

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Die Gasgesetze	4
2.1.	Einheiten für Temperatur und Druck	4
2.2.	Die allgemeine Gaszustandsgleichung	4
2.3.	Die allgemeine Gaszustandsgleichung für Gasmischungen	5
2.4.	Die meteorologischen Elemente	6
3.	Die Strahlung	7
3.1.	Definitionen und Einheiten	7
3.2.	Die Temperaturstrahlung	10
3.3.	Die Sonnenstrahlung	12
3.3.1.	Das Spektrum der Sonnenstrahlung	12
3.3.2.	Die Intensität der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre – die direkte Sonnenstrahlung	13
3.3.3.	Die Globalstrahlung	16
3.4.	Die terrestrische Strahlung	19
3.4.1.	Das Spektrum und die allgemeinen Eigenschaften der Strahlung	19
3.5.	Der Strahlungshaushalt der Erdoberfläche und der Atmosphäre	21
3.6.	Meteorologische Strahlungsmeßgeräte	23
4.	Die Lufttemperatur	27
4.1.	Die Bestimmung der Lufttemperatur	27
4.1.1.	Flüssigkeitsthermometer	27
4.1.2.	Deformationsthermometer. Der Thermograph	28
4.1.3.	Elektrische Thermometer	29
4.1.3.1.	Thermoelemente	29
4.1.3.2.	Widerstandsthermometer	30
4.1.4.	Strahlungsschutz	30
4.1.5.	Das Nachhinken der Thermometer	32
4.2.	Die Faktoren, die die Lufttemperatur bestimmen	33
4.3.	Die Temperaturverteilung auf der Erde	37
5.	Die Luftfeuchtigkeit	42
5.1.	Methoden zur Beschreibung der Luftfeuchtigkeit	42
5.2.	Die Dichte der feuchten Luft. Die virtuelle Temperatur	45
5.3.	Die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit	46
5.3.1.	Das Psychrometer	46
5.3.2.	Das Haarhygrometer. Der Hygrograph	47
5.3.3.	Das Frostpunkthygrometer	47
5.4.	Die Luftfeuchtigkeitsverteilung über der Erdoberfläche	48
6.	Der Luftdruck	50
6.1.	Definitionen	50
6.2.	Die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe	50
6.3.	Die Messung des Luftdruckes	52
6.3.1.	Das Quecksilberbarometer	53
6.3.2.	Die Reduktion der Barometerablesung auf 0 °C und Normalschwere	54

6.3.3.	Die Reduktion des Luftdruckes auf das Meeresniveau	57
6.3.4.	Das Aneroidbarometer	58
6.3.5.	Das Siedebarmeter oder Hypsometer	59
6.4.	Die Luftdruckverteilung im Meeresniveau	59
6.5.	Isobare Flächen	61
6.6.	Die zeitliche Änderung des Luftdruckes	62
7.	Der Wind, die Bewegung der Luft	64
7.1.	Windbeobachtungen nahe der Erdoberfläche	64
7.2.	Die Messung des Windes in der freien Atmosphäre — der Höhenwind	68
7.3.	Einige Winddaten	71
7.4.	Stromlinien und Trajektorien	71
7.5.	Laminare und turbulente Strömung	72
7.6.	Die Turbulenz in der Atmosphäre	73
8.	Temperatur, Feuchtigkeit und Luftdruck in der freien Atmosphäre	76
	(z. T. von K. Cihak)	
8.1.	Historischer Rückblick	76
8.2.	Radiosonden	77
8.2.1.	Die amerikanische Wetterbürosonde	77
8.2.2.	Die deutsche Sonde (Graw-Sonde)	77
8.2.3.	Die schweizerische Sonde	78
8.2.4.	Die finnische Sonde (Väisälä-Sonde)	78
8.3.	Die Berechnung der Höhen in einem Radiosondenaufstieg	79
8.4.	Niveauflächen und Geopotential	80
8.5.	Fehlerquellen bei den Radiosondenmessungen	81
8.6.	Beispiele einiger typischer Radiosondenaufstiege	83
8.7.	Die Standard-Atmosphäre	85
8.8.	Die Feuchtigkeit in der Atmosphäre	86
9.	Die Schichtung der Atmosphäre (Thermodynamik der Atmosphäre)	87
9.1.	Wärmemenge und Arbeit	87
9.2.	Die Zustandsänderung	88
9.3.	Der erste Hauptsatz der Wärmelehre. Die spezifische Wärme.	89
9.4.	Die adiabatische Zustandsänderung	90
9.5.	Die trockenadiabatische Temperaturabnahme	91
9.6.	Trockenstabile und trockenlabile Schichtung	92
9.7.	Die feuchtadiabatische Temperaturabnahme	93
9.8.	Feuchtstabile und feuchtlabile Schichtung	96
9.9.	Hebungs- und Absinkkurven	96
9.10.	Thermodynamische Diagramme	97
9.11.	Die Labilitätsenergie und die Entstehung von Vertikalbewegungen	99
9.12.	Einige Anwendungen des Begriffes Labilitätsenergie	101
9.13.	Turbulenz und Schichtung	103
9.14.	Faktoren, die die Schichtung der Atmosphäre beeinflussen	104
9.14.1.	Das Einwirken der dynamischen Turbulenz auf die Schichtung	105
9.14.2.	Die Wirkung von Konvektion und Strahlung	105

9.14.3.	Die Stabilität in Warm- und Kaltluftmassen	106
9.14.4.	Die Änderung der Stabilität bei geordneten Vertikalbewegungen	107
9.15.	Einige aerologische Temperaturbegriffe	108
10.	Die Kondensationsprozesse in der Atmosphäre	111
10.1.	Die Bedeutung des Begriffes Dampfdruck	111
10.2.	Der Sättigungsdruck über einem Tropfen	111
10.3.	Die Kondensationskerne der Atmosphäre	114
10.4.	Wolkentröpfchen: Größe und Fallgeschwindigkeit	115
10.5.	Der Sättigungsdampfdruck des Wasserdampfes über Eis und über unterkühltem Wasser	116
10.6.	Die atmosphärischen Eiskristalle	118
10.7.	Die Auslösung des Niederschlags	120
10.8.	Künstliche Niederschlagsbildung	128
10.9.	Die äußeren Bedingungen bei Kondensationsprozessen in der Atmosphäre	128
10.9.1.	Kondensation bei Hebung der Luft	128
10.9.2.	Kondensation bei der Abkühlung der Luft nahe der Erdoberfläche	130
10.9.3.	Kondensation bei Mischung von Luftmassen verschiedener Temperatur	130
10.10.	Die Fallgeschwindigkeit der Hydrometeore	131
11.	Dunst und Nebel	134
11.1.	Dunst	134
11.2.	Allgemeine Eigenschaften des Nebels	134
11.3.	Nebelbildende und nebelauflösende Faktoren	136
11.3.1.	Nebelbildende Faktoren	136
11.3.2.	Nebelauflösende Faktoren	136
11.4.	Die verschiedenen Nebelarten und ihre Eigenschaften	136
11.4.1.	Der Strahlungsnebel	136
11.4.2.	Advektionsnebel	137
11.4.3.	Orographischer Nebel	138
11.4.4.	Frontnebel	138
11.4.5.	Seerauch	138
11.4.5.	Turbulenznebel	139
11.5.	Nebel und Verkehr	139
12.	Die Wolken	140
12.1.	Die Klassifizierung der Wolken	140
12.2.	Beschreibung der verschiedenen Wolkenformen	141
12.2.1.	Hohe Wolken	141
12.2.2.	Mittelhohe Wolken	142
12.2.3.	Tiefe Wolken und Wolken mit großer vertikaler Erstreckung	142
12.3.	Die Wolkenklassifikation nach der Entstehungsart	144
12.3.1.	Durch ungeordnete Hebung in einer relativ dünnen Luftschicht gebildete Wolken	144
12.3.2.	Durch Aufgleiten der Luft gebildete Wolken	145
12.3.3.	Durch mehr oder weniger begrenzte starke Hebung entstandene konvektive Wolken	146
12.4.	Die Verschlüsselung der Wolkenbeobachtungen	148

12.5.	Die Bestimmung der Bewölkung und der Sonnenscheindauer	148
12.6.	Die Messung der Wolkenhöhe	149
12.7.	Die Messung der Wolkenbewegung	150
12.8.	Wolkenbeobachtung von meteorologischen Satelliten	150
12.8.1.	Meteorologische Satelliten	150
12.8.2.	Bilder im sichtbaren und im infraroten Strahlungsbereich	151
12.8.3.	Wolkenformen im Satellitenbild	152
13.	Der Niederschlag	155
13.1.	Verdunstung und Wasserkreislauf	155
13.2.	Die Klassifizierung der Niederschläge	156
13.3.	Der Nieselregen	157
13.4.	Regen und Regenschauer	157
13.5.	Schnee und Schneeschauer	158
13.6.	Hagel	160
13.7.	Schneetreiben und Sandsturm	161
13.8.	Die Niederschlagsmessung	162
13.9.	Die Anwendung des Radars in der Meteorologie	164
13.10.	Die Bedeutung der Orographie für die Niederschlagsverteilung	166
13.11.	Grundsätzliche Züge der Verteilung der Niederschläge auf der Erde	167
13.12.	Wolkenbrüche und besonders starke Niederschlagsmengen	170
13.13.	Gletscherbildung	171
13.14.	Niederschlag in Form eines Beschlages	172
13.15.	Flugverkehr und Eisbildung	173
14.	Die atmosphärische Elektrizität	175
14.1.	Die Ionisation der Luft	175
14.2.	Die elektrische Leitfähigkeit der Luft	176
14.3.	Stoßionisation	178
14.4.	Die luftelektrischen Elemente	178
14.5.	Meßmethoden	179
14.6.	Überblick über die elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre	183
14.7.	Das Gewitter	187
14.7.1.	Die Klassifizierung der Gewitter	187
14.7.2.	Die elektrischen Eigenschaften der Gewitterwolken	188
14.7.3.	Zur Theorie des Gewitters	190
14.8.	Das Gewitter als elektrischer Generator in der Atmosphäre	191
14.9.	Die Schadenwirkungen des Gewitters	194
15.	Atmosphärische Optik	196
15.1.	Die Lichtbrechung in der Atmosphäre (atmosphärische Refraktion)	196
15.2.	Die Streuung und diffuse Reflexion des Lichtes in der Atmosphäre	199
15.3.	Kränze	202
15.4.	Der Regenbogen	204
15.5.	Haloerscheinungen	206
15.5.1.	Allgemeine Grundsätze für die Haloentstehung	206

15.5.2.	Beschreibung einiger Halokomponenten	211
15.5.2.1.	Der 22°-Ring	211
15.5.2.2.	Der 46°-Ring	212
15.5.2.3.	Nebensonne oder Parhelia (mit dem Mond als Lichtquelle: Nebenmond oder Parsefena)	212
15.5.2.4.	Die oberen und unteren Berührungsbogen an den 22°-Ring (der umschriebene Halo)	214
15.5.2.5.	Der zirkumzenitale Bogen	214
15.5.2.6.	Einige Halokomponenten, die durch Reflexion an den Kristallflächen entstehen	214
16.	Die atmosphärischen Bewegungsgesetze	215
16.1.	Vektoren	215
16.2.	Die Gradientkraft	216
16.3.	Die ablenkende Kraft der Erdrotation: die Corioliskraft	218
16.4.	Der geostrophische Wind	222
16.5.	Der Gradientwind: die Strömung um Hoch- und Tiefdruckgebiete	224
16.6.	Die zyklotropische Zirkulation und die Trägheitsströmung	227
16.7.	Der thermische Wind	228
16.8.	Die Strömung der Luft, die nicht isobarenparallel verläuft	232
16.9.	Divergenz und Konvergenz	234
17.	Kleine und große Zirkulationssysteme in der Atmosphäre	236
17.1.	Land- und Seewind	236
17.2.	Berg- und Talwind	237
17.3.	Fallwinde	238
17.4.	Jahreszeitliche Winde oder Monsune	239
17.5.	Die planetarische Zirkulation	240
17.6.	Die Luftströmung in den mittleren Breiten und in den Polargebieten	242
17.7.	Zusammenfassung	242
18.	Synoptische Wetterkarten	243
18.1.	Wetterbeobachtungen	243
18.2.	Die Sammlung und Weiterleitung der Beobachtungen	244
18.3.	Die Wetterkarte	245
18.4.	Die Analyse der Wetterkarte	246
18.5.	Historischer Rückblick	249
19.	Luftmassen und Luftmassengrenzen	252
19.1.	Luftmassen: Klassifizierung und allgemeine Eigenschaften	252
19.2.	Die Luftmassen in Mittel-, West- und Nordeuropa	254
19.2.1.	Tropikluft	254
19.2.2.	Polarluft	254
19.2.3.	Arktikluft	255
19.3.	Luftmassengrenzen: Entstehung und allgemeine Eigenschaften	255
19.4.	Die Neigung der Frontflächen und die Strömung der Luft auf beiden Seiten der Front	259

19.5.	Wetter und Wolken an Warm- und Kaltfronten	262
19.5.1.	Die Warmfront	263
19.5.2.	Die Kaltfront	264
19.5.2.1.	Kaltfront mit langsamer Bewegung	264
19.5.2.2.	Kaltfront mit rascher Bewegung	266
19.6.	Abweichungen von den normalen Eigenschaften der Fronten	267
20.	Zyklonen und Antizyklonen	269
20.1.	Die Entstehung und weitere Entwicklung der Zyklonen	269
20.2.	Die Okklusion	270
20.2.1.	Die Warmfrontokklusion	271
20.2.2.	Die Kaltfrontokklusion	271
20.3.	Die allgemeine Struktur einer Zyklone	272
20.4.	Zyklonenbahnen	273
20.5.	Die Steuerung	274
20.6.	Die Antizyklone	278
20.7.	Die Höhe der Tropopause in Zyklonen und Antizyklonen	280
21.	Tropische Meteorologie und Tromben	281
21.1.	Die meteorologischen Verhältnisse in den Tropen	281
21.2.	Die tropischen Orkane	288
21.3.	Tromben	293
21.4.	Übersicht über die Größenordnungen der Wirbel	295
22.	Die allgemeine Zirkulation	296
22.1.	Übersicht über die Zirkulation in der Atmosphäre	296
22.2.	Der Einfluß der Erdrotation auf das atmosphärische Strömungssystem	297
22.3.	Der Strömungsverlauf in der freien Atmosphäre	299
22.4.	Zirkulationen mit hohem und mit niederem Index	301
22.5.	Strahlströme (Jetstreams)	302
22.6.	Die zonale Zirkulation in der Atmosphäre	306
22.7.	Die meridionale Zirkulation	306
22.8.	Die atmosphärische Zirkulation in den Polargebieten	307
23.	Einige Beispiele von typischen Wetterlagen (von K. Cehak)	311
23.1.	Stationäres Hochdruckgebiet über Mitteleuropa (19.–24. November 1967)	311
23.2.	Sturmtief über der Ostsee (17. Oktober 1967)	311
23.3.	Am Alpenostrand nordwärts ziehendes Tief, Vb-Lage (8.–10. September 1967)	318
23.4.	Föhn im Alpenraum (6.–7. November 1966)	318
23.5.	Polare Kaltluftausbrüche	323
23.5.1.	Polare Kaltluftausbrüche der Südhalbkugel	323
23.5.2.	Polare Kaltluftausbrüche der Nordhalbkugel	323
23.6.	Ein Querschnitt durch einen Strahlstrom über Mitteleuropa (26. Februar 1957)	324
23.7.	Wandernde Antizyklonen der Südhalbkugel	326

24.	Die meteorologischen Verhältnisse in der bodennahen Schicht	329
24.1.	Die Reibungsschicht	329
24.2.	Die Turbulenz und die Höhenabhängigkeit des Windes in der bodennahen Schicht	330
24.3.	Wärmeleitung und Diffusion	334
24.4.	Die Windabhängigkeit von der Höhe in der Oberschicht	336
24.5.	Die Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre	336
24.6.	Schneetreiben und Niederschlagsmessung	338
24.7.	Lokalklimatische Verhältnisse	339
25.	Die Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Meer	343
25.1.	Hydrographische Reihen	343
25.2.	Die Entstehung der Meeresströmungen	344
25.3.	Die Meeresströmungen im Nordatlantik	346
25.4.	Der Einfluß des Meeres auf die meteorologischen Verhältnisse	347
25.5.	Die thermische Jahresschwankung in Seen und Ozeanen. Die Eisbildung	348
25.6.	Die Eisverhältnisse im Meer	350
25.7.	Die Zirkulation des Wassers in den großen Meerestiefen	351
26.	Die Arbeitsmethoden und Probleme der Klimatologie	355
26.1.	Klimabeobachtungen und Klimastationen	355
26.2.	Einige statistische Gesichtspunkte bei der Bearbeitung klimatologischer Beobachtungen	357
26.3.	Klimaänderungen in historischer und geologischer Zeit	360
26.4.	Die Klassifizierung des Klimas	364
26.5.	Die Bedeutung des Klimas	365
27.	Die Stratosphäre und hohe Atmosphäre	367
27.1.	Übersicht über die hohe Atmosphäre	367
27.1.1.	Die Temperaturschichtung der hohen Atmosphäre	367
27.1.2.	Akustische Temperaturbestimmung	368
27.1.3.	Meteoritenbeobachtungen als Hilfsmittel für die Temperaturbestimmung	369
27.1.4.	Wolken in der höheren Atmosphäre	369
27.2.	Dissoziation der Luftmoleküle. Ozon in der Atmosphäre	370
27.3.	Die Ionosphäre	371
27.4.	Die Partikelstrahlung in der Atmosphäre	372
	Literaturverzeichnis	374
	Register	375