

Hans Häckel

# **Meteorologie**

4., völlig überarbeitete und neugestaltete Auflage  
174 Zeichnungen  
27 Tabellen

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

# Inhaltsverzeichnis

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

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
<b>3</b>	<b>Strahlung . . . . .</b>	<b>144</b>
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
<b>4</b>	<b>Energiehaushalt der Erdoberfläche . . . . .</b>	<b>201</b>
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
<b>5</b>	<b>Wind</b> . . . . .	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
<b>6</b>	<b>Dynamik der Atmosphäre</b> . . . . .	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
<b>7</b>	<b>Klima</b> . . . . .	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

<b>8</b>	<b>Messung meteorologischer Größen</b>	<b>350</b>
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	Weterradar	389
8.11	Nicht bodengebundene Meßgeräte	393
8.11.1	Radiosonden	393
8.11.2	Fernerkundung	394
8.11.3	Wettersatelliten	395
<b>9</b>	<b>Das gefährdete Klima</b>	<b>398</b>
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