

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Begriffsbildung und Einteilungsprinzipien	1
1.1.1	Zeitlicher und räumlicher Maßstab	2
1.2	Synoptische Meteorologie	2
1.3	Klimatologie	4
1.4	Physikalische Größen und ihre Maßeinheiten	6
2	Die Erdatmosphäre: Ihre chemische Zusammensetzung, vertikale Struktur und Physik	9
2.1	Zusammensetzung der Erdatmosphäre	10
2.1.1	Atmosphärischer Wasserdampf	13
2.1.2	Atmosphärisches Ozon	14
2.1.3	Atmosphärisches Kohlendioxid	22
2.1.4	Methan	25
2.1.5	Distickstoffoxid	25
2.2	Der Treibhauseffekt	26
2.2.1	Auswirkungen des Treibhauseffektes	28
2.2.2	Thermohaline Zirkulation	34
2.3	Vertikale Struktur der Erdatmosphäre	39
2.3.1	Einteilungsprinzip: Vertikaler Temperaturverlauf	39
2.3.2	Einteilungsprinzip: Solarer Strahlungsumsatz	43
2.3.3	Einteilungsprinzip: Ionisierungsgrad	44
2.3.4	Polarlichter	45
2.4	Die Lufthülle der Erde als thermodynamisches System	47
2.4.1	Gesetze für ideale Gase	48
	Übungen	49
3	Thermodynamische Betrachtungen	51
3.1	Wärmekapazität	52
3.2	Zustandsänderungen	53
3.2.1	Potentielle Temperatur	54

3.3	Vertikaler Temperaturgradient	56
3.3.1	Stüve-Diagramm	61
3.4	Änderungen der Schichtungsstabilität	62
	Übungen.....	64
4	Meteorologische Größen:	
	Ihre Messung sowie räumliche und zeitliche Variabilität	65
4.1	Der Luftdruck	65
4.1.1	Hydrostatische Grundgleichung	66
4.1.2	Barometrische Höhenformel	68
4.1.3	Geopotential und Höhenwetterkarte	70
4.1.4	Standardatmosphäre	71
4.1.5	Luftdruckverteilung im Meeresniveau	72
4.1.6	Barische Systeme der freien Atmosphäre	77
4.1.7	Globale Druckverteilung im Meeresniveau	79
4.1.8	Zeitliche Variation des Luftdrucks	79
	Übungen.....	85
4.2	Die Lufttemperatur.....	86
4.2.1	Der „Wärmezustand“ eines Körpers	86
4.2.2	Temperaturskalen	87
4.2.3	Temperaturmessung	88
4.2.4	Basismessverfahren	94
4.2.5	Zeitliche und räumliche Variation der Lufttemperatur	95
4.2.6	Wärmetransport durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung	97
4.2.7	Temperaturbestimmung in der meteorologischen Praxis	100
	Übungen.....	104
4.3	Die Luftfeuchtigkeit.....	104
4.3.1	Gleichgewichtsformen zwischen Wasser und Wasserdampf	105
4.3.2	Wasserdampfdruck bei Sättigung	106
4.3.3	Wasserdampf als ideales Gas	108
4.3.4	Feuchtigkeitsmaße.....	108
4.3.5	Feuchtemessung	112
	Übungen.....	113
4.4	Meteore, Hydrometeore, Wolken und Nebel	115
4.4.1	Wolken	116
4.4.2	Nebel	126
	Übungen.....	131
4.5	Der Wind.....	132
4.5.1	Windbestimmung an Bord	136
4.5.2	Charakteristika des Windfeldes	137
4.5.3	Änderung des Windes mit der Höhe	138
4.5.4	Windmessung	150
	Übungen.....	152

4.6	Die Strahlung	153
4.6.1	Solarstrahlung	154
4.6.2	Wärmestrahlung	156
4.6.3	Strahlungsgesetze	156
4.6.4	Solarkonstante	162
4.6.5	Strahlungsmodifikationen	163
4.6.6	Strahlungshaushalt Erde–Atmosphäre	175
4.6.7	Wärmeverteilung im Wasser	176
4.6.8	Strahlungsmessung	178
	Übungen	179
4.7	Die Sichtweite	181
4.7.1	Aerosole	181
4.7.2	Meteorologische Sichtweite	187
4.7.3	Experimentelle Bestimmung der Sichtweite	192
	Übungen	195
5	Satelliten als Hilfsmittel der Analyse und Diagnose	197
5.1	Satelliten und Satellitensysteme	198
5.1.1	Geostationäre Satelliten	198
5.1.2	Polumlaufende Satelliten	199
5.1.3	Globales System	199
5.2	Satellitenbildinformationen	199
5.2.1	Bildformate	200
5.2.2	Eigenschaften der Bilddaten	200
5.2.3	Atmosphärische Fenster und Absorptionsbereiche	201
5.2.4	Bilddaten	202
5.3	Satellitenprodukte	203
5.4	Analyse einer Bodenwetterkarte mittels Satellitenbilder	205
	Übungen	205
6	Kräfte in einem rotierenden Bezugssystem	207
6.1	Die Gradientkraft	207
6.1.1	Vertikalkomponente der Gradientkraft	208
6.1.2	Horizontalkomponente der Gradientkraft	209
6.2	Die Schwerkraft	210
6.3	Die Reibungskraft	211
6.4	Die Zentrifugal- und Corioliskraft	211
6.4.1	Unterschiedliche Koordinatensysteme	211
6.4.2	Zentrifugal- und Coriolisbeschleunigungen	212
6.4.3	Coriolisparameter	214
	Übungen	215

7	Horizontale Bewegungsgleichungen	217
7.1	Der geostrophische Wind	217
7.2	Der Gradientwind	218
7.3	Der zyklotrophische Wind	220
7.4	Trägheitsströmung	220
7.5	Der Bodenwind	221
	Übungen	222
8	Eigenschaften von Geschwindigkeitsfeldern	225
8.1	Konvergenz und Divergenz	225
8.1.1	Horizontaldivergenz als Skalarprodukt	227
8.1.2	Horizontaldivergenz in natürlichen Koordinaten	227
8.2	Krümmungs- und Scherungsvorticity	228
8.2.1	Krümmungs- und Scherungsvorticity in natürlichen Koordinaten	229
8.3	Zirkulation	230
8.4	Kontinuitätsgleichung	231
9	Luftmassen und Wetterlagen	233
9.1	Luftmassenklassifikation nach Scherhag	234
9.1.1	Charakterisierung von Luftmassen	236
9.1.2	Modifikation von Luftmassen	242
9.1.3	Wetterlagen	243
10	Die Tiefdruckgebiete der gemäßigten Breiten	245
10.1	Polarfrontzyklonen	245
10.1.1	Lebenszyklus einer Zyklone – Polarfronttheorie 1922	247
10.1.2	Fronten	251
10.1.3	Frontmodelle	253
	Übungen	259
10.2	Konvektionszyklone	260
10.3	Leezyklognese	261
10.3.1	Theoretische Erklärung	263
10.3.2	Ablaufschema	264
10.3.3	Zyklognese	265
10.4	Polare Mesozyklone (Polar Low)	265
10.4.1	Empirische Untersuchungsergebnisse	266
10.4.2	Verlagerungsregeln	266
10.4.3	Polar Lows in der Norwegischen See und vor der Küste Norwegens	267
10.4.4	Wettercharakteristika	267

11	Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre	269
11.1	Strahlungsbilanz des Systems Erde–Atmosphäre	269
11.1.1	Modellzirkulation nach Hadley	270
11.1.2	Modifikationen der Hadley-Zirkulation	271
11.1.3	Vertikale Zirkulationsräder	271
11.1.4	Meridionale Energietransporte	272
11.1.5	Zusammenfassung der Energiebilanzbetrachtung	273
11.2	Dynamische Betrachtungen	274
11.2.1	Subtropische Hochdruckgebiete	275
11.2.2	Tropische Zirkulation	276
11.2.3	ITCZ und ihre Besonderheiten	276
11.2.4	Monsuntief über Indien	278
11.3	Die außertropische Zirkulation	278
11.4	Zusammenfassung der dynamischen Betrachtung	278
11.5	Die Monsunzirkulation	279
11.5.1	Monsune im Indischen Ozean	279
11.6	ENSO (El Niño Southern Oscillation)	285
11.6.1	La Niña	288
11.6.2	El Niño	289
11.6.3	ENSO Index (MEI)	290
11.7	Nordatlantische Oszillation (NAO)	290
11.8	Fernwirkungen	293
11.8.1	Arktische Oszillation (AO)	293
11.8.2	Nordpazifische Oszillation (NPO)	293
11.8.3	Pazifische dekadische Oszillation (PDO)	294
12	Konvektive Ereignisse und Systeme	295
12.1	Hochreichende Konvektion	296
12.1.1	Klassifikation von Gewittern	297
12.2	Verlagerung von Gewittern	304
12.3	Gewittertypen	304
12.3.1	Luftmasseneigene Gewitter	304
12.3.2	Frontgewitter	304
12.3.3	Höheninduzierte Gewitter	305
12.4	Gewitter als luftelektrische Erscheinungen	305
12.4.1	Gewitterstatistik	307
12.4.2	Elektrische Struktur von Gewitterwolken	308
12.4.3	Gewitterblitze	311
12.5	Gewitter mit Tornadobildung	317
12.5.1	Meteorologische Bedingungen	319
12.5.2	Tornadoentwicklung	320
12.5.3	Tornadoskalen	321
12.5.4	Tornadostatistik	322
12.6	Kleintromben	323

13	Tropische Wirbelstürme	325
13.1	Wettersysteme in den Tropen	325
13.2	Empirische Befunde	327
13.3	Räumliche und zeitliche Verteilung	330
13.4	Struktur einer tropischen Zyklone	331
13.5	Skalen zur Intensitätsbestimmung	333
13.6	Wirbelstürme über dem Nordatlantik	334
13.7	Meteorologische Navigationshilfen	336
13.7.1	Berechnung der maximalen Windgeschwindigkeiten	337
13.7.2	Verlagerung (Orkanbahn)	338
13.7.3	Seegang und Dünung	338
13.7.4	Drucktendenzen	339
13.7.5	Nautische Hinweise	340
13.7.6	Entfernung vom Zentrum	340
13.7.7	Verlagerungsregeln	340
13.8	Graphisches Plottverfahren	342
13.8.1	Vorgehensweise und Wettersituation	343
13.8.2	Bestimmung des Ausweichkurses	344
13.9	Die 40°-Methode	345
13.10	Verfahren des National Hurricane Center (NHC) Miami	347
14	Farbtafeln	349
15	Quellenverzeichnis	367
15.1	Literatur	367
15.2	Internetquellen	375
16	Anhang	377
16.1	Schlüssel FM12 SYNOP	377
16.2	Symbolverzeichnis	382
16.3	Konstanten	385
	Sachverzeichnis	387