

INHALT

1	EINFÜHRUNG	1
1.1	Begriffe, Definitionen, Motivation	1
1.1.1	Was ist Meteorologie?	1
1.1.2	Was ist Wetter?	1
1.1.3	Was ist Klima?	2
1.1.4	Warum beschäftigen wir uns mit der Meteorologie?	5
1.2	Prinzipielle Methoden und Besonderheiten der Meteorologie	8
2	DAS SYSTEM ERDATMOSPHÄRE.	11
2.1	Zusammensetzung der Atmosphäre	13
2.1.1	Die Gaszusammensetzung	14
2.1.2	Das atmosphärische Aerosol	20
2.2	Erdgeschichtliche Entwicklung der Atmosphäre	23
2.3	Bemerkungen zur Schichteneinteilung der Atmosphäre	25
2.4	Atmosphärisches "Scale"-Verhalten und Folgerungen	34
2.5	Räumliche Vernetzungen	35
3	SONNE UND ERDATMOSPHÄRE (STRAHLUNG)	39
3.1	Energiequellen	39
3.2	Grundlegende physikalische Strahlungsgesetze	39
3.2.1	Das Plancksche Strahlungsgesetz	39
3.2.2	Das Stefan-Boltzmann-Gesetz	40
3.2.3	Das Wiensche Verschiebungsgesetz	42
3.2.4	Das Kirchhoffsche Strahlungsgesetz	43
3.3	Sonne, Sonnenwind, Magnetfeld, Obergrenze der Atmosphäre	44
3.4	Strahlung der Sonne, Solarkonstante	46
3.5	Wechselwirkungen zwischen Sonnenstrahlung und Atmosphäre	49
3.5.1	Absorption	50
3.5.1.1	Photo-Ionisierung, Ionosphäre	50
3.5.1.2	Photo-Dissoziation, Photochemie, Ozonschicht	53
3.5.1.2.1	Das stratosphärische Ozon	53
3.5.1.2.2	Anthropogene Eingriffe - Das "Ozonloch"	57
3.5.1.2.3	Das troposphärische Ozon	60
3.5.1.2.4	Bedeutung des stratosphärischen Ozons	62
3.5.1.3	Die hauptsächlichsten atmosphärischen Absorber	65
3.5.1.4	Das Lambert-Bouguer-Gesetz	67
3.5.2	Die Streuung	68
3.5.2.1	Streuung an Luftmolekülen (Rayleigh-Streuung)	68
3.5.2.2	Aerosolstreuung (Dunststreuung, Mie-Streuung)	69
3.5.3	Die Extinktion	70
3.5.4	Die atmosphärische Trübung	71
3.5.5	Bemerkungen zur Sichtweite	72
3.5.6	Die Reflexion	72
3.6	Die Terrestrische Strahlung	73
3.7	Der Strahlungshaushalt der Erde	75
3.7.1	Die Strahlungsbilanz der Erdoberfläche	75
3.7.1.1	Astronomische und geographische Einflüsse auf die Verteilung der Sonnenstrahlung auf der Erde	76
3.7.1.2	Die diffuse Himmelsstrahlung	79
3.7.1.3	Die atmosphärische Gegenstrahlung	83

3.7.2	Die Komponenten der Strahlungsbilanz am Beispiel der Messungen in Hamburg	84
3.7.3	Die Strahlungsbilanz der Atmosphäre	88
3.7.4	Die globale Verteilung der Strahlungsbilanz	90
3.8	Anmerkungen zum Glashauseffekt	94
4	DIE WÄRMEBILANZ DER ERDOBERFLÄCHE	97
4.1	Wärmeaustausch mit tieferen Schichten	98
4.2	Wärmeaustausch mit der Atmosphäre	102
4.2.1	Wärmeleitung	102
4.2.2	Verdunstung	105
4.2.2.1	Mikrophysikalische Beschreibung der Verdunstung .	105
4.2.2.2	Makrophysikalische Beschreibung der Verdunstung .	106
5	STATIK UND THERMODYNAMIK DER ATMOSPHERE	110
5.1	Allgemeine physikalische Grundlagen	110
5.2	Die hydrostatische Grundgleichung	110
5.3	Schwerebeschleunigung und Geopotential	111
5.4	Die Barometrische Höhenformel	113
5.5	Die Temperaturänderung adiabatisch vertikal bewegter Luft	114
5.6	Die vertikale Stabilität der Luftschichtung	115
5.6.1	Die Auftriebskraft	115
5.6.2	Hydrostatische Stabilität/Instabilität	117
5.7	Potentielle Temperatur und vertikale Stabilität	120
5.8	Stabilitätsänderungen bei erzwungenen Vertikalbewegungen .	122
5.9	Thermodynamik feuchter Luft	124
5.9.1	Zustandsgrößen des Wasserdampfes und der feuchten Luft .	124
5.9.2	Adiabatische Zustandsänderungen feuchter Luft	130
5.9.3	Berechnung der Auslösung von Konvektionsbewölkung	136
5.9.4	Die Stabilität (Instabilität) feuchter Luft	138
5.9.5	Zusammenfassung der wichtigsten Feuchtigkeitsmaße und der die Feuchtigkeit berücksichtigenden Temperaturbegriffe	140
5.9.6	Periodische Änderungen von Dampfdruck und relativer Feuchte in Bodennähe	141
5.10	Das Thermodynamische Diagrammpapier nach Stüve	142
5.11	Temperatur und Wärmeempfinden	144
5.12	Kondensation und Niederschlagsprozesse	146
5.12.1	Tropfenbildung	146
5.12.2	Tropfenwachstum und Niederschlag	148
5.12.3	Wolken- bzw. Niederschlagsteilchen und Luftbeimengungen .	154
5.13	Die internationale (phänomenologische) Wolkenklassifikation	154
6	DYNAMIK DER ATMOSPHERE	158
6.1	Der Wind	158
6.2	Die Druckkraft	158
6.3	Horizontale Luftdruckverteilung und Topographie von Druckflächen (Isobarflächen)	161
6.4	Thermisch angeregte Zirkulationen	163
6.4.1	Zirkulationen aufgrund unterschiedlicher Erwärmung	163
6.4.1.1	Die Seewindzirkulation	166
6.4.1.2	Die Landwindzirkulation	168

6.4.2	Baroklinität und Zirkulation	170
6.4.3	Zirkulationen an geeigneten Flächen	170
6.4.3.1	Anabatische Winde	171
6.4.3.2	Katabatische Strömungen	171
6.5	Topographisch bedingte, mechanisch verursachte Zirkulationen	173
6.5.1	Wirkungen von Hindernissen	174
6.5.1.1	Wellen und Wirbel mit horizontaler Achse	174
6.5.1.2	"Föhn"-Wirkungen von Hindernissen	175
6.5.1.3	Wirbel mit vertikaler Achse	176
6.5.2	Auswirkungen von Großstädten	177
6.6	Konvektive Erscheinungen	178
6.6.1	Niedrige Konvektion ("shallow convection")	178
6.6.1.1	Zellularkonvektion	178
6.6.1.2	Wolkenstraßen	179
6.6.1.3	Konvektionsbänder	179
6.6.2	"Durchgreifende" Konvektion ("deep convection"), Gewitter	180
6.6.3	Squall-lines (Instabilitätslinien)	181
6.7	Schwerewellen	182
6.8	Bewegungsgesetze	183
6.8.1	Bewegungen auf der rotierenden Erde	183
6.8.2	Der geostrophische Wind	185
6.8.3	Der Gradientwind	189
6.8.4	Einfluß der Bodenreibung, antitriptischer Wind	191
6.8.5	Wind im Nicht-Gleichgewicht, dynamische Druckänderungen	196
6.9	Zusammenhang zwischen Temperatur-, Druck- und Windfeld	197
6.9.1	Änderung des Windes mit der Höhe	197
6.9.2	Veränderung der Drucksysteme mit der Höhe	201
6.10	Großräumige Zirkulation - Strahlströme, Wellen und Wirbel	217
6.10.1	Die allgemeine atmosphärische Zirkulation	217
6.10.2	Dynamik der extratropischen Wirbel	220
6.10.3	Wirbelstruktur, Fronten und Wetter	228
6.10.4	Darstellung in der Wetterkarte	241
6.10.5	Besondere Erscheinungen in den Tropen	243
6.10.6	Besondere Erscheinungen in der Stratosphäre	247
7	DIE PLANETARISCHE GRENZSCHICHT	258
7.1	Definitionen und allgemeine Beschreibung	258
7.2	Die atmosphärische Turbulenz	265
7.3	Turbulenz und vertikales Windprofil	267
7.3.1	Einfluß von Bodenbeschaffenheit und Stabilität	267
7.3.2	Windstruktur in der Prandtl-Schicht	272
7.3.3	Windstruktur in der Ekman-Schicht	274
7.3.4	Der Einfluß inhomogenen Terrains auf die Grenzschicht .	277
7.4	Grenzschichtstruktur und Ausbreitungsvorgänge	281
7.4.1	Auswirkungen der Schichtungsstabilität	282
7.4.2	Auswirkungen interner Grenzschichten	285
7.4.3	Wirkungen thermischer Zirkulationen über irregulärem Terrain	285
7.4.4	Auswirkungen besonderer Geländeformen	288

8	ANMERKUNGEN ZU SPEZIELLEN PROBLEMEN	290
8.1	Anmerkungen zu den Luftbahnen (Trajektorien)	290
8.2	Anmerkungen zur Ermittlung von Emittenten-Rezeptor- Beziehung	296
8.3	Anmerkungen zur Simulation regionaler Schadstoff- transporte in der Atmosphäre - das TADAP-Modell	298
8.4	Anmerkungen zum "Nuklearen Winter"	306
9	ANHANG	309
9.1	Einige durchschnittliche klimatologische Mittel- und Extremwerte meteorologischer Beobachtungen von Berlin	309
9.2	Literaturempfehlungen zur Begleitung und Vertiefung . .	312
9.3	Glossar	314
10	LITERATURNACHWEIS	323
11	FILMLISTE	333
12	SACHINDEX	337