

LEHRBUCH DER METEOROLOGIE

VON

JULIUS VON HANN †

VIERTE UMGEARBEITETE AUFLAGE

HERAUSGEGEBEN VON

REINHARD SÜRING

MIT 6 DOPPELSEITIGEN TAFELN, 4 TABELLEN, 6 KARTENBEILAGEN
UND 119 ABBILDUNGEN IM TEXT

VERLAG VON CHR. HERM. TAUCHNITZ
LEIPZIG 1926

VERZEICHNIS DES INHALTES

	Seite
Vorwort zur ersten Auflage	V
Vorwort zur vierten Auflage	VII
Verzeichnis der Tafeln, Karten und Tabellen	XV

Einleitung 1

I. Die Atmosphäre im allgemeinen, ihre Erstreckung und Beschaffenheit . . .	2
A. Die Höhe der Atmosphäre	2
B. Die Zusammensetzung der Atmosphäre	4
C. Die Dichte der Atmosphäre und deren Zusammensetzung in großen Höhen	6
D. Einige physikalische Eigenschaften der Atmosphäre	10
II. Energiequellen der Atmosphäre	21

Erstes Buch.

Die Temperaturverhältnisse der festen und flüssigen Erdoberfläche und der Atmosphäre.

Einleitung	30
----------------------	----

1. Kapitel.

Die Wärmeeinnahme und Wärmeabgabe der Atmosphäre und der Erdoberfläche.	34
A. Die Sonnenstrahlung	35
B. Die Strahlung des Himmels	41
C. Die Wärmeausstrahlung	43

2. Kapitel.

Die Temperatur der unteren Luftschichten in ihrer Abhängigkeit von der Erwärmung und Erkaltung der festen und flüssigen Erdoberfläche	47
A. Die Erwärmung und Abkühlung der festen Erdoberfläche	49
B. Die Erwärmung und Abkühlung der flüssigen Erdoberfläche	57
C. Beziehungen zwischen der Temperatur der festen und der flüssigen Erdoberfläche und der Lufttemperatur darüber	64
D. Beschreibung der Vorgänge bei der Erwärmung der Luftschichten von der erwärmten (aber auch wärmeausstrahlenden) Unterlage aus	71

3. Kapitel.

Die periodischen und unperiodischen Änderungen der Lufttemperatur	82
I. Die periodischen Änderungen der Lufttemperatur	82
A. Der tägliche Gang der Temperatur in den unteren Luftschichten. Tages-, Monats- und Jahresmittel der Temperatur	82
B. Der jährliche Gang der Lufttemperatur	96
II. Die unperiodischen Änderungen der Temperatur. Veränderlichkeit der Monats- und Jahresmittel	107

	Seite
4. Kapitel.	
Die Verteilung der Lufttemperatur über der Erdoberfläche in vertikaler und horizontaler Richtung	123
I. Die Temperaturänderung mit der Höhe an der Erdoberfläche, namentlich in Bergländern	124
II. Verteilung der Lufttemperatur in horizontaler Richtung an der Erdoberfläche	135

5. Kapitel.	
Die Temperaturverhältnisse der oberen Luftschichten	157
I. Mittlere Temperaturen und Temperaturgradienten der atmosphärischen Schichten	158
II. Täglicher Temperaturgang in größeren Höhen	164
III. Jährlicher Temperaturgang in den Höhen der Atmosphäre	166
IV. Temperaturunterschiede zwischen freier Atmosphäre und Berggipfeln	169
V. Die Stratosphäre	171

Zweites Buch.

Der Luftdruck	174
-------------------------	-----

1. Kapitel.	
Allgemeines	174
A. Luftdruck. Begriff und Maß des Luftdruckes	174
B. Messung des Luftdruckes	176
C. Luftdichte	180

2. Kapitel.	
Die Verteilung des Luftdruckes in vertikaler und horizontaler Richtung	181
I. Die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe	181
II. Die Abnahme der Luftdichte mit der Höhe	183
III. Die Verteilung des Luftdruckes auf der Erdoberfläche	183

3. Kapitel.	
Die tägliche und jährliche Periode des Luftdruckes	194
I. Die tägliche Luftdruckschwankung	194
II. Die jährliche Schwankung des Luftdruckes	209

4. Kapitel.	
Die unregelmäßigen Luftdruckschwankungen, Veränderlichkeit der Monatsmittel, mittlere und absolute Monats- und Jahresextreme des Barometerstandes	211

Drittes Buch.

Der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre und dessen Folgeerscheinungen	225
--	-----

1. Kapitel.	
Der atmosphärische Wasserdampf in Gasform	225
I. Herkunft des Wasserdampfes. Die Verdunstung	225
II. Die Messung und Berechnung des Wasserdampfgehaltes der Luft	233
III. Die vertikale und horizontale Verteilung des Wasserdampfgehaltes	241
IV. Der tägliche und der jährliche Gang der Luftfeuchtigkeit	250

2. Kapitel.

Die ersten Erscheinungsformen des kondensierten Wasserdampfes . . .	257
I. Die Ursachen der Kondensation des Wasserdampfes	257
II. Die Niederschlagsformen des Wasserdampfes an der Erdoberfläche selbst und an den Gegenständen auf derselben. Tau, Reif, Glatteis	264
III. Die Niederschlagsformen des Wasserdampfes in der Atmosphäre	271
A. Die Natur der ersten Kondensationsprodukte. Bestandteile der Nebel und Wolken	271
B. Kondensationskerne als eine Bedingung der Kondensation des Wasserdampfes	272
C. Nebel und Nebelbildung	274

3. Kapitel.

Die Wolken	281
I. Die Wolken nach ihren Formen, Entstehen und Auftreten im allgemeinen . . .	281
A. Allgemeines	281
B. Klassifikation der Wolken	282
C. Das Entstehen der Wolkenformen	289
D. Die Höhen der verschiedenen Wolkenformen und die Geschwindigkeit des Wolkenzuges	294
E. Die tägliche und jährliche Periode der verschiedenen Wolkenformen und ihre geographische Verbreitung	304
II. Die Wolken als Himmelsbedeckung	305
A. Die Bewölkung	305
B. Die Dauer des Sonnenscheines	314

4. Kapitel.

Die Niederschlagsformen des Wasserdampfes in der Atmosphäre als Regen, Schnee, Graupel und Hagel	319
I. Allgemeines über die festen und flüssigen Niederschläge und deren Entstehung . . .	319
A. Bildung des Regens und der Wassergehalt der Wolken	319
B. Die Größe der Regentropfen	321
C. Die Fallgeschwindigkeit der Regentropfen	322
D. Die Zusammensetzung des Regenwassers	323
E. Die Temperatur des Regens	324
F. Die Niederschläge in fester Form	324
G. Die Entstehung der flüssigen und festen Niederschläge durch die aufsteigende Luftbewegung	329
II. Die Messung der Niederschläge	331
A. Allgemeines	331
B. Einfluß der Höhe des Regenmessers über dem Erdboden	332
C. Geschützte Regenmesser	333
D. Genauigkeit der Regenmessungen	334
III. Die Berechnung der Niederschlagsaufzeichnungen. Darstellung der Niederschlagsverhältnisse eines Ortes	335
IV. Die tägliche und jährliche Periode der Niederschläge	348
A. Die tägliche Periode	348
B. Die jährliche Periode	356
V. Verteilung der Jahresmengen der Niederschläge über die Erdoberfläche . . .	371
VI. Maxima des Regenfalles in kürzerer Zeit. Platzregen. Wolkenbrüche . . .	379

Viertes Buch.**Die Erscheinungen der Luftbewegung (dynamische Meteorologie).****1. Kapitel.**

Der Wind im allgemeinen	388
A. Definition und Charakterisierung der Luftbewegungen	388
B. Maxima der Windgeschwindigkeit und des Winddruckes	395
C. Berechnung der Windbeobachtungen	396
D. Die Struktur des Windes. Turbulenz und Massenaustausch	398
E. Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe	402
F. Einfluß der Unterlage auf die Windgeschwindigkeit	406

2. Kapitel.

Die tägliche Periode der Windgeschwindigkeit und Windrichtung	408
I. Die tägliche Periode der Windstärke	408
A. Beschreibung der täglichen Periode	408
B. Erklärung der täglichen Periode der Windstärke	414
C. Die tägliche Periode der stürmischen Winde	417
II. Die tägliche Periode der Windrichtung	418

3. Kapitel.

Einleitung in die Lehre von den Luftströmungen	425
I. Die Entstehung der Luftströmungen im allgemeinen	425
II. Vertikale und horizontale Luftzirkulation in relativ warmen und kalten Gebieten. Konvektionsströmungen	429
III. Die einfachsten Beziehungen zwischen Luftdruckdifferenz und Windgeschwindigkeit	432
IV. Einfluß der täglichen Umdrehung der Erde auf die atmosphärischen Bewegungen	436
V. Die Luftzirkulation über abnorm warmen und abnorm kalten Teilen der Erdoberfläche unter dem Einfluß der Erdrotation	440

4. Kapitel.

Anwendung der gewonnenen Sätze zur Erklärung verschiedener Windsysteme	444
I. Konvektionsströmungen mit einer täglichen Periode	444
A. Die Land- und Seewinde	444
B. Die Berg- und Talwinde	451
II. Konvektionsströmungen mit einer jährlichen Periode (Monsune)	458
A. Entstehung der Monsune	458
B. Übersicht über die verschiedenen Monsungebiete	461
C. Die Mächtigkeit der Monsunwinde	464

5. Kapitel.

Der Luftaustausch zwischen Äquator und Pol (die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre)	466
I. Überblick über die an der Erdoberfläche vorherrschenden Windrichtungen nach den Beobachtungsergebnissen	466
II. Übersicht der oberen Luftströmungen nach den Beobachtungen	476
A. Rauchwolken von Vulkanen	476
B. Zugrichtung der oberen Wolken	478
C. Aerologische Untersuchungen	481

	Seite
III. Die Theorien der Luftzirkulation zwischen Äquator und Pol	487
A. Historisches	487
B. Grundlagen der Theorie der Luftströmungen zwischen Äquator und Pol	490
C. Über das Luftdruckgefälle	492
D. Beziehungen zwischen Luftdruckgefälle und Windstärke unter dem Einfluß der Erdrotation	495
E. Erklärung einzelner Strömungsgebiete	497
IV. Die jährliche Periode in der atmosphärischen Zirkulation	505

Fünftes Buch.

Die atmosphärischen Störungen.

1. Kapitel.

Das Wetter im allgemeinen	507
-------------------------------------	-----

2. Kapitel.

Die Witterungserscheinungen in den außertropischen Breiten	514
I. Die Art des Auftretens der Barometerminima und die sie begleitenden Er- scheinungen	515
A. Verhältnisse an der Erdoberfläche	515
B. Die Verhältnisse in der Höhe	539
C. Bau der Zyklonen	561
II. Die Barometermaxima	570

3. Kapitel.

Sekundäre Isobarentypen. Einige Witterungs- und Witterertypen lokalen Ursprungs	579
I. Nichtgeschlossene Isobarenformen und die ihnen entsprechende Witterung	579
II. Besondere Arten der zyklonalen und antizyklonalen Winde in Gebirgsländern. Föhn (Scirocco) und Bora	582

4. Kapitel.

Wirbelstürme der Tropen, Entstehung der Luftdruckgebilde im All- gemeinen	595
I. Zyklonen. Begriff und allgemeiner Charakter	596
II. Lokales Auftreten der tropischen Wirbelstürme	605
A. Zugstraßen derselben	607
B. Die wichtigsten Orkangebiete der Tropen	607
C. Jährliche Periode der Häufigkeit der Zyklonen	615
D. Die Bildungsstätten der tropischen Wirbelstürme	616
III. Die Entstehung der atmosphärischen Wirbel (der tropischen Wirbelstürme), sowie der Barometerminima und -maxima der höheren Breiten	618

5. Kapitel.

Witterungstypen und Witterungsperioden	632
I. Die Erhaltungstendenz der Witterung. Witterungstypen	632
II. Beziehungen zwischen dem Witterungscharakter verschiedener Teile der Erd- oberfläche	642
III. Mehrjährige Perioden der Witterung und zyklische Änderungen des Klimas	652

6. Kapitel.

Atmosphärische Störungen, bei denen elektrische Erscheinungen als kennzeichnend auftreten. Das Gewitter	659
--	-----

	Seite
I. Die Erscheinungen bei Gewittern	660
A. Der Blitz	660
B. Der Donner	669
C. Das Elmsfeuer	671
D. Der Gang der meteorologischen Elemente vor, während und nach dem Gewitter	672
II. Der Sitz des Gewitters	674
III. Die örtliche Verteilung und die Bewegung der Gewitter	678
IV. Die zeitliche Verteilung der Gewitter, jährliche und tägliche Periode, andere Perioden	687
A. Die Jahresperiode der Gewitter	687
B. Die tägliche Periode der Gewitter	691
C. Andere Gewitterperioden	696
V. Die Entstehung und Einteilung der Gewitter	699
A. Wärmegewitter	700
B. Wirbelgewitter	703
C. Gewitter in den Grenzgebieten zwischen kalten und warmen Räumen	709
D. Gewitterböen	711
E. Hagelwetter	720
Jährliche und tägliche Periode des Hagelfalles	725
Örtliche Verteilung der Hagelfälle	728
Säkularperioden des Hagelfalles	731
Die Entstehung des Hagels	731
Wasserhosen, Tromben, Tornados	737
Wasserhosen und Tromben	737
Tornados	742
VI. Luft- und Wolkenelektrizität	750

Sechstes Buch.

Einige der wichtigsten mathematisch-physikalischen Theorien der Meteorologie in elementarer Darstellung.

I. Theorie der Luftbewegung namentlich in atmosphärischen Wirbeln	768
II. Über die Berechnung periodischer Erscheinungen	780
III. Auffindung von Periodizitäten und Korrelationen	792
IV. Die Wärmebewegung im Erdboden	795
V. Zur Theorie der Wärmeverteilung in der Erdatmosphäre	801
VI. Der nächtliche Temperaturgang und der Strahlungskoeffizient der atmosphärischen Luft	816
VII. Die vertikale Verteilung des Luftdruckes in ihrer Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeit	820
VIII. Barometrische Höhenmessung	830
<hr style="width: 20%; margin: 10px auto;"/>	
Nachträge und Zusätze	846
Verbesserungen und sinnstörende Druckfehler	852
Register	853

VERZEICHNIS DER TAFELN, KARTEN UND TABELLEN

1. Tafeln und Kartenbeilagen.

Rauhreif am Ufer der Mur bei Bruck	268
Mammato-Cumulus (gehört zu Seite 289)	268
Nebelmeer	284
Cirrus (Federwolke)	284
Cirro-Stratus und Cirro-Cumulus	287
Wogenwolken (Alto-Cumulus), Wogenwolken (Cumulus)	287
Haufenwolke	289
Gewitterwolke mit Cirrus-Kappe. Böenkragen	289
Regenkarte der Erde	372
Windverhältnisse des Stillen Ozeans im Januar und Februar	468
Windverhältnisse des Stillen Ozeans im Juli und August	469
Verteilung des Luftdruckes über der nördlichen Hemisphäre am 1. und 2. Februar 1883	514
Bahnen der Orkane im Nordatlantischen Ozean 1890—1899	608
Blitzphotographie	661
Wasserhose bei Cottage City, Mass. (gehört zu S. 738)	661
Hagelkörner, gefallen in Richmond (England) am 8. Juli 1893	721
Hagelkörner, gefallen am 26. April 1904 zu Ó-Gyalla	721
Hertz, Graphische Methode zur Bestimmung der adiabatischen Zustandsänderungen feuchter Luft	814

2. Karten im Text.

Isothermen im Januar, Juli und Jahr	138—140
Isanomalien der Temperatur im Januar, Juli und Jahr	149—151
Isobaren der Erde im Januar und Juli	186, 187
Isobaren für Mittel- und Südeuropa im Dezember und Juni	188, 189
Windverhältnisse des Atlantischen Ozeans im Januar/Februar und Juli/August	470, 471
Windverhältnisse des Indischen Ozeans im Januar/Februar und Juli/August	474, 475

3. Größere Tabellen.

I. Tabelle der mittleren Monats- und Jahrestemperaturen von 150 Orten	am Schluß
II. „ „ „ monatlichen und jährlichen Niederschlagsmengen in mm „ „	„ „
III. Spannungstafel für gesättigten Wasserdampf	„ „
IV. Tabelle der Höhenstufen in Meter für 1 Millimeter Luftdruckänderung bei verschiedenen Barometerständen und Lufttemperaturen	„ „