

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen	XIX
Verzeichnis der Tabellen	XXVII

I. Einleitung	1
a) Die Klimatologie, ihre Methoden und ihre Stellung im System der Geographie	1
b) Historische Entwicklung der Klimaforschung	8
c) Gewinnung des klimatologischen Materials, Klimastatistik	17
– Datenquellen	17
– Standardisierung der Beobachtung und Auswertung	20
– Publikation der Daten	22
– Berechnung klimatologischer Werte	22
– Daten aus synoptisch-meteorologischen Beobachtungssystemen	27
– Beobachtungsausweitung durch Satelliten	29
– Sondernetze	31
– Informationen aus Klimaeffekten	31
d) Phänologie als Hilfsmittel der Klimaforschung	32
e) Angewandte Klimatologie, Problemstellungen und Aufgaben	36
II. Separative Klimageographie	42
a) Zusammensetzung und Vertikalstruktur der Atmosphäre	42
1. Die reine, trockene Atmosphäre	42
2. Der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre	47
3. Das Aerosol	48
– Gase als Luftbelastung	50
– Partikel-Aerosol	54
– Organismen in der Atmosphäre	61
4. Radioaktive Beimengungen der Atmosphäre	61
5. Die Vertikalstruktur der Atmosphäre	65
b) Strahlung, Strahlungsklima, Lichtphänomene	73
1. Sonnenstrahlung, Solarkonstante, himmelsmechanische Tatsachen	73
2. Beleuchtungszonen, Jahreszeiten, Lichtphänomene	77
– Bewegung der Erde um die Sonne	77
– Strahlungsklimatische Tropen, Subtropen, hohe Mittelbreiten, Polar- gebiete	77
– Das solare Klima	80
– Die Dämmerung	81
– Geographische Effekte unterschiedlicher Strahlungsklimate	82
– Dämmerungs- und Lichtphänomene	85
– Mond- und Sternenlicht	87

3. Der Einfluß der Atmosphäre auf die Sonnenstrahlung	88
– Die diffuse Reflexion und damit verbundene Phänomene	88
– Die selektive Absorption	89
– Die Extinktion und ihre Abhängigkeit	90
4. Die an der Erdoberfläche ankommende Globalstrahlung	91
– Einfluß der Länge des Strahlungsweges	91
– Einfluß der Bewölkung	92
– Regionale Verteilung der Globalstrahlung und ihrer Komponenten	93
5. Strahlungs- und Energieumsatz an der Erdoberfläche	95
– Die Reflexion (Albedo)	95
– Die Absorption und ihre Folgen	99
6. Die Energieabgabe von der Erdoberfläche	103
– Ausstrahlung	104
– Rückwirkung der Atmosphäre	105
– Transfer latenter und fühlbarer Wärme	107
7. Strahlungs- und Energiebilanz, Wärmehaushalt	108
– Gesamtsystem Erde plus Atmosphäre	108
– Regionale Differenzierung der Strahlungsbilanz	111
8. Informationsgrundlagen über Strahlungsgrößen und Strahlungsklima	113
9. Einfluß des Reliefs	115
c) Temperatur	117
1. Begriffe und Messung	117
2. Erdbodentemperaturen	122
3. Tages- und Jahresgang sowie horizontale Verteilung der Lufttemperatur ..	124
– Regionale Temperaturdifferenzierung	130
4. Temperaturschwankungen, Veränderlichkeit, Extremwerte	143
– Temperaturschwankungen	143
– Veränderlichkeit	147
5. Die vertikale Temperaturverteilung	161
– Temperaturinversionen	161
– Geographische Differenzierung, Thermische Höhenstufen	162
6. Äquivalenttemperatur, Schwüle, Abkühlungsgröße	164
– Schwülemaße und Einflußparameter	164
– Effektive Temperatur und Temperature-Humidity-Index	168
– Abkühlungsgröße	170
– Windchill	172
d) Transparenz/Trübung der Atmosphäre, Sicht, Dunst	172
1. Begriffsbestimmung	172
2. Bestimmungsgrößen	173
– Dunst	175
– Trübungsfaktor	176
3. Regionalklimatische Differenzierungen	177
e) Luftfeuchtigkeit, Verdunstung, Kondensation	179
1. Physikalische Grundgesetze, Grundvorgänge und -regeln	180
– Dampfdruckerhöhung, -erniedrigung	183
– Verdunstung	183
2. Luftfeuchte, Maße und Messung	187
3. Luftfeuchte, regionale Verteilung und zeitliche Änderung	190
– Horizontale und vertikale Verteilung des Wasserdampfes	190

– Precipitable water	191
– Tages- und Jahresgänge	195
– Unperiodische Veränderungen	196
4. Verdunstung, Meßverfahren, Kalkulationsansätze	198
– Begriffsbestimmung und Grundproblematik	198
– Kalkulationsansätze	199
– Verdunstungsmessung	204
5. Verdunstung, regionale und zeitliche Differenzierung	206
– Globale Übersicht	206
– Mittel- und Osteuropa	209
– Die Tropen	211
6. Kondensation und Eisbildung in der freien Atmosphäre	214
– Kondensation durch Abkühlung	215
– Kondensationsvorgang	216
– Wolkenphysikalische Stockwerke	220
7. Nebel	220
– Übersicht Nebelarten	221
– Klimageographisch wichtige Nebelvorkommen	221
8. Wolkenarten und Bewölkung	227
f) Niederschläge	256
1. Begriffsbestimmung und Systematik	256
2. Flüssige Niederschläge, Entstehung, Messung	257
– Großräumige Korrekturfaktoren	265
– Wolken- und Nebelniederschlag	266
3. Feste Niederschläge, Entstehung, Messung	268
– Feste Niederschläge körniger Struktur	278
– Ablagerungen	281
4. Typen der Niederschläge und ihre Verbreitung	284
– Tau und Taumessung	291
– Regenergiebigkeit	294
5. Die horizontale und vertikale Verteilung der Niederschläge	295
– Globale Übersicht	295
– Vertikalverteilung der Niederschläge in den Gebirgen	304
– Verteilung Schnee und Schneedecke	313
6. Schwankungen und zeitliche Veränderlichkeit der Niederschläge	319
7. Anthropogene Beeinflussung der Niederschläge	336
– Versuche zur Niederschlagsvermehrung	337
– Hagelbekämpfung	338
8. Der Wasserkreislauf auf der Erde	340
– Bedeutung des kleinen Kreislaufes	342
– Wasserdampftransport	342
g) Der Luftdruck als separatives Klimatelement	345
1. Luftdruck, physikalische Natur, Definition und Messung	345
2. Barometrische Höhenformel; absolute und relative Topographie	347
– Ableitung der Barometrischen Höhenformel	347
– Die Topographien	349
– Thermische Entstehung von Hoch- und Tiefdruckgebieten	351
3. Luftdruckgürtel und ihre tellurische Aufgliederung	354
4. Periodische und unperiodische Luftdruckschwankungen	358

h) Luftbewegung, Winde, Stürme	360
1. Entstehung, Struktur und Grundregeln horizontaler Luftbewegungen	360
– Die wirkenden Kräfte	360
– Die Luftströmung in der freien Atmosphäre	362
– Luftbewegung in der planetarischen Grundschicht	365
– Vertikale Ersatzströmungen und ihre Folgen	366
– Turbulenz; Ursache und Wirkung	367
– Schwerewinde	369
2. Bestimmungsgrößen und Messung der Luftbewegung	369
3. Windänderung mit der Höhe, Tages- und Jahresgang, Veränderlichkeit des Windes	374
– Windänderung mit der Höhe	374
4. Windverteilung auf der Erde	379
– Die Windgürtel auf der Erde	381
5. Lokale Winde und lokale Windsysteme	385
– Tagesperiodische Winde	385
– Fallwinde	395
– Synoptische Regionalwinde	406
6. Stürmische Winde, Wirbelstürme	410
– Tromben und Tornados	410
– Tropische Wirbelstürme	415
i) Lufterlektrizität und Gewitter	424
1. Das lufterlektrische Feld	424
2. Gewitter, Entstehung und Verbreitung	426
III. Synoptische Klimageographie	432
a) Die Wetterkarte, ihr Zustandekommen und ihre klimatologische Bedeutung	434
b) Druckgebilde und Fronten	440
1. Tiefdruckgebiete	441
2. Hochdruckgebiete	451
3. Frontalvorgänge	455
– Warmfront	455
– Kaltfront	457
– Vorkommen von Fronten	460
4. Zugbahnen der Druckgebilde	461
c) Luftkörper und Luftmassen	468
d) Lufttransporte (Kaltlufteinbrüche und Wärmewellen)	472
e) Wetterlagen und Wettertypen	482
– Großwetterlagen	484
– Anwendung auf Einzelregionen	495
f) Regelfälle (Singularitäten), natürliche Jahreszeiten	501
IV. Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre	511
a) Die Grundzüge im Überblick	511
1. Grundgegebenheiten und unterschiedliche Modellansätze	512
2. Der Aufbau des mittleren Luftdruckfeldes in den oberen und unteren Schichten der Troposphäre	516
– Der Pendelmechanismus im Höhenwestwindgürtel	516
– Entstehung der planetarischen Luftdruckgürtel im Meeresniveau	519

– Die Genese der subtropisch-randtropischen Antizyklonen und subpolaren Zyklonen	522
– Der monsunale Einfluß auf das Luftdruckfeld	525
– Die Aktionszentren des Luftdruckfeldes	526
3. Grundzüge der Zirkulation in den unteren Schichten der außertropischen Atmosphäre	527
– Polarfront, Zyklonen, Zyklonenfamilien	527
– Arktikfront, Arktikfrontzyklonen	530
– Unterschied zwischen Nord- und Südhalbkugel	531
4. Der tropische Zirkulationsmechanismus	531
– Tropische Ostströmung und Passate	531
– Charakteristika der Passatströmung, Passatinversion	533
– Die Auslaufzonen der Passate	534
– Übergang Passat-Monsun	538
– Die Hadley-Zirkulation und das Problem des „Antipassats“	540
b) Die großen Zirkulationsglieder	542
1. Die tropische Zirkulation	542
2. Die asiatische Monsunzirkulation	552
3. Die ektropische zyklonale Westwind- und die Polarzirkulation	566
– Die antarktische Zirkulation	577
V. Allgemeine Klimatypen	581
a) Maritimität und Kontinentalität	582
b) Aridität und Humidität, Trockengrenzen	594
– Die Trockengrenze nach Penck	594
– Das Werden der Ariditätsformeln	597
– Andere hygrothermische Indizes	600
c) Klima und Relief, Gebirgs- und Höhenklima	612
– Hypsometrischer Wandel der Klimatelemente	612
– Einfluß auf die Luftströmung	616
– Einflüsse großer Massenerhebungen	617
– Tropisches Gebirgsklima	619
d) Klima der bodennahen Luftschicht, Geländeklima	620
– Einstrahlungs- und Ausstrahlungstyp	621
– Kaltluftseen	623
e) Bestandsklima, Waldklima	627
f) Stadtklima	631
– Dunsthaube und Folgen	633
– Die städtische Wärmeinsel	634
– Einfluß auf die Schwüle	640
g) Bioklima, Heilkimate	641
– Kurortklima	644
VI. Klassifikation der Klimate	649
a) Grundsätze der Klimaklassifikation	649
– Übersicht verschiedener Klassifikationen	651
b) Genetische Klassifikationen der Klimate	659
1. Die energetische Klimaklassifikation nach Werner H. Terjung und Stella S.-F. Louie	659

2. Die Klimatypen nach Alfred Hettner	660
3. Das Klimasystem von Hermann Flohn und Modifikationen	662
c) Vorwiegend effektive Klassifikationen der Klimate	667
1. Das System von Wladimir Köppen	667
2. Die Systeme von v. Wissmann, Thornthwaite und Trewartha (abgewandelte Köppen-Systeme)	671
– Von Wissmanns Gliederung	671
– Das System von C. W. Thornthwaite	674
– Die Klimagliederung nach Trewartha	677
3. Die Klimagliederung von Nikolaus Creutzburg	678
4. Das dezimale Klimasystem von Wladislaw Gorczynski	680
5. Die Klimagliederung von Emmanuel de Martonne	680
6. Die Klimagliederung auf physiographischer Grundlage von Albrecht Penck	681
7. Die Jahreszeitenklimate von C. Troll und K. H. Paffen sowie von D. L. Linton	682
– Die Gliederung von C. Troll und K. H. Paffen	682
– Die Gliederung von D. L. Linton	686
8. Das botanisch-ökologische Klimasystem von L. Emberger	687
9. Die Klimaklassifikation nach dem Strahlungs-Trockenheitsindex von M. J. Budyko und A. A. Grigoriev	688
10. Klimaeinteilungen auf Grund der Luftmassentypologie (Systeme von Brunnschweiler und von Alissow)	689
VII. Klimaschwankungen	695
a) Grundsätzliche Überlegungen	695
1. Was sind Klimaschwankungen?	695
2. Das klimatische System und seine Beeinflussungsmöglichkeiten	697
b) Klimate der geologischen Vergangenheit, Paläoklimatographie	709
1. Die Paläoklimatographie und der neue Ansatz	709
2. Paläoklimatische Datierungsmethoden	712
– Radiocarbon-Methode (C^{14} -Datierung)	712
– Die Protactinium-Ionium-Methode	713
– Die Kalium-Argon- ($^{40}K/^{40}A$)-Methode	714
– Warven- und Dendrochronologie	715
3. Bestimmung von Klimaparametern auf geophysikalischer Basis	716
– Das Sauerstoffisotopen- ($^{18}O/^{16}O$ -) Verfahren	716
– Anwendung auf Gletschereis	717
– Das Karbonat-Verfahren	718
– Pollenanalyse	719
– Lößstratigraphie und fossile Böden	720
– Meeres- und Seespiegelveränderungen	721
4. Chronik der wichtigsten Klimaschwankungen der geologischen Vergangenheit	721
5. Modellvorstellung über die Genese der pleistozänen Eiszeiten nach H. Flohn	734
c) Klimaschwankungen in historischer Zeit	
1. Die vorinstrumentelle Zeit	734
2. Durch instrumentelle Beobachtungsreihen belegte Klimaschwankungen ..	737
– Folgen der Wintermilderung	739
– Rückläufigkeit seit 1940	741

II. Beeinflussung des Klimas durch den Menschen	745
a) Klimamelioration und Klimaschutz (Wind-, Schnee-, Hagel- und Frostschutz, Binnenraumklimate)	745
– Frostschutz	750
– Hagelbekämpfung	752
– Klima der Innenräume	753
b) Großräumige Klimabeeinflussung	754
1. Die vorindustrielle Epoche	754
2. Klimabeeinflussung im Industriezeitalter	756
– Anthropogene Abwärme	757
– Die Zunahme von CO ₂ und Partikel-Aerosol	757
– Spraygase	759
– Koppelung natürlicher Schwankungen und anthropogener Effekte	759
IX. Literatur	761
Register	873