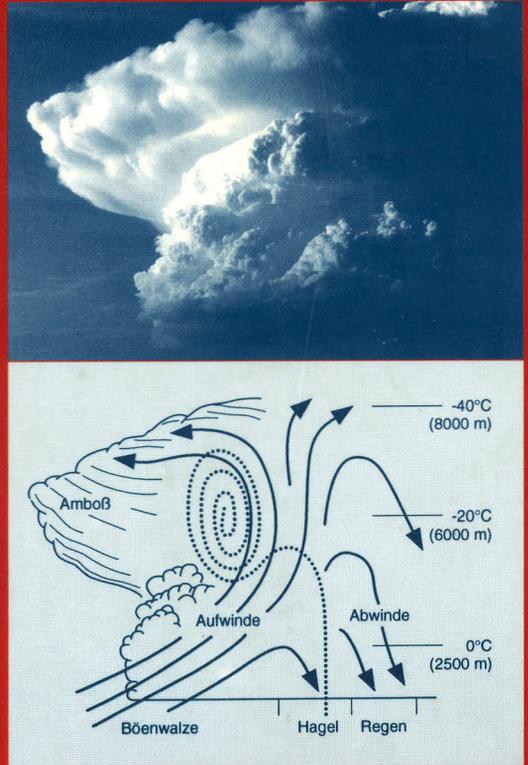


Hans Häckel

Meteorologie

4. Auflage



UTB

FÜR WISSEN
SCHAFT

Ulmer

Hans Häckel

Meteorologie

4., völlig überarbeitete und neugestaltete Auflage

174 Zeichnungen

27 Tabellen

334/4082

INSTITUT
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE
UNIVERSITÄT HANNOVER
HERRENHAUSER STR. 2 - 30419 HANNOVER

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Formelzeichen und Einheiten	11
1 Atmosphäre	13
1.1 Allgemeines über Atmosphären	13
1.2 Geschichte der Erdatmosphäre	14
1.3 Zusammensetzung der Erdatmosphäre und wirtschaftlich-ökologische Bedeutung der Atmosphärendase	18
1.3.1 Stickstoff	19
1.3.2 Sauerstoff	19
1.3.3 Argon	20
1.3.4 Wichtige atmosphärische Spurengase	20
1.4 Luftdruck	32
1.4.1 Definitionen und wichtige Gesetzmäßigkeiten	32
1.4.2 Luftdruck als Navigationshilfe für die Luftfahrt	38
1.4.3 Reduktion des Luftdruckes auf Meeressniveau	39
1.5 Temperatur der Atmosphäre	39
1.6 Stabilität und Labilität der Atmosphäre	43
1.6.1 Stabile und labile Zustände	44
1.6.2 Atmosphärenschichtung und Umweltschutz	46
1.6.3 Ausbreitungsrechnung	49
1.7 Temperatur in höheren Atmosphärenschichten	50
2 Wasser	53
2.1 Definitionen und wichtige physikalische Gesetze über das Wasser in der Atmosphäre	54
2.1.1 Feuchte Maße	54
2.1.2 Dampfdruck, Sättigungsdampfdruck und Sättigungsdefizit	61
2.1.3 Spezifische Wärme und Volumenwärme	65
2.1.4 Schmelz- und Verdunstungsenergie	67
2.1.5 Rechenformeln	70
2.1.6 Molekularphysikalische Deutung ungewöhnlicher Eigenschaften des Wassers	71
2.2 Phasenübergänge des Wassers und ihre Bedeutung in der Meteorologie	74
2.2.1 Kondensations- und Gefrierprozesse in der Atmosphäre	74

2.2.2	Verdunstung	81
2.3	Erscheinungsformen des atmosphärischen Wassers	90
2.3.1	Dunst	90
2.3.2	Nebel	91
2.3.3	Wolken	98
2.3.4	Niederschläge	112
2.3.5	Beschläge	131
2.4	Niederschlagsverteilung, klimatische Wasserbilanz und Wasserkreislauf	136
2.4.1	Örtliche und zeitliche Niederschlagsverteilung	136
2.4.2	Klimatische Wasserbilanz	140
2.4.3	Wasserkreislauf in der Bundesrepublik Deutschland	141
3	Strahlung	144
3.1	Definitionen und wichtige physikalische Gesetze über die Strahlung	144
3.1.1	Lambertsches Gesetz	146
3.1.2	Beersches Gesetz	147
3.1.3	Plancksches Gesetz	147
3.1.4	Stefan-Boltzmannsches Gesetz	148
3.1.5	Wiensches Verschiebungsgesetz	151
3.1.6	Strahlungsverhalten der Gase	152
3.1.7	Physikalische Deutung der Strahlung	153
3.2	Von der Sonne ausgehende Strahlung	155
3.2.1	Strahlungsgenuß der Erde	157
3.2.2	Absorption, Streuung und Reflexion	162
3.2.3	Strahlungsumsatz von Atmosphäre, Boden, Vegetation und Gewässern	175
3.3	Von der Erdoberfläche und der Atmosphäre ausgehende Strahlung	180
3.3.1	Definitionen und wichtige Gesetzmäßigkeiten	182
3.3.2	Wirkungen der langwelligen Strahlung	185
3.3.3	Glashauseffekt	186
3.4	Strahlungsbilanz der Erdoberfläche	190
3.5	Optische Erscheinungen in der Atmosphäre	192
3.5.1	Regenbogen	193
3.5.2	Haloerscheinungen	195
3.5.3	Weitere optische Erscheinungen	198
4	Energiehaushalt der Erdoberfläche	201
4.1	Speicherung von Wärme im Boden und in Gewässern	201
4.1.1	Grundsätzliches zum Wärmetransport im Boden	201
4.1.2	Bodenwärmestrom	207
4.1.3	Bewachsener Boden	210
4.1.4	Wärmespeicherung in Gewässern	213
4.2	Austausch fühlbarer Wärme und latenter Energie	215
4.2.1	Fühlbare Wärme	215
4.2.2	Latente Energie	219
4.3	Energiehaushalt als Ganzes	220

4.4	Zusammenhang zwischen dem Energiehaushalt der Erdoberfläche und der Temperatur der bodennahen Luft	224
5	Wind	229
5.1	Graphische Darstellung des Windes.	231
5.2	Entstehung des Windes.	233
5.2.1	Land- und Seewind.	233
5.2.2	Andere kleinräumige Windsysteme.	236
5.2.3	Großräumige Windsysteme.	239
5.3	Besondere Winderscheinungen.	247
5.3.1	Tornados.	248
5.3.2	Hurrikane, Taifune, Zyklonen.	249
5.4	Böigkeit des Windes.	252
5.5	Windschäden und Windschutz.	255
5.5.1	Schäden durch Druck-, Sog- und Böen- einwirkung.	255
5.5.2	Windschutz.	257
6	Dynamik der Atmosphäre	259
6.1	Hoch- und Tiefdruckgebiete	259
6.1.1	Thermische Hoch- und Tiefdruckgebiete	259
6.1.2	Dynamische Hoch- und Tiefdruckgebiete	259
6.1.3	Luftmassen	273
6.2	Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre	275
6.2.1	Hochdruckgürtel und Tiefdruckrinnen	277
6.2.2	Passatzirkulation	278
6.2.3	Polare Zirkulation	279
6.2.4	Zusammenfassung der allgemeinen Zirkulation.	279
6.2.5	Mit der allgemeinen Zirkulation verbundener Energietransport.	282
6.2.6	Jahresgang der allgemeinen Zirkulation	284
6.2.7	Monsune	286
6.3	Beispiele besonderer Wetterlagen	287
6.3.1	Die Dürre- und Hitzeperiode im Sommer 1976.	287
6.3.2	Der Kälteeinbruch vom Dezember 1978	288
6.3.3	Die schweren Spätfröste vom Mai 1957	289
6.3.4	Der Frühfrost vom September 1971	290
6.3.5	Die Föhnlage vom April 1983	291
7	Klima	293
7.1	Was ist Klima?	293
7.2	Der moderne Klimabegriff.	295
7.3	Weltklima	296
7.4	Geländeklima und Kleinklima.	300
7.4.1	Strahlungsverhältnisse im gegliederten Gelände	301
7.4.2	Temperaturverhältnisse im gegliederten Gelände.	311
7.4.3	Wind im gegliederten Gelände	317
7.4.4	Niederschlag im gegliederten Gelände.	326
7.5	Stadtklima	327
7.6	Klima im Pflanzenbestand.	332
7.7	Klima an Einzelpflanzen und Pflanzenorganen	336
7.7.1	Strahlung	336
7.7.2	Temperatur.	337

8	Messung meteorologischer Größen	350
8.1	Temperatur	350
8.1.1	Flüssigkeitsthermometer	351
8.1.2	Bimetallthermometer	353
8.1.3	Widerstandsthermometer	354
8.1.4	Meßfehler bei der Temperaturmessung	355
8.1.5	Thermoelemente	357
8.1.6	Strahlungsthermometer	358
8.1.7	Messung der Temperatur im Erdboden	359
8.2	Niederschläge und Beschläge	360
8.2.1	Niederschlagsmesser	361
8.2.2	Registrierende Niederschlagsmesser	363
8.2.3	Regenmelder	364
8.2.4	pH-Wert-Messer	365
8.2.5	Nebeltraufe	366
8.2.6	Stamm- und Stengelabfluß	366
8.2.7	Benetzungsdauer	367
8.2.8	Schneehöhe und Schneedichte	367
8.3	Luftfeuchtigkeit	367
8.3.1	Haarhygrometer	367
8.3.2	Psychrometer	369
8.3.3	Elektronische Feuchtemessung	370
8.4	Verdunstung	371
8.5	Bodenwassergehalt	372
8.6	Wind	373
8.6.1	Windrichtung	373
8.6.2	Windgeschwindigkeit	375
8.7	Strahlung	379
8.7.1	Sonnenscheindauer	381
8.7.2	Kurzwellige Strahlung	382
8.7.3	Strahlungsbilanz	384
8.7.4	Photosynthetisch aktive Strahlung und Licht	384
8.8	Luftdruck	385
8.8.1	Quecksilberbarometer	386
8.8.2	Aneroid- oder Dosenbarometer	387
8.9	Flugmeteorologisch wichtige Größen	388
8.9.1	Sichtweite	388
8.9.2	Wolkenuntergrenze	389
8.9.3	Bestimmung der Wolkenmenge	389
8.10	Wetterradar	389
8.11	Nicht bodengebundene Meßgeräte	393
8.11.1	Radiosonden	393
8.11.2	Fernerkundung	394
8.11.3	Wettersatelliten	395
9	Das gefährdete Klima	398
9.1	Natürliche Klimaschwankungen	398
9.2	Anthropogene Einflüsse auf das Klima der Zukunft	406
	Literaturhinweis	414
	Benützte Literatur	414
	Weiterführende Literatur	422
	Register	431