

P. R A E T H J E N

EINFÜHRUNG IN DIE
PHYSIK
DER ATMOSPHÄRE

BAND II



LEIPZIG · B. G. TEUBNER · BERLIN

EINFÜHRUNG IN DIE
PHYSIK DER ATMOSPHERE

BAND II

METEOROLOGISCHE AERODYNAMIK

VON

P. RAETHJEN

IN HAMBURG

MIT 57 ABBILDUNGEN IM TEXT



1942

LEIPZIG UND BERLIN

VERLAG UND DRUCK VON B. G. TEUBNER

Inhaltsübersicht

I. Kapitel: Kinematik und kleinräumige Dynamik

§ 1. Mechanik eines Massenpunktes	1
a) Die Bewegungsvektoren	1
b) Kraft und Beschleunigung	5
c) Allgemeines über Vektoren	7
d) Impulssatz	9
e) Energieerhaltung	10
f) Die harmonische Schwingung	12
§ 2. Druckgradient und hydrodynamische Grundgleichungen.....	15
a) Hydrostatischer Druckgradient	15
b) Allgemeine Theorie des Druckgradienten	16
c) Eulersche Grundgleichungen (ohne Reibung)	18
d) Individuelle und lokale Beschleunigung	20
§ 3. Hydrodynamischer Druck und Bernoullische Gleichung	21
a) Statischer und dynamischer Druck	21
b) Bernoullische Gleichung	22
c) Gültigkeitseinschränkungen.....	24
d) Anwendungen der Bernoullischen Gleichung	25
e) Statisch erweiterte Bernoulli-Gleichung	32
§ 4. Zwei typische Beispiele bahnsenkrechter Beschleunigungen .	32
a) Rotation	32
b) Drehungsfreie Kreiszirkulation	35
§ 5. Quellen und Senken	38
a) Punktquelle	38
b) Quelle und Senke	39
c) Punktquellen im Strömungskanal	40
d) Potentialstromfelder	41
e) Dreidimensionale Divergenz und Kontinuitätsgleichung	42
f) Zweidimensionale Stromfelddivergenz	44
§ 6. Atmosphärische Vertikalbeschleunigungen	50
a) Vertikalschwingungen einzelner Luftquanten.....	51
b) Statische Stabilität und Labilität	55
c) Cumulusaufwind	57
d) Feuchtlabilitätsenergie und Kreisprozeßenergie	66
e) Anwendbarkeitsgrenzen der barometrischen Höhenformel	69
§ 7. Vertikalaustausch und Turbulenz	73
a) Bedeutung des atmosphärischen Vertikalaustausches	74
b) Austauschfluß und Austauschkoeffizient	76
c) Mischungsweg	80
d) Hydrodynamische Scherungsturbulenz	81
e) Scherungsturbulenz und Thermikaustausch	85
f) Austausch durch auf- und abgleitende Luftmassen, Wärmeaustausch im Meridianschnitt	87
g) Innere Reibung	90

II. Kapitel: Großräumige Aerodynamik

§ 8. Rotationsmoment und Trägheitskreis	94
a) Erhaltung des Rotationsmoments (Flächensatz)	94
b) Das Ruhgleichgewicht auf der abgeplatteten Erdoberfläche	101
c) Trägheitsbewegung in einer rotierenden Gleichgewichtsschale	102
d) Trägheitsbewegung auf der Erdoberfläche	104
e) Austauschbewegungen in der Fläche gleicher potentieller Temperatur	109
f) Austauschgleichgewicht und Ruhgleichgewicht	112
g) Austausch und Höhenwind	118
§ 9. Coriolisbeschleunigung und reibungslose Strömungsgleichungen	124
a) Horizontalströmung	124
b) Der Coriolisbeschleunigungsvektor	128
c) Hydrodynamische Grundgleichungen	134
d) Gradientwind und geostrophischer Wind	137
e) Isobarflächentopographie und Höhenwind	142
f) Geostrophisch driftendes Koordinatensystem	145
§ 10. Die bodennahe Reibungsschicht	146
a) Reibung am Erdboden nach Gulberg und Mohn	146
b) Strömungsgrundgleichungen mit Vertikalaustausch	149
c) Ekmanspirale	150
d) Massenfluß vom Hoch zum Tief	154
e) Reibungsarbeit	156
§ 11. Strömungsgleichgewicht der freien Atmosphäre	158
a) Arbeitsvorrat und stabiles Gleichgewicht	158
b) Margulesche (geostrophische) Gleichgewichtsbedingungen	164
c) Stüvesche (geostrophische) Gleichgewichtsbedingung	168
d) Das natürliche Koordinatensystem der freien Atmosphäre	176
§ 12. Wetterluftmassen, Frontalzonen, Grenzflächen	177
a) Erfahrungstatsachen	178
b) Neigung der Isentropenflächen im Austauschgleichgewicht	183
c) Aufteilung der Atmosphäre in Wetterluftmassen	187
d) Grenzflächen und Isentropenflächen	190
§ 13. Stabilität und Labilität des geostrophischen Windfeldes	194
a) Begriff und Kennzeichen der Stabilität und Labilität	195
b) Statische Stabilität des Temperaturfeldes und Trägheitsstabilität des Windfeldes	196
c) Isentrope (bzw. feuchtisentrope) Störbewegungen	200
d) Stabiler und labiler Sektor	210
e) Das Aufgleiten der Wolkenluft im feuchtlabilen Sektor	217
§ 14. Zirkulationsbeschleunigung	219
a) Flüssige Linie, Zirkulation und Zirkulationsbeschleunigung	220
b) Quasistatischer Teil der Zirkulationsbeschleunigung	223
c) Trägheitsanteil der Zirkulationsbeschleunigung	226
d) Gesamte Zirkulationsbeschleunigung und Strömungsgleichgewicht	230
Lösungen zu den Übungsaufgaben	233
Formelzeichen	251