

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Historische Entwicklung der Meteorologie	2
1.2	Raumzeitliche Skalen atmosphärischer Phänomene	3
1.3	Das Vorhersageproblem	5
2	Wetterbeobachtungen	11
2.1	Messmethoden	12
2.2	Wolken, Klassifikation und Eigenschaften	14
2.3	Radarmeteorologie	18
2.4	Satellitenmeteorologie	24
2.4.1	Die Kanäle im solaren Spektralbereich	26
2.4.2	Die Kanäle im terrestrischen Spektralbereich	28
2.4.3	Beispiel für die Interpretation von Satellitenbildern	31
2.5	Datenassimilation, numerische Wettervorhersage	36
3	Mathematische Beschreibung atmosphärischer Prozesse	41
3.1	Skalare und Vektoren	41
3.2	Differentialoperatoren	44
3.3	Bilanzgleichungen	45
3.4	Koordinatensysteme	46
3.4.1	Das geographische Koordinatensystem	46
3.4.2	Das natürliche Koordinatensystem	47
3.4.3	Das thermische Koordinatensystem	50
3.4.4	Die generalisierte Vertikalkoordinate	50
3.4.5	Die Tangentialebene	52
3.5	Das prognostische Gleichungssystem	52
3.5.1	Die thermo-hydrodynamischen Zustandsvariablen	53
3.5.2	Die Wärmeleichung	54
3.5.3	Die Kontinuitätsgleichungen	56
3.5.4	Die Bewegungsgleichung	58
3.6	Die Skalenanalyse	60

4	Grundlagen der Dynamik und Thermodynamik	65
4.1	Hydrostatische Instabilität	66
4.2	Barotropie und Baroklinität	70
4.3	Horizontale Gleichgewichtswinde	74
4.3.1	Der geostrophische Wind	75
4.3.2	Der Gradientwind	77
4.3.3	Der Reibungswind	78
4.3.4	Der zyklotrophische und der antitriptische Wind	80
4.4	Der thermische Wind	81
4.5	Schichtungsstabilität und Temperaturadvektion	83
4.6	Der ageostrophische Wind	85
4.6.1	Approximationsformen der horizontalen Bewe- gungsgleichung	86
4.6.2	Der ageostrophische Wind bei horizontaler Bewe- gung	89
4.6.3	Der Einfluss der Vertikalbewegung auf \mathbf{v}_{ag}	93
4.7	Trajektorien und Stromlinien	93
4.8	Die vertikale Neigung von Druckgebilden	100
5	Kinematik horizontaler Strömungen	105
5.1	Die lokale Geschwindigkeitsdyade	105
5.2	Die Divergenz	109
5.3	Die Vorticity	113
5.4	Die Vorticitygleichung	115
5.5	Trägheitsinstabilität und dynamische Instabilität	120
5.5.1	Trägheitsinstabilität	123
5.5.2	Dynamische Instabilität	126
6	Die quasigeostrophische Theorie	129
6.1	Die Grundannahmen der quasigeostrophischen Theorie .	129
6.2	Die quasigeostrophischen Modellgleichungen	131
6.2.1	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	133
6.2.2	Die Vorticitygleichung	133
6.2.3	Die ω -Gleichung	137
6.3	Die Trenberth Form der ω -Gleichung	140
6.4	Die Q-Vektor Form der ω -Gleichung	143
6.5	Beispiele zur Interpretation der ω -Gleichung	154
6.6	Stabilitätsbetrachtungen	162
7	Die potentielle Vorticity	165
7.1	Definition und Erhaltungseigenschaften der PV	166
7.2	Charakteristische Werte, Anomalien der PV	168
7.3	Das PV-Invertierungsprinzip	173

7.4	Die Leezyklogenese	177
7.5	Beispiele zur PV-Analyse	179
7.5.1	Zyklogenese über dem Atlantik	179
7.5.2	Bildung eines Kaltlufttropfens	184
7.5.3	Alpenüberströmung	190
8	Die globale Zirkulation	195
8.1	Thermisch direkte und indirekte Zirkulation	196
8.2	Vereinfachtes Schema der globalen Zirkulation	197
8.3	Jetstreams und Jetstreaks	205
8.4	Luftmassentransformationen	211
8.5	Wetterlagen unter dem Einfluss unterschiedlicher Luft-	
	massen	217
8.5.1	Nordwestlage	217
8.5.2	Ostlage	220
8.5.3	Südwestlage	223
9	Europäische Großwetterlagen	229
9.1	Großwetterlagen, -typen und Zirkulationsformen	230
9.2	Beispiele europäischer Großwetterlagen	234
10	Rossby-Wellen	265
10.1	Raumzeitliche Variabilität planetarer Wellen	266
10.2	Barotrope Wellen	274
10.3	Barokline Wellen	277
10.4	Das Zweischichtenmodell – barokline Instabilität	281
10.4.1	Das Zweischichtenmodell	283
10.4.2	Barokline Instabilität	285
10.4.3	Energetische Betrachtungen	290
10.5	Stabilitätsverhalten barokliner Wellen	293
10.5.1	Stabile und gedämpfte Wellen	294
10.5.2	Instabile Wellen	309
10.6	Abschließende Bemerkungen	315
11	Zyklonen und Antizyklonen	319
11.1	Zyklogenese und Antizyklogenese	320
11.1.1	Die Drucktendenzgleichung	321
11.1.2	Die lokale zeitliche Änderung der Vorticity	324
11.1.3	Die Verlagerung der Druckgebilde	325
11.1.4	Vergenzen in der Höhenströmung	326
11.1.5	Zyklogenese an einer Frontalwelle	328
11.1.6	Auflösung der Druckgebilde – Ekman-Pumping ..	331

11.2	Die Polarfronttheorie	335
11.2.1	Der Lebenszyklus einer Idealzyklone	336
11.2.2	Kalte und warme Okklusion	339
11.2.3	Teiltiefs und Zyklonenfamilien	340
11.2.4	Kritische Anmerkungen zur Polarfronttheorie	342
11.3	Weitere Zyklonenmodelle	346
11.3.1	Das Shapiro-Keyser Zyklonenmodell	346
11.3.2	Das STORM Zyklonenmodell	348
11.4	Rapide Zyklogenese	350
12	Fronten und Frontalzonen	365
12.1	Materielle Diskontinuitätsfläche und Feldtheorie	366
12.2	Kinematische Eigenschaften von Fronten und Frontal- zonen	368
12.3	Ana- und Katafronten	379
12.4	Frontogenese	384
12.5	Die Sawyer-Eliassen Zirkulation	392
12.6	Fronten und Conveyor Belts	399
12.6.1	Die Warmfront	400
12.6.2	Die Ana-Kaltfront	404
12.6.3	Die Kata-Kaltfront	406
12.6.4	Die Okklusionsfront	412
12.7	Frontenanalyse	419
12.8	Konzeptionelle Modelle – Fluch oder Segen?	423
13	Mesoskalige meteorologische Prozesse	427
13.1	Gewitter	428
13.1.1	Einzel-, Multi- und Superzellen	429
13.1.2	Voraussetzungen für die Gewitterbildung	432
13.2	Mesoskalige konvektive Systeme	436
13.2.1	Größenordnungen und Formen	436
13.2.2	Squall Lines	437
13.2.3	Konvergenzlinien	441
13.3	Nebel	447
13.3.1	Entstehungsmechanismen	448
13.3.2	Nebelprognose	450
	Literaturverzeichnis	455
	Sachverzeichnis	475