

WILLY EICHENBERGER

FLUGWETTERKUNDE

INSTITUT  
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE  
DER TECHN. HOCHSCHULE

HANNOVER · HERRENHAUSER STR. 2  
DR. WILLY EICHENBERGER

# FLUGWETTERKUNDE

*Ein umfassender Lehrgang*

Neu bearbeitet unter Mitarbeit von  
Dr. G. Gensler, Dr. H. W. Courvoisier und B. Beck

SCHWEIZER DRUCK- UND VERLAGSHAUS AG, ZÜRICH

# INHALTSVERZEICHNIS

## I. Kapitel:

### *Die grundlegenden Zusammenhänge zwischen Flugwesen und Meteorologie*

	Seite
A. Flugwesen und Wetter . . . . .	17—20
1. Die Notwendigkeit der Flugwetterdienste . . . . .	17
2. Die Sicht . . . . .	18
3. Die Gefahren für die Fliegerei . . . . .	19
B. Die Auskünfte des Flugwetterdienstes . . . . .	20—23
1. Die klimatologischen Angaben . . . . .	20
2. Die laufenden Meldungen . . . . .	20
a) Die Beobachtungen und Messungen vom Boden aus . . . . .	21
b) Die Messungen in der Höhe . . . . .	21
c) Hilfsmittel . . . . .	21
3. Die Vorhersagen . . . . .	22
C. Die Bedingungen im Flug . . . . .	23—29
1. Die Unterscheidung zwischen Instrumentenflug und Sichtflug . . . . .	24
a) Instrumentenflug . . . . .	24
b) Sichtflug . . . . .	24
2. Die für IFR- und VFR-Flüge erhältlichen Auskünfte . . . . .	25—27
a) Auskünfte für den IFR-Flug . . . . .	25
b) Auskünfte für den VFR-Flug . . . . .	26
3. Die Schwierigkeiten in der Ausarbeitung von Vorhersagen für VFR-Flüge . . . . .	27
4. Information über die momentane Wetterlage oder Streckenvorhersage? . . . . .	28
5. Zusammenarbeit zwischen Besatzungen und Wetterdienst . . . . .	29

## II. Kapitel:

### *Die Atmosphäre und ihre physikalischen Eigenschaften*

A. Ausdehnung und Aufteilung der Atmosphäre . . . . .	30—33
1. Summarische Beschreibung . . . . .	30
2. Ausdehnung . . . . .	30
3. Die Tropopause . . . . .	31
4. Troposphäre und Stratosphäre . . . . .	31
5. Ionosphäre . . . . .	32
6. Erforschung der hohen Atmosphäre . . . . .	32
B. Die Zusammensetzung der Atmosphäre . . . . .	33—34
1. Bestandteile . . . . .	33
2. Zusammensetzung mit zunehmender Höhe . . . . .	33

C. Der atmosphärische Druck . . . . .	34—43
1. Die Messung . . . . .	34
2. Die Maßeinheiten des Luftdruckes . . . . .	35
3. Von den Magdeburger Halbkugeln zum Aneroid-Barometer . . . . .	36
4. Schwankungen des Luftdruckes . . . . .	37
5. Druckänderung in Funktion der Höhe . . . . .	38
6. Der Höhenmesser . . . . .	41
7. Die Atmung in der Höhe . . . . .	42
D. Die Temperatur der Luft . . . . .	43—56
1. Die Wärmeübertragung . . . . .	43
2. Die Temperaturmessung . . . . .	47
3. Die Maßeinheiten . . . . .	49
4. Die Temperaturschwankungen . . . . .	51
5. Die Aenderung der Temperatur mit zunehmender Höhe . . . . .	53
6. Höhen-Sondagen . . . . .	53
7. Die Zustandskurve der Atmosphäre . . . . .	55
E. Die Feuchtigkeit der Luft . . . . .	57—61
1. Die Verdunstung des Wassers . . . . .	57
2. Die Messung der Feuchtigkeit . . . . .	58
3. Der Taupunkt . . . . .	60
4. Die Feuchtigkeitsschwankungen . . . . .	60
F. Die Drucksysteme . . . . .	61—67
1. Die Druck-Reduktion . . . . .	61
2. Die Isobaren-Karten . . . . .	62
3. Die Druckflächen . . . . .	65
4. Die Höhenkarten . . . . .	66
G. Der Höhenmesser . . . . .	67—78
1. Die Standardatmosphäre . . . . .	67
2. Die Höhenmessereinstellung; QFF, QFE, QNH, QNE . . . . .	68
3. Der Radiohöhenmesser . . . . .	74
4. Fehlanzeigen der Höhenmesser . . . . .	75—78
H. Der Einfluß der Dichteschwankungen der Luft auf die Leistungen der Flugzeuge . . . . .	78—80

### III. Kapitel:

#### *Der Wind und die allgemeinen Strömungen in der Atmosphäre*

A. Beobachtung und Messung des Windes . . . . .	81—88
1. Begriffsbestimmung . . . . .	81
2. Die Windrichtung . . . . .	81
3. Die Windstärke oder Windgeschwindigkeit . . . . .	82

4. Die Messung der Höhenwinde . . . . .	85
5. Die Windstatistik . . . . .	87
B. Die Turbulenz . . . . .	88—93
1. Die Bildung der Böen . . . . .	88
2. Der empirische Turbulenz-Maßstab . . . . .	93
C. Die orographisch beeinflussten Winde . . . . .	94—97
1. Die Strömungen über einer Gebirgskette . . . . .	94
2. Die Kanalisation des Windes durch die Bodenerhebungen . . . . .	97
D. Der Gradientwind . . . . .	97—105
1. Der Druckgradient . . . . .	97
2. Der geostrophische Wind . . . . .	98
3. Der Einfluß der Zentrifugalkraft . . . . .	100
4. Der Einfluß der Reibung . . . . .	102
5. Zyklonaler und antizyklonaler Kreislauf . . . . .	103
6. Die Windänderung mit der Höhe . . . . .	103
7. Konvergenz und Divergenz . . . . .	104
E. Die Höhenkarten und der Luftverkehr . . . . .	105—112
1. Bestimmung des Windes . . . . .	105
2. Der D-Wert und die Drucksystem-Navigation . . . . .	109
3. Die Ueberprüfung der Höhenkarten während des Fluges mit Hilfe des D-Wertes . . . . .	110
F. Die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre . . . . .	112—118
1. Die Ursachen . . . . .	112
2. Die tropische Zirkulation . . . . .	113
3. Die Westwindzone . . . . .	115
4. Die Polargebiete . . . . .	117
5. Die Monsune . . . . .	117
G. Winde mit besonderen Entstehungsbedingungen . . . . .	118—130
1. Die Lokalwinde . . . . .	118
2. Die tropischen Wirbelstürme . . . . .	121
3. Die «Jet-Streams» . . . . .	123

#### IV. Kapitel:

#### *Die Thermodynamik der Atmosphäre und ihre Beziehungen zu Wolken und Niederschlägen*

A. Die Zustandsveränderungen des Wassers . . . . .	131—136
1. Die drei physikalischen Zustände des Wassers in der Natur . . . . .	131
2. Die Zustandsänderungen . . . . .	131
3. Kondensation und Verdunstung . . . . .	132
4. Gefrieren und Schmelzen . . . . .	135
5. Die Sublimation . . . . .	136

B. Adiabatische Zustandsänderungen in der Atmosphäre . . . . .	136—147
1. Definition und allgemeine Bemerkungen . . . . .	136
2. Adiabatische Zustandsänderungen in aufsteigenden oder absinkenden Luftströmungen . . . . .	137
a) Trockenadiabate . . . . .	137
b) Feucht- oder Pseudoadiabate . . . . .	138
3. Graphische Darstellung der adiabatischen Zustandsänderungen . . . . .	139
4. Bestimmung der Kondensationsbasis . . . . .	140
5. Wechsel der Eigenschaften einer Luftmasse, hervorgerufen durch adiabatische Zustandsänderungen . . . . .	141
a) Föhneffekt . . . . .	141
b) Potentielle Feuchttemperatur . . . . .	143
6. Stabilität und Instabilität der Atmosphäre . . . . .	144
a) Unterhalb der Kondensationsbasis . . . . .	144
b) Oberhalb der Kondensationsbasis . . . . .	146
c) Verwendung der Emagramme . . . . .	146
d) Obere Grenze einer instabilen Zone . . . . .	146
C. Ursache der Wolkenbildung . . . . .	147—162
1. Wolkenbildung infolge adiabatischer Abkühlung . . . . .	147
a) Einwirkung der Bodenerhebungen . . . . .	147
b) Einwirkung der Fronten . . . . .	148
c) Einwirkung der thermischen Aufwinde . . . . .	148
2. Wolkenbildung in instabiler Atmosphäre . . . . .	149
a) Interpretation unter Zuhilfenahme des Emagrammes . . . . .	149
b) Die Vorgänge bei der Cumulusbildung . . . . .	151
c) Einwirkung einer stabilen Zwischenschicht in der Höhe . . . . .	154
3. Wolkenbildung in stabiler Atmosphäre . . . . .	155
— Die Subsidenz . . . . .	155
— Turbulente Durchmischung . . . . .	156
— Einfluß der Strahlung . . . . .	158
— Die Ursachen der Beständigkeit der Stratuswolken . . . . .	160
— Wolkenbildung durch Hebung . . . . .	161
— Wolkenbildung durch Mischung von zwei verschiedenen Luft- massen . . . . .	161
— Wolkenbildung infolge Kontaktabkühlung . . . . .	162
— Komplexer Ablauf der Wolkenbildung . . . . .	162
D. Beschreibung der Wolken . . . . .	162—175
1. Die Beschaffenheit der Wolken . . . . .	162
2. Wolkenformen . . . . .	163
3. Wolkenklassifikation . . . . .	163
4. Definition und kurze Beschreibung der 10 Hauptwolkengruppen . . . . .	166
5. Beobachtung der Wolken . . . . .	172
6. Kondensstreifen . . . . .	175
E. Die Niederschläge . . . . .	176—181
1. Die Entstehung der Niederschläge . . . . .	176
2. Die Niederschlagszonen . . . . .	177
3. Die Messung der Niederschläge . . . . .	177
4. Klassifikation und Beschreibung . . . . .	178

*V. Kapitel:  
Die Luftmassen der Troposphäre und die Fronten*

A. Die Luftmassen . . . . .	182—187
1. Was wird als Luftmasse bezeichnet? . . . . .	182
2. Die Luftmassenklassifikation . . . . .	182
a) nach ihrer Herkunft . . . . .	182
b) nach ihrem thermodynamischen Verhalten . . . . .	183
c) nach den Einflüssen der durchquerten Gebiete . . . . .	183
3. Die Eigenschaften einer Luftmasse . . . . .	185
B. Die Fronten . . . . .	187—189
1. Der Begriff «Front» . . . . .	187
2. Die Polarfront . . . . .	188
3. Deformation der Polarfront und Bildung eines Tiefdruckwirbels (Zyklone) . . . . .	188
C. Die an das Vorhandensein von Tiefdruckzentren und Fronten gebundenen Phänomene . . . . .	190—197
1. Isobarenfeld und Fronten . . . . .	190
2. Wolken und Niederschläge . . . . .	191
a) Die Neigung der Fronten, Wolkenbildung durch Aufgleiten der warmen Luftmassen . . . . .	191
b) Wolken und Niederschläge der Warmfronten . . . . .	192
c) Wolken und Niederschläge der Kaltfronten . . . . .	195
d) Rückseitenwetter . . . . .	196
e) Warmsektor . . . . .	196
3. Weitere charakteristische Veränderungen bei Frontendurchgängen . . . . .	196
a) Sichtweite . . . . .	196
b) Temperatur . . . . .	196
D. Okkludierte Fronten und Lebenslauf der Zyklone . . . . .	197—204
1. Entstehung und Beschreibung . . . . .	197
2. Der Lebenslauf einer Zyklone . . . . .	199
3. Die Zyklonenfamilien . . . . .	201
4. Sekundär- und Höhenfronten . . . . .	202
5. Der Begriff der «systèmes nuageux» . . . . .	203
6. Stationäre Fronten und Wellenstörungen . . . . .	204
E. Schlechtwetter- und Tiefdruckgebiete außerhalb der Polarfront . . . . .	205—207
1. Troglagen . . . . .	205
2. Kaltlufttropfen . . . . .	205
3. Stau . . . . .	206
4. Die «squall line» . . . . .	206
5. Frontenlose Tiefs außertropischer Zonen . . . . .	206
F. Hochdruckgebiete . . . . .	207—209
1. Das thermische Hoch . . . . .	207
2. Das dynamische Hoch . . . . .	208
G. Die Besonderheiten der tropischen Meteorologie . . . . .	209—213
1. Allgemeines . . . . .	209
2. Die Fronten in den Tropen . . . . .	209

3. Drucksysteme und Winde . . . . .	211
4. Die vorherrschenden, das Wetter beeinflussenden Faktoren . . . . .	211
5. Phänomene, die für die Fliegerei von besonderem Interesse sind . . . . .	212

*VI. Kapitel:*

*Die für die Fliegerei gefährlichen Wetterphänomene*

A. Dunst und Nebel . . . . .	214—226
1. Definitionen . . . . .	214
2. Vorgang der Dunst- und Nebelbildung . . . . .	215
a) Die Abkühlung der Luft . . . . .	216
b) Durch Verdunstung oder Mischung entstandener Nebel . . . . .	219
3. Auflösung des Nebels . . . . .	222
4. Nebelvorhersage . . . . .	221
5. Die Auswirkungen des Nebels auf die Luftfahrt, Wetterminima . . . . .	223
B. Die Gewitter . . . . .	227—241
1. Summarische Umschreibung . . . . .	227
2. Die verschiedenen Gewitterarten . . . . .	227
a) Ortsgebundene Gewitter . . . . .	227
b) Frontgewitter . . . . .	227
3. Wichtige, im Zusammenhang mit Gewittern auftretende Erscheinungen . . . . .	228
— Turbulenz . . . . .	228
— Niederschläge . . . . .	230
— Elektrische Erscheinungen . . . . .	231
— Windwechsel . . . . .	234
— Die drei Stadien der Entwicklung einer Gewitterzelle . . . . .	235
4. Tornados . . . . .	236
5. Die Vorhersage der Gewitter . . . . .	237
6. Flugtaktik in Gewittern . . . . .	239
C. Die Vereisung . . . . .	242—256
1. Allgemeines, Entstehungsursachen . . . . .	242
2. Die verschiedenen Arten von Vereisung . . . . .	244
a) Vereisung der Zelle . . . . .	244
b) Vergaservereisung . . . . .	247
3. Auswirkung der Vereisung auf die Flugzeuge . . . . .	248
a) Zelle . . . . .	248
b) Propeller . . . . .	249
c) Steuerflächen . . . . .	250
d) Zubehör . . . . .	250
e) Cockpitfenster . . . . .	251
f) Motoren . . . . .	251
4. Vorkehrungen gegen die Vereisung . . . . .	251
a) Wetterberatung . . . . .	251
b) Technische Mittel . . . . .	254
D. Leewellen und Rotoren . . . . .	256—260
1. Allgemeines . . . . .	256
2. Beschreibung der Phänomene . . . . .	256
3. Bedingungen der Wellenbildung . . . . .	258
4. Wellenflug . . . . .	259



VII. Kapitel:  
Die Arbeitsweise des Flugwetterdienstes

A. Grundlage der Organisation der Wetterdienste; ihre Beobachtungen . . . . .	261—266
1. Allgemeines . . . . .	261
2. Wetterbeobachtungen . . . . .	261
a) Synoptische Beobachtungen . . . . .	261
aa) Messungen . . . . .	262
bb) Beobachtungen und Schätzungen . . . . .	262
b) Beobachtungen, die speziell für die Luftfahrt bestimmt sind . . . . .	262
c) Die aerologischen Sondagen . . . . .	263
3. Uebermittlung der Beobachtungen . . . . .	264
a) Die synoptischen Beobachtungen . . . . .	264
b) Flugwetterbeobachtungen . . . . .	265
4. Auswertung . . . . .	265
B. Zeichnen der Wetterkarte . . . . .	266—273
1. Symbole . . . . .	266
2. Analyse der Bodenwetterkarte . . . . .	268
a) Skizzieren der Drucksysteme . . . . .	268
b) Skizzieren der Isallobaren . . . . .	269
c) Hervorheben der Niederschlags- und Nebelzonen . . . . .	270
d) Lokalisieren der Fronten . . . . .	270
3. Höhenkarten . . . . .	271
4. Die Radiosonden . . . . .	273
C. Die Vorhersagen für die Luftfahrt . . . . .	273—286
1. Flugvorbereitungen . . . . .	273
2. Verfahren vor dem Start . . . . .	275
a) Vorhersage für den Flug . . . . .	275
b) Mündliche Beratung oder «Briefing» . . . . .	280
3. Verfahren während des Fluges . . . . .	281
4. Flugwetterzentralen . . . . .	282
5. Form der Meldungen . . . . .	283
a) Flugwetterbeobachtungen (Aero-Meldungen) . . . . .	283
b) Flugplatz-Vorhersagen . . . . .	283
c) Landevorhersagen, TREND . . . . .	284
d) SIGMET-Meldungen . . . . .	284
e) Meldungen über plötzliche Wetterveränderungen . . . . .	285
f) Strecken- und Flugvorhersagen . . . . .	285
g) Beispiel einer Radiotelephonie-Wettermeldung . . . . .	286
D. Beobachtungen und Meldungen der Flugzeuge . . . . .	286—290
1. Kategorien von Beobachtungen . . . . .	286
2. Die regelmäßigen Beobachtungen . . . . .	287
3. Die besonderen Beobachtungen . . . . .	290
E. Die Zuverlässigkeit meteorologischer Beobachtungen und Prognosen . . . . .	290—293
1. Allgemeines . . . . .	290
2. Reguläre Wetterbeobachtungen . . . . .	290
3. Wetterbeobachtungen vom Flugzeug aus . . . . .	291
4. Kartenanalysen . . . . .	291
5. Prognosen . . . . .	292

VIII. Kapitel:

*Die meteorologischen Codes, Abkürzungen und Symbole*

A. Allgemeines . . . . .	294
B. Die gebräuchlichen Wolkencodes . . . . .	295—298
1. Der C-Code . . . . .	295
2. Der CL-Code . . . . .	296
3. Der CM-Code . . . . .	297
4. Der CH-Code . . . . .	298
C. Der Code zur Uebermittlung der Barometertendenz . . . . .	299
D. Die Codes zur Uebermittlung des Witterungscharakters . . . . .	300—305
1. Wetter zur Zeit der Beobachtung oder während der letzten Stunde . . . . .	300
2. Wetter vor der Beobachtung . . . . .	305
E. Die Darstellung des Windes auf der Wetterkarte . . . . .	305
F. Die meteorologischen Ausdrücke des Q-Codes . . . . .	306—313
G. Die in der Fliegerei gebräuchlichen Abkürzungen zur Uebermittlung von Wettermeldungen . . . . .	313—314
Flughöhe, Flugbedingungen, nächster voraussichtlicher Standort, voraussichtliche Ankunftszeit, Temperatur, herrschendes Wetter, Wind, Wolken, Vereisung, Turbulenz	

<i>Anhang 1: Beispiel einer Langstrecken-Wetterberatung</i>	315—318
---	---------

<i>Anhang 2: Phototafeln</i>	319
------------------------------	-----

*Anhang 3: Fragensammlung*

1. Abschnitt: Fragen für Privatpiloten . . . . .	321—329
2. Abschnitt: Fragen für Berufspiloten . . . . .	330—342
3. Abschnitt: Fragen für Linienpiloten, Navigatoren und Dispatcher . . . . .	343—354

<i>Anhang 4: Verzeichnis der Hauptbegriffe</i>	355—358
--	---------