = \log p_0 - \frac{h}{c}$ ; die Konstante  $c$ , die für Luftdruck 18 400 ist, müßte für den spezifisch leichteren Wasserdampf im Verhältnis 1:0,623 größer, also 29 539 sein; sie ist aber durchschnittlich, nach Hann's Bestimmungen, nur 6517.

Überall, wo vertikale Luftbewegungen mit genügender Schnelligkeit vor sich gehen, um eine Annäherung an die adiabatische Temperaturänderung beim Druckwechsel zu gestatten, muß die relative Feuchtigkeit mit der Höhe zunehmen. Ist die Bewegung groß genug, resp. der Wasserdampfgehalt der Luft genügend, so führt dies zur Wolkenbildung in der Höhe. Nebel in der Tiefe dagegen sind ein Zeichen von völliger Abwesenheit von schnellen vertikalen Bewegungen in der Luft und sind in der Regel mit einer Zunahme der Lufttemperatur nach oben verbunden. Die Änderung der relativen Feuchtigkeit mit der Höhe hat sich nach den bisherigen Beobachtungen auf Berggipfeln und in der freien Atmosphäre als äußerst veränderlich erwiesen, ohne daß das Material bis jetzt zur Ableitung von Gesetzen ausgereicht hätte, abgesehen von dem Satze, daß im allgemeinen, je größer die Temperaturabnahme, um so bedeutender die Feuchtigkeitszunahme ist, und umgekehrt. Am Tage und im Sommer nimmt die Feuchtigkeit daher nach oben zu, in der Nacht und im Winter häufiger ab. Große Lufttrockenheit ist in hohen Niveaus im ganzen nicht viel seltener als in der Tiefe und die Verdunstung dabei oben weit stärker.

Die Bewölkung und die Dauer des Sonnenscheins zeigen interessante Beziehungen zur Höhe. Die mittlere Bewölkung beträgt nach Hann:

	Höhe, m.	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
ebene Schweiz	420	7.3	5.8	5.2*	6.2
Säntis	2467	5.1*	6.1	6.5	6.2

Auch der tägliche Gang der Bewölkung ist oben anders als unten, wenigstens im Sommer. Die sonnigste Tageszeit, die im Winter auf Obir und Sonnblick ebenso bei Mittag liegt, wie in Wien und Klagenfurt, verschiebt sich zum Sommer auf 9<sup>h</sup> morgens und ebenso stetig zum Winter auf Mittag zurück. Die Wahrscheinlichkeit, um Mittag Sonnenschein auf jenen Gipfeln zu treffen, ist im Dezember fast doppelt so groß als im Juni.

Die Wirkung der Gebirge auf die Niederschläge ist für die dem Winde zugekehrte (Luv-)Seite und die von diesem abgekehrte (Lee-)Seite verschieden. Auf der ersteren wird durch die aufsteigende Bewegung, zu der die Abhänge die Luft nötigen, die Wahrscheinlichkeit einer Regenbildung stets vergrößert, und zwar bis auf einige Entfernung vom Gebirge; auf der letzteren werden die gebildeten Wolken beim Herabsteigen der Luft wieder rasch aufgelöst und hat die ihres Wasserdampfs teilweise beraubte Luft weniger Neigung zu Kondensationen, als vor ihrer Annäherung an das Gebirge. Die Ebene an der Leeseite des Berges ist daher trocken. Ist die Windrichtung veränderlich, sind die verschiedenen Winde annähernd gleich feucht oder streicht das Gebirge in der Richtung des vorherrschenden Windes, so ist der Gegensatz von Luv- und Leeseite wenig auffällig; wo sich aber einem anhaltend wehenden Winde — Passat oder Monsun — ein Gebirge quer entgegenstellt oder die vorherrschenden Winde vom Meere, die gelegentlichen entgegengesetzten Winde vom Festlande kommen, dort



ist er höchst ausgeprägt. Immerhin ist er auch in Deutschland deutlich nachweisbar. So hat Auggen in der oberen Rheinebene in 290 Meter Höhe nur 108 Zentimeter jährlichen Regenfall, Badenweiler am Abhang des Schwarzwaldes in 420 Meter 132 Zentimeter, Höchenschwand auf der Höhe von 1010 Meter 188 Zentimeter, Donaueschingen aber auf der Seeseite trotz einer Seehöhe von 690 Meter wieder nur 108 Zentimeter.

Der Regenfall nimmt im Gebirge mit der Höhe zu, aber nur bis zu einer gewissen Seehöhe, von welcher ab die Niederschlagsmenge sich wieder verringert. Das Maß der Zunahme und die Höhe der Maximalzone ist je nach Umständen sehr verschieden, in den Bayerischen Alpen liegt die letztere im Winter zwischen 600 und 1000 m, im Sommer höher; im Himalaja bei 1200 m Seehöhe.

---

## Kapitel 6.

### Klimatische Typen.

#### § 24. Landklima und Seeklima. Wüstenklima, Waldklima, Küstenklima und Monsunklima.

Die oben geschilderten klimatischen Elemente verbinden sich je nach den verschiedenen geographischen Bedingungen zu verschiedenen Klimatypen, deren einzelne Züge wir schon kennen gelernt haben; da diese Züge in bestimmter Verbindung auftreten, so gibt ihre Zusammenfassung die Möglichkeit, die Hauptzüge der Klimate der einzelnen Länder durch deren Einreihung in diese Typen viel klarer und schneller zu erfassen, als dies ohne solchen Schlüssel möglich wäre.

Das Seeklima zeichnet sich vor dem Landklima durch größere Gleichmäßigkeit der Temperatur, größere Feuchtig-

keit der Luft, stärkere Bewölkung, regenreiche Winter, größere Windgeschwindigkeit und größere Reinheit der Luft von Staub aus. Im Landklima<sup>1)</sup> ist die tägliche und jährliche Schwankung aller Elemente, mit teilweiser Ausnahme des Luftdrucks und der Windrichtung, größer, auch die unregelmäßigen Änderungen der Temperatur von Tag zu Tag und von Jahr zu Jahr sind bedeutender, die mittlere Windstärke ist geringer, Windstillen sind viel häufiger, der Regenfall (in der Ebene) besonders im Winter seltener, die Luft trockener, oft stauberfüllt. Sowohl Sonnenstrahlung, als Ausstrahlung sind hier kräftiger. Kalte, windstille, sternklare Nächte, heiße Tage, um Mittag mit starkem Wind und zunehmenden Haufengewolken, in der warmen Jahreszeit zuweilen zum Gewittersturm und Regenguß sich steigend; dagegen in der kalten Jahreszeit überwiegend ganz klare oder durch niedrige Wolken ganz bedeckte Tage, selten gebrochene Bewölkung; das sind Charakterzüge des Landklimas. Die stärkeren Gegensätze der Temperatur im Landklima werden durch die Trockenheit der Luft, die Windstille bei Kälte und die mittäglichen Winde, zum Teil auch durch die stärkere Ein- und Ausstrahlung erträglicher gemacht.

Die ausgeprägteste Form des Landklimas ist das Wüstenklima. Einen Zug hat es mit dem Seeklima gemeinsam: die gesunde, von Krankheitskeimen freie Luft, die den Wüsten aller Breiten (auch der Polarzone) eigen ist und die sie, ebenso wie das Meer, dem Mangel eines geeigneten Nährbodens für diese Keime verdanken. Die Abwesenheit von Bäumen und Büschen und der starke mittägliche Luftaustausch zwischen den erhitzten untersten Schichten und der freien Atmosphäre bewirkt auch in den Wüsten, wenigstens periodisch, bedeutende

<sup>1)</sup> In der Ebene; Gebirgsklima vgl. den folgenden Paragraphen. — Das Seeklima wird auch als maritimes, das Landklima als kontinentales, das Küstenklima als Bitoralklima bezeichnet.

Windstärke. In allen anderen Hinsichten ist das Wüstenklima dem Seeklima ganz entgegengesetzt. Die Luft der binnenländischen Wüsten ist so wasserarm, daß trotz dieser aufsteigenden Luftbewegungen Wolken kaum, Regen fast nie sich bilden. Die Erwärmung und Abkühlung der Oberfläche der Felsen im Laufe des Tages ist so schnell, daß sie zu ihrer Zerstörung führt (§ 11). Die kleineren Trümmer werden, da sie durch keine Feuchtigkeit verklebt sind, vom Wind erfaßt; durch diese „Deflation“ wird der Boden der Wüste aller lockeren feinen Teile beraubt, so daß Kies und harter, wegen der mangelnden Auslaugung salzhaltiger Ton zurückbleibt.

Während der nächtlichen Ruhe der unteren Luftschichten klären diese sich vom Staube, der niedersinkende Staub wird am Tage wieder aufgewirbelt, bis er in Gewässern oder in regenreicheren Landstrichen am Rande der Wüsten festgehalten wird (Lößbildung). Da die Erosion durch fließendes Wasser fehlt, sind die abflußlosen Becken für die Wüste charakteristisch, deren Mitte meist durch brakische oder salzige Seen eingenommen wird. Ausnahmsweise vorkommende Regengüsse bewirken daher zeitweise Überschwemmungen (besonders in Australien), zugleich wecken sie zahlreiche schlummernde Pflanzenkeime. Gegen die übermäßige Verdunstung schützen sich die Pflanzen durch Behaarung, Verkleinerung der Oberfläche, Verschuß der Spaltöffnungen oder eine Epidermis ohne solche, der Mensch durch Einsetzen der Haut und Behüllen.

Wasserbecken von beschränkter Ausdehnung oder ein von polarer Strömung kühl gehaltener Teil des Ozeans lassen die Wüste bis an ihre Ufer heranreichen (Kaspisches und Rotes Meer, Persischer und Kalifornischer Meerbusen, Westküste der Sahara, Deutsch-Südwestafrika, Westaustralien, Peru und Nordchile). Sie erzeugen, wo nicht der vorwaltende Wind von ihnen und gegen ein Gebirge weht (wie im östlichen Kau-

fajus), keine Regenbildung, sondern nur eine Sättigung der untersten Luftschicht mit Wasserdampf und als Folge Nebel oder Taubildung, die aber nicht für Baumwuchs genügt. Da sie kühler als die umgebende Wüste sind, steigt diese feuchte Luft nicht auf und fehlen Wolken und Regen (Küstenwüsten).

Wie die Waldlosigkeit und Pflanzenarmut der Wüsten dort, wo die Wärme für den Baumwuchs ausreicht, ein Anzeichen des Mangels an Bodenfeuchtigkeit und an Regen ist, so zeigt umgekehrt Waldreichtum einer Gegend uns an, daß der Boden wenigstens in der Tiefe der Baumwurzeln genügende Feuchtigkeit enthalte, und also — wenn die Wälder nicht nur in den Niederungen der Flüsse usw. vorkommen — daß wenigstens in einem mehr oder weniger großen Teil des Jahres reichliche Regen den Boden nessen. Das Klima von Ländern, die waldbreich sind oder im Naturzustand waldbreich waren, unterscheidet sich von dem der Steppen und Wüsten durch mehr Regen, meist auch durch größere Luftfeuchtigkeit und Bewölkung und Milderung der Temperaturextreme. Unzweifelhaft ist dabei zum weitest- aus größten Teile das Klima das Bedingende, der Wald oder die Waldlosigkeit das Ergebnis; es bleibt aber eine interessante Frage, ob nicht der Wald auch seinerseits auf das Klima zurückwirkt. Damit hängt auch die wichtige Frage zusammen, ob der Mensch durch künstliche Bewaldung oder Entwaldung das Klima beeinflussen kann.

Man muß bei diesen Fragen unterscheiden zwischen 1. dem Raume im Walde unter den Baumkronen, 2. der Umgebung des Waldes und 3. den Luftschichten über dem Walde.

Unzweifelhaft beeinflusst der Wald, selbst in kleinen Streifen, 1. und 2. kräftig dadurch, daß er den Wind bricht und damit auch das Wegwehen des Schnees (zum Teil auch der Erdkrume) und das Austrocknen des Erd-

reichs und der Pflanzen verringert. Auf seine nächste Umgebung wirkt der Wald nur wie eine gleichgroße Bodenerhebung: auf Lichtungen ist es ebenso, wie in kesselförmigen Bodenvertiefungen, in der Nacht kälter, am Tage wärmer als auf freiem Lande. Man könnte erwarten, daß durch die Existenz einer oberen ein- und ausstrahlenden, vom Boden durch das Laubdach getrennten Oberfläche die klimatischen Verhältnisse unter diesem sich, wenn auch nur wenig, in derselben Richtung von denen des freien Feldes unterscheiden müßten, wie die des Bodens oder der Bodenluft. Allein die Beobachtungen zeigen eher das Gegenteil: nach solchen bei Landsberg. a. d. W. ist es z. B. im Walde allgemein, besonders aber im Herbst, etwas kühler als im Freien, im Frühjahr aber (vor der Belaubung) um Mittag etwas wärmer, wahrscheinlich ebenfalls nur durch die verringerte Windgeschwindigkeit. Die relative Feuchtigkeit ist dort, wo es jeweils kühler ist, um einige Prozent größer.

Wenn schon die Wirkung des Waldes auf Temperatur und Wassergehalt der Luft in seiner nächsten Nachbarschaft so gering ist, so dürfte diejenige auf die über ihm befindlichen Luftschichten, also auch auf Wolken und Regen noch geringer sein. Sorgfältige Untersuchungen zeigen zwar einen kleinen Überschuß von Regen im und am Walde im Vergleich zum freien Felde und einige Zunahme des Regens bei Aufforstungen; es handelt sich um Größen von etwa 2 bis 10% der Jahresmenge. Allein ein beträchtlicher Teil dieses Unterschieds scheint der stärkeren Beeinflussung der Regenmesser im freien Felde durch den Wind (s. oben S. 19), also einem bloßen Fehler unserer Instrumente zugeschrieben werden zu müssen.

Eine Veränderung der klimatischen Elemente durch den Menschen ist überall dort möglich, wo es sich um Beeinflussung eines beschränkten Raumes und relativ kleiner Luft-

massen handelt, also bei den Erscheinungen der untersten Luftschicht; nicht aber wo, wie bei der Mehrzahl der meteorologischen Vorgänge, viele Kubikkilometer der Atmosphäre beeinflusst werden müssten. So sind Windschutz, Frostschutz, in beschränktem Umfange Blitzschutz, vielleicht auch Zerstreuung von Nebel in einem Hafen möglich, dagegen ist Zerstreuung von Hagelwettern und Gewittern ebenso, wie Regenmachen und Sturmbräuen, zu den Unmöglichkeiten zu zählen.

Wichtiger als die Wirkung des Waldes auf die Luft ist seine Wirkung auf den Boden. Der Wald trocknet die tiefsten Schichten des Bodens aus und hält die oberen feuchter, als sie ohne ihn sein würden. Besonders aber bewirkt er ein langsameres Abfließen des Regenwassers und verringert er die Abspülung des Bodens auf Abhängen; in dieser Hinsicht kann die Vernichtung des Waldes und vielleicht in gleichem Grade auch die des Graswuchses verhängnisvolle Folgen haben (Verkarstung der Gebirge, Schluchten- und Flugsandbildung, Überschwemmungen und Versandung der Flüsse).

Nicht der klimatische und vielleicht überhaupt nicht der Nutzwert des Waldes würde sein Verschwinden zu einem unermesslichen Verlust machen, wohl aber sein Gemüths- und Schönheitswert, und dieser sollte für ein Volk nicht niedriger veranschlagt werden, als jene andern.

Im allgemeinen zeigen Küsten- oder Litoralklimate alle Übergänge zwischen dem Klima des Innern und der hohen See, je nachdem von wo sie ihre Luft vorwiegend zugeführt erhalten. Daneben ist ihnen, besonders in niederen Breiten, der tägliche Wechsel der Land- und Seebrisen eigen. Viele Küsten sind, besonders in den Tropen, durch stagnierende Wasser als Krankheitsherde gefährlich, soweit die Luft nicht durch die Seebrise oder einen vom Meere kommenden be-

ständigen Wind (Passat oder Monsun) rein gehalten wird. In der gemäßigten Zone genießen die nach Westen exponierten Küsten die meiste Seeluft.

Da die Monsune bis in die Mitte der großen Festländer hineinreichen, so nimmt das Monjunklima weite Gebiete der Küsten und des Binnenlands ein. Im regelmäßigen Monjunklima wehen im Sommer Seewinde, im Winter Landwinde und herrscht im Sommer Seeklima, im Winter Landklima. Gestörtes Monjunklima haben diejenigen Küsten großer Inseln und Halbinseln, die dem Festlande zugekehrt sind oder auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links von dieser Richtung gewendet sind, wie die NW-Küsten von Japan, die NE-Küsten von Formosa und den Philippinen, die Ostküsten von Süd-Devan und Ceylon. Hier tritt der allgemeine Wintermonsun lokal als Seewind, der Sommermonsun als Landwind auf, und zwar, wenn das vorliegende Meer und Land breit genug ist, mit den dazu gehörigen Eigenschaften.

In niederen Breiten ist zwar die Beständigkeit der Monsune am größten; allein das regelmäßige Monjunklima zeigt hier keine so tiefgreifende Abweichung vom Klimamonsunfreier Gebiete, wie in mittleren Breiten. Denn seine Regenzeit im Sommer und Haupttrockenzeit im Winter ist auch im stetigen Passat die Regel, und die Wirkungen des Ursprungs des Windes auf die Temperatur sind hier bei den geringen räumlichen Wärmeunterschieden nicht sehr bedeutend. Die größte Hitze wird zur Zeit des Frühlings-Monsunwechsels, im Mai, erreicht; der Herbst-Monsunwechsel bringt weniger hohe Temperaturen, ist aber wegen der windstillen, feuchtschwülen Luft die drückendste Jahreszeit (vgl. Indien, Sierra Leone).

In höheren Breiten wirken die Monsune erniedrigend auf die Temperatur sowohl im Winter wie im Sommer, und

sie bringen in Breiten, wo Regen und Bevölkerung ihr normales Maximum im Winter haben, trockene heitere Winter und nasse trübe Sommer sowohl an den Küsten, als im Binnenland hervor. Dies gilt namentlich für Ostasien, das in allem das Gegenteil von Europa ist.

### § 25. Gebirgsklima, Höhenklima.

Die Unebenheiten der festen Erdoberfläche beeinflussen das Klima in zweierlei Weise: durch ihre absolute Höhe und durch ihre Böschung. Die konstanteste Wirkung der ersteren ist die Abnahme des Luftdrucks. Ist die Temperatur der Luft bekannt, so ergibt die barometrische Höhenformel<sup>1)</sup> das Verhältnis der Drucke in je zwei Niveaus. Einer Druckabnahme um 1 mm entspricht eine Erhebung (bei 0° C) am Meeresniveau um 10,5 m, in 1000 m Seehöhe um 11,8 m, in 2000 m um 13,4 m<sup>2)</sup>. Den Luftdruck im Meeresniveau zu 762 mm und die Temperaturabnahme zu 5 Grad pro 1000 m angenommen, ergibt sich der Druck in verschiedenen Höhen wie folgt, wenn die Temperatur im Meerespiegel gleich t ist:

Höhe m:	0	500	1000	2000	3000	4000
t = 0°	762	716	671	590	517	452
t = 25°	762	720	679	604	536	475

Die höchsten ständig bewohnten Punkte haben fast nur die Hälfte des Luftdrucks, der am Meerespiegel herrscht; es sind dies in Europa die meteorologische Station auf dem Sonn-

<sup>1)</sup> Ist h der Höhenunterschied in Metern, B und b der (wegen Schwere red.) Druck in mm für das untere und obere Niveau, t die mittlere Temperatur der zwischenliegenden Luftsäule, so ist mit genügender Annäherung

$$\log \frac{B}{b} = \frac{h}{18432 (1 + 0.004 t)}$$

<sup>2)</sup> Nennen wir die Höhendifferenz in Metern, die einer Luftdruckänderung von 1 mm entspricht, h, den Barometerstand b, die Temperatur der Luft t, so ist

$$h = \frac{7992}{b} (1 + 0.004 t).$$



blidgipfel (Tauern): Höhe 3106 m, mittl. Barometerstand 520 mm, in Amerika das Dorf S. Vincente in Bolivia: Höhe 4580 m, Barometerstand 436 mm, in Asien das Kloster Hanle in Tibet: Höhe 4610 m, Barometerstand 433 mm. In Höhen oberhalb 4000 m beginnen für die meisten Menschen die Erscheinungen der Bergkrankheit: Schwindel, Atemnot, Schläflichkeit, Herzklopfen, Übelkeit; doch hängt dies sehr von Disposition und Umständen (Anstrengung!) ab. Die größten Seehöhen sind im Ballon durch Einatmen von Sauerstoff überwunden worden: Person erreichte am 4. Dezember 1894 9100 m, mit Süring zusammen am 31. Juli 1901 sogar 10800 m. Im April 1875 sind zwei Luftschiffer schon unterhalb 8500 m erstickt, weil damals die Sauerstoffatmung noch nicht durchgeführt war.

Kleinere Schwankungen des Luftdrucks haben auf den Menschen keine erkennbare Wirkung. Der Kondor ist auch gegen so große offenbar unempfindlich.

Man hat vorgeschlagen, das dem Menschen feindliche Klima der Regionen oberhalb 2000—4000 m als Höhenklima von dem Gebirgsklima der unteren Stufen zu unterscheiden, das durch die Reinheit und Kühle der Luft und die kräftige Übung, die es für Lunge und Herz bietet, dem Menschen heilsam ist.

Die Intensität der Sonnenstrahlung sowohl als der Ausstrahlung nimmt mit der Höhe zu, die Lufttemperatur dagegen ab (§ 13). Es ist nicht nur die Luftschicht, die die Strahlen zu durchdringen haben, in der Höhe geringer, sondern auch ihre Durchlässigkeit ist dort größer. Auf den Hochebenen von Tibet stellen sich ferne Gegenstände ebenso scharf dar, wie nahe, der Luftton fehlt fast ganz, jede Schätzung der Entfernung wird unmöglich. Die Ursache dafür liegt in der Armut der Luft in diesen Höhen an Staub und an Wasserdampf und dessen Kondensationsprodukten.

Der Gehalt an Wasserdampf nimmt nach oben weit schneller ab als der Luftdruck. Bei 5500 m Höhe ist der letztere etwa auf die Hälfte, der Druck des Wasserdampfes aber bereits auf ein Siebentel seiner Größe im Meeresspiegel gesunken.

Die relative Feuchtigkeit zeigt dagegen keine regelmäßige Änderung mit der Höhe. In der Höhe der Wolken erreicht sie natürlich ihre größten Werte. An der Windseite tropischer Gebirge liegt der Wolkengürtel gewöhnlich 1300—1600 m hoch. Bei uns liegt er im Sommer höher als im Winter und es ist daher in großen Höhen die Feuchtigkeit im Sommer bedeutend größer als im Winter.

Der Niederschlag nimmt im Gebirge bis zu gewissen Grenzen mit der Höhe und mit der Steilheit der Abhänge zu, ist aber an den verschiedenen Seiten des Gebirges verschieden; er ist am größten auf der Seite, gegen welche am häufigsten feuchte Winde anwehen. Dieser Gegensatz der Hänge des Gebirges wird sehr groß, wenn ein beständiger Wind quer zum Kamme weht, oder wenn der eine Hang zum Meere, der andere zu trockenen Hochebenen abfällt. So nimmt die jährliche Regenmenge in Kalifornien am Westabhang der Sierra Nevada für jede 100 m Erhebung um 8 cm zu, erreicht auf dem Kamme 230 cm, um am Ostabhang äußerst rasch abzunehmen bis zu 8—10 cm am Humboldt-Flusse. Wo die Unterschiede der Häufigkeit und Feuchtigkeit der verschiedenen Windrichtungen nicht sehr groß sind, hat die Regenkarte eines gebirgigen Landes viel Ähnlichkeit mit einer Höhengichtenkarte. In Steppen und Wüsten stellen Gebirge Oasen größerer Feuchtigkeit dar, die besonders durch ihre Waldbedeckung und die aus ihnen hervorbrechenden Bäche die menschliche Kultur in ihrer Umgebung beeinflussen.

Infolge der im Sommer und um Mittag raschen vertikalen Temperaturabnahme (§ 13) ist das Klima der Höhen besonders durch die Abwesenheit von Hitze ausgezeichnet. Im

Winter und in der Nacht sind dagegen nicht selten die Hänge und Gipfel gleich warm oder wärmer als die Täler. Die Gipfel haben also kleinere tägliche und jährliche Temperaturschwankung; hierin und in der größeren Windgeschwindigkeit ähnelt das Klima der Höhen dem Seeklima. Doch ist dabei nicht die absolute Seehöhe, sondern die relative gegen die Nachbarschaft entscheidend; Hochtäler zeigen zum Teil die kontinentalen Eigenschaften des Talclimats in besonders hervorragendem Grade. So hat der Rigigipfel eine Januar-temperatur von  $-5,1$  Grad, im oberen Engadin ist sie in gleicher Seehöhe  $-10,4$  Grad.

Dort, wo die Wärme des Sommers nicht ausreicht, um die in der kälteren Jahreszeit sich ansammelnde Schneemenge zu schmelzen, gelangen wir in das Gebiet des ewigen Schnees. Seine untere Grenze, die „Schneelinie“, hängt also einerseits von der Temperatur des Sommers, andererseits von der Menge des bei Temperaturen unter  $0$  Grad fallenden Niederschlags ab. In vielen Gebirgen liegt sie auf der wärmeren Südseite dennoch niedriger als auf der kälteren Nordseite, wenn die letztere zugleich schneeärmer ist; so in Island (600 bis 900 m gegen 1100—1300 m), im westlichen Kaukasus (2920 m gegen 3400 m), im Himalaja (4900 m gegen 5600 m). In hohen antarktischen Breiten sinkt sie bis an das Meeresufer hinab, was man in der arktischen Zone noch nicht angetroffen hat. Auf Franz-Josefs-Land liegt sie bei ca. 200 m, auf Spitzbergen bei 460 m, im mittleren Norwegen an der Küste bei 1200 m, im trockenen Innern bei 1500 m, in den Alpen bei 2600—2900 m, am Äquator bei 4—5000 m, in den trockenen subtropischen Gegenden beider Halbkugeln steigt sie am höchsten, auf 5—6000 m, z. B. im südlichen Peru und im Karakorum. Die starken Niederschläge an der Westküste von Südamerika südlich von  $40$  Grad bewirken, daß dort die Schneelinie fast mit der oberen Baumgrenze zusammenfällt, die in

den Alpen etwa 800 m unter ihr liegt. Weit unter die Schneelinie herab reichen die unteren Enden der Gletscher, in Neuseeland bis in die Regionen, wo Fuchsen wachsen.

Einen bedeutenden Einfluß üben die Gebirge auf die Winde aus; sie behindern und modifizieren die allgemeinen Luftströmungen und erzeugen selbst örtliche Winde.

Bei ruhigem Wetter pflegt in den Tälern und Schluchten am Tage der Wind bergaufwärts, in der Nacht (meist von 9 h p. m. bis 9 h a. m.) talabwärts zu wehen; der Nachtwind ist wegen seiner Kälte bemerkbarer und darum bekannter. Vielfach werden jedoch beide Winde durch besondere Namen bezeichnet, z. B. am Comosée der Tagwind als *la Brega*, der Nachtwind als *Livano*.

Dadurch, daß die Gebirge die horizontale Bewegung der Luft in den unteren Schichten behindern oder unmöglich machen, bewirken sie, daß Druck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft zu ihren beiden Seiten sehr verschieden werden können; sie wirken als Klimascheiden, namentlich wenn sie sich in der Richtung des Breitenkreises erstrecken, wie Alpen, Kaukasus und Himalaja, oder ein Küstenland vom Binnenland scheiden, wie das skandinavische, die kalifornische Coastrange oder das Stanowoigebirge in Ostsibirien. Sie machen auch, gelegentlich oder anhaltend, größere Druckunterschiede auf kleine Entfernungen möglich, als in der Ebene irgendwo, außer in Orkanen, vorkommen. Über Pässe, die bis zur Region dieser Druckunterschiede hinabreichen, stürzt sich die dichtere Luft in die Täler der anderen Seite, oft mit verheerender Gewalt. Dabei nimmt ihre Temperatur auf 100 m Abstieg um  $1^{\circ}\text{C}$  zu (§ 13); da die Luft keine Zeit hat, neuen Wasserdampf aufzunehmen, so kommt sie unten sehr trocken an. Ob sie aber als auffallend warm oder kalt erscheint, hängt von ihrem Ursprung ab. Weht sie aus einem sehr kalten Hinterlande nach einer sehr warmen Küste, so tritt sie trotz dieser

Temperaturzunahme unten als kalter Wind auf; so die Bora an den Nordostküsten des Adriatischen und des Schwarzen Meeres, die im Winter durch ihre wütenden Stöße zeitweise allen Verkehr in Triest und in Noworossijsk verhindert. Ist dagegen kein solcher Temperaturunterschied zwischen den beiden Seiten des Gebirges vorhanden, und beträgt die Abnahme der Temperatur mit der Höhe, wie dies im Winter die Regel ist, weit unter 1 Grad pro 100 m, so wird die herabstürzende Luft wärmer als ihre ganze Umgebung und als in der Jahreszeit normal ist, mag sie nun auf der Rückseite des Gebirges unter Regenfall aufgestiegen sein (wobei ja die vertikale Temperaturabnahme nur ca.  $\frac{1}{2}$  Grad pro 100 m beträgt) oder bis dahin in der Höhe geflossen sein.

Solche warmen, sehr trockenen, talabwärts wehenden Winde werden gelegentlich in vielen Gegenden der Erde beobachtet. Die bekanntesten sind der Föhn an der Nordseite der Alpen, der Chinook an der Ostseite der Rocky Mountains und der warme Wind an der Küste von Grönland. Ihre Erklärung verdankt man Hann (1866—68, 1882). Ihre Wärme und Trockenheit sind lokale Produkte, auf dem Kamm trifft man gleichzeitig scharfen kalten Wind und Wolken oder Schneegestöber, an der anderen Seite des Gebirges starken Regen, kühles Wetter und wenig Wind. So herrschte am 1. Febr. 1869 in Altdorf (454 m) Föhn mit 14 Grad Wärme und nur 28% Feuchtigkeit, auf dem Gotthard (2100 m) Südwind mit — 4 Grad, in Bellinzona (229 m) Nordwind mit Regen bei 3 Grad. Die Temperaturänderung für je 100 m betrug also auf der Südseite nur 0,37 Grad, auf der Nordseite dagegen über 1 Grad.

---

## Kapitel 7.

## Die klimatischen Zonen.

## § 26. Die fünf Klimazonen.

Das Klima jedes einzelnen Landes zeigt uns die im vorhergehenden dargelegten Tatsachen in immer neuer, mannigfaltiger Verbindung. Die klimatischen Gegensätze zwischen Binnenland und Küste, zwischen Ebene und Gebirge, zwischen Gebieten hohen und niedrigen Druckes treten, wenn wir auf die Betrachtung der einzelnen Länder eingehen, immer aufs neue uns entgegen. Sie im einzelnen zu verfolgen, ist Aufgabe der speziellen Klimakunde, der ein anderes Bändchen dieser Sammlung gewidmet sein soll. Hier dagegen bleibt uns noch die Aufgabe, die großen Züge der zonenförmigen Anordnung der Klimate zwischen den Polen und dem Äquator ins Auge zu fassen, die Klimazonen, die sich den Zonen der Sonnenstrahlung, denen sie ihren Ursprung verdanken, nahe anschließen, und wie diese in Fünffzahl vorhanden sind; nämlich die heiße, die zwei gemäßigten und die zwei Polarzonen. Nicht nur nach der Höhe der Temperatur, sondern nach dem ganzen Charakter der Witterung, des organischen Lebens und der menschlichen Kultur sind diese Zonen in höchst bezeichnender Weise voneinander unterschieden.

In der „heißen Zone“ zwischen den Wendekreisen erreicht die Mittagshöhe der Sonne zweimal im Jahre das Zenit und sinkt sie nie unter 43 Grad, die Tageslänge nie unter 10 $\frac{1}{2}$  Stunden. Infolgedessen ist die jahreszeitliche Schwankung in der Temperatur dort sehr gering und mehr mittelbar durch den daselbst meist ausgeprägten Wechsel zwischen Regen- und Trockenzeiten, als durch den Wechsel in der Sonnenstellung bedingt. Es ist die Sommerzone der Erde, gewöhnlich,

durch Übertragung der Bezeichnung ihrer Grenzen auf sie selbst, die Tropenzone genannt.

Außerhalb der Tropen nimmt der Gegensatz der Jahreszeiten polwärts rasch zu. Eine zweite bezeichnende astronomische Grenze liegt dort, wo die Mittagshöhe der Sonne am kürzesten Tage auf 0 herabsinkt (66 Grad 32' Br., Polarkreise). Auch in klimatischer Hinsicht bieten diese Breiten bemerkenswerte Schwellen. Indem der Sommer dort so kurz und so kühl wird, daß sein Wärmeverrat für weitaus die meisten Pflanzenarten, insbesondere alle Bäume, nicht mehr ausreicht, können die darüber hinausliegenden Polarzonen in klimatischer Hinsicht als die Winterzonen bezeichnet werden. Für die beiden Gürtel in mittleren Breiten ist nicht etwa das Vorherrschen „gemäßigter Temperaturen“, sondern der Wechsel zwischen Sommer und Winter das Charakteristische. Es sind die Jahreszeitengürtel der Erde.

### § 27. Die wichtigsten Kennzüge dieser Zonen.

Die hohe Bedeutung dieser Dreiteilung jeder Halbkugel der Erde für das organische Leben und für die menschliche Kultur beruht nicht auf der Höhe der mittleren Jahrestemperatur, sondern auf dem Vorhandensein oder Fehlen einer genügend kühlen und einer genügend warmen Jahreszeit. Auf derselben Jahresisotherme von 0 Grad liegen die reichen Wälder am mittleren Amur, wo wilde Reben um Eichen sich schlingen und wohin der Tiger hinüberstreift, und die eisstarrenden Küsten Ostgrönlands. Aber die Mitteltemperatur des Juli ist dort 22°, hier nur 6° C. Auf dem nur oberflächlich auftauenden Eisboden von Jakutsk, wo die normale Januar-temperatur — 41 Grad ist, wachsen Wälder und ist einiger Ackerbau möglich.

Umgekehrt ist in niederen Breiten die Unterbrechung der Hitze durch eine kühlere Jahreszeit für die Europäer und deren

Abkömmlinge eine Bedingung zur vollen Betätigung der körperlichen und geistigen Kräfte, sie setzt daher, wenigstens gegenwärtig, auch der Verbreitung einer höheren Kultur gewisse Grenzen. Ein heißer, sogar sehr heißer Sommer verhindert das atemlose „going ahead“ in Nordamerika nicht; wo sich aber die Hitze, wenn auch gemildert, über das ganze Jahr erstreckt, wohin der stimulierende Winter nicht mehr reicht, da kann wohl gelegentlich der Nordländer die mitgebrachten idealen Ziele oder groß angelegten Spekulationen Jahre hindurch mit Energie verfolgen, aber Schläffheit und Sorglosigkeit ist sicherlich der allgemeine Charakterzug des Menschengeschlechts in diesen Gegenden, der auch die eingewanderten Europäer bei längerem Aufenthalt, je länger je mehr, ergreift. Dazu kommt die für den Europäer notorische Unmöglichkeit, in dieser Zone auf dem Festlande ohne Lebensgefahr harte körperliche Arbeit zu leisten und sich der Sonne auszusetzen — eine Schranke, deren Ursachen noch nicht genügend aufgeklärt sind und welche auf dem Ozean, an Bord wie auf ozeanischen Inseln, nicht entfernt in demselben Maße besteht.

Für die beiden Zwischenzonen, die eigentlichen Kulturzonen des Menschengeschlechts, ist also die Abgrenzung gegen den Äquator zu nach der Temperatur der kältesten, gegen die Pole zu nach jener der wärmsten Jahreszeit festzulegen; und zwar zeigt sich als Äquatorialgrenze eine Mitteltemperatur des kältesten Monats gleich 18 Grad und als Polargrenze eine solche des wärmsten gleich 10 Grad als besonders kennzeichnend. Letztere fällt sehr nahe mit der Baumgrenze zusammen; 18 Grad, unsere „Zimmervärme“, ist die Temperatur, unterhalb deren der Europäer in der Ruhe friert und oberhalb deren er bei körperlicher Arbeit lästige Wärme empfindet (vgl. jedoch über Kältegefühl § 29).

Da die jährliche Schwankung der Temperatur auf den Festländern größer ist als auf den Weltmeeren, so sind die so



definierten beiden Jahreszeitengürtel enger auf den letzteren und also auch auf der Südhalbkugel enger als auf der nördlichen. Am engsten sind sie dort, wo zugleich die Temperatur am schnellsten polwärts abnimmt, also an der Ostküste von Nordamerika und im Süden von Afrika. Doch wird eben durch den Umstand, daß die gewählten Grenzen im ganzen ziemlich parallel den Breitenkreisen verlaufen, ihre Brauchbarkeit für die Klimakunde erhöht. Denn die mehr oder weniger direkten Wirkungen der geographischen Breite und der Sonnenhöhe auf alle meteorologischen Erscheinungen sind so bedeutend, daß die Verteilung eines einzelnen Elementes, und sei es auch des wichtigsten, keine allgemein verwendbare Unterlage abgeben könnte, wenn sie von derjenigen dieser wesentlichsten Faktoren weit abweiche.

In anderer Weise wird jedoch dieser Anschluß der Wärme-gürtel an die Breitenzonen an hundert Stellen durchbrochen: durch die verschiedene Erhebung der Erdoberfläche über das Meeresniveau. Allerdings ist ihre Wirkung eine wesentlich andere als die der höheren Breite, weil sie nur Abnahme der Wärme, aber keine jahreszeitliche Schwankung hervorruft.

Neben (1a) den Folgen der verschieden großen, mehr oder weniger veränderlichen Mittagshöhe der Sonne und Tageslänge sind folgendes die wichtigsten Unterschiede der verschiedenen Breitenzonen:

(1b) Die in den „gemäßigten Zonen“ großen, in der heißen und den kalten viel geringeren räumlichen Unterschiede der Temperatur — eine Folge der in den ersteren schnellen, in den letzteren langsamen Abnahme der Strahlungsmenge mit der Breite. Die weitere Folge ist, daß in den gemäßigten Zonen die Winde je nach ihrem Ursprung scharfe Gegensätze aufweisen (thermische usw. Windrosen § 18), die in den Tropen- und Polargegenden fehlen.

(2) Die mechanischen Wirkungen der Erdrotation: und zwar (2a) die mit der Breite zunehmende Wirbelbildung und Behinderung einer Ausgleichung von Druckdifferenzen, und infolge davon zunehmende Unruhe der Atmosphäre, und

(2b) die zonenweise Anordnung des Luftdrucks und der vorherrschenden Winde, wobei die westlichen Winde der mittleren Breiten sich zwischen die Passate der Tropenzone und die veränderlichen Winde, Stürme und Stillen der Polarzonen einschieben. Die Mitte der Passatzone wird von einem schmalen Gürtel mit Regen, Stillen und veränderlichen Winden („Mallungen“) eingenommen.

Die zonenweise Verteilung des Luftdrucks ist hauptsächlich auf den Ozeanen deutlich; durch das Barische Windgesetz (§ 14) und die Beziehung der Hydrometeore zu Luftdruck und Wind spiegeln sich diese Zonen naturgemäß auch in diesen. Wenn auch die Kontinente diese Anordnung stark verzerren, ist sie doch in folgenden Mittelwerten ganzer Breitenkreise deutlich zu erkennen (analoge Temperaturtafel S. 50).

Geogr. Breite	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	
Luftdruck <sup>1)</sup>	58.0	nördl.	57.9	59.2	61.7	62.0	60.7	58.7	58.6	60.5
		südl.	59.1	61.7	63.5	60.5	53.2	43.4	38.0	?
Bewölkung <sup>2)</sup>	58	nördl.	50	40	42	49	58	61	59	?
		südl.	57	48	46	56	66	75	?	?

In der Nähe der Polarkreise finden wir den niedrigsten Luftdruck und die stärkste Bewölkung; die Verhältnisse der antarktischen Zone sind zwar noch fast ganz unbekannt, aber das wenige, was wir darüber wissen, zeigt die Grenze zwischen gemäßigter und Polarzone dort ebenso deutlich, wie im Norden. Der höchste Luftdruck liegt im Norden zwischen 30 und 40 Grad,

<sup>1)</sup> 700 mm +.

<sup>2)</sup> Wolkenmenge in Prozenten des Himmelsgewölbes.

im Süden zwischen 20 und 30 Grad; die Seeleute bezeichnen diese Gürtel als die „Roßbreiten“; die geringste Bevölkerung fällt auf beiden Halbkugeln zwischen 20 und 30 Grad. In der Nähe des Äquators liegt ein zweites Minimum des Drucks und Maximum der Bevölkerung: es ist der Gürtel der veränderlichen Winde und Stillen, der „äquatorialen Mallungen“ der Seeleute. Zwischen ihm und den „Roßbreiten“ wehen die beständigen Passatwinde: im Norden der Nordostpassat, im Süden der Südostpassat. Der Gürtel der Mallungen schwankt mit der Jahreszeit, hält sich aber fast durchweg nördlich vom Äquator; die durchschnittlichen Grenzen sind auf den Ozeanen:

	März		September	
	Atlant.	Stiller	Atlant.	Stiller
Nordost—Passat	26°N	25°N	35°N	30°N
Mallungen	3°N	5°N	11°N	10°N
Südost—Passat	0°	3°N	3°N	7°N
	25°S	28°S	25°S	20°S

Das geschickte Passieren des äquatorialen Ralmengürtels ist auch jetzt eine der wichtigsten Aufgaben der Führung eines Segelschiffs; seine einstigen Schrecken hat er aber durch die Kenntniss der Verhältnisse und die Fortschritte im Schiffbau verloren.

### § 28. Klima und Kultur.

Wo immer ein mehr oder weniger langer Zeitraum im Jahre normale Tagesmittel zwischen 10 und 18 Grad liefert, ist das Klima für europäische Arbeiter geeignet, und auch die spontanen Kulturregungen anderer Rassen haben meist in solchen Gebieten ihren Ursprung. Ein Wechsel der Jahreszeiten, der da nötig, vorzuzorgen und nicht auf morgen zu verschieben, die Notwendigkeit, für einen Teil des Jahres sich

mit Nahrung, Wohnung und Kleidung zu versehen, ist eine mächtige Anregung zur Thätigkeit. Lohnende Arbeit reizt, und zwar weit über das unmittelbare Bedürfnis hinaus.

Der Tropenbewohner gleicht dem im Reichtum Geborenen, der nicht arbeiten lernt, weil er es nicht braucht; der Polarmensch dem Proletarier, der keine lohnende Arbeit finden kann, da kein Acker, seinen Schweiß zu lohnen, da ist. Der Bewohner der Mittelzone aber ist der arbeitgewohnte und unternehmungslustige Mittelstand, der ohne Arbeit Not leidet, mit der Arbeit aber immer neue, steigende Bedürfnisse befriedigt.

Die Geschichte zeigt uns indessen, daß die Gunst des Klimas für die Kultur auch von der Höhe der letzteren abhängt. Denn die Brennpunkte der Kultur sind deutlich polwärts gewandert. Aus dem subtropischen Gürtel, wo sie bis ins 6. Jahrhundert v. Chr. lagen, haben sie sich in den Gürtel mit zwar heißen Sommern, aber kühlen (0—10 Grad) Wintern und weiter in jene mit gemäßigten (10—22 Grad) Sommern und die mit kalten (unter 0 Grad) Wintern verlegt. Im ganzen ist die Wanderung von den produktreichen nach den für den großen Verkehr begünstigten und an geistiger und materieller Energie (Unternehmungssinn und Kohle) reichen Ländern gegangen. Denn die Produkte der heißen Länder kann der unternehmende Nordländer sich holen, seine Energie kann er aber nicht dorthin auf die Dauer verpflanzen. Von Natur arme Randgebiete der Festländer, die auf früheren Entwicklungsstufen der Menschheit weit im Rückstande bleiben, gewinnen im Zeitalter des Weltverkehrs dominierende Stellung — man vergleiche Nordwesteuropa, Japan und andererseits Feuerland, dessen Häfen vielleicht auch einst von stolzen Schiffen wimmeln und dessen Wasserfälle eine reiche Industrie mit Kraft versehen werden. Für eine auf Despotie und Sklaverei gegründete Kultur, wie die des alten Orients, liegen auch die Bedingungen wohl anders, als für die eines freien Volkes; dort kommt es

hauptsächlich auf die Energie der Herren an, und diese scheint manchmal aus kühleren Nachbarländern importiert gewesen zu sein (Indien, Sufatan usw.). Die Kulturen von Peru und Mexiko gehörten kühlen Hochländern an.

Die Art der Kultur wird neben der Temperatur besonders durch die Niederschläge bedingt. Feuchte Waldgebiete bringen Jägervölker hervor, die viel Raum brauchen, um ein ärmliches, unsicheres Dasein zu fristen<sup>1)</sup>. Trockene Steppengebiete erzeugen Nomaden, bei denen Arbeit Aufgabe des Weibes ist, die des Mannes aber Krieg und Raub. In Mischgebieten entstand der Ackerbauer, der, von Natur friedlich, nur durch die Kultur zum Großstaat geführt wird; ohne Bewässerung ist er Hungersnöten ausgesetzt, mit solcher aber führt er ein gesichertes arbeitsreiches Dasein — und hier ist wohl die Quelle der menschlichen Kultur zu suchen.

### § 29. Charakteristik der Tropenzone.

Da auf dem ganzen weiten Gebiete der Tropenzone, das 40% der Erdoberfläche ausmacht, die Temperatur im gleichen Niveau nur wenig Verschiedenheiten aufweist, so fehlt hier der Wechsel ausgedehnter kalter und warmer Luftströmungen der höheren Breiten. Da ferner der ablenkende Einfluß der Erdrotation hier gering ist, so sind größere Barometerschwankungen und wandernde Luftwirbel hier seltene Ausnahmen, die bei uns die Regel bilden. Aus beiden Ursachen fehlt der Tropenzone die Unbeständigkeit, die unser Wetter kennzeichnet. Wo nicht Windstillen herrschen, wehen Tag für Tag Winde aus derselben Richtung, daher der große Einfluß örtlicher Bedingungen; denn jedes Gebirge hat dort seine ausgeprägte feuchte Luv- und trockene Leeseite; wechselt die Windrichtung

<sup>1)</sup> Auf derselben Stufe stehen die Polarvölker, die auf Jagd im Meere angewiesen sind.

nach Jahreszeiten, so sind die Regen- und Trockenzeiten auf beiden Seiten des Gebirges verschieden.

Wie die Temperatur, so zeigen auch Bewölkung und Charakter der Niederschläge in der Tropenzone die Verhältnisse unseres Sommers meist in verstärktem Maße. Trübe Tage mit Rieselregen, wie deren unser Winter so viele bringt, sind nur in den Gebieten, wo kalte Meeresströmungen in niedere Breiten hinabreichen (Peru, Benguela), häufig, sonst sind gebrochener Himmel mit Kumulonimbus, Gewittern und großtropfigen Gußregen in den Regenzeiten, Wolkenlosigkeit oder kleine Kumuli in den Trockenzeiten der herrschende Zustand.

Den Tagesanbruch unter dem Äquator schildert Wallace wie folgt: „Noch um  $5\frac{1}{4}$  Uhr ist die Dunkelheit vollkommen; dann aber unterbricht hier und da ein Vogelruf die Stille der Nacht, wohl ein Zeichen, daß Spuren von Dämmerlicht am östlichen Horizont sich bemerkbar machen. Etwas später hört man den melancholischen Laut der Ziegenmelker, Froschquaken, Klage töne der Bergdroffel und fremdartiges Geschrei von allerhand Vögeln und Säugetieren, wie sie gerade der Gegend eigen sind. Etwa um  $\frac{1}{2}6$  Uhr bemerkt man den ersten Lichtschimmer; erst nimmt er langsam, dann so rasch zu, daß es um  $5\frac{3}{4}$  Uhr fast taghell ist. Nun tritt die nächste Viertelstunde hindurch keine bedeutende Änderung ein; dann aber taucht plötzlich der Rand der Sonne auf und bedeckt die von Tau strohenden Blätter mit goldglänzenden Perlen, schießt goldene Lichtstrahlen weithin in den Wald und weckt die Natur zu Leben und eifrigem Treiben. Vögel zwitschern und flattern, Papageien kreischen, Affen schwagen, Bienen summen, prachtvolle Schmetterlinge wiegen sich langsam in den Lüften oder sitzen mit ausgebreiteten Flügeln im belebenden Lichte: die erste Morgenstunde ist in den Tropen mit einem zauberischen Reize ausgestattet, den man nie vergessen kann.“

Ganz heitere Tage sind in der Nähe des Äquators sehr selten, und auch sonst sind in der Tropenzone, außer in den Wüsten, gewöhnlich einzelne Wolken am Himmel, die aber selten die Sonne dauernd verdecken.

Über die Lichtfülle des tropischen Tages, die im Anfange dem Auge des Nordeuropäers fast unerträglich ist, sagt Paul Reichard: „Der leuchtende, fast ewige Sonnenschein . . . erhöht die Lebensstätigkeit des Menschen, macht heiter und lebensfroh. Dieser lachende Sonnenschein ist es auch, der immer wieder die Sehnsucht nach jenen Gegenden wachruft. Was die so oft gerühmte tiefe Bläue des südlichen Himmels angeht, so ist diese entschieden ins Reich der Fabel zu verweisen. Nach Gewittern . . . können wir sie in derselben Stärke bei uns beobachten, wie irgendwo im Süden. Während der trockenen Zeit, wo die Atmosphäre über ganz Afrika mit dem Höhenrauche der Grasbrände verhüllt ist, zeigt die Luft stets ein weißliches, selbst ganz weißes, fremdartiges Aussehen.“

Der tropische Sonnenschein hat indessen, selbst bei geringer Sonnenhöhe, eine noch unerklärte verderbliche Wirkung auf die unbedeckte Haut; Europäer verfallen tödlichem Sonnenstich, wenn sie unbedeckten Hauptes sich der Sonne für wenige Minuten aussetzen.

Mit der steigenden Sonne wird die Hitze am Vormittage bald drückend, bis der auffpringende Wind (§ 17) sie erträglicher macht. An der Meeresküste wird die Ankunft der Seebrise, die gewöhnlich zwischen 9 h und 12 h erfolgt, mit Ungeduld erwartet; in die erschlafften Menschen kommt neues Leben, wenigstens für kurze Zeit. Läßt der Seewind angesichts eines heraufziehenden Gewitters nach, so wird die Schwüle unerträglich, bis der Regenguß wieder Erfrischung bringt. In manchen Gegenden tritt der Seewind erst nach 12 h plötzlich in Form einer Böe auf, wobei die Temperatur

um mehrere Grade sinkt. Doch nicht nur die verhältnismäßige Kühle, sondern namentlich die Reinheit der Luft macht die Seebrise höchst wertvoll, so daß freier Zutritt derselben das wichtigste Erfordernis für gesunde Lage eines tropischen Küstenortes auf 30—40 Kilometer landeinwärts ist.

Die Regen treten in den Tropen meist in der Form von Güssen und zu ganz bestimmter Tageszeit auf, die je nach der Gegend zwischen Mittag und Mitternacht schwankt; am Vormittag regnet es selten.

Durch die beständige Wärme wird der Mensch in den Tropen so verwöhnt, daß er friert, wenn die Temperatur auf 22 Grad fällt, und doch über Hitze klagt, wenn sie über 30 Grad steigt; auch bei dem Weißen tritt diese Empfindlichkeit nach wenigen Monaten ein. Die Bulloneger in Zentralafrika haben geheizte Bettstellen für die kühle Jahreszeit, deren Mitteltemperatur etwa 23 Grad ist!

Nicht nur körperliche, auch geistige Anstrengungen bringen in den Tropen weit rascher Ermüdung hervor, als in Europa. Diese Schwäche ist teils als Wirkung der gleichmäßig hohen Temperatur anzusehen, teils als solche der häufigen Tropenkrankheiten. „Fast alle tropischen Länder haben einige endemische Krankheiten gemeinsam; es sind das vorzugsweise die Malaria in ihren verschiedenen Formen und die Dysenterie; diese sind die eigentlichen Feinde der in den Tropen lebenden Europäer. Andere tropische Krankheiten, wie Beri-Beri, Lepra, Elephantiasis usw., befallen vorzugsweise die farbigen Rassen ... Gelbfieber und Cholera beschränken sich in ihrem Auftreten auf bestimmte Gegenden und können durch gute sanitätspolizeiliche Maßnahmen wesentlich eingeschränkt werden. Ein mehr oder weniger erfolgreicher Schutz gegen die Malaria ist zu erzielen durch gute, geräumige und kühle Wohnungen, durch eine an Abwechslung reiche gemischte Kost mit tunlichstem Ausschluß der Fleischkonserven, durch eine ver-



ständige, sich von allen Extravaganzen frei haltende Lebensweise, durch den fleißigen und methodischen Gebrauch von Chinin, entweder in prophylaktischem Sinne (wöchentlich 1—2 gr) oder im Anschluß an bereits überstandene Krankheiten, endlich durch einen rechtzeitigen Klimawechsel. Gegen Dysenterie schützt vorzugsweise eine mäßige Lebensweise mit Vermeidung von Diätfehlern.“ (D. Schelling: Klimatologie der Tropen. Bericht, Berlin 1893.)

Die Erkenntnis der Natur der Malaria und einiger verwandter Krankheiten und damit auch der Wege zu ihrer Bekämpfung hat in neuester Zeit große Fortschritte gemacht durch die Entdeckung der Rolle, die gewisse Insekten (Mücken) bei der Übertragung der krankmachenden Parasiten spielen. Dabei hat sich auch die Bedeutung der Wärme für die Entwicklung der letzteren herausgestellt: bei einem Teile bildet 18° C die untere Schwelle der Lebenstätigkeit.

Die Beziehungen der Frage zur Klimafunde sind damit aufs neue, an anderer Stelle, als bisher angenommen war, fest geknüpft worden.

Über tropische Orkane und Monsune vgl. § 18 und 16.

### § 30. Charakteristik der gemäßigten Zonen.

Mit zunehmender Breite machen sich die ablenkenden Wirkungen der Erdrotation mehr und mehr geltend, die die Ausgleichung entstehender Druckdifferenzen erschweren und zur Bildung beweglicher Wirbel führen, die oft stürmische Luftbewegung auch am Erdboden erzeugen.

Da in den mittleren Breiten die Temperatur rasch nach den Polen zu abnimmt, so haben die Winde hier je nach ihrem Ursprung sehr verschiedene Temperatur und, da die einen in Abkühlung, die anderen in Erwärmung begriffen sind, ist auch ihre Neigung zu Kondensationen verschieden.

Mit der Entfernung vom Äquator nimmt ferner auch die Jahreschwankung der Temperatur zu. An der äquatorialen Grenze dieser Zone genügt sie, um wenigstens für eine kurze Zeit die Temperatur so weit herabzudrücken, daß einerseits viele reine Tropenpflanzen nicht mehr gedeihen können und andererseits die erschlassenden Wirkungen der Hitze auf die menschliche Bevölkerung lange nicht so stark hervortreten, wie in der Äquatorialzone, obgleich in denselben Gegenden zum Teil (im Innern der Festländer) die Temperatur des heißesten Monats höher steigt, als irgendwo am Äquator. Weiter polwärts stellt sich, auf den Festländern, der Winterfrost mit Schnee und Eis mehr und mehr als regelmäßige Erscheinung ein, aber auch hier bleibt die Temperatur der wärmsten Jahreszeit hoch genug, um Ackerbau und höchstammige Wälder zuzulassen. So sind denn dies die eigentlichen Zonen der menschlichen Kultur.

Auch die Veränderlichkeit der Temperatur von Jahr zu Jahr nimmt mit der Breite zu. In den höheren Breiten dieser Zone ist in einem Januar der Boden anhaltend mit Schnee bedeckt, in dem nächsten vielleicht die ganze Zeit offen und weich; in einem Sommer gedeihen selbst Früchte wärmerer Erdstriche, in dem folgenden reift vielleicht das Korn nicht vollständig aus.

Die unperiodischen Änderungen des Wetters sind in den höheren Breiten dieser Zone am größten, besonders auf den Festländern. Sie erfolgen am schnellsten dort, wo die atmosphärischen Wirbel die schnellste Fortbewegung zeigen: im östlichen Nordamerika; in Europa sind sie langsamer, aber andauernder, weil hier die gelegentlich auftretenden Hochdruckgebiete ihren Ort weniger zu ändern pflegen. Die Unterschiede im Charakter einzelner Wochen und Monate sind daher hier größer. Westsibirien aber ist in beiden Hinsichten, besonders jedoch in der letzteren, hervorragend.

Da sich die atmosphärischen Wirbel überwiegend in der polaren Hälfte beider gemäßigten Zonen von West nach Ost bewegen, so erfolgen die Windänderungen in diesen Zonen überwiegend im Sinne des Auszuschießens (§ 17). Da diese beweglichen Wirbel höherer Breiten überwiegend Zyklonen sind, während in niedrigeren Breiten stationäre Antizyklonen lagern, so sind von 30—40 Grad an westliche Winde vorherrschend und ist der typischste Vorgang in der Witterung dieser Breiten, der sich in 1—6 Tagen abzuspielen pflegt, die Ablösung warmer Äquatorialwinde durch starke Westwinde mit Niederschlägen, die dann in kalte nördliche Winde übergehen, nach deren Abflauen der Wind wieder nach der äquatorialen Seite zurückgeht (krimpt), die Temperatur steigt und der ganze Vorgang aufs neue beginnt. Besonders auf der südlichen Halbkugel und in Texas sind diese Wetterstürze scharf ausgeprägt.

### § 31. Charakteristik der Polarzonen.

Wo die Mitteltemperatur auch des wärmsten Monats nicht mehr über  $10^{\circ}$  C steigt, können auch die am wenigsten anspruchsvollen Bäume — z. B. die sibirische Lärche — nicht mehr gedeihen. Diese Grenze liegt im kontinentalen Klima nördlich, im maritimen südlich vom Polarkreise, letzteres mit Ausnahme des begünstigten Nordeuropas. Der Mensch ist für seine Ernährung in der nördlichen Polarzone — die südliche ist unbewohnt — auf das Meer angewiesen, nur das Rentier gestattet auch einigen Hirtenstämmen eine dürftige Existenz.

In astronomischem Sinne wird die kalte Zone durch die vieltägige Winternacht und den ebenso langen Sommertag gekennzeichnet. Die Menge der während seiner Dauer zugeführten Sonnenwärme ist zwar bedeutend, aber wird sie zum

großen Teil zum Schmelzen von Schnee und Eis verbraucht. Nur dort, wo die Neigung des Bodens die Strahlung der niedrig stehenden Sonne unter günstigerem Winkel auffängt, ein schnelleres Trocknen und Durchwärmen der Erde gestattet und namentlich Schutz vor dem Winde gewährt, entwickelt sich eine reichere Vegetation, die viele Blüten, aber wenig reife Samen bringt; auf den ebenen Flächen stagniert das Schmelzwasser über dem ewigen Bodeneis, und der Boden ist mit Moosen und Flechten bedeckt: das sind die Tundren. Der Baumwuchs zieht deshalb in den Flußtäälern weit nordwärts, wo die zwischenliegenden Ebenen und flachen Rücken von Tundra bedeckt sind; die windgepeitschten Küsten flieht er hier natürlich noch mehr, als an der deutschen Nordseeküste.

Rihlmann hat gezeigt, daß die Schädigung der Vegetation, besonders des Baumwuchses, im Polarlima in der ungenügenden Wasserzufuhr von den im kalten Boden ihre Funktion versagenden Wurzeln zu den in Wind und Sonne stark verdunstenden oberen Teilen besteht. Diese verdorren daher, trotzdem die Pflanze im eisigen Morast steht, und zeigen ähnliche Schutzvorrichtungen gegen starke Verdunstung, wie Wüstenpflanzen: gedrängte, halbkugelige Verzweigung, derbe, lineale Blätter, Behaarung usw.

Aber auch in den meteorologischen Erscheinungen zeigt die Polarzone Gegensätze gegen das Waldgebiet der gemäßigten Zone: in der Nähe der Polarkreise liegen die Zugstraßen der bedeutendsten barometrischen Minima, und hier finden die kennzeichnenden Züge der gemäßigten Zone: die vorherrschend westlichen Winde, das Dovesche „Drehungsgesetz“ und die thermische usw. Windrose ihr Ende, der mittlere Druck seinen niedrigsten, die unregelmäßigen Druckschwankungen und die Unruhe des Wetters ihren höchsten Wert; weiter polwärts mehren sich auf der nördlichen Halbkugel die Windstillen, be-

sonders im Sommer, und Winde aus andern Quadranten; auf der südlichen Halbkugel findet in dieser Breite ein schroffer Übergang von stürmischen westlichen zu teilweise noch stürmischeren östlichen Winden statt. Im Norden wie im Süden nehmen ferner von dieser Breite polwärts die Mittelwerte des Druckes zu, seine Schwankungen ab; Winde aus allen Richtungen bringen Erwärmung, Windstillen Strahlungskälte. Die unregelmäßigen Schwankungen der Temperatur sind, wenigstens im Sommer, gering. Die Jahreschwankung ist zwar groß, allein ihre Bedeutung für den Menschen und die organische Natur überhaupt wird durch die Zahl der Grade, die sie beträgt, nicht voll ausgedrückt, sondern hängt von der Höhe der Temperatur ab. Sommertemperaturen unter 10 Grad lassen eine Ausbeutung der Pflanzenwelt durch den Menschen nicht mehr zu; und unterhalb 0 Grad ist es von geringem Belang, ob der Frost einige Grade mehr oder weniger beträgt. Daher zeigt das Polarlima in bezug auf Einförmigkeit eine gewisse Verwandtschaft mit dem Tropenlima: „Es ist schwer,“ sagt Barré, „sich vorzustellen, daß zwei Dinge einander ähnlicher sein können, als zwei Winter in den Polarregionen. Sobald einmal die Erde mit Schnee bedeckt ist, bleibt die traurige, weiße, einförmige Decke ohne jede Unterbrechung durch Tauwetter nicht für Wochen oder Monate, sondern für mehr als ein halbes Jahr.“

Trotz ihrer Freiheit von anderen Verunreinigungen ist die Luft in der Polarzone selten durchsichtig, da sie zwar nur wenig Wasserdampf, aber um so mehr Wasser in flüssiger oder fester Form enthält. Über offenen Meeresstellen steigt Nebel („Frostrauch“) auf, über Schneeflächen ist bei Wind die Luft mit trockenem, aufgewirbeltem Schnee erfüllt, und auch bei ruhigem Wetter von glitzernden feinen Eisknadeln.

Vermutlich ist es der Keimfreiheit der Luft zuzuschreiben, daß Erkältungskrankheiten in der Polarzone keine Rolle

spielen, obgleich man sich fortwährend außerordentlich großen Temperaturwechseln aussetzt. Auch das Kältegefühl ist im Winter gering und wird eher im Sommer, besonders am Wasser, lästig. Dagegen hat die lange Winternacht auf viele Personen schlechten Einfluß; sie macht nervös und blutarm. Der schlimmste Feind früherer Polarreisen, der Skorbut, ist jetzt bei geeigneter Verproviantierung und Lebensweise nicht mehr zu fürchten.



# Register.

- Atmosphäre, ihre Zusammen-  
setzung 75.  
— ihr Verhalten zur Strah-  
lung 36.  
Ausstrahlung nach d. Welt-  
raum 41.
- Beobachtungen, Ratschläge  
dafür 15.  
— Termine 17.  
— ohne Instrumente 19.  
Bevölkerung 20, 92, 102, 104.  
Blizzard 73.  
Bodentemperatur 40, 45.  
Bora 115.  
Buran 73.
- Chinook 115.
- Dampfspannung (Dampf-  
druck) 80, 83, 100.
- Eiszeit 29.  
Extreme 11, 25, 26.
- Feuchtigkeit, relative 12,  
75, 81, 83.  
— absolute s. Dampfdruck.  
Föhn 115.
- Gebirge, Einfluß auf die  
Niederschläge 102, 112.  
Gebirgsklima 110.  
Gewitter 22, 84, 90, 99.
- Hydrometeore 75.  
— tägliche und jährliche  
Periode 82.
- Klima, Begriff 7.  
— Ableitung des Wortes 10.  
Klimaschwankungen 29, 33.  
Klimatische Elemente 8.  
— Faktoren 9.  
Kontinentalklima 104.  
Kraftvorräte in der Atmo-  
sphäre 30, 34, 37.
- Lage des Beobachtungs-  
ortes 16.  
Landklima 104.  
Land- u. Seebrisen 60, 69.  
Litoralklima 108.  
Luftdruck, Abnahme mit der  
Höhe 110.  
Lufttemperatur, deren Be-  
stimmung 18.  
— Änderung nach der  
Breite 50, 51.  
— desgl. nach d. Länge 52.  
— desgl. nach d. Höhe 57.  
— Wirkung d. Windes 53.
- Maestro 73.  
Maritimes Klima 103.  
Mistral 73.  
Mittel, arithmetisches 24.  
Monjune 68.  
Monjunklima 109.  
Monjunregen 96.
- Nebel 78, 79, 81, 84.
- Oberflächentemperatur 45.  
Orkane 72.  
Ozeane, Unterschied zwi-  
schen der Ost- und West-  
küste 94.
- Passate 61, 64.  
Purga 73.
- Reduktion kurzer Beobach-  
tungsergebnisse auf lange 24.  
— des Luftdrucks auf den  
Meerespiegel 62, 110.  
Regen, Bildung 78.  
— jährliche Periode 82, 83,  
98.  
— tägliche Periode 89.  
Regengürtel 93.  
Regenmesser 18.
- Schneedecke, deren Aus-  
strahlung 41.  
Schneefall 78, 99.  
Schneelinie 113.  
Scirocco 73.
- Seebrise 60, 69.  
Seeklima 103.  
Sonnenstrahlung 28.  
Strahlung 28.  
Stürme 71.
- Tage mit Niederschlag  
(Regentage), deren Bäh-  
lung 27.  
Tafalklima 113.  
Tau 77, 79.  
Temperatur des Bodens  
40, 45.  
— freier Oberflächen 45, 48.  
— der menschlichen Haut 49.  
— Verteilung im Wasser 59.  
— s. Lufttemperatur.  
Temperaturänderung in  
auf- und absteigenden  
Luftmassen 55.  
Temperaturkurve, tägliche  
und jährliche 42.  
Thermometer 16, 18.  
Trockenheit der Luft, Wir-  
kungen auf den Men-  
schen 77.
- Untersuchungen, Klimato-  
logische, Ratschläge dafür  
23.
- Veränderlichkeit der Temp.  
u. w. 13.
- Waldklima 106.  
Wind, dessen Ursachen 60.  
— tägliche Periode der  
Windstärke 70.  
— Ausschüßen und  
Krimpen 71.  
— mechanische Wirkungen  
74.  
— jährliche Periode 69.  
— tägliche Periode 69.  
Windrichtung und Wind-  
stärke, Bezeichnung 21.  
Windrosen 74.  
Wirbel, wandernde 71.  
Wolkenzug 22.  
Wüstenklima 104.

## Ein bedeutender Fachmann schreibt in einem Kapitel über Klima und Wetter:

„In der Tat ist jeder Mensch in seinem körperlichen und geistigen Wohlbefinden und dazu die große Mehrzahl der Menschen in ihrem Berufe gar zu sehr vom Wetter abhängig, als daß sie sich nicht beständig für den Gang desselben interessieren sollten. Trotzdem geben wir gern zu, daß die allgemeinen Bemerkungen über schönes und schlechtes Wetter häufig unverständlich und meistens langweilig, und daß der Mond und der Hundertjährige nicht gerade vertrauenswürdige Propheten sind. Aber um ihnen entgegenzutreten, sind bessere, positive Mittel vonnöten, durch die jenes unaussrottbare Bedürfnis nach einer Wetterprognose auf richtige Weise möglichst befriedigt wird; selten und spotten hilft nicht.“ . . . . .

An anderer Stelle:

„Thermometer, Barometer und Hygrometer sind die Uhren für den Gang des Wetters. Von diesen Dreien ist das Thermometer mehr ein Hilfsinstrument und wäre, soweit es sich bloß um das Wetter handelt, am ersten zu entbehren. Die außerordentliche Bedeutung des Hygrometers ist anderen Ortes behandelt, soll hier also nur erwähnt sein. Das Barometer ist im allgemeinen dem Publikum nicht unbekannt, aber manches Neue, was in der Herstellung dieses Instrumentes geleistet ist, dürfte noch nicht zur allgemeinen Kenntnis gelangt sein, und manches Alte ist vielfach falsch aufgefaßt oder unzureichend gewürdigt.“ . . . . .

Weiterhin:

„Hoffen wir denn, daß das solide wertvolle Instrument, bereichert durch die zahlreichen Neuerungen Lambrechts, zu verdienten Ehren komme, den Erwachsenen zu vielseitigem Nutzen, der Jugend zu ernsthafter Belehrung. Denn es ist nicht einzusehen, warum die Jugend, die doch mit allerlei buntem, oft bloß theoretischem Wissen vollgefropft wird, nicht schon von früh an in die Kenntnis der atmosphärischen Vorgänge eingeführt wird, die doch täglich für jeden Menschen von der handgreiflichsten Wichtigkeit sind. Vollends ist es unbegreiflich, wie die physikalischen Zimmer der höheren Schulen eher mit den fernliegenden Apparaten ausgestattet werden, als mit gutem Barometer\*) und Hygrometer\*\*), die allein schon reichen Stoff zur Schulung des Geistes und zum Erwerb bedeutungsvoller Einsichten darbieten. Vermutlich würde längst die Hygiene und die Heilkunde diejenigen Kenntnisse von dem Einflusse des Luftdrucks und der Luftfeuchtigkeit auf zahlreiche Krankheitserscheinungen besitzen, zu denen in der neuesten Zeit einzelne Forscher den Grund gelegt haben, wenn der Mediziner und Arzt schon als Gymnasiast mit jenen Größen besser vertraut gemacht worden wäre.“

Zum Schluß:

„Das Beste aber wäre freilich, daß jeder Landmann und Bürger selbst ein erprobtes Instrument besäße und diesen Besitz mit Freude und Stolz in Ehren und fleißigem Gebrauch hielte. Dann würde in der Tat das „langweilige Thema“ aus der Welt kommen; statt ein Langes und Breites über das Wetter zu sprechen und zu raten, würde man sich die kurze Bemerkung zurufen: Das Barometer ist im Steigen, der Taupunkt im Fallen; es bessert sich. — — Mag sich's bessern!“



\*) (Lambrechts Normal-Quecksilber-Barometer.)

\*\*) (Lambrechts Polymeter.)

Mit dies. Fabrikzeichen sind sämtl. Lambrechts Fabrikate versehen.

**Gegründet 1859. Wilh. Lambrecht, Göttingen. (Hannover).**

Inhaber des Ordens für Kunst und Wissenschaft, der großen goldenen und verschiedener anderer Staatsmedaillen. Ehrendiplom. Goldene Fortschrittsmedaille Wien 1906.

Weltausstellung Brüssel 1910: Ehren-Diplom. Abt. Aviatic: Silberne Medaille.

Internationale Jagdausstellung Wien 1910: Große silberne Staatsmedaille.



In unserm Verlage erschienen:

Die  
**Pendulationstheorie**

von

**Dr. Heinrich Simroth**

Professor an der Universität Leipzig

36 Bogen, Lex.-8<sup>o</sup>, mit 27 teils zweifarbigen Karten

Preis: Broschiert 12 M., in Halbfranz geb. 14 M.

**Auszüge aus einigen Kritiken:**

„**Der Globus**“: Simroth hat sich in dankenswerter Weise nicht auf ein Gebiet beschränkt, sondern hat von geologischem, zoologischem und botanischem Wissen, einschließlich der allgemeinen Biologie und Ethnographie, unter der Theorie vereint, „was ihm nur irgend möglich war“. Wir konstatieren gleich hier: mit vollem Erfolge... Wir widerstehen der naheliegenden Versuchung, weitere Stichproben aus dem wichtigen Werke zu geben; bei der Fülle interessanten Materials weiß man in der Tat nicht, wohin man zuerst greifen soll! Unser Urteil über das Buch glauben wir nicht präziser zusammenfassen zu können, als wenn wir es für eine wissenschaftliche Tat erklären! Ja wir sind überzeugt, daß es in ähnlicher Weise befruchtend und anregend auf die gesamten biologischen Wissenschaften wirken wird, wie einstmals Darwins unsterbliche Schöpfung selbst.

„**Neue Weltanschauung**“: ... Die Wissenschaften, besonders Astronomie, Geologie und Biologie, werden sich noch lange und viel mit dieser Theorie befassen müssen, die, wenn sie sich als richtig herausstellen sollte, in vielen Punkten einen Umschwung in fundamentalen Fragen der Entwicklungslehre herbeiführen würde.

„**Deutsche Revue**“: ... Das Studium von Simroths Pendulationstheorie ist von höchstem Interesse. Die Reichhaltigkeit der Belege erinnert an

## KONRAD GRETHLEIN'S VERLAG IN LEIPZIG

---

Darwins berühmtes Werk, das ja gerade seinen zahlreichen Beispielen den Sieg verdankte. Zu wünschen wäre nur, daß sich auch die Geologie und Astronomie mit dieser Theorie beschäftigten, denn diese beiden Wissenschaften sind es, die über ihre Berechtigung oder Nichtberechtigung zu entscheiden haben...

„**Zeitschrift für Schulgeographie**“: Die Prinzipien der Pendulationstheorie, wie sie Paul Reibisch festlegte, biologisch zu stützen, ist der zugegebene Grundzug dieses mit enormem Wissen und Fleiß geschriebenen Buches. Jedenfalls ist die Pendulationstheorie ein ausgezeichnetes Mittel zu einer Systematik der Biogeographie geworden, ihr Wert als Arbeitshypothese ist ein nicht zu unterschätzender, so daß dieser Versuch nicht nur für den Tier- und Pflanzengeographen, sondern auch dem Geographen überhaupt durch das riesige Detailmaterial von Wert sein dürfte. Das ganze Gebiet der Kenntnis der Verbreitung lebender und fossiler Tiere ist nach einem einheitlichen Gesichtspunkte dargestellt, dazu kommen noch Ausblicke in das Gebiet der Botanik und Geologie und nicht zuletzt Anthropologie, Ethnographie. Diese umfassende, einheitliche Darstellung durch zahlreiche, ganz neue Kärtchen belegt, macht auch für den Schulmann das für ein wissenschaftliches Werk billige Buch von Wert. Eine eingehendere Würdigung speziell einzelner Teile noch zu bringen, behalten wir uns vor; für diesmal genüge die Konstatierung des Wertes der Pendulationstheorie als Arbeitshypothese...

Die „**Zeitschrift für Mineralogie, Geologie und Paläontologie**“ bringt eine sich über vier Nummern erstreckende, 21 Seiten füllende, zustimmende Besprechung.

„**Mitteilungen über die Vogelwelt**“: ... Aus Simroths kostbarem Buch, dem ich eine ebenso große kommende Bedeutung beimesse wie den Darwinschen Werken, kann ich weitere ornithologische Anzeichen einer wiederkehrenden „Teritärzeit“ herauslesen...

„**Zeitschrift für die österreichischen Gymnasien**“ am Schluß einer 10 Seiten langen Besprechung: ... Auch wenn man von der Pendulationstheorie absieht, so sind die Ergebnisse der Simrothschen Forschungen für die Biogeographie von hohem Werte und sichern dem Werke in unserer naturwissenschaftlichen Literatur einen Ehrenplatz.

**Wissenschaftliche Beilage der „Leipziger Zeitung“**: ... Wir können dem großzügig angelegten Werk, das selbst die meteorologischen Erscheinungen der Atmosphäre mit in den Bereich der Theorie zieht, das vor allem jegliche Zukunftsspekulation beiseite läßt, nur die weiteste Verbreitung wünschen.

## Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Bände.

### Bibliothek der Philosophie.

- Hauptprobleme der Philosophie** von Dr. Georg Simmel, Professor an der Universität Berlin. Nr. 500.  
**Einführung in die Philosophie** von Dr. Max Bentscher, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 281.  
**Geschichte der Philosophie IV: Neuere Philosophie bis Kant** von Dr. Bruno Bauch, Professor an der Univers. Halle a. S. Nr. 394.  
**Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie** von Professor Dr. Th. Eschenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.  
**Grundriß der Psychophysik** von Professor Dr. G. F. Bipp's in Leipzig. Mit 3 Figuren. Nr. 98.  
**Ethik** von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 90.  
**Allgemeine Ästhetik** von Prof. Dr. Max Diez, Lehrer an der Kgl. Akademie der bildenden Künste in Stuttgart. Nr. 300.

### Bibliothek der Sprachwissenschaft.

- Indogermanische Sprachwissenschaft** von Dr. R. Meisinger, Professor an der Universität Graz. Mit 1 Tafel. Nr. 59.  
**Germanische Sprachwissenschaft** von Dr. Rich. Loewe in Berlin. Nr. 238.  
**Romanische Sprachwissenschaft** von Dr. Adolf Zauner, Privatdozent an der Universität Wien. 2 Bände. Nr. 128, 250.  
**Semitische Sprachwissenschaft** von Dr. C. Brodelmann, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 291.  
**Finisch-ungarische Sprachwissenschaft** von Dr. Josef Szinnel, Professor an der Universität Budapest. Nr. 463.  
**Deutsche Grammatik und kurze Geschichte der deutschen Sprache** von Schulrat Professor Dr. O. Lyon in Dresden. Nr. 20.  
**Deutsche Poetik** von Dr. A. Borinski, Professor an der Universität München. Nr. 40.  
**Deutsche Redelehre** von Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Nr. 61.  
**Auffagentwürfe** von Oberstudienrat Dr. B. B. Strauß, Rektor des Eberhard-Ludwigs-Gymnasiums in Stuttgart. Nr. 17.  
**Wörterbuch nach der neuen deutschen Rechtschreibung** v. Dr. Heinrich Klens. Nr. 200.  
**Deutsches Wörterbuch** von Dr. Richard Loewe in Berlin. Nr. 64.  
**Das Fremdwort im Deutschen** von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.  
**Deutsches Fremdwörterbuch** von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.  
**Plattdeutsche Mundarten** v. Prof. Dr. Hub. Grimme, Freiburg (Schweiz). Nr. 461.  
**Die deutschen Personennamen** von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 422.  
**Länder- und Völkernamen** von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 478.  
**Englisch-deutsches Gesprächsbuch** von Professor Dr. E. Hausknecht in Lau-  
sanne. Nr. 424.

- Geschichte der lateinischen Sprache** von Dr. Friedrich Stolz, Professor an der Universität Innsbruck. Nr. 492.
- Grundriß der lateinischen Sprachlehre** v. Prof. Dr. W. Botsch i. Magdeburg. Nr. 82.
- Russische Grammatik** von Dr. Erich Berneker, Prof. an der Universt. Prag. Nr. 66.
- Kleines russisches Vokabelbuch** von Dr. Erich Boehme, Lektor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 475.
- Russisch-deutsches Gesprächsbuch** von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 68.
- Russisches Lesebuch mit Glossar** v. Dr. Erich Berneker, Prof. a. d. Univ. Prag. Nr. 67.
- Geschichte der klassischen Philologie** von Dr. Wih. Kroll, ord. Prof. an der Universität Münster. Nr. 367.

## Literaturgeschichtliche Bibliothek.

- Deutsche Literaturgeschichte** von Dr. Max Koch, Professor an der Universität Breslau. Nr. 31.
- Deutsche Literaturgeschichte der Klassikerzeit** von Prof. Carl Weitbrecht. Durchgesehen und ergänzt von Prof. Dr. Karl Berger. Nr. 161.
- Deutsche Literaturgeschichte des 19. Jahrhunderts** von Prof. Carl Weitbrecht. Durchgesehen und ergänzt von Dr. Richard Weitbrecht in Wimpfen. 2 Teile. Nr. 134, 135.
- Geschichte des deutschen Romans** von Dr. Hellmuth Mielle. Nr. 229.
- Gotische Sprachdenkmäler mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen** von Dr. Herm. Janken, Dir. d. Königin-Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 79.
- Althochdeutsche Literatur mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen** von Th. Schaffler, Prof. am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.
- Eddalieder mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen** von Dr. Wih. Ranisch, Gymnasialoberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.
- Das Walthari-Lied. Ein Heldenlied aus dem 10. Jahrhundert im Vermaß der Urchrift** übersezt u. erläutert v. Prof. Dr. G. Althof in Weimar. Nr. 46.
- Dichtungen aus mittelhochdeutscher Frühzeit.** In Auswahl mit Einleitungen und Wörterbuch herausgegeben von Dr. Hermann Janken, Direktor der Königin-Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.
- Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch** von Dr. W. Golther, Prof. an der Universität Rostod. Nr. 1.
- Aubrun und Dietrichpen.** Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. S. Jiriczek, Prof. an der Universität Münster. Nr. 10.
- Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg.** Auswahl aus dem höfischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch v. Dr. R. Marold, Prof. a. Rgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.
- Walther von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang und Spruchdichtung.** Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von O. Güntter, Prof. an der Oberrealschule und an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.
- Die Epigonen des höfischen Epos.** Auswahl aus deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junl, Aktuaris der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.
- Deutsche Literaturdenkmäler des 14. und 15. Jahrhunderts,** ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Janken, Direktor der Königin-Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 181.
- Deutsche Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts. I: Martin Luther, Thomas Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts.** Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlin, Oberlehrer am Nikolajgymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

- Deutsche Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts. II: Hans Sachs. Ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Julius Sahr. Nr. 24.
- III: Von Brant bis Nollenhagen: Brant, Hutten, Fischart, sowie Tierepos und Fabel. Ausgewählt u. erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 36.
- Deutsche Literaturdenkmäler des 17. und 18. Jahrhunderts von Dr. Paul Siegelband in Berlin. 1. Teil. Nr. 364.
- Simplicius Simplicissimus von Hans Jakob Christoffel von Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeben von Prof. Dr. F. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.
- Das deutsche Volkslied. Ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Julius Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25, 132.
- Englische Literaturgeschichte von Dr. Karl Weiser in Wien. Nr. 69.
- Grundzüge und Haupttypen der englischen Literaturgeschichte von Dr. Arnold M. M. Schröder, Prof. an der Handelshochschule in Köln. 2 Teile. Nr. 286, 287.
- Italienische Literaturgeschichte von Dr. Karl Völkler, Prof. an der Universität Heidelberg. Nr. 125.
- Spanische Literaturgeschichte von Dr. Rudolf Beer in Wien. 2 Bde. Nr. 167, 168.
- Portugiesische Literaturgeschichte von Dr. Karl von Reinhardtstoettner, Prof. an der Königl. Technischen Hochschule München. Nr. 213.
- Russische Literaturgeschichte von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.
- Russische Literatur v. Dr. Erich Boehme, Lektor an d. Handelshochschule Berlin. I. Teil: Auswahl moderner Prosa und Poesie mit ausführlichen Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 403.
- II. Teil: Всеволодъ, Гаршинъ, Разказы. Mit Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 404.
- Slavische Literaturgeschichte von Dr. Josef Karásej in Wien. I: Ältere Literatur bis zur Wiedergeburt. Nr. 277.
- II: Das 19. Jahrhundert. Nr. 278.
- Nordische Literaturgeschichte. I: Die isländische und norwegische Literatur des Mittelalters von Dr. Wolfgang Goltzer, Prof. an der Univ. Rostod. Nr. 254.
- Die Hauptliteraturen des Orients von Dr. Mich. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. I: Die Literaturen Ostasiens und Indiens. Nr. 162.
- II: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken. Nr. 163.
- Griechische Literaturgeschichte mit Berücksichtigung der Geschichte der Wissenschaften von Dr. Alfred Gerde, Prof. an der Univers. Greifswald. Nr. 70.
- Römische Literaturgeschichte von Dr. Herm. Joachim in Hamburg. Nr. 52.
- Die Metamorphosen des P. Ovidius Naso. In Auswahl mit einer Einleitung und Anmerkungen herausgegeben von Dr. Julius Ziehen in Frankfurt a. M. Nr. 442.
- Vergil, Aeneis. In Auswahl mit einer Einleitung und Anmerkungen herausgegeben von Dr. Julius Ziehen in Frankfurt a. M. Nr. 497.

## Geschichtliche Bibliothek.

- Einleitung in die Geschichtswissenschaft von Dr. Ernst Bernheim, Prof. an der Universität Greifswald. Nr. 270.
- Urgeschichte der Menschheit von Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Universität in Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.
- Geschichte des alten Morgenlandes von Dr. Fr. Hommel, o. ö. Prof. der semitischen Sprachen an der Universität in München. Mit 9 Voll- und Textbüchern und 1 Karte des Morgenlandes. Nr. 43.

- Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit** von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.
- Neutestamentliche Zeitgeschichte I: Der historische und kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums** von Lic. Dr. B. Staert, Professor an der Universität Jena. Mit 3 Karten. Nr. 325.
- II: Die Religion des Judentums im Zeitalter des Hellenismus und der Römerherrschaft. Mit einer Planskizze. Nr. 326.
- Griechische Geschichte** von Dr. Heinrich Swoboda, Prof. an der Deutschen Universität Prag. Nr. 49.
- Griechische Altertumskunde** von Prof. Dr. Rich. Maass, neubearbeitet von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.
- Römische Geschichte** von Realgymnasialdirektor Dr. Julius Koch in Grunewald. Nr. 19.
- Römische Altertumskunde** von Dr. Leo Bloch in Wien. Mit 8 Vollbild. Nr. 45.
- Geschichte des Byzantinischen Reiches** von Dr. R. Roth in Rempten. Nr. 190.
- Deutsche Geschichte** von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. I: Mittelalter (bis 1519). Nr. 33.
- II: Zeitalter der Reformation und der Religionskriege (1500—1648) Nr. 34.
- III: Vom Westfälischen Frieden bis zur Auflösung des alten Reichs (1648 bis 1806). Nr. 35.
- Deutsche Stammeskunde** von Dr. Rudolf Much, Prof. an der Universität in Wien. Mit 2 Karten und 2 Tafeln. Nr. 126.
- Die deutschen Altertümer** von Dr. Franz Fuhs, Direktor des Städt. Museums in Braunschweig. Mit 70 Abbildungen. Nr. 124.
- Abriß der Burgenkunde** von Hofrat Dr. Otto Piper in München. Mit 30 Abbildungen. Nr. 119.
- Deutsche Kulturgeschichte** von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.
- Deutsches Leben im 12. u. 13. Jahrhundert.** Realkommentar zu den Volks- und Kunstepen und zum Minnesang. I: Öffentliches Leben. Von Prof. Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg i. B. Mit 1 Tafel u. Abbildungen. Nr. 93.
- II: Privatleben. Mit Abbildungen. Nr. 328.
- Quellenkunde zur Deutschen Geschichte** von Dr. Carl Jacob, Prof. an der Universität in Tübingen. 1. Band. Nr. 279.
- Österreichische Geschichte** von Prof. Dr. Franz von Krones, neubearbeitet von Dr. Karl Uhlirz, Prof. an der Univ. Graz. I: Von der Urzeit bis zum Tode König Albrechts II. (1439). Mit 11 Stammtafeln. Nr. 104.
- II: Vom Tode König Albrechts II. bis zum Westfälischen Frieden (1440 bis 1648) Mit 2 Stammtafeln. Nr. 105.
- Englische Geschichte** von Prof. L. Gerber, Oberlehrer in Düsseldorf. Nr. 375.
- Französische Geschichte** von Dr. R. Sternfeld, Prof. an der Univ. Berlin. Nr. 85.
- Russische Geschichte** von Dr. Wilhelm Reeb, Oberlehrer am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.
- Polnische Geschichte** von Dr. Clemens Brandenburger in Posen. Nr. 338.
- Spanische Geschichte** von Dr. Gust. Diercks. Nr. 266.
- Schweizerische Geschichte** v. Dr. R. Dändliker, Prof. a. d. Univ. Zürich. Nr. 188.
- Geschichte der christlichen Balkanstaaten** (Bulgarien, Serbien, Rumänien, Montenegro, Griechenland) von Dr. R. Roth in Rempten. Nr. 331.
- Bayerische Geschichte** von Dr. Hans Odel in Augsburg. Nr. 160.
- Geschichte Frankens** von Dr. Christian Meyer, Kgl. preuß. Staatsarchivar a. D. in München. Nr. 434.

- Sächsische Geschichte** von Prof. Otto Raemmel, Rektor des Nikolaighymnasiums zu Leipzig. Nr. 100.
- Thüringische Geschichte** von Dr. Ernst Devrient in Leipzig. Nr. 352.
- Badische Geschichte** von Dr. Karl Brunner, Prof. am Gymnasium in Pforzheim u. Privatdozent der Geschichte an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.
- Württembergische Geschichte** von Dr. Karl Weller, Professor am Karlsghymnasium in Stuttgart. Nr. 462.
- Geschichte Lothringens** von Geh. Reg.-R. Dr. Herm. Derichsweiler in Straßburg. Nr. 6.
- Die Kultur der Renaissance.** Gestattung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Professor an der Universität Wien. Nr. 189.
- Geschichte des 19. Jahrhunderts** von Oskar Jäger, o. Honorarprofessor an der Universität Bonn. 1. Bändchen: 1800—1852. Nr. 216.  
— 2. Bändchen: 1853 bis Ende des Jahrhunderts. Nr. 217.
- Kolonialgeschichte** von Dr. Dietrich Schäfer, Prof. der Geschichte an der Univ. Berlin. Nr. 156.
- Die Seemacht in der deutschen Geschichte** von Wirl. Admiraltätsrat Dr. Ernst von Halle, Prof. an der Universität Berlin. Nr. 370.

## Geographische Bibliothek.

- Physische Geographie** von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
- Astronomische Geographie** von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
- Klimakunde. I: Allgemeine Klimalehre** von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln u. 2 Figuren. Nr. 114.
- Palaoklimatologie** von Dr. Wilh. R. Eckardt, Assistent a. Meteorologischen Observatorium u. d. öffentl. Wetterdienststelle in Aachen. Nr. 482.
- Meteorologie** von Dr. W. Trabert, Professor a. d. Universität in Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
- Physische Meereskunde** von Prof. Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abb. im Text u. 8 Tafeln. Nr. 112.
- Palaogeographie.** Geologische Geschichte der Meere u. Festländer v. Dr. Franz Kossmat in Wien. Mit 6 Karten. Nr. 406.
- Das Eiszeitalter** von Dr. Emil Berth in Berlin-Wilmersdorf. Mit 17 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 431.
- Die Alpen** von Dr. Rob. Sieger, Prof. an der Universität Graz. Mit 19 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 129.
- Gletscherkunde** von Dr. Frh. Machazel in Wien. Mit 5 Abbildungen im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.
- Pflanzengeographie** von Prof. Dr. Ludwig Diels, Privatdoz. an der Univ. Berlin. Nr. 389.
- Tiergeographie** von Dr. Arnold Jacobi, Professor der Zoologie an der Königl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.
- Länderkunde von Europa** von Dr. Franz Heiderich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 10 Texttärtchen und Profilen und einer Karte der Alpeineinteilung. Nr. 62.
- **der außereuropäischen Erdteile** von Dr. Franz Heiderich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 11 Texttärtchen u. Profil. Nr. 63.

- Landeskunde und Wirtschaftsgeographie des Festlandes Australiens** von Dr. Kurt Hassert, Professor an der Handelshochschule in Köln. Mit 8 Abbildungen, 6 graphischen Tabellen und 1 Karte. Nr. 319.
- **von Baden** von Professor Dr. O. Kienig in Karlsruhe. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 199.
- **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Götz, Professor an der Königl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 176.
- **der Republik Brasilien** von Rodolpho von Spering. Mit 12 Abbildungen und einer Karte. Nr. 373.
- **von Britisch-Nordamerika** von Professor Dr. A. Doppel in Bremen. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 284.
- **von Elsaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 215.
- **von Frankreich** von Dr. Richard Neuse, Direktor der Oberrealschule in Spandau. 1. Bändchen. Mit 23 Abbildungen im Text und 16 Landschaftsbildern auf 16 Tafeln. Nr. 466.
- 2. Bändchen. Mit 15 Abbildungen im Text, 18 Landschaftsbildern auf 16 Tafeln und einer lithographischen Karte. Nr. 467.
- **des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck** von Prof. Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 378.
- **der Iberischen Halbinsel** v. Dr. Fritz Regel, Prof. a. d. Univ. Würzburg. Mit 8 Kärtchen u. 8 Abbild. im Text u. 1 Karte in Farbendruck. Nr. 235.
- **der Großherzogtümer Mecklenburg und der Freien und Hansestadt Lübeck** von Dr. Sebald Schwarz, Direktor der Realschule zum Dom in Lübeck. Mit 17 Abbildungen und Karten im Text, 16 Tafeln und einer Karte in Lithographie. Nr. 487.
- **von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Professor an der Universität Berlin. Mit 10 Textillustrationen und 1 Karte. Nr. 244.
- **der Rheinprovinz** von Dr. B. Steinede, Direktor des Realgymnasiums in Essen. Mit 9 Abb., 3 Kärtchen und 1 Karte. Nr. 308.
- **des Europäischen Rußlands nebst Finnlands** von Dr. Alfred Philippson, ord. Prof. der Geographie an der Universität Halle a. S. Mit 9 Abbildungen, 7 Textkarten und einer lithographischen Karte. Nr. 359.
- **des Königreichs Sachsen** von Dr. J. Gemrich, Oberlehrer am Realgymnasium in Plauen. Mit 12 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 258.
- **der Schweiz** von Professor Dr. H. Walser in Bern. Mit 16 Abbildungen und einer Karte. Nr. 398.
- **von Scandinavien (Schweden, Norwegen und Dänemark)** von Kreisschulinspektor Heinrich Kerp in Kreuzburg. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 202.
- **der Vereinigten Staaten von Nordamerika** von Prof. Heinrich Fischer, Oberlehrer am Luisenstädtischen Realgymnasium in Berlin. Mit Karten, Figuren im Text und Tafeln. 2 Bändchen. Nr. 381, 382.
- **des Königreichs Württemberg** von Dr. Kurt Hassert, Professor an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.
- Die deutschen Kolonien I: Togo und Kamerun** von Prof. Dr. Karl Dove in Göttingen. Mit 16 Tafeln und einer lithogr. Karte. Nr. 441.
- Landes- und Volkskunde Palästinas** von Privatdozent Dr. G. Hölscher in Halle a. S. Mit 8 Vollbildern und einer Karte. Nr. 345.
- Völkerkunde** von Dr. Michael Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 56 Abbildungen. Nr. 73.



**Kartenkunde**, geschichtlich dargestellt von E. Selisch, Direktor der k. k. Nationalen Schule in Lustinpiccolo, F. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm und Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin, neu bearbeitet von Dr. W. Groll, Kartograph in Berlin. Mit 71 Abbildungen. Nr. 30.

## Mathematische u. astronomische Bibliothek.

- Geschichte der Mathematik** von Dr. A. Sturm, Professor am Obergymnasium in Seitenstetten. Nr. 226.
- Arithmetik und Algebra** von Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrten-  
schule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.
- Beispielsammlung zur Arithmetik und Algebra** von Dr. Hermann Schubert,  
Prof. an der Gelehrten-  
schule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.
- Algebraische Kurven** von Eugen Heutel, Oberreallehrer in Baihingen-Eng.  
I: Kurvendiskussion. Mit 57 Figuren im Text. Nr. 435.
- Determinanten** von Paul B. Fischer, Oberlehrer an der Oberrealschule zu  
Groß-Bichterfeld. Nr. 402.
- Ebene Geometrie** mit 110 zweifarb. Figuren von G. Mahler, Prof. am Gym-  
nasium in Ulm. Nr. 41.
- Darstellende Geometrie I** mit 110 Figuren von Dr. Rob. Hauszner, Prof. an  
der Universität Jena. Nr. 142.
- II. Mit 40 Figuren. Nr. 143.
- Ebene und sphärische Trigonometrie** mit 70 Fig. von Dr. Gerhard Hefsenberg,  
Professor an der Landwirtschaftl. Akademie Bonn-Poppelsdorf. Nr. 99.
- Stereometrie** mit 66 Figuren von Dr. R. Glaser in Stuttgart. Nr. 97.
- Niedere Analysis** mit 6 Fig. von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Nr. 53.
- Vierstellige Tafeln und Werttafeln für logarithmisches und trigonometrisches  
Rechnen** in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert,  
Prof. an der Gelehrten-  
schule des Johanneums in Hamburg. Nr. 81.
- Fünfstellige Logarithmen** von Professor Aug. Abler, Direktor der k. k. Staats-  
oberrealschule in Wien. Nr. 423.
- Analytische Geometrie der Ebene** mit 57 Figuren von Prof. Dr. M. Simon  
in Straßburg. Nr. 65.
- Aufgaben-sammlung zur analytischen Geometrie der Ebene** mit 32 Fig. von  
D. Th. Würklen, Professor am Realgymnasium in Schwab.-Gmünd. Nr. 256.
- Analytische Geometrie des Raumes** mit 28 Abbildungen von Professor Dr.  
M. Simon in Straßburg. Nr. 89.
- Aufgaben-sammlung zur analytischen Geometrie des Raumes** mit 8 Fig.  
von D. Th. Würklen, Prof. am Realgymnasium in Schwab.-Gmünd. Nr. 309.
- Höhere Analysis** von Dr. Friedrich Junker, Prof. am Karls-gymnasium in  
Stuttgart. I: Differentialrechnung mit 68 Figuren. Nr. 87.
- II: Integralrechnung mit 89 Figuren. Nr. 88.
- Repetitorium und Aufgaben-sammlung zur Differentialrechnung** mit 46 Fig.  
von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karls-gymnasium in Stuttgart. Nr. 146.
- Repetitorium und Aufgaben-sammlung zur Integralrechnung** mit 52 Fig. von  
Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karls-gymnasium in Stuttgart. Nr. 147.
- Projektive Geometrie** in synthetischer Behandlung mit 91 Fig. von Dr. R.  
Doehlemann, Prof. an der Universität München. Nr. 72.

- Mathematische Formelsammlung und Repetitorium der Mathematik**, enthaltend die wichtigsten Formeln und Lehrsätze der Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen und sphärischen Trigonometrie, math. Geographie, analyt. Geometrie der Ebene und des Raumes, der Differential- und Integralrechnung von O. Th. Bürlin, Prof. am kgl. Realgymnasium in Schw.-Gmünd. Mit 18 Figuren. Nr. 51.
- Versicherungsmathematik** von Dr. Alfred Loewy, Prof. an der Universität Freiburg i. Br. Nr. 180.
- Geometrisches Zeichnen** von H. Beder, neubearbeitet von Prof. J. Sonderlinsk, Direktor der kgl. Baugewerkschule zu Münster i. W. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.
- Vektoranalysis** von Dr. Siegf. Valentiner, Privatdozent für Physik an der Universität Berlin. Mit 11 Figuren. Nr. 354.
- Astrophysik**. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Dr. Walter F. Willmann, neu bearbeitet von Dr. G. Lubendorff in Potsdam. Mit 15 Abbildungen. Nr. 91.
- Astronomie**. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neubearb. von Dr. Herm. Kobold, Prof. an der Universität Kiel. I: Das Planetensystem. Mit 33 Abbildungen. Nr. 11.
- Astronomische Geographie** mit 52 Figuren von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Techn. Hochschule in München. Nr. 92.
- Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate** mit 15 Figuren und 2 Tafeln von Wilh. Weitbrecht, Professor der Geodäsie in Stuttgart. Nr. 302.
- Vermessungskunde** von Dipl.-Ing. P. Werkmeister, Oberlehrer an der Kaiserl. Technischen Schule in Straßburg i. E. I: Feldmessen und Nivellieren. Mit 146 Abbildungen. Nr. 468.
- II: Der Theodolit. Trigonometrische und barometrische Höhenmessung. Tachymetrie. Mit 109 Abbildungen. Nr. 469.
- Nautik**. Kurzer Abriss des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffsfahrtskunde mit 56 Abbildungen von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationschule zu Lübeck. Nr. 84.

**☛** Gleichzeitig macht die Verlagshandlung auf die „Sammlung Schubert“, eine Sammlung mathematischer Lehrbücher, aufmerksam. Ein vollständiges Verzeichnis dieser Sammlung, sowie ein ausführlicher Katalog aller übrigen mathematischen Werke der G. J. Göschen'schen Verlagshandlung kann kostenfrei durch jede Buchhandlung bezogen werden.

## Naturwissenschaftliche Bibliothek.

- Paläontologie und Abstammungslehre** von Prof. Dr. Karl Diener in Wien. Mit 9 Abbildungen. Nr. 460.
- Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten**, von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.
- Urgeschichte der Menschheit** von Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Universität Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.

- Völkerverkundung** von Dr. Michael Haberlandt, I. u. I. Kustos der ethnogr. Sammlung des naturhistor. Hofmuseums u. Privatdozent an der Universität Wien. Mit 51 Abbildungen. Nr. 73.
- Tierkunde** von Dr. Franz v. Wagner, Prof. an der Universität Graz. Mit 78 Abbildungen. Nr. 60.
- Abriß der Biologie der Tiere** von Dr. Heinrich Sinroth, Professor an der Universität Leipzig. Nr. 131.
- Tiergeographie** von Dr. Arnold Jacobi, Prof. der Zoologie an der Kgl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.
- Das Tierreich. I: Säugetiere**, von Oberstudienrat Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.
- **III: Reptilien und Amphibien**, von Dr. Franz Werner, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 48 Abbildungen. Nr. 383.
- **IV: Fische**, von Dr. Max Rauter, Privatdozent der Zoologie an der Universität Gießen. Mit 37 Abbildungen. Nr. 356.
- **VI: Die wirbellosen Tiere**, von Dr. Ludwig Böhmig, Prof. der Zoologie an der Universität Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen und Würmer. Mit 74 Figuren. Nr. 439.
- Entwicklungsgeschichte der Tiere** von Dr. Johs. Meisenheimer, Professor der Zoologie an der Universität Marburg. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Fig. Nr. 378.
- **II: Organbildung**. Mit 46 Figuren. Nr. 379.
- Schmaroher und Schmaroherium in der Tierwelt**. Erste Einführung in die tierische Schmaroherkunde von Dr. Franz v. Wagner, Professor an der Universität Graz. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.
- Geschichte der Zoologie** von Dr. Rud. Burckhardt, weill. Direktor der Zoologischen Station des Berliner Aquariums in Rovigno (Istrien). Nr. 357.
- Die Pflanze, ihr Bau und ihr Leben** von Professor Dr. E. Dennert in Godesberg. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.
- Das Pflanzenreich**. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke in Breslau und Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Fig. Nr. 122.
- Die Stämme des Pflanzenreichs** von Privatdoz. Dr. Rob. Pilger, Kustos am Kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 22 Abbildungen. Nr. 485.
- Pflanzenbiologie** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 127.
- Pflanzengeographie** von Prof. Dr. Ludwig Diels, Privatdoz. an der Univers. Berlin. Nr. 389.
- Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.
- Die Pflanzenwelt der Gewässer** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.
- Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. 2 Teile. Mit 100 Abbildungen. Nr. 268, 269.
- Die Nadelhölzer** von Prof. Dr. F. W. Neger in Tharandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.
- Ruhpflanzen** von Prof. Dr. J. Behrens, Vorst. der Großl. landwirtschaftl. Versuchsanst. Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

- Das System der Blütenpflanzen mit Ausschluß der Gymnospermen** von Dr. R. Pilger, Assistent am Kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 31 Figuren. Nr. 393.
- Pflanzenkrankheiten** von Dr. Werner Friedrich Bruch in Siegen. Mit 1 farb. Tafel und 45 Abbildungen. Nr. 310.
- Mineralogie** von Dr. R. Brauns, Professor an d. Universität Bonn. Mit 132 Abbildungen. Nr. 29.
- Geologie** in kurzem Auszug für Schulen und zur Selbstbelehrung zusammengestellt von Prof. Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln mit 51 Figuren. Nr. 13.
- Paläontologie** von Dr. Rud. Hoernes, Professor an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.
- Petrographie** von Dr. W. Brühns, Professor an der Kgl. Bergakademie Clausthal. Mit 15 Abbildungen. Nr. 173.
- Kristallographie** von Dr. W. Brühns, Prof. an der Kgl. Bergakademie Clausthal. Mit 190 Abbildungen. Nr. 210.
- Geschichte der Physik** von A. Rißner, Prof. an der Großh. Realschule zu Sinsheim a. G. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Figuren. Nr. 293.  
— II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren. Nr. 294.
- Theoretische Physik.** Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. I. Teil: Mechanik und Akustik. Mit 19 Abbildungen. Nr. 76.  
— II. Teil: Licht und Wärme. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.  
— III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Mit 33 Abbildungen. Nr. 78.  
— IV. Teil: Elektromagnetische Lichttheorie und Elektronik. Mit 21 Figuren. Nr. 374.
- Radioaktivität** von Wilh. Frommel. Mit 18 Figuren. Nr. 317.
- Physikalische Messungsmethoden** von Dr. Wilhelm Vahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Figuren. Nr. 301.
- Physikalische Aufgabensammlung** von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.
- Physikalische Formelsammlung** von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.
- Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben** von Prof. Dr. R. Wegg und Privatdozent Dr. O. Sadur, beide an der Universität Breslau. Nr. 445.
- Vektoranalyse** von Dr. Stegfr. Valentiner, Privatdozent für Physik an der Universität Berlin. Mit 11 Figuren. Nr. 354.
- Geschichte der Chemie** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.  
— II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.
- Anorganische Chemie** von Dr. Jof. Klein in Mannheim. Nr. 37.
- Metalloide (Anorganische Chemie I. Teil)** von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.
- Metalle (Anorganische Chemie II. Teil)** von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.
- Organische Chemie** von Dr. Jof. Klein in Mannheim. Nr. 38.
- Chemie der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I. II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191, 192.

- Chemie der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. Hugo Bauer. III: Karbochylische Verbindungen. Nr. 193.  
 — IV: Heterochylische Verbindungen. Nr. 194.
- Analytische Chemie** von Dr. Johannes Hoppe. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.  
 — II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.
- Mikroanalyse** von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Mit 14 Fig. Nr. 221.
- Technisch-Chemische Analyse** von Dr. G. Lunge, Prof. an der Eidgen. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
- Stereochemie** v. Dr. E. Webedind, Prof. a. d. Univ. Tübingen. Mit 34 Abbildungen. Nr. 201.
- Allgemeine und physikalische Chemie** von Dr. Max Rudolphi, Professor an der Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Figuren. Nr. 71.
- Elektrochemie** von Dr. Heinrich Danneel in Friedrichshagen. I. Teil: Theoretische Elektrochemie und ihre physikal.-chemischen Grundlagen. Mit 18 Figuren. Nr. 252.  
 — II: Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.
- Toxikologische Chemie** von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
- Agrikulturchemie. I: Pflanzenernährung** von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
- Das agrikulturchemische Kontrollwesen** v. Dr. Paul Krüsch in Göttingen. Nr. 304.
- Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden** von Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftlichen Versuchstation in Marburg in H. Nr. 470.
- Physiologische Chemie** von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.  
 — II: Dissimilation. Mit einer Tafel. Nr. 241.
- Meteorologie** von Dr. W. Trabert, Prof. an der Universität Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
- Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht** von Dr. A. Ripoldt jr., Mitglied d. Kgl. Preuß. Meteorol. Instituts zu Potsdam. Mit 14 Abbild. u. 3 Taf. Nr. 175.
- Astronomie.** Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearbeitet von Dr. Herm. Kobold, Prof. an der Univ. Kiel. I: Das Planetensystem. Mit 33 Abbildungen. Nr. 11.
- Astrophysik.** Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Prof. Dr. Walter F. Wislicenus. Neu bearb. v. Dr. G. Ludendorff, Potsdam. Mit 15 Abbildungen. Nr. 91.
- Astronomische Geographie** von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Techn. Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
- Physische Geographie** von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Königl. Techn. Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
- Physische Meereskunde** von Prof. Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abbildungen im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.
- Klimafunde I: Allgemeine Klimalehre** von Prof. Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Taf. u. 2 Fig. Nr. 114.
- Paläoklimatologie** von Dr. Wilh. R. Eckardt in Aachen. Nr. 482.

## Bibliothek der Physik.

Siehe unter Naturwissenschaften.

## Bibliothek der Chemie.

Siehe unter Naturwissenschaften und Technologie.

## Bibliothek der Technologie.

### Chemische Technologie.

- Allgemeine chemische Technologie v. Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.
- Die Fette und Öle sowie die Seifen- und Kerzenfabrikation und die Harze, Lade, Firnisse mit ihren wichtigsten Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun.  
I: Einführung in die Chemie, Beschreibung einiger Salze und der Fette und Öle. Nr. 335.
- II: Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation. Mit 25 Abbildungen. Nr. 336.
- III: Harze, Lade, Firnisse. Nr. 337.
- Ätherische Öle und Nichtstoffe von Dr. F. Kochussen in Mittitz. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.
- Die Explosivstoffe. Einführung in die Chemie der explosiven Vorgänge von Dr. H. Brunswig in Neubabelsberg. Mit 16 Abbildungen. Nr. 333.
- Brauerzeiwesen I: Mälzerei von Dr. Paul Dreverhoff, Direktor der Brauer- und Mälzerschule in Grimma. Mit 16 Abbildungen. Nr. 303.
- Das Wasser und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe von Dipl.-Ing. Dr. Ernst Leher. Mit 15 Abbildungen. Nr. 261.
- Wasser und Abwässer. Ihre Zusammensetzung, Beurteilung und Untersuchung von Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftlichen Versuchstation in Marburg in Hessen. Nr. 473.
- Bündwaren von Direktor Dr. Alfons Bujard, Vorstand des Städt. Chemisch. Laboratoriums in Stuttgart. Nr. 109.
- Anorganische chemische Industrie von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg.  
I: Die Leblancsodaindustrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Tafeln. Nr. 205.
- II: Salinenwesen, Kalisalze, Düngertindustrie und Verwandtes. Mit 6 Tafeln. Nr. 206.
- III: Anorganische Chemische Präparate. Mit 6 Tafeln. Nr. 207.
- Metallurgie von Dr. Aug. Geiß in München. 2 Bde. Mit 21 Fig. Nr. 313, 314.
- Elektrometallurgie von Reg.-R. Dr. Fr. Regelsberger in Steglitz-Berlin. Mit 16 Figuren. Nr. 110.
- Die Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels von Dr. Gustav Rauter. I: Glas- und keramische Industrie. Mit 12 Taf. Nr. 233.
- II: Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.
- Die Teerfarbstoffe mit besonderer Berücksichtigung der synthetischen Methoden von Dr. Hans Bucherer, Prof. a. d. Kgl. Techn. Hochschule Dresden. Nr. 214.

## Mechanische Technologie.

- Mechanische Technologie** von Geh. Hofrat Prof. A. Lüdtke in Braunschweig. 2 Bde. Nr. 340, 341.
- Textil-Industrie I: Spinnerei und Zwirnererei** von Prof. Max Gärtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 39 Fig. Nr. 184.
- **II: Weberei, Wirkererei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation** von Prof. Max Gärtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 185.
- **III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe** von Dr. Wilh. Nassot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule für Textil-Industrie in Krefeld. Mit 28 Figuren. Nr. 186.
- Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektrotechnik** von Ingenieur Prof. Herm. Wilda in Bremen. Mit 3 Abbildungen. Nr. 476.
- Das Holz. Aufbau, Eigenschaften und Verwendung**, von Prof. Herm. Wilda in Bremen. Mit 33 Abbildungen. Nr. 459.
- Das autogene Schweiß- und Schneidverfahren** von Ingenieur Hans Riese in Kiel. Mit 30 Figuren. Nr. 499.

## Bibliothek der Ingenieurwissenschaften.

- Das Rechnen in der Technik u. seine Hilfsmittel** (Rechenstabeber, Rechentafeln, Rechenmaschinen usw.) von Ingenieur Joh. Eugen Mayer in Karlsruhe i. B. Mit 30 Abb. Nr. 405.
- Materialprüfungswesen. Einführung in die moderne Technik der Materialprüfung** von R. Kemmler, Diplom-Ingenieur, ständ. Mitarbeiter am Kgl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde. I: Materialeigenschaften. — Festigkeitsversuche. — Hilfsmittel für Festigkeitsversuche. Mit 58 Figuren. Nr. 311.
- **II: Metallprüfung und Prüfung von Hilfsmaterialien des Maschinenbaues.** — Baumaterialprüfung. — Papierprüfung. — Schmiermittelpfung. — Einiges über Metallographie. Mit 31 Figuren. Nr. 312.
- Metallographie.** Kurze, gemeinfassliche Darstellung der Lehre von den Metallen und ihren Legierungen, unter besonderer Berücksichtigung der Metallmikroskopie von Prof. E. Henn und Prof. O. Bauer am Kgl. Materialprüfungsamt (Groß-Lichterfelde) der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. I: Allgemeiner Teil. Mit 45 Abbildungen im Text und 5 Lichtbildern auf 3 Tafeln. Nr. 432.
- **II: Spezieller Teil.** Mit 49 Abbildungen im Text und 37 Lichtbildern auf 19 Tafeln. Nr. 433.
- Statik. I: Die Grundlehren der Statik fester Körper** von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 82 Figuren. Nr. 178.
- **II: Angewandte Statik.** Mit 61 Figuren. Nr. 179.
- Festigkeitslehre** von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 56 Figuren. Nr. 288.
- Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre mit Lösungen** von R. Haren, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Mit 42 Figuren. Nr. 491.
- Hydraulik** v. W. Hauber, Diplom-Ingenieur in Stuttgart. Mit 44 Fig. Nr. 397.
- Geometrisches Zeichnen** von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neubearbeitet von Professor J. Bonderlinn in Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.
- Schattenkonstruktionen** von Prof. J. Bonderlinn in Münster. Mit 114 Fig. Nr. 236.
- Parallelperspektive, Rechtwinklige und schiefwinklige Anometrie** von Prof. J. Bonderlinn in Münster. Mit 121 Figuren. Nr. 260.

**Zentral-Perspektive** von Architekt Hans Freyberger, neubearbeitet von Prof. J. Wunderlinn, Dir. d. Kgl. Baugewerkschule, Münster i. W. Mit 132 Figuren. Nr. 57.

**Technisches Wörterbuch**, enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinenbaues, Schiffbaues und der Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin.

I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.

— II. Teil: Englisch-Deutsch. Nr. 396.

— III. Teil: Deutsch-Französisch. Nr. 453.

— IV. Teil: Französisch-Deutsch. Nr. 454.

**Elektrotechnik.** Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik von J. Herrmann, Professor an der Königlich Technischen Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 42 Fig. u. 10 Tafeln. Nr. 196.

— II: Die Gleichstromtechnik. Mit 103 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 197.

— III: Die Wechselstromtechnik. Mit 126 Fig. u. 16 Taf. Nr. 198.

**Die elektrischen Meßinstrumente.** Darstellung der Wirkungsweise der gebräuchlichsten Meßinstrumente der Elektrotechnik und kurze Beschreibung ihres Aufbaues von J. Herrmann, Prof. an der Königl. Techn. Hochschule Stuttgart. Mit 195 Fig. Nr. 477.

**Radioaktivität** von Chemiker Wilh. Frommel. Mit 18 Abbildungen. Nr. 317.

**Die Gleichstrommaschine** von G. Kinzbrunner, Ingenieur u. Dozent für Elektrotechnik a. d. Municipal School of Technology in Manchester. Mit 78 Fig. Nr. 257.

**Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen** von Diplom-Elektroingenieur Josef Herzog in Budapest u. Prof. Feldmann in Delft. Mit 68 Fig. Nr. 456.

**Die elektrische Telegraphie** von Dr. Ludwig Kellstab. Mit 19 Figuren. Nr. 172.

**Das Fernsprechwesen** v. Dr. Ludw. Kellstab in Berlin. Mit 47 Fig. u. 1 Taf. Nr. 155.

**Bermessungskunde** von Dipl.-Ing. Oberlehrer P. Bertmeister. 2 Bändchen. Mit 255 Abbildungen. Nr. 468, 469.

**Maurer- u. Steinhauerarbeiten** von Prof. Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 419—421.

**Zimmerarbeiten** von Carl Dyk, Oberlehrer an der Kaiserl. Technischen Schule in Straßburg i. E. I: Allgemeines, Balkenlagen, Zwischendecken und Deckenbildungen, hölzerne Fußböden, Fachwerkwände, Hänge- und Sprengwerke. Mit 169 Abbildungen. Nr. 489.

— II: Dächer, Wandbekleidungen, Simschalungen, Block-, Bohlen- und Bretterwände, Säune, Türen, Tore, Tribünen und Baugerüste. Mit 167 Abbildungen. Nr. 490.

**Eisenkonstruktionen im Hochbau.** Kurzgefaßtes Handbuch mit Beispielen von Ingenieur Karl Schindler in Meissen. Mit 115 Figuren. Nr. 322.

**Der Eisenbetonbau** von Reg.-Baumeister Karl Nöble in Berlin-Steglitz. Mit 77 Abbildungen. Nr. 349.

**Heizung und Lüftung** von Ingenieur Johannes Körting, Direktor der Akt.-Ges. Gebrüder Körting in Düsseldorf. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 31 Figuren. Nr. 342.

— II: Die Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 195 Fig. Nr. 343.

**Gas- und Wasserinstallationen mit Einfluß der Abortanlagen** von Professor Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbild. Nr. 412.

**Das Veraufschlagen im Hochbau.** Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen des Kostenanschlages von Emil Beutinger, Architekt B. D. U., Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit vielen Figuren. Nr. 385.

**Bauführung.** Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen der Bauführung von Architekt Emil Beutinger, Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 25 Figuren und 11 Tabellen. Nr. 399.



- Die Baukunst des Schulhauses** von Prof. Dr.-Ing. Ernst Betterlein in Darmstadt. I: Das Schulhaus. Mit 38 Abbildungen. Nr. 443.  
 — II: Die Schulräume. — Die Nebenanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 444.
- Öffentliche Bade- und Schwimmanstalten** von Dr. Karl Wolff, Stadt-Oberbaurat in Hannover. Mit 50 Fig. Nr. 380.
- Wasserversorgung der Ortschaften** von Dr.-Ing. Rob. Wehrauch, Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart. Mit 85 Figuren. Nr. 5.
- Die Kalkulation im Maschinenbau** von Ingenieur H. Bethmann, Dozent am Technikum Altenburg. Mit 61 Abbildungen. Nr. 486.
- Die Maschinenelemente.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 86 Figuren. Nr. 3.
- Metallurgie** von Dr. Aug. Geiß, diplom. Chemiker in München. I. II. Mit 21 Figuren. Nr. 313, 314.
- Eisenhüttenkunde** von A. Krauß, diplomierter Hütteningenieur. I: Das Roheisen. Mit 17 Figuren und 4 Tafeln. Nr. 152.  
 — II: Das Schmiedeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.
- Lötrohrprobierkunde.** Qualitative Analyse mit Hilfe des Lötrohres von Dr. Martin Henglein in Freiberg. Mit 10 Figuren. Nr. 483.
- Technische Wärmelehre (Thermodynamik)** von R. Walther und M. Röttinger, Diplom-Ingenieuren. Mit 54 Figuren. Nr. 242.
- Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- und Kältemaschinen** von M. Röttinger, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Mit 73 Figuren. Nr. 2.
- Die Dampfmaschine.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. d. prakt. Gebrauch v. Friedr. Barth, Obering., Nürnberg. Mit 48 Fig. Nr. 8.
- Die Dampfkessel.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. den prakt. Gebrauch v. Friedr. Barth, Obering., Nürnberg. Mit 67 Fig. Nr. 9.
- Die Gaskraftmaschinen.** Kurzgefaßte Darstellung der wichtigsten Gasmaschinenbauarten v. Ingenieur Alfred Kirschke in Halle a. S. Mit 55 Figuren. Nr. 316.
- Die Dampfturbinen, ihre Wirkungsweise und Konstruktion** von Ing. Hermann Wilda, Professor am staatl. Technikum in Bremen. Mit 104 Wb. Nr. 274.
- Die zweckmäßigste Betriebskraft** von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. I: Einleitung. Dampfkraftanlagen. Verschiedene Kraftmaschinen. Mit 27 Abbildungen. Nr. 224.  
 — II: Gas-, Wasser- und Wind-Kraftanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 225.  
 — III: Elektromotoren. Betriebskostentabellen. Graphische Darstellungen. Wahl der Betriebskraft. Mit 27 Abbildungen. Nr. 474.
- Eisenbahnfahrzeuge** von H. Sinnenhal, Kgl. Regierungsbaumeister und Obergeringieur in Hannover. I: Die Lokomotiven. Mit 89 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. Nr. 107.  
 — II: Die Eisenbahnwagen und Bremsen. Mit 56 Abbildungen im Text und 3 Tafeln. Nr. 108.
- Die Hebezeuge, ihre Konstruktion und Berechnung** von Ingenieur Hermann Wilda, Prof. am staatl. Technikum in Bremen. Mit 399 Abbildungen. Nr. 414.
- Pumpen, hydraulische und pneumatische Anlagen.** Ein kurzer Überblick von Regierungsbaumeister Rudolf Vogdt, Oberlehrer an der Königl. höheren Maschinenbauschule in Posen. Mit 59 Abbildungen. Nr. 290.
- Die landwirtschaftlichen Maschinen** von Karl Walther, Diplom-Ingenieur in Mannheim. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 407—409.

- Die Preßluftwerkzeuge von Diplom-Ingenieur P. Mits, Oberlehrer an der Kaiserl. Technischen Schule in Straßburg. Mit 82 Figuren. Nr. 493.
- Nautik. Kurzer Abriss des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Weis der Schiffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationschule zu Lübeck. Mit 56 Abbildungen. Nr. 84.

## Bibliothek der Rechts- u. Staatswissenschaften.

- Allgemeine Rechtslehre von Dr. Th. Sternberg, Privatdozent an der Univers. Lausanne. I: Die Methode. Nr. 169.
- II: Das System. Nr. 170.
- Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches. Erstes Buch: Allgemeiner Teil. I: Einleitung — Lehre von den Personen und von den Sachen von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 447.
- — II: Erwerb und Verlust, Geltendmachung und Schutz der Rechte von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 448.
- Zweites Buch: Schuldrecht. I. Abteilung: Allgemeine Lehren von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 323.
- — II. Abteilung: Die einzelnen Schuldverhältnisse von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 324.
- Drittes Buch: Sachenrecht von Dr. F. Krebschmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. I: Allgemeine Lehren. Besitz und Eigentum. Nr. 480.
- — II: Begrenzte Rechte. Nr. 481.
- Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Tixe, Professor an der Univ. Göttingen. Nr. 305.
- Deutsches Handelsrecht von Prof. Dr. Karl Lehmann in Rostock. 2 Bändchen. Nr. 457, 458.
- Das deutsche Seerecht von Dr. Otto Brandis, Oberlandesgerichtsrat in Hamburg. 2 Bände. Nr. 386, 387.
- Postrecht von Dr. Alfred Bolde, Postinspektor in Bonn. Nr. 425.
- Allgemeine Staatslehre von Dr. Hermann Rehm, Prof. an der Universität Straßburg i. E. Nr. 358.
- Allgemeines Staatsrecht von Dr. Julius Hatschel, Prof. an der Universität Göttingen. 3 Bändchen. Nr. 415—417.
- Breussisches Staatsrecht von Dr. Fritz Stier-Somlo, Prof. an der Univers. Bonn. 2 Teile. Nr. 298, 299.
- Deutsches Zivilprozessrecht von Professor Dr. Wilhelm Risch in Straßburg i. E. 3 Bände. Nr. 428—430.
- Kirchenrecht von Dr. Emil Sehling, ord. Prof. der Rechte in Erlangen. Nr. 377.
- Das deutsche Urheberrecht an literarischen, künstlerischen und gewerblichen Schöpfungen, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.
- Der internationale gewerbliche Rechtsschutz von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 271.
- Das Urheberrecht an Werken der Literatur und der Tonkunst, das Verlagsrecht und das Urheberrecht an Werken der bildenden Künste und der Photographie von Staatsanwalt Dr. J. Schlittgen in Chemnitz. Nr. 361.
- Das Warenzeichenrecht. Nach dem Gesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894 von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 360.

- Der unlautere Wettbewerb von Rechtsanwalt Dr. Martin Wassermann in  
Hamburg. Nr. 339.
- Deutsches Kolonialrecht von Dr. H. Ebler v. Hoffmann, Professor an der Kgl.  
Akademie Gosen. Nr. 318.
- Militärstrafrecht von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straß-  
burg i. E. 2 Bände. Nr. 371, 372.
- Deutsche Wehrverfassung von Kriegsgerichtsrat Carl Endres i. Würzburg. Nr. 401.
- Forensische Psychiatrie von Prof. Dr. W. Weygandt, Direktor der Irrenanstalt  
Friedrichsberg in Hamburg. 2 Bändchen. Nr. 410 u. 411.

## Volkswirtschaftliche Bibliothek.

- Volkswirtschaftslehre von Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an der Universität  
Tübingen. Nr. 133.
- Volkswirtschaftspolitik von Präsident Dr. R. van der Borgh in Berlin. Nr. 177.
- Gewerbewesen von Dr. Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule  
Berlin. 2 Bände. Nr. 203, 204.
- Das Handelswesen von Dr. Wilh. Lexis, Professor an der Universität Göt-  
tingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296.
- II: Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.
- Auswärtige Handelspolitik von Dr. Heinrich Sieveking, Professor an der  
Universität Zürich. Nr. 245.
- Das Versicherungswesen von Dr. jur. Paul Molbenhauer, Professor der Ver-  
sicherungswissenschaft an der Handelshochschule Köln. Nr. 262.
- Versicherungsmathematik von Dr. Alfred Loewy, Professor an der Universi-  
tät Freiburg i. B. Nr. 180.
- Die gewerbliche Arbeiterfrage von Dr. Werner Sombart, Professor an der  
Handelshochschule Berlin. Nr. 209.
- Die Arbeiterversicherung von Professor Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.
- Finanzwissenschaft von Präsident Dr. R. van der Borgh in Berlin. I. Allgemeiner  
Teil. Nr. 148.
- II. Besonderer Teil (Steuerlehre). Nr. 391.
- Die Steuersysteme des Auslandes von Geh. Oberfinanzrat O. Schwarz in  
Berlin. Nr. 426.
- Die Entwicklung der Reichsfinanzen von Präsident Dr. R. van der Borgh  
in Berlin. Nr. 427.
- Die Finanzsysteme der Großmächte. (Internat. Staats- u. Gemeinde-Finanz-  
wesen.) Von O. Schwarz, Geh. Oberfinanzrat, Berlin. 2 Bde. Nr. 450, 451.
- Soziologie von Prof. Dr. Thomas Uchels in Bremen. Nr. 101.
- Die Entwicklung der sozialen Frage von Prof. Dr. Ferd. Tönnies in Göttingen. Nr. 353.
- Armenwesen und Armenfürsorge. Einführung in die soziale Hilfsarbeit von  
Dr. Adolf Weber, Professor an der Handelshochschule in Köln. Nr. 346.
- Die Wohnungsfrage von Dr. L. Böhle, Professor der Staatswissenschaften  
zu Frankfurt a. M. I: Das Wohnungswesen in der modernen Stadt. Nr. 495.
- II: Die städtische Wohnungs- und Bodenpolitik. Nr. 496.
- Das Genossenschaftswesen in Deutschland von Dr. Otto Lindede, Sekretär  
des Hauptverbandes deutscher gewerblicher Genossenschaften. Nr. 384.

## Theologische und religionswissenschaftliche Bibliothek.

- Die Entstehung des Alten Testaments von Lic. Dr. W. Staerl, Professor an der Universität in Jena. Nr. 272.
- Alttestamentliche Religionsgeschichte von D. Dr. Max Lohr, Professor an der Universität Breslau. Nr. 292.
- Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.
- Landes- u. Volkskunde Palästinas von Lic. Dr. Gustav Hölscher in Halle. Mit 8 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 345.
- Die Entstehung d. Neuen Testaments v. Prof. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 285.
- Die Entwicklung der christlichen Religion innerhalb des Neuen Testaments von Prof. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 388.
- Neutestamentliche Zeitgeschichte von Lic. Dr. W. Staerl, Professor an der Universität in Jena. I: Der historische u. kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums. Nr. 325.
- II: Die Religion des Judentums im Zeitalter des Hellenismus und der Römerherrschaft. Nr. 326.
- Die Entstehung des Talmuds von Dr. S. Funk in Boskowitz. Nr. 479.
- Abriß der vergleichenden Religionswissenschaft von Prof. Dr. Th. Achelis in Bremen. Nr. 208.
- Die Religionen der Naturvölker im Umriß von Dr. Th. Achelis, weiland Professor in Bremen. Nr. 449.
- Judische Religionsgeschichte von Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.
- Buddha von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 174.
- Griechische und römische Mythologie von Dr. Hermann Steuding, Rektor des Gymnasiums in Schneeberg. Nr. 27.
- Germanische Mythologie von Dr. E. Mogl, Professor an der Universität Leipzig. Nr. 15.
- Die deutsche Heldensage von Dr. Otto Suttbold Striczek, Professor an der Universität Münster. Nr. 32.

## Pädagogische Bibliothek.

- Pädagogik im Grundriß von Professor Dr. W. Rein, Direktor des Pädagogischen Seminars an der Universität in Jena. Nr. 12.
- Geschichte der Pädagogik von Oberlehrer Dr. G. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.
- Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Dr. R. Seyfert, Seminardirektor in Bschopau. Nr. 50.
- Zeichenschule von Professor R. Kimmich in Ulm. Mit 18 Tafeln in Ton-, Farben- u. Golddruck u. 200 Voll- u. Teigtbildern. Nr. 39.
- Bewegungsspiele von Dr. E. Kohnrausch, Prof. am Kgl. Kaiser-Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 14 Abbildungen. Nr. 96.
- Geschichte des deutschen Unterrichtswesens von Professor Dr. Friedrich Selter, Direktor des königlichen Gymnasiums zu Luckau. I: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.
- II: Vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis auf die Gegenwart. Nr. 276.

- Das deutsche Fortbildungsschulwesen nach seiner geschichtlichen Entwicklung und in seiner gegenwärtigen Gestalt von H. Sierds, Direktor der städt. Fortbildungsschulen in Heide i. Holstein. Nr. 392.
- Die deutsche Schule im Auslande von Hans Amrhein, Direktor der deutschen Schule in Lüttich. Nr. 259.

## Bibliothek der Kunst.

- Stilkunde von Prof. Karl Otto Hartmann in Stuttgart. Mit 7 Vollbildern und 195 Textillustrationen. Nr. 80.
- Die Baukunst des Abendlandes von Dr. R. Schäfer, Assistent am Gewerhemuseum in Bremen. Mit 22 Abbildungen. Nr. 74.
- Die Plastik des Abendlandes von Dr. Hans Stegmann, Direktor des Bayer. Nationalmuseums in München. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.
- Die Plastik seit Beginn des 19. Jahrhunderts von A. Hellmeyer in München. Mit 41 Vollbildern auf amerikanischem Kunstdruckpapier. Nr. 321.
- Die graphischen Künste v. Carl Kambmann, I. I. Lehrer an der I. I. Graphischen Lehr- u. Versuchsanstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbild. u. Beilagen. Nr. 75.
- Die Photographie von H. Kessler, Prof. an der I. I. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Tafeln und 52 Abbildungen. Nr. 94.

## Bibliothek der Musik.

- Allgemeine Musiklehre von Professor Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.
- Musikalische Akustik von Dr. Karl L. Schäfer, Dozent an der Universität Berlin. Mit 35 Abbildungen. Nr. 21.
- Harmonielehre von A. Salm. Mit vielen Notenbeilagen. Nr. 120.
- Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre) von Prof. Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149, 150.
- Kontrapunkt. Die Lehre von der selbständigen Stimmführung von Professor Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 390.
- Fuge. Erläuterung und Anleitung zur Komposition derselben von Professor Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 418.
- Instrumentenlehre von Musikdirektor Franz Mayerhoff in Chemnitz. I: Text. II: Notenbeispiele. Nr. 437, 438.
- Musikästhetik von Dr. R. Grunsky in Stuttgart. Nr. 344.
- Geschichte der alten und mittelalterlichen Musik von Dr. A. Möhler. Mit zahlreichen Abbildungen und Musikbeilagen. I. II. Nr. 121, 347.
- Musikgeschichte des 17. u. 18. Jahrhunderts v. Dr. R. Grunsky i. Stuttgart. Nr. 239.
- seit Beginn des 19. Jahrhunderts von Dr. R. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164, 165.

## Bibliothek der Land- und Forstwirtschaft.

- Bodenkunde** von Dr. P. Bageler in Königsberg i. Pr. Nr. 455.  
**Ackerbau- und Pflanzenbaulehre** von Dr. Paul Rippert in Berlin und Ernst Langenbed in Bochum. Nr. 232.  
**Landwirtschaftliche Betriebslehre** von Ernst Langenbed in Bochum. Nr. 227.  
**Allgemeine und spezielle Tierzuchtlehre** von Dr. Paul Rippert in Berlin. Nr. 228.  
**Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung** von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.  
**Das agrikulturchemische Kontrollwesen** v. Dr. Paul Kriehle in Göttingen. Nr. 304.  
**Fischerei und Fischzucht** von Dr. Karl Edstein, Prof. an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.  
**Forstwissenschaft** von Dr. Ad. Schwappach, Prof. an der Forstakadem. Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation d. forstlichen Versuchswesens. Nr. 106.  
**Die Nadelhölzer** von Prof. Dr. F. W. Reger in Charandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 8 Karten. Nr. 355.

## Handelwissenschaftliche Bibliothek.

- Buchführung in einfachen und doppelten Posten** von Prof. Robert Stern, Oberlehrer der Öffentlichen Handelslehranstalt und Dozent der Handelshochschule zu Leipzig. Mit Formularen. Nr. 115.  
**Deutsche Handelskorrespondenz** von Prof. Th. de Beaug, Offizier de l'Instruction Publique, Oberlehrer a. D. an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Direktor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 182.  
**Französische Handelskorrespondenz** von Professor Th. de Beaug, Offizier de l'Instruction Publique, Oberlehrer a. D. an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Direktor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 183.  
**Englische Handelskorrespondenz** von E. E. Whitfield, M.-A., Oberlehrer an King Edward VII Grammar School in Kings Lynn. Nr. 237.  
**Italienische Handelskorrespondenz** von Professor Alberto de Beaug, Oberlehrer am Königl. Institut S. Annunziata zu Florenz. Nr. 219.  
**Spanische Handelskorrespondenz** v. Dr. Alfredo Nadal de Martezurrena. Nr. 295.  
**Russische Handelskorrespondenz** von Dr. Th. v. Kawrasky in Leipzig. Nr. 315.  
**Kaufmännisches Rechnen** von Prof. Richard Just, Oberlehrer an d. Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. 3 Bde. Nr. 139, 140, 187.  
**Warenkunde** von Dr. Karl Hassad, Professor an der Wiener Handelsakademie.  
I: Unorganische Waren. Mit 40 Abbildungen. Nr. 222.  
— II: Organische Waren. Mit 36 Abbildungen. Nr. 223.  
**Drogenkunde** von Rich. Dorfstewig in Leipzig und Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 413.  
**Maß-, Münz- und Gewichtswesen** von Dr. Aug. Bind, Professor an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.  
**Technik des Bankwesens** von Dr. Walter Conrad in Berlin. Nr. 484.  
**Das Wechselwesen** von Rechtsanwalt Dr. Rudolf Mothes in Leipzig. Nr. 103.

☛ Siehe auch „Volkswirtschaftliche Bibliothek“. Ein ausführliches Verzeichnis der außerdem im Verlage der G. J. Göschen'schen Verlagsbuchhandlung erschienenen handelswissenschaftlichen Werke kann durch jede Buchhandlung kostenfrei bezogen werden.

## Militär- und marinewissenschaftliche Bibliothek.

- Das moderne Feldgeschütz. I:** Die Entwicklung des Feldgeschützes seit Einführung des gezogenen Infanteriegewehrs bis einschließlich der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1850—1890, v. Oberleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer an der Militärtechn. Akademie in Berlin. Mit 1 Abbild. Nr. 306.
- **II:** Die Entwicklung des heutigen Feldgeschützes auf Grund der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1890 bis zur Gegenwart, von Oberleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer an der Militärtechn. Akademie in Berlin. Mit 11 Abbildungen. Nr. 307.
- Die modernen Geschütze der Fußartillerie. I:** Vom Auftreten der gezogenen Geschütze bis zur Verwendung des rauchschwachen Pulvers 1850—1890 von Nummenhoff, Major beim Stabe des Fußartillerie-Regiments General-selbzeugmeister (Brandenburgisches Nr. 3). Mit 50 Textbildern. Nr. 334.
- **II:** Die Entwicklung der heutigen Geschütze der Fußartillerie seit Einführung des rauchschwachen Pulvers 1890 bis zur Gegenwart. Mit 33 Textbildern. Nr. 332.
- Die Entwicklung der Handfeuerwaffen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts** und ihr heutiger Stand von G. Wzobel, Oberleutnant im Inf.-Regt. Freiherr Hüller von Gärtringen (4. Posenches) Nr. 59 und Assistent der Königl. Gewehrprüfungscommission. Mit 21 Abbildungen. Nr. 366.
- Militärstrafrecht** von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straßburg i. E. 2 Bände. Nr. 371, 372.
- Deutsche Wehrverfassung** von Karl Endres, Kriegsgerichtsrat bei dem General-kommando des kgl. bayr. II. Armeekorps in Würzburg. Nr. 401.
- Geschichte des Kriegswesens** von Dr. Emil Daniels in Berlin. **I:** Das antike Kriegswesen. Nr. 488.
- **II:** Das mittelalterliche Kriegswesen. Nr. 498.
- Die Entwicklung des Kriegsschiffbaues vom Altertum bis zur Neuzeit. I. Teil:** Das Zeitalter der Ruderschiffe und der Segelschiffe für die Kriegsführung zur See vom Altertum bis 1840. Von Tjard Schwarz, Geh. Marinebaurat u. Schiffbau-Direktor. Mit 32 Abbildungen. Nr. 471.
- Die Seemacht in der deutschen Geschichte** von Wirlk. Admittalitätsrat Dr. Ernst von Halle, Prof. an der Universität Berlin. Nr. 370.

## Verschiedenes.

### Bibliotheks- und Zeitungswesen.

- Volksbibliotheken** (Bücher- und Vesehallen), ihre Einrichtung und Verwaltung von Emil Jaeschke, Stadtbibliothekar in Eibersfeld. Nr. 332.
- Das deutsche Zeitungswesen** von Dr. Robert Brunhuber. Nr. 400.
- Das moderne Zeitungswesen** (System der Zeitungslehre) von Dr. Robert Brunhuber. Nr. 320.
- Allgemeine Geschichte des Zeitungswesens** von Dr. Ludwig Salomon in Jena. Nr. 351.

## Hygiene, Medizin und Pharmazie.

- Bewegungsspiele** von Dr. E. Kohlrausch, Prof. am Kgl. Kaiser-Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 15 Abbildungen. Nr. 96.
- Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten**, von E. Rehmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. S. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.
- Ernährung und Nahrungsmittel** von Oberstabsarzt Prof. Dr. Bischoff in Berlin. Mit 4 Figuren. Nr. 464.
- Die Infektionskrankheiten und ihre Verhütung** von Stabsarzt Dr. W. Hoffmann in Berlin. Mit 12 vom Verfasser gezeichneten Abbildungen und einer Fiebertafel. Nr. 327.
- Tropenhygiene** von Med.-Rat Prof. Dr. Nocht, Direktor des Institutes für Schiffs- u. Tropenkrankheiten in Hamburg. Nr. 369.
- Die Hygiene des Städtebaus** von S. Chr. Rußbaum, Prof. an der Techn. Hochschule in Hannover. Mit 30 Abbildungen. Nr. 348.
- Die Hygiene des Wohnungswesens** von S. Chr. Rußbaum, Prof. an der Techn. Hochschule in Hannover. Mit 20 Abbildungen. Nr. 363.
- Gewerbehygiene** von Geh. Medizinalrat Dr. Noth in Potsdam. Nr. 350.
- Pharmatognosie**. Von Apotheker F. Schmittenner, Assistent am Botan. Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe. Nr. 251.
- Toxikologische Chemie** von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
- Drogenkunde** von Rich. Dorsteitz in Leipzig u. Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 413.

## Photographie.

- Die Photographie**. Von S. Reßler, Prof. an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Taf. und 52 Abbild. Nr. 94.

## Stenographie.

- Stenographie nach dem System von F. X. Gabelsberger** von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 246.
- Die Redeschrift des Gabelsbergerschen Systems** von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 368.
- Lehrbuch der Vereinfachten Deutschen Stenographie (Einig.-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Lesebüchlein und einem Anhang** von Dr. Amiel, Studienrat des Kadettenkorps in Bensberg. Nr. 86.
- Redeschrift**. Lehrbuch der Redeschrift des Systems Stolze-Schrey nebst Kürzungsbeispielen, Lesebüchlein, Schlüssel und einer Anleitung zur Steigerung der stenographischen Fertigkeit von Heinrich Dröse, amtl. bad. Landtagsstenographen in Karlsruhe i. B. Nr. 494.

➤ Weitere Bände sind in Vorbereitung. Neueste Verzeichnisse sind jederzeit unberechnet durch jede Buchhandlung zu beziehen. ➤



No. —



## Röppen, Stimmabunde I