

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Grundlagen	1
1.1	Mikrometeorologie	1
1.2	Atmosphärische Maßstäbe	6
1.3	Atmosphärische Grenzschicht	8
1.4	Energiebilanz an der Erdoberfläche	11
1.4.1	Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche	13
1.4.2	Bodenwärmestrom und Bodenwärmespeicherung	19
1.4.3	Turbulente Austauschströme	23
1.5	Wasserbilanzgleichung	28
	Literatur	29
2	Grundgleichungen der atmosphärischen Turbulenz	35
2.1	Bewegungsgleichung	35
2.1.1	Navier–Stokes-Gleichung für mittlere Bewegung	35
2.1.2	Turbulente Bewegungsgleichung	36
2.1.3	Schließungsansätze	42
2.2	Gleichung der turbulenten kinetischen Energie	47
2.3	Fluss-Gradient-Ähnlichkeit	49
2.3.1	Profilgleichungen für neutrale Schichtung	49
2.3.2	Integration der Profilgleichungen – Rauigkeit und Verschiebungshöhe	53
2.3.3	Monin-Obukhov'sche Ähnlichkeitstheorie	57
2.3.4	Bowen-Verhältnis-Ähnlichkeit	65
2.4	Fluss-Varianz-Ähnlichkeit	66
2.5	Turbulenzspektrum	68
2.6	Atmosphärische Grenzschicht	76
2.6.1	Mischungsschichthöhe	76
2.6.2	Widerstandsgesetz	78
2.6.3	Integrale Turbulenzcharakteristiken	79
	Literatur	80
3	Besonderheiten der bodennahen Turbulenz	87
3.1	Eigenschaften der Unterlage	87
3.1.1	Rauigkeit – ergänzende Anmerkungen	88

3.1.2	Verschiebungshöhe – ergänzende Anmerkungen	91
3.1.3	Profile in Pflanzenbeständen	93
3.2	Interne Grenzschichten	96
3.2.1	Definition	96
3.2.2	Experimentelle Befunde	100
3.2.3	Thermische interne Grenzschicht	103
3.2.4	Das „Blending-height“-Konzept	105
3.2.5	Praktische Bedeutung interner Grenzschichten	106
3.3	Hindernisse	107
3.4	Footprint	110
3.4.1	Definition	110
3.4.2	Footprint-Modelle	111
3.4.3	Anwendung von Footprint-Modellen	113
3.5	Hohe Vegetation	117
3.5.1	Verhalten meteorologischer Größen im Wald	117
3.5.2	Flüsse gegen den Gradienten – kohärente Strukturen	119
3.5.3	Raue Unterschicht – Verwirbelungsschicht	125
3.5.4	Kopplung zwischen Atmosphäre und Pflanzenbeständen	128
3.6	Advektion	130
3.7	Bedingungen bei stabiler Schichtung	133
3.8	Schließung der Energiebilanz	135
	Literatur	140
4	Experimentelle Bestimmung des Energie- und Stoffaustausches	151
4.1	Profilmethode	151
4.1.1	Profilmethode mit zwei Messhöhen	152
4.1.2	Profilmessung mit mehreren Messhöhen	163
4.1.3	Potenzansätze	165
4.2	Eddy-Kovarianz-Methode	167
4.2.1	Allgemeine Grundlagen	167
4.2.2	Messtechnische Grundlagen	169
4.2.3	Anzuwendende Korrekturverfahren	172
4.2.4	Nicht oder nur mit Vorsicht anzuwendende Korrekturverfahren	182
4.2.5	Qualitätssicherung	184
4.2.6	Ergänzen von Datenlücken	187
4.2.7	Gesamteinschätzung	189
4.3	Fluss-Varianz-Beziehungen	191
4.4	Akkumulationsverfahren	192
4.4.1	Eddy-Akkumulations-Methode (EA)	192
4.4.2	Relaxed Eddy-Akkumulations-Methode (REA)	193
4.4.3	Disjunct Eddy-Kovarianz-Methode (DEC)	198
4.4.4	Boden Renewal-Methode	198

4.5 Flüsse chemischer Beimengungen	200
Literatur	207
5 Modellierung des Energie- und Stoffaustausches	217
5.1 Energiebilanzverfahren	217
5.1.1 Bestimmung der potenziellen Verdunstung	218
5.1.2 Bestimmung der aktuellen Verdunstung	222
5.1.3 Bestimmung aus Routine-Wetterbeobachtungen	227
5.2 Hydrodynamische Mehrschichtenmodelle	229
5.3 Widerstandsansätze	231
5.4 Modellierung für Wasserflächen	236
5.5 Grenzschichtmodellierung	237
5.5.1 Prognostische Modelle für die Mischungsschichthöhe	237
5.5.2 Parametrisierungen für das Windprofil in der Grenzschicht	238
5.6 Modellierung in großmaßstäblichen Modellen	240
5.7 Large Eddy-Simulation	243
5.8 Flächenmittelung	244
5.8.1 Einfache Flächenmittelungsverfahren	246
5.8.2 Aufwändige Flächenmittelungsverfahren	248
5.8.3 Modellkopplung	249
Literatur	250
6 Messtechnik	259
6.1 Datenerfassung	259
6.1.1 Prinzip der digitalen Datenerfassung	260
6.1.2 Signalabtastung	262
6.1.3 Übertragungsfunktionen	265
6.1.4 Trägheit eines Messsystems	266
6.2 Messung meteorologischer Elemente	269
6.2.1 Strahlungsmessung	270
6.2.2 Windmessung	277
6.2.3 Temperatur- und Feuchtemessung	284
6.2.4 Niederschlagsmessung	293
6.2.5 Indirekte Messverfahren	294
6.2.6 Sonstige Messtechniken	298
6.3 Qualitätsmanagement	305
6.3.1 Messplanung	305
6.3.2 Qualitätskontrolle	307
6.3.3 Messgerätevergleiche	309
Literatur	311
7 Mikroklimatologie	319
7.1 Klimatologische Maßstäbe	319
7.2 Herausbildung lokaler Klimate	320

7.2.1	Kleinräumige Veränderlichkeit von Klimaelementen	320
7.2.2	Lokale Klimatypen	321
7.3	Mikroklimatologisch relevante Zirkulationen	324
7.3.1	Land-Seewind-Zirkulation	324
7.3.2	Berg-Talwind-Zirkulation	324
7.4	Lokale Kaltluftabflüsse	325
7.5	Landnutzungsänderungen und Lokalklima	329
7.5.1	Änderung der Oberflächenrauigkeit	329
7.5.2	Änderung der Verdunstung	331
7.5.3	Änderung der Albedo	331
7.5.4	Degradation	332
7.6	Mikroklimatologische Messungen	332
	Literatur	334
8	Angewandte Meteorologie	337
8.1	Richtlinien im Bereich der Angewandten Meteorologie	337
8.2	Beispiele aus dem Bereich der Angewandten Meteorologie	339
8.2.1	Ausbreitung von Luftbeimengungen	339
8.2.2	Meteorologische Bedingungen der Windenergienutzung	342
8.2.3	Schallausbreitung in der Atmosphäre	344
8.2.4	Human-Biometeorologie	346
8.3	Perspektiven der Angewandten Meteorologie	349
	Literatur	350
9	Anhang	353
9.1	Weiterführende Monografien	353
9.1.1	Deutschsprachige Meteorologie- und Klimatologielehrbücher	353
9.1.2	Weiterführende mikrometeorologische Literatur	354
9.1.3	Weiterführende messtechnische Literatur	355
9.2	Gebrauch der SI-Einheiten	356
9.3	Konstanten und wichtige Parameter	356
9.4	Ergänzende Gleichungen	359
9.4.1	Berechnung astronomischer Größen	359
9.4.2	Universelle Funktionen	360
9.4.3	Integrale Turbulenzcharakteristiken in der Bodenschicht	363
9.5	Übersicht zu Experimenten	364
9.5.1	Experimente zur Untersuchung der Bodenschicht	364
9.5.2	Experimente in heterogenen Landschaften	365
9.5.3	Experimente in der städtischen Grenzschicht	366
9.5.4	Sonstige Experimente, auf die Bezug genommen wird	367

9.6	Meteorologische Messstationen	367
9.7	Bearbeitungssoftware für Eddy-Kovarianz-Messungen	368
9.8	Glossar	371
9.9	Deutsch–Englisches–Wörterverzeichnis	374
	Literatur	381
	Sachwortverzeichnis	387