

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Historische Entwicklung der Meteorologie	2
1.2	Raumzeitliche Skalen atmosphärischer Phänomene	3
1.3	Das Vorhersageproblem	5
1.4	Datenassimilation, numerische Wettervorhersage	11
2	Wetterbeobachtungen	15
2.1	Messmethoden	16
2.2	Wolken, Klassifikation und Eigenschaften	20
2.3	Radarmeteorologie	23
2.4	Satellitenmeteorologie	30
2.4.1	Die Kanäle im solaren Spektralbereich	33
2.4.2	Die Kanäle im terrestrischen Spektralbereich	34
2.4.3	Beispiel für die Interpretation von Satellitenbildern	37
3	Mathematische Beschreibung atmosphärischer Prozesse	43
3.1	Skalare und Vektoren	43
3.2	Differentialoperatoren	46
3.3	Koordinatensysteme	48
3.3.1	Das geographische Koordinatensystem	48
3.3.2	Die Tangentialebene	49
3.3.3	Die generalisierte Vertikalkoordinate	49
3.3.4	Die Tangentialebene mit physikalisch definierten Horizontalkoordinaten	52
3.4	Das prognostische Gleichungssystem	56
3.4.1	Die thermo-hydrodynamischen Zustandsvariablen	57
3.4.2	Ideale Gasgleichung und Kontinuitätsgleichungen	58
3.4.3	Die Wärme Gleichung	60
3.4.4	Die Bewegungsgleichung	65
3.5	Skalenanalyse der Bewegungsgleichung	67

4	Grundlagen der Dynamik und Thermodynamik	73
4.1	Hydrostatische Instabilität	74
4.2	Schichtungsstabilität und Temperaturadvektion	78
4.3	Barotropie und Baroklinität	80
4.4	Horizontale Gleichgewichtswinde	84
4.4.1	Der geostrophische Wind	85
4.4.2	Der Gradientwind	87
4.4.3	Der Reibungswind	89
4.4.4	Der zyklotropische und der antitriptische Wind	91
4.5	Der thermische Wind	91
4.6	Der ageostrophische Wind	94
4.6.1	Approximationsformen der horizontalen Bewegungsgleichung	94
4.6.2	Der ageostrophische Wind bei horizontaler Bewegung	101
4.6.3	Der Einfluss der Vertikalbewegung auf v_{ag}	105
4.6.4	Geostrophische Antriebe ageostrophischer Bewegungen	107
4.7	Trajektorien und Stromlinien	111
4.8	Die vertikale Neigung von Druckgebilden	117
5	Kinematik horizontaler Strömungen	123
5.1	Die lokale Geschwindigkeitsdyade	123
5.2	Divergenz und Vorticity	128
5.3	Die Vorticitygleichung	134
5.4	Trägheitsinstabilität und dynamische Instabilität	141
5.4.1	Trägheitsinstabilität	141
5.4.2	Dynamische Instabilität	145
6	Die quasigeostrophische Theorie	149
6.1	Die Grundannahmen der quasigeostrophischen Theorie .	150
6.2	Die quasigeostrophischen Modellgleichungen	152
6.2.1	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	153
6.2.2	Die Vorticitygleichung	154
6.2.3	Die ω -Gleichung	157
6.3	Die Trenberth-Form der ω -Gleichung	161
6.4	Die Q-Vektor-Form der ω -Gleichung	164
6.5	Beispiele zur Interpretation der ω -Gleichung	174
6.6	Stabilitätsbetrachtungen	181
7	Die potentielle Vorticity	183
7.1	Definition und Erhaltungseigenschaften der PV	184
7.2	Charakteristische Werte der PV	188

7.3	Diabatische Prozesse	191
7.4	Das PV-Invertierungsprinzip	195
7.5	Fernwirkungen von PV-Anomalien	202

8 Die globale Zirkulation 207

8.1	Thermisch direkte und indirekte Zirkulation	208
8.2	Vereinfachtes Schema der globalen Zirkulation	211
8.3	Jetstreams und Jetstreaks	219
8.3.1	Der Subtropenjetstream	220
8.3.2	Der Polarfrontjetstream	223
8.3.3	Weitere atmosphärische Starkwindfelder	233
8.4	Luftmassentransformationen	234
8.5	Europäische Großwetterlagen	241
8.6	Wetterlagen unter dem Einfluss unterschiedlicher Luftmassen	246
8.6.1	Nordwestlage	246
8.6.2	Ostlage	251
8.6.3	Südwestlage	255

9 Rossby-Wellen 261

9.1	Raumzeitliche Variabilität planetarer Wellen	262
9.2	Barotrope Wellen	272
9.3	Die Wellenverlagerung aus der PV-Perspektive	275
9.4	Barokline Wellen	277
9.5	Das Zweischichtenmodell – barokline Instabilität	282
9.5.1	Das Zweischichtenmodell	283
9.5.2	Barokline Instabilität	285
9.5.3	Energetische Betrachtungen	289
9.6	Stabilitätsverhalten barokliner Wellen	293
9.6.1	Neutrale und gedämpfte Wellen	294
9.6.2	Instabile Wellen	310
9.7	Zeitliche Änderungen der Phasenverschiebungen	315
9.8	Wellenstabilitäten aus der PV-Perspektive	319

10 Zyklonen und Antizyklonen 327

10.1	Zyklogenese und Antizyklogenese	329
10.1.1	Die Drucktendenzgleichung	329
10.1.2	Die Verlagerung der Druckgebilde	333
10.1.3	Vergenzen in der Höhenströmung	334
10.1.4	Klassifikation von Zyklogenese	336
10.1.5	Zyklogenese an einer Frontalwelle	339
10.1.6	Auflösung der Druckgebilde – Ekman-Pumping	341
10.2	Die Polarfronttheorie	346
10.2.1	Der Lebenszyklus einer Idealzyklone	347

10.2.2	Kalte und warme Okklusion	349
10.2.3	Teiltiefs und Zyklonenfamilien	350
10.2.4	Kritische Anmerkungen zur Polarfronttheorie ...	354
10.3	Weitere Zyklonenmodelle	356
10.3.1	Das Shapiro-Keyser-Zyklonenmodell	357
10.3.2	Das STORM-Zyklonenmodell	359
10.4	PV-Analyse und Zyklogenese	361
10.4.1	Kurzwellentrog	361
10.4.2	Leezyklogenese	364
10.4.3	Rapide Zyklogenese	369
11	Fronten und Frontalzonen	385
11.1	Die Front als Diskontinuitätsfläche	386
11.2	Kinematische Eigenschaften von Fronten	389
11.3	Ana- und Katafronten	400
11.4	Fronten und Conveyor Belts	406
11.4.1	Die Warmfront	406
11.4.2	Die Ana-Kaltfront	410
11.4.3	Die Kata-Kaltfront	413
11.4.4	Die Okklusionsfront	419
11.5	Frontogenese	426
11.6	Die Sawyer-Eliassen-Zirkulation	434
11.7	Frontenanalyse	441
11.8	PV-Analyse an der Polarfont	446
11.8.1	Dry Intrusion und Tropopausenfaltung	446
11.8.2	Cutoff-Prozess	456
12	Mesoskalige meteorologische Prozesse	469
12.1	Gewitter	470
12.1.1	Einzel-, Multi- und Superzellen	471
12.1.2	Voraussetzungen für die Gewitterbildung	474
12.2	Mesoskalige konvektive Systeme	478
12.2.1	Größenordnungen und Formen	478
12.2.2	Squall Lines	479
12.2.3	Konvergenzlinien	484
12.3	Nebel	489
12.3.1	Entstehungsmechanismen	490
12.3.2	Nebelprognose	492
	Literaturverzeichnis	499
	Sachverzeichnis	523