
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	40
5.1.	Methoden zur Beschreibung der Luftfeuchtigkeit	40
5.2.	Die Dichte der feuchten Luft. Die virtuelle Temperatur	43
5.3.	Die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit	44
5.3.1.	Das Psychrometer	44
5.3.2.	Das Haarhygrometer. Der Hygrograph	45
5.3.3.	Das Frostpunktthygrometer	45
5.4.	Die Luftfeuchtigkeitsverteilung über der Erdoberfläche	46
6.	Der Luftdruck	48
6.1.	Definitionen	48
6.2.	Die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe	48
6.3.	Die Messung des Luftdruckes	50
6.3.1.	Das Quecksilberbarometer	51
6.3.2.	Die Reduktion der Barometerablesung auf 0 °C und Normalschwere	52

6.3.3.	Die Reduktion des Luftdruckes auf das Meeressniveau	55
6.3.4.	Das Aneroidbarometer	56
6.3.5.	Das Siedebarometer oder Hypsometer	57
6.4.	Die Luftdruckverteilung im Meeressniveau	57
6.5.	Isobare Flächen	59
6.6.	Die zeitliche Änderung des Luftdruckes	60
7.	Der Wind, die Bewegung der Luft	62
7.1.	Windbeobachtungen nahe der Erdoberfläche	62
7.2.	Die Messung des Windes in der freien Atmosphäre – der Höhenwind	66
7.3.	Einige Winddaten	69
7.4.	Stromlinien und Trajektorien	69
7.5.	Laminare und turbulente Strömung	70
7.6.	Die Turbulenz in der Atmosphäre	71
8.	Temperatur, Feuchtigkeit und Luftdruck in der freien Atmosphäre (z. T. von K. Cehak)	74
8.1.	Historischer Rückblick	74
8.2.	Radiosonden	75
8.2.1.	Die amerikanische Wetterbürosonde	75
8.2.2.	Die deutsche Sonde (Graw-Sonde)	75
8.2.3.	Die schweizerische Sonde	76
8.2.4.	Die finnische Sonde (Väisälä-Sonde)	76
8.3.	Die Berechnung der Höhen in einem Radiosondenaufstieg	77
8.4.	Niveauflächen und Geopotential	78
8.5.	Fehlerquellen bei den Radiosondenmessungen	79
8.6.	Beispiele einiger typischer Radiosondenaufstiege	81
8.7.	Die Standard-Atmosphäre	83
8.8.	Die Feuchtigkeit in der Atmosphäre	84
9.	Die Schichtung der Atmosphäre (Thermodynamik der Atmosphäre)	85
9.1.	Wärmemenge und Arbeit	85
9.2.	Die Zustandsänderung	86
9.3.	Der erste Hauptsatz der Wärmelehre. Die spezifische Wärme,	87
9.4.	Die adiabatische Zustandsänderung	88
9.5.	Die trockenadiabatische Temperaturabnahme	89
9.6.	Trockenstabile und trockenlabile Schichtung	90
9.7.	Die feuchtadiabatische Temperaturabnahme	91
9.8.	Feuchtstabile und feuchtlabile Schichtung	93
9.9.	Hebungs- und Absinkkurven	94
9.10.	Thermodynamische Diagramme	95
9.11.	Die Labilitätsenergie und die Entstehung von Vertikalbewegungen	97
9.12.	Einige Anwendungen des Begriffes Labilitätsenergie	99
9.13.	Turbulenz und Schichtung	101
9.14.	Faktoren, die die Schichtung der Atmosphäre beeinflussen	102
9.14.1.	Das Einwirken der dynamischen Turbulenz auf die Schichtung	103
9.14.2.	Die Wirkung von Konvektion und Strahlung	103

9.14.3.	Die Stabilität in Warm- und Kaltluftmassen	104
9.14.4.	Die Änderung der Stabilität bei geordneten Vertikalbewegungen	105
9.15.	Einige aerologische Temperaturbegriffe	106
10.	Die Kondensationsprozesse in der Atmosphäre	109
10.1.	Die Bedeutung des Begriffes Dampfdruck	109
10.2.	Der Sättigungsdruck über einem Tropfen	109
10.3.	Die Kondensationskerne der Atmosphäre	111
10.4.	Wolkentröpfchen: Größe und Fallgeschwindigkeit	112
10.5.	Der Sättigungsdampfdruck des Wasserdampfes über Eis und über unterkühltem Wasser	114
10.6.	Die atmosphärischen Eiskristalle	116
10.7.	Die Auslösung des Niederschlags	118
10.8.	Künstliche Niederschlagsbildung	125
10.9.	Die äußeren Bedingungen bei Kondensationsprozessen in der Atmosphäre	126
10.9.1.	Kondensation bei Hebung der Luft	126
10.9.2.	Kondensation bei der Abkühlung der Luft nahe der Erdoberfläche	127
10.9.3.	Kondensation bei Mischung von Luftmassen verschiedener Temperatur	127
10.10.	Die Fallgeschwindigkeit der Hydrometeore	128
11.	Dunst und Nebel	131
11.1.	Dunst	131
11.2.	Allgemeine Eigenschaften des Nebels	131
11.3.	Nebelbildende und nebelauflösende Faktoren	133
11.3.1.	Nebelbildende Faktoren	133
11.3.2.	Nebelauflösende Faktoren	133
11.4.	Die verschiedenen Nebelarten und ihre Eigenschaften	133
11.4.1.	Der Strahlungsnebel	133
11.4.2.	Advektionsnebel	134
11.4.3.	Orographischer Nebel	135
11.4.4.	Frontnebel	135
11.4.5.	Seerauch	135
11.4.5.	Turbulenznebel	136
11.5.	Nebel und Verkehr	136
12.	Die Wolken	137
12.1.	Die Klassifizierung der Wolken	137
12.2.	Beschreibung der verschiedenen Wolkenformen	138
12.2.1.	Hohe Wolken	138
12.2.2.	Mittelhohe Wolken	139
12.2.3.	Tiefe Wolken und Wolken mit großer vertikaler Erstreckung	139
12.3.	Die Wolkenklassifikation nach der Entstehungsart	141
12.3.1.	Durch ungeordnete Hebung in einer relativ dünnen Luftsicht gebildete Wolken	141
12.3.2.	Durch Aufgleiten der Luft gebildete Wolken	142
12.3.3.	Durch mehr oder weniger begrenzte starke Hebung entstandene konvektive Wolken	143
12.4.	Die Verschlüsselung der Wolkenbeobachtungen	145

12.5.	Die Bestimmung der Bewölkung und der Sonnenscheindauer	145
12.6.	Die Messung der Wolkenhöhe	146
12.7.	Die Messung der Wolkenbewegung	147
13.	Der Niederschlag	148
13.1.	Verdunstung und Wasserkreislauf	148
13.2.	Die Klassifizierung der Niederschläge	149
13.3.	Der Nieselregen	150
13.4.	Regen und Regenschauer	150
13.5.	Schnee und Schneeschauer	151
13.6.	Hagel	153
13.7.	Schneetreiben und Sandsturm	154
13.8.	Die Niederschlagsmessung	155
13.9.	Die Anwendung des Radars in der Meteorologie	157
13.10.	Die Bedeutung der Orographie für die Niederschlagsverteilung	159
13.11.	Grundsätzliche Züge der Verteilung der Niederschläge auf der Erde	160
13.12.	Wolkenbrüche und besonders starke Niederschlagsmengen	162
13.13.	Gletscherbildung	163
13.14.	Niederschlag in Form eines Beschlages	164
13.15.	Flugverkehr und Eisbildung	165
14.	Die atmosphärische Elektrizität	167
14.1.	Die Ionisation der Luft	167
14.2.	Das elektrische Leitungsvermögen der Luft	168
14.3.	Stoßionisation	170
14.4.	Die luftelektrischen Elemente	170
14.5.	Meßmethoden	171
14.6.	Überblick über die elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre	175
14.7.	Das Gewitter	179
14.7.1.	Die Klassifizierung der Gewitter	179
14.7.2.	Die elektrischen Eigenschaften der Gewitterwolken	180
14.7.3.	Zur Theorie des Gewitters	182
14.8.	Das Gewitter als elektrischer Generator in der Atmosphäre	183
14.9.	Die Schadenwirkungen des Gewitters	186
15.	Atmosphärische Optik	188
15.1.	Die Lichtbrechung in der Atmosphäre (atmosphärische Refraktion)	188
15.2.	Die Streuung und diffuse Reflexion des Lichtes in der Atmosphäre	191
15.3.	Kränze	194
15.4.	Der Regenbogen	196
15.5.	Haloerscheinungen	198
15.5.1.	Allgemeine Grundsätze für die Haloentstehung	198
15.5.2.	Beschreibung einiger Halokomponenten	203
15.5.2.1.	Der 22°-Ring	203
15.5.2.2.	Der 46°-Ring	204
15.5.2.3.	Nebensonnen oder Parhelia (mit dem Mond als Lichtquelle: Nebenmond oder Parselena)	204

15.5.2.4.	Die oberen und unteren Berührungsbogen an den 22°-Ring (der umschriebene Halo)	206
15.5.2.5.	Der zirkumzenitale Bogen	206
15.5.2.6.	Einige Halokomponenten, die durch Reflexion an den Kristallflächen entstehen	206
16.	Die atmosphärischen Bewegungsgesetze	207
16.1.	Vektoren	207
16.2.	Die Gradientkraft	208
16.3.	Die ablenkende Kraft der Erdrotation: die Corioliskraft	210
16.4.	Der geostrophische Wind	214
16.5.	Der Gradientwind: die Strömung um Hoch- und Tiefdruckgebiete	216
16.6.	Die zyklotropische Zirkulation und die Trägheitsströmung	219
16.7.	Der thermische Wind	220
16.8.	Die Strömung der Luft, die nicht isobarenparallel verläuft	224
16.9.	Divergenz und Konvergenz	226
17.	Kleine und große Zirkulationssysteme in der Atmosphäre	228
17.1.	Land- und Seewind	228
17.2.	Berg- und Talwind	229
17.3.	Fallwinde	230
17.4.	Jahreszeitliche Winde oder Monsune	231
17.5.	Die planetarische Zirkulation	232
17.6.	Die Luftströmung in den mittleren Breiten und in den Polargebieten	233
17.7.	Zusammenfassung	234
18.	Synoptische Wetterkarten	235
18.1.	Wetterbeobachtungen	235
18.2.	Die Sammlung und Weiterleitung der Beobachtungen	236
18.3.	Die Wetterkarte	237
18.4.	Die Analyse der Wetterkarte	238
18.5.	Historischer Rückblick	241
19.	Luftmassen und Luftmassengrenzen	244
19.1.	Luftmassen: Klassifizierung und allgemeine Eigenschaften	244
19.2.	Die Luftmassen in Mittel-, West- und Nordeuropa	246
19.2.1.	Tropikluft	246
19.2.2.	Polarluft	246
19.2.3.	Arktikluft	247
19.3.	Luftmassengrenzen: Entstehung und allgemeine Eigenschaften	247
19.4.	Die Neigung der Frontflächen und die Strömung der Luft auf beiden Seiten der Front	251
19.5.	Wetter und Wolken an Warm- und Kaltfronten	254
19.5.1.	Die Warmfront	254
19.5.2.	Die Kaltfront	256
19.5.2.1.	Kaltfront mit langsamer Bewegung	256
19.5.2.2.	Kaltfront mit rascher Bewegung	257
19.6.	Abweichungen von den normalen Eigenschaften der Fronten	257

20.	Zyklonen und Antizyklen	259
20.1.	Die Entstehung und weitere Entwicklung der Zyklonen	259
20.2.	Die Okklusion	260
20.2.1.	Die Warmfrontokklusion	261
20.2.2.	Die Kaltfrontokklusion	261
20.3.	Die allgemeine Struktur einer Zyklone	262
20.4.	Zyklonenbahnen	263
20.5.	Die Steuerung	264
20.6.	Die Antizyklone	268
20.7.	Die Höhe der Tropopause in Zyklonen und Antizyklen	270
21.	Tropische Meteorologie und Tromben	271
21.1.	Die meteorologischen Verhältnisse in den Tropen	271
21.2.	Die tropischen Orkane	277
21.3.	Tromben	282
21.4.	Übersicht über die Größenordnungen der Wirbel	284
22.	Die allgemeine Zirkulation	285
22.1.	Übersicht über die Zirkulation in der Atmosphäre	285
22.2.	Der Einfluß der Erdrotation auf das atmosphärische Strömungssystem	286
22.3.	Der Strömungsverlauf in der freien Atmosphäre	288
22.4.	Zirkulationen mit hohem und mit niedrigem Index	290
22.5.	Strahlströme (Jetstreams)	291
22.6.	Die zonale Zirkulation in der Atmosphäre	295
22.7.	Die meridionale Zirkulation	295
22.8.	Die atmosphärische Zirkulation in den Polargebieten	296
23.	Einige Beispiele von typischen Wetterlagen (von K. Cehak)	300
23.1.	Stationäres Hochdruckgebiet über Mitteleuropa (19.–24. November 1967)	300
23.2.	Sturmief über der Ostsee (17. Oktober 1967)	300
23.3.	Am Alpenostrand nordwärts ziehendes Tief, Vb-Lage (8.–10. September 1967)	307
23.4.	Föhn im Alpenraum (6.–7. November 1966)	307
23.5.	Polare Kaltluftausbrüche	312
23.5.1.	Polare Kaltluftausbrüche der Südhalbkugel	312
23.5.2.	Polare Kaltluftausbrüche der Nordhalbkugel	312
23.6.	Ein Querschnitt durch einen Strahlstrom über Mitteleuropa (26. Februar 1957)	313
23.7.	Wandernde Antizyklen der Südhalbkugel	315
24.	Die meteorologischen Verhältnisse in der bodennahen Schicht	318
24.1.	Die Reibungsschicht	318
24.2.	Die Turbulenz und die Höhenabhängigkeit des Windes in der bodennahen Schicht	319
24.3.	Wärmeleitung und Diffusion	323
24.4.	Die Windabhängigkeit von der Höhe in der Oberschicht	325
24.5.	Die Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre	325
24.6.	Schneetreiben und Niederschlagsmessung	327
24.7.	Lokalklimatische Verhältnisse	328

25.	Die Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Meer	331
25.1.	Hydrographische Reihen	331
25.2.	Die Entstehung der Meeresströmungen	332
25.3.	Die Meeresströmungen im Nordatlantik	334
25.4.	Der Einfluß des Meeres auf die meteorologischen Verhältnisse	335
25.5.	Die thermische Jahresschwankung in Seen und Ozeanen. Die Eisbildung	336
25.6.	Die Eisverhältnisse im Meer	338
25.7.	Die Zirkulation des Wassers in den großen Meerestiefen	339
26.	Die Arbeitsmethoden und Probleme der Klimatologie	343
26.1.	Klimabeobachtungen und Klimastationen	343
26.2.	Einige statistische Gesichtspunkte bei der Bearbeitung klimatologischer Beobachtungen	345
26.3.	Klimaänderungen in historischer und geologischer Zeit	348
26.4.	Die Klassifizierung des Klimas	351
26.5.	Die Bedeutung des Klimas	352
27.	Die Stratosphäre und hohe Atmosphäre	353
27.1.	Übersicht über die hohe Atmosphäre	353
27.1.1.	Die Temperaturschichtung der hohen Atmosphäre	353
27.1.2.	Akustische Temperaturbestimmung	354
27.1.3.	Meteoritenbeobachtungen als Hilfsmittel für die Temperaturbestimmung	355
27.1.4.	Wolken in der höheren Atmosphäre	355
27.2.	Dissoziation der Luftmoleküle. Ozon in der Atmosphäre	356
27.3.	Die Ionosphäre	357
27.4.	Die Partikelstrahlung in der Atmosphäre	358
Literaturverzeichnis		361
Sachwortverzeichnis		363