

Willy Eichenberger



Handbuch für die Fliegerei

Flugwetterkunde

Vollständig überarbeitete
NEU A U S G A B E

Motor
buch
Verlag

Dr. Willy Eichenberger

Flugwetterkunde

Ein umfassender Lehrgang

329/4028

INSTITUT
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE
UNIVERSITÄT HANNOVER
HERRENHAUSER STR. 2 - 30419 HANNOVER

Motorbuch Verlag Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
1		2	
Die grundlegenden Zusammenhänge zwischen Flugwesen und Meteorologie		Die Atmosphäre und ihre physikalischen Eigenschaften	
A. Flugwesen und Wetter	17	A. Ausdehnung und Aufteilung der Atmosphäre	27
1. Die Notwendigkeit der Flugwetterdienste	17	1. Summarische Beschreibung	27
2. Die Sicht	17	2. Ausdehnung	27
3. Die Gefahren für die Fliegerei	18	3. Die Tropopause	27
B. Die Auskünfte des Flugwetterdienstes	19	4. Troposphäre und Stratosphäre	28
1. Die klimatologischen Angaben	19	5. Die höheren Schichten	28
2. Die laufenden Meldungen	19	6. Erforschung der hohen Atmosphäre	30
a) Die Beobachtungen und Messungen vom Boden aus	19	B. Die Zusammensetzung der Atmosphäre	30
b) Die Messungen in der Höhe	20	1. Bestandteile	30
c) Beobachtungen durch meteorologische Satelliten	20	2. Zusammensetzung mit zunehmender Höhe	30
d) Hilfsmittel	20	C. Der atmosphärische Druck	31
3. Die Vorhersagen	20	1. Die Messung	31
C. Die Bedingungen im Flug	21	2. Die Maßeinheiten des Luftdruckes	31
1. Die Unterscheidung zwischen Instrumentenflug und Sichtflug	21	3. Von den Magdeburger Halbkugeln zum Aneroid-Barometer	32
a) Instrumentenflug	21	4. Schwankungen des Luftdrucks	33
b) Sichtflug	22	5. Druckänderung in Funktion der Höhe	34
2. Die für IFR- und VFR-Flüge erhältlichen Auskünfte	23	6. Der Höhenmesser	36
a) Auskünfte für den IFR-Flug	23	7. Die Atmung in der Höhe	37
b) Auskünfte für den VFR-Flug	24	D. Die Temperatur der Luft	38
3. Die Schwierigkeiten in der Ausarbeitung von Vorhersagen für VFR-Flüge	25	1. Die Wärmeübertragung	38
4. Information über die momentane Wetterlage oder Streckenvorhersage?	25	2. Die Temperaturmessung	40
5. Zusammenarbeit zwischen Besatzungen und Wetterdienst	26	3. Die Maßeinheiten	43
		4. Die Temperaturschwankungen	44
		5. Die Änderung der Temperatur mit zunehmender Höhe	45
		6. Höhen-Sondagen	45
		7. Die Zustandskurve der Atmosphäre	46

E. Die Feuchtigkeit der Luft	48
1. Die Verdunstung des Wassers	48
2. Die Messung der Feuchtigkeit	49
3. Der Taupunkt	50
4. Die Feuchtigkeitsschwankungen	51
F. Die Drucksysteme	51
1. Die Druck-Reduktion	51
2. Die Isobaren-Karten	52
3. Die Druckflächen	54
4. Die Höhenkarten	55
G. Der Höhenmesser	56
1. Die Standardatmosphäre	56
2. Die Höhenmessereinstellung; QFF, QFE, QNH, QNE	57
3. Der Radiohöhenmesser	62
4. Fehlanzeigen der Höhenmesser	62
H. Der Einfluß der Dichteschwankungen der Luft auf die Leistungen der Flugzeuge	65

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

A. Beobachtung und Messung des Windes	69
1. Begriffsbestimmung	69
2. Die Windrichtung	69
3. Die Windstärke oder Windgeschwindigkeit	70
4. Die Messung der Höhenwinde	72
5. Die Windstatistik	74
B. Die Turbulenz	75
1. Die Bildung der Böen	75
2. Der empirische Turbulenz-Maßstab	80
C. Die orographisch beeinflussten Winde	81
1. Die Strömungen über einer Gebirgskette	81
2. Die Kanalisation des Windes durch die Bodenerhebungen	83
D. Der Gradientwind	84
1. Der Druckgradient	84
2. Der geostrophische Wind	84
3. Der Einfluß der Zentrifugalkraft	86
4. Der Einfluß der Reibung	87
5. Zyklonaler und antizyklonaler Kreislauf	88
6. Die Windänderung mit der Höhe	88
7. Konvergenz und Divergenz	88
E. Die Höhenkarten und der Luftverkehr	90
1. Bestimmung des Windes	90
2. Der D-Wert und die Drucksystem- Navigation	92
3. Die Überprüfung der Höhenkarten während des Fluges mit Hilfe des D-Wertes	93
4. Der »thermische« Wind	94

	Seite
F. Die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre	95
1. Die Ursachen	95
2. Die tropische Zirkulation	96
3. Die Westwindzone	97
4. Die Polargebiete	98
5. Die Monsune	99
G. Winde mit besonderen Entstehungsbedingungen	100
1. Die Lokalwinde	100
2. Die tropischen Wirbelstürme	103
3. Die »Jet-Streams«	104

Seite

Seite

4

Die Thermodynamik der Atmosphäre und ihre Beziehungen zu Wolken und Niederschlägen

A. Die Zustandsänderungen des Wassers	117
1. Die drei physikalischen Zustände des Wassers in der Natur	117
2. Die Zustandsänderungen	117
3. Kondensation und Verdunstung	118
4. Gefrieren und Schmelzen	119
5. Die Sublimation	120
B. Adiabatische Zustandsänderungen in der Atmosphäre	121
1. Definition und allgemeine Bemerkungen	121
2. Adiabatische Zustandsänderungen in aufsteigenden oder absinkenden Luftströmungen	121
a) Trockenadiabate	121
b) Feucht- oder Pseudoadiabate	122
3. Graphische Darstellung der adiabatischen Zustandsänderungen	122
4. Bestimmungen der Kondensationsbasis	124
5. Wechsel der Eigenschaften einer Luftmasse, hervorgerufen durch adiabatische Zustandsänderungen	124
a) Föhnneffekt	124
b) Potentielle Feuchttemperatur	125
6. Stabilität und Instabilität der Atmosphäre	126
a) Unterhalb der Kondensationsbasis	126
b) Oberhalb der Kondensationsbasis	127
c) Verwendung der Emagramme	128
d) Obere Grenze einer instabilen Zone	128
C. Ursache der Wolkenbildung	129
1. Wolkenbildung infolge adiabatischer Abkühlung	129
a) Einwirkung der Bodenerhebungen	129
b) Einwirkung der Fronten	129
c) Einwirkung der thermischen Aufwinde	129

2.	Wolkenbildung in instabiler Atmosphäre	129
	a) Interpretation unter Zuhilfenahme des Emagrammes	129
	b) Die Vorgänge bei der Cumulusbildung	131
	c) Einwirkung einer stabilen Zwischenschicht in der Höhe	134
3.	Wolkenbildung in stabiler Atmosphäre	135
	— Die Subsidenz	135
	— Turbulente Durchmischung	136
	— Einfluß der Strahlung	137
	— Die Ursachen der Beständigkeit der Stratuswolken	138
	— Wolkenbildung durch Hebung	139
	— Wolkenbildung durch Mischung von zwei verschiedenen Luftmassen	139
	— Wolkenbildung infolge Kontakt- abkühlung	140
	— Komplexer Ablauf der Wolkenbildung	140
D.	Beschreibung der Wolken	140
1.	Die Beschaffenheit der Wolken	140
2.	Wolkenformen	140
3.	Wolkenklassifikation	141
4.	Definition und kurze Beschreibung der 10 Hauptwolkengruppen	144
5.	Beobachtung der Wolken	147
6.	Kondensstreifen	150
E.	Die Niederschläge	150
1.	Die Entstehung der Niederschläge	150
2.	Die Niederschlagszonen	151
3.	Die Messung der Niederschläge	151
4.	Klassifikation und Beschreibung	152

5

**Die Luftmassen der Troposphäre
und die Fronten**

A.	Die Luftmassen	155
1.	Was wird als Luftmasse bezeichnet?	155
2.	Die Luftmassenklassifikation	155
	a) nach ihrer Herkunft	155
	b) nach ihrem thermodynamischen Verhalten	155
	c) nach den Einflüssen der durchquerten Gebiete	156
3.	Die Eigenschaften einer Luftmasse	157
B.	Die Fronten	159
1.	Der Begriff »Front«	159
2.	Die Polarfront	160
3.	Deformation der Polarfront und Bildung eines Tiefdruckwirbels (Zyklone)	160
C.	Die an das Vorhandensein von Tiefdruckzentren und Fronten gebundenen Phänomene	161
1.	Isobarenfeld und Fronten	161
2.	Wolken und Niederschläge	162
	a) Die Neigung der Fronten, Wolkenbildung durch Aufgleiten der warmen Luftmassen	162
	b) Wolken und Niederschläge der Warmfronten	163
	c) Wolken und Niederschläge der Kaltfronten	165
	d) Rückseitenwetter	166
	e) Warmsektor	166
3.	Weitere charakteristische Verände- rungen bei Frontendurchgängen	166
	a) Sichtweite	166
	b) Temperatur	167

	Seite
D. Okkludierte Fronten und Lebenslauf der Zyklone	167
1. Entstehung und Beschreibung	167
2. Der Lebenslauf einer Zyklone	169
3. Die Zyklonenfamilien	171
4. Sekundär- und Höhenfronten	171
5. Der Begriff der »systèmes nuageux«	172
6. Stationäre Fronten und Wellenstörungen	174
E. Schlechtwetter- und Tiefdruckgebiete außerhalb der Polarfront	174
1. Troglagen	174
2. Kaltlufttropfen	174
3. Stau	175
4. Die »squall line«	175
5. Frontenlose Tiefs außertropischer Zonen	175
F. Hochdruckgebiete	176
1. Das thermische Hoch	176
2. Das dynamische Hoch	176
G. Die Besonderheiten der tropischen Meteorologie	177
1. Allgemeines	177
2. Die Fronten in den Tropen	177
3. Drucksysteme und Winde	178
4. Die vorherrschenden, das Wetter beeinflussenden Faktoren	179
5. Phänomene, die für die Fliegerei von besonderem Interesse sind	179

6

Die für die Fliegerei gefährlichen Wetterphänomene

A. Dunst und Nebel	181
1. Definitionen	181
2. Vorgang der Dunst- und Nebelbildung	182
a) Die Abkühlung der Luft	182
b) Durch Verdunstung oder Mischung entstandener Nebel	184
3. Auflösung des Nebels	185
4. Nebelvorhersage	186
5. Die Auswirkung des Nebels auf die Luftfahrt, Wetterminima	188
B. Die Gewitter	190
1. Summarische Umschreibung	190
2. Die verschiedenen Gewitterarten	190
a) Ortsgebundene Gewitter	190
b) Frontgewitter	191
3. Wichtige, im Zusammenhang mit Gewittern auftretende Erscheinungen	191
— Turbulenz	191
— Niederschläge	192
— Elektrische Erscheinungen	193
— Windwechsel	196
— Die drei Stadien der Entwicklung einer Gewitterzelle	196
4. Tornados	198
5. Die Vorhersage der Gewitter	198
6. Flugtaktik in Gewittern	201
C. Die Vereisung	202
1. Allgemeines, Entstehungsursachen	202
2. Die verschiedenen Arten von Vereisung	204
a) Vereisung der Zelle	204
b) Vergaservereisung	206
c) Die Vereisung von Düsen- und Turbinentriebwerken	207

3. Auswirkung der Vereisung auf die Flugzeuge	207
a) Zelle	207
b) Propeller	208
c) Steuerflächen	208
d) Zubehör	208
e) Cockpitfenster	209
f) Motoren	209
4. Vorkehrungen gegen die Vereisung	209
a) Wetterberatung	209
b) Technische Mittel	211
D. Leewellen und Rotoren	212
1. Allgemeines	212
2. Beschreibung der Phänomene	212
3. Bedingungen der Wellenbildung	214
4. Wellenflug	215
E. Windscherung	216
1. Allgemeines	216
2. Erklärungen	216
3. Auswirkungen auf einem Flugzeug im Flug	217
4. Ermittlung	220

7

Die Arbeitsweise des Flugwetterdienstes

A. Grundlagen der Organisation der Wetterdienste; ihre Beobachtungen	221
1. Allgemeines	221
2. Wetterbeobachtungen	221
a) Synoptische Beobachtungen	221
aa) Messungen	221
bb) Beobachtungen und Schätzungen	222
b) Beobachtungen, die speziell für die Luftfahrt bestimmt sind	222
c) Die aerologischen Sondagen	223
3. Übermittlung der Beobachtungen	223
a) Die synoptischen Beobachtungen	223
b) Flugwetterbeobachtungen	224
4. Auswertung	224
B. Zeichnen der Wetterkarte	226
1. Symbole	226
2. Analyse der Bodenwetterkarte	227
a) Skizzieren der Drucksysteme	228
b) Skizzieren der Isallobaren	229
c) Hervorheben der Niederschlags- und Nebelzonen	229
d) Lokalisierung der Fronten	229
3. Höhenkarten	230
4. Die Radiosonden	231
5. Wetterbeobachtungen durch Satelliten	232
C. Die Vorhersagen für die Luftfahrt	232
1. Flugvorbereitungen	232
2. Verfahren vor dem Start	233
a) Vorhersage für den Flug	233
b) Mündliche Beratung oder »Briefing«	239
c) Beratung für Ballonfahrten	239
3. Verfahren während des Fluges	240
4. Flugwetterzentralen	241
5. Form der Meldungen	241
a) Flugwetterbeobachtungen (METAR-Meldungen)	241

	Seite
b) Flugplatzvorhersage (TAF)	241
c) SPECI-Meldungen	242
d) Landevorhersagen, TREND	242
e) SIGMET-Meldungen	243
f) Strecken- und Flugvorhersagen	243
g) Beispiel einer Radiotelefonie- Wettermeldung	244
h) Vorhersagen für die allgemeine Luftfahrt	244
D. Beobachtungen und Meldungen der Flugzeuge	244
1. Kategorien von Beobachtungen	244
2. Die regelmäßigen Beobachtungen	244
3. Die besonderen Beobachtungen	246
E. Die Zuverlässigkeit meteorologischer Beobachtungen und Prognosen	246
1. Allgemeines	246
2. Reguläre Wetterbeobachtungen	247
3. Wetterbeobachtungen vom Flugzeug aus	247
4. Kartenanalysen	248
5. Prognosen	248

8

Die meteorologischen Codes, Abkürzungen und Symbole

	Seite
A. Allgemeines	251
B. Die gebräuchlichen Wolkencodes	252
1. Der C-Code	252
2. Der C _L -Code	253
3. Der C _M -Code	254
4. Der C _H -Code	255
C. Der Code zur Übermittlung der Barometertendenz	256
D. Die Codes zur Übermittlung des Witterungscharakters	257
1. Wetter zur Zeit der Beobachtung oder während der letzten Stunde	257
2. Wetter vor der Beobachtung	263
3. »Significant-Weather«-Symbole	263
E. Die Darstellung des Windes auf der Wetterkarte	264
F. Auszug aus den meteorologischen Ausdrücken des Q-Codes	265
G. Die in der Fliegerei gebräuchlichen Abkürzungen zur Übermittlung von Wettermeldungen	270
Flughöhe, Flugbedingungen, nächster voraussichtlicher Standort, voraus- sichtliche Ankunftszeit, Temperatur, herrschendes Wetter, Wind, Wolken, Vereisung, Turbulenz	

Anhang 1:	
Fototafeln	273
Anhang 2:	
Fragensammlung	301
Einführung	301
1. Abschnitt: Fragen für Privatpiloten	302
2. Abschnitt: Fragen für Berufspiloten	309
3. Abschnitt: Fragen für IFR-Piloten, Navigatoren und Dispatcher	322
Anhang 3:	
Langstrecken Wetterberatung	329
Anhang 4:	
Auswertung einer Sondierung (TEMP)	335
Anhang 5:	
GAFOR (General Aviation Forecast) für die Schweiz und umliegende Länder	339
Anhang 6:	
Verzeichnis der Hauptbegriffe (alphabetisch)	351