

LINKES
METEOROLOGISCHES
TASCHENBUCH

NEUE AUSGABE

III

HERAUSGEGEBEN

VON

F. BAUR



LINKES METEOROLOGISCHES TASCHENBUCH

NEUE AUSGABE

III. BAND

(HILFSMITTEL DES BEOBACHTENDEN METEOROLOGEN)

UNTER MITARBEIT VON

JULIUS BARTELS, FRANZ BAUR, HANS DOLEZALEK,
EMIL FLACH, WALTER GRUNDMANN, HANS ISRAËL,
RUDOLF MEYER, FRITZ MÖLLER, ALBERT VOIGT,
FRIEDRICH VOLZ, FRIEDRICH WOELFLE

HERAUSGEGEBEN VON

FRANZ BAUR

MIT 117 ABBILDUNGEN IM TEXT



LEIPZIG 1957

INSTITUT F. MET. U. KLIMAT.
TECHN. HOCHSCHULE HANNOVER

AI 2 (d)

AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT GEEST & PORTIG K.-G.

Inhaltsverzeichnis

Seite

I. Grundlagen, Einheiten und Formeln der atmosphärischen Strahlungsforschung

Von Fritz Möller und Friedrich Volz

| | |
|--|----|
| 1. Die strahlungsphysikalischen Größen und ihre Einheiten | 1 |
| a) Die Strahlungsmenge Q_e | 1 |
| b) Der Strahlungsfluß $\Phi_e = Q_e/t$ | 1 |
| c) Die Strahldichte oder Strahlungsflußdichte B_e | 1 |
| d) Die Bestrahlungsstärke E_e | 1 |
| 2. Die lichttechnischen Größen und ihre Einheiten | 1 |
| a) Alle Definitionen von lichttechnischen Größen | 1 |
| b) Der Lichtstrom ϕ | 2 |
| c) Die Leuchtdichte B | 2 |
| d) Die Lichtstärke J | 2 |
| e) Die Beleuchtungsstärke E | 2 |
| 3. Grundgesetze der Strahlungsgeometrie | 2 |
| a) Strahlender Punkt, Raumwinkel | 2 |
| b) Lambert'sches Grundgesetz der Photometrie | 2 |
| c) Cosinusetz | 3 |
| d) Strahlung einer ebenen Fläche in die Halbkugel | 3 |
| e) Einheitsraumwinkel für eine punktförmige Strahlungsquelle | 3 |
| f) Einheitsraumwinkel für ein Flächenelement | 3 |
| g) Flächenwinkelverhältnis | 4 |
| 4. Physikalische Strahlungsgesetze | 5 |
| a) Einheiten | 5 |
| b) Wellenlänge λ , Frequenz ν' und Schwingungszahl oder Wellenzahl ν | 5 |
| c) Kirchhoffsches Gesetz | 6 |
| d) Stefan-Boltzmannsches Gesetz | 6 |
| e) Plancksches Strahlungsgesetz | 6 |
| 5. Weitere physikalische Begriffe | 7 |
| a) Farbtemperatur | 7 |
| b) Absorption und Reflexion eines Filters | 7 |
| c) Theorie und Messung mit Farbfiltern, Photozellen und Auge | 8 |
| d) Das Brechungsverhältnis des Lichtes | 10 |
| e) Diffuse Reflexion und Albedo | 10 |
| f) Weber-Fechnersches Gesetz | 11 |
| 6. Einige astronomische Formeln und Begriffe | 11 |
| 7. Extinktion der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre | 12 |
| a) Begriff der Extinktion | 12 |
| b) Luftmassen, Extinktionskoeffizient und Transmissionsfaktor | 13 |

| | Seite |
|--|-------|
| c) Überschlagsrechnungen der zugestrahlten Sonnenenergie | 15 |
| d) Rayleighscher Extinktionskoeffizient, komplexer Transmissionsfaktor | 15 |
| e) Extinktionskoeffizient für anisotrope Moleküle | 16 |
| f) Extinktion durch Mie-Partikel | 16 |
| g) Extinktion in Dunst und Nebel | 17 |
| h) Die Absorptionskoeffizienten der atmosphärischen Gase | 18 |
| i) Zusammengesetzte Extinktion | 19 |
| k) Trübung der Atmosphäre | 19 |
| 8. Streulicht und Himmelsstrahlung | 21 |
| a) Allgemeines | 21 |
| b) Streustrahlung von Mie-Partikeln | 22 |
| c) Streufunktion des atmosphärischen Aerosols | 24 |
| d) Strahlungsverteilung am Himmel | 24 |
| e) Globalstrahlung | 26 |
| f) Polarisation des Himmelslichtes | 26 |
| g) Streufunktion im divergenten Licht | 27 |
| h) Streuung und Schwächung von Ultrakurzwellen | 28 |
| 9. Sichtweite | 28 |
| a) Definition | 28 |
| b) Sichtweite bei Tage | 28 |
| c) Tragweite einer irdischen Lichtquelle bei Nacht | 30 |
| 10. Wärmestrahlung | 30 |
| a) Ausstrahlung einer schwarzen Fläche in den leeren Raum | 31 |
| b) Strahlung durch eine absorbierende Schicht | 31 |
| c) Strahlung einer dünnen Gasschicht durch eine absorbierende Schicht | 31 |
| d) Strahlung einer absorbierenden Gasschicht von endlicher Dicke | 32 |
| e) Linien- und Bandenstrahlung | 32 |
| f) Die Druckabhängigkeit der Absorption | 35 |
| g) Effektive Ausstrahlung | 35 |
| h) Effektive Ausstrahlung nach Linke | 36 |
| 11. Strahlungshaushalt der Nordhalbkugel | 37 |
| Anhang | 39 |

II. Besondere atmosphärisch-optische Erscheinungen

Von Rudolf Meyer

| | |
|---|----|
| A. Beugungskränze um die Lichtquelle und ihren Gegenpunkt | 40 |
| B. Schatten in der Atmosphäre | 42 |
| C. Regenbogen | 44 |
| D. Haloerscheinungen | 47 |
| E. Strahlenbrechung | 52 |

III. Luftelektrizität, Meßmethoden und Geräte

Von Hans Israël und Hans Dolezalek

| | |
|--|----|
| Vorbemerkungen | 62 |
| A. Maßsysteme, Einheiten, Dimensionen | 63 |
| B. Allgemeine Meßtechnik; Schaltelemente | 64 |

| | |
|---|-----------|
| 1. Isolation | 64 |
| a) Isolationsstoffe | 64 |
| b) Oberflächen | 65 |
| c) Freiluft-Isolatoren | 67 |
| d) Hochisolierte Schalter | 68 |
| e) Leitungen und Leitungsteile | 69 |
| 2. Elektrostatische Schutzmaßnahmen | 69 |
| a) Erdung | 69 |
| b) Abschirmung, geschirmte Leitungen | 70 |
| c) Mitführen der Abschirmung | 70 |
| d) Durchschlagsfestigkeit | 71 |
| e) Schutzring | 71 |
| f) Störungen aus dem Dielektrikum | 71 |
| g) Voltpotential | 72 |
| h) Lichtelektrischer Effekt | 73 |
| i) Thermostrome | 73 |
| k) Durchsetzung von Abschirmungen | 73 |
| l) Elektromagnetische Störungen | 73 |
| m) Störungsverminderung durch Kompensation | 74 |
| 3. Spannungsquellen | 74 |
| 4. Kondensatoren, Kapazitäten | 75 |
| a) Kapazität | 75 |
| b) Messung von Kapazitäten | 76 |
| c) Kondensatoren | 78 |
| 5. Hochohmwiderstände | 79 |
| a) Messung sehr hoher Widerstände | 79 |
| b) Lieferfirmen | 81 |
| c) Konstanz der Hochohmwiderstände | 81 |
| 6. Registriergeräte | 82 |
| C. Prinzipien der wichtigsten luftelektrischen Meßgeräte | 83 |
| 7. Übersicht | 83 |
| 8. Elektrometer und Elektrostatische Voltmeter | 84 |
| a) Allgemeines über Elektrometer | 84 |
| b) Registrierelektrometer | 85 |
| c) Elektrometrie (praktische Winke) | 87 |
| d) Messungen mit dem Elektrometer | 90 |
| e) Elektrostatische Voltmeter | 91 |
| 9. Elektronische Geräte | 91 |
| a) Elektrometerröhren | 91 |
| b) Rundfunkröhren statt Elektrometerröhren | 94 |
| c) Röhrenelektrometer | 95 |
| d) Elektrostatische Wechselrichter | 96 |
| Adressen von Lieferfirmen für die in den Kapiteln B und C genannten Appa- rate, Bauteile und Materialien | 96 |
| D. Leitfähigkeit | 98 |
| 10. Definitionen | 98 |
| 11. Messung | 100 |
| a) Zerstreuungsmessungen | 100 |
| b) Aspirationsmethoden | 102 |

| | Seite |
|--|-------|
| E. Ionenmessungen | 105 |
| 12. Prinzip | 105 |
| 13. Ionenzählung | 107 |
| 14. Ionenbeweglichkeit; Ionenspektrum | 113 |
| 15. Zur Nomenklatur der atmosphärischen Ionen | 116 |
| 16. Berechnung der Größe der Ionen aus ihrer Beweglichkeit | 118 |
| 17. Schwebeteilchen („Kondensationskerne“, „Staub“) | 118 |
| 18. Wiedervereinigung, Ionisierungsstärke, Lebensdauer der Ionen | 121 |
| F. Die Ionisatoren der Atmosphäre: Radioaktivität, durchdringende Strahlung | 125 |
| 19. Radioaktivität des Bodens und der Luft | 125 |
| a) Definitionen und Einheiten | 125 |
| b) Emanometrie | 128 |
| c) Meßmethoden | 132 |
| 20. Durchdringende Strahlung | 136 |
| a) Grundsätzliches | 136 |
| b) Ältere Meßmethoden | 137 |
| c) Experimentelle Trennung der einzelnen Strahlungen | 139 |
| d) Zählrohranordnungen | 139 |
| G. Luftelektrisches Feld; Potentialgefälle | 140 |
| 21. Meßprinzipien | 140 |
| 22. Messung mittels Potentialsonden | 144 |
| 23. Durchführung der Messungen bzw. Registrierungen | 149 |
| a) Wahl des Meßortes; Reduktion | 149 |
| b) Registrieranordnungen | 150 |
| c) Bearbeitung der Registrierungen | 153 |
| d) Messung in der freien Atmosphäre | 153 |
| e) Schiffsmessungen | 154 |
| f) Feldmessungen bei Gewitter | 154 |
| H. Ströme in der Atmosphäre | 155 |
| 24. Vertikalstrom | 155 |
| 25. Konvektionsstrom | 158 |
| 26. Spitzenstrom | 158 |
| 27. Verschiebungsströme | 159 |
| 28. Niederschlagsstrom | 159 |
| I. Raumladung | 160 |
| a) Änderung des Potentialgefälles mit der Höhe | 160 |
| b) Käfigmethode | 161 |
| c) Gleichzeitige Zählung der großen und kleinen positiven und negativen Ionen | 162 |
| d) Filtermethode | 162 |
| e) Tropfenfallmethode | 162 |
| f) Nebelladung | 162 |
| K. Gewitter-Messungen; „spherics“-Untersuchungen | 163 |
| a) Feld-Untersuchungen | 163 |
| b) Vertikalstrom | 163 |
| c) Niederschlagsladung | 163 |
| d) Blitz-Untersuchungen | 163 |
| e) Radiostörungen | 164 |

L. Synoptisch-luftelektrische Arbeitsweise 164
 Verzeichnis der Literaturstellen 166
 Anhang I: Mittelwerte luftelektrischer Größen 176
 Anhang II: Zusammenfassende Literatur über Luftelektrizität und Radioaktivität 176

IV. Grundbegriffe und Grundtatsachen der Bioklimatologie

Von Emil Flach

Einleitung 178

A. Die Bioklimatologie als wissenschaftliche Disziplin-

I. Die Definition der Bezeichnung „Bioklimatologie“ („Bioklimatik“) 179
 II. Die Hauptforschungszeige der Bioklimatologie 181
 III. Die Bioklimatologie als naturwissenschaftliche Grenzgebietenforschung 184

B. Zur Bioklimatologie des Menschen

I. Kennzeichnung bioklimatischer Wirkungssysteme 186
 II. Die Eigenschaften des luftchemischen Wirkungskomplexes 188
 1. Die Wirkungen der mit wachsender Seehöhe eintretenden Verminderung des Gesamtluftdrucks und der daraus resultierenden Abnahme des Sauerstoffpartialdrucks 188
 2. Die übrigen Wirkungsfaktoren des atmosphärischen Aerosols (einschließlich der Spurenstoffe und Kondensationskerne) 191
 III. Zum thermischen Wirkungskomplex 202
 1. Der Wärmehaushalt, die physikalische und chemische Wärmeregulation 202
 2. Die Hautoberfläche und ihre Aufgaben im Rahmen der Wärmeregulation 205
 3. Der innere und äußere, von der Körperschale abgehende trockene Wärmestrom 208
 a) Der innere Wärmestrom 208
 b) Zum Verhalten des von der Hautoberfläche ausgehenden äußeren Wärmestroms in Form des „trockenen“ Wärmeverlustes 209
 4. Die Hauttemperatur und ihr Verhalten 211
 a) Abhängigkeit der mittleren Hauttemperatur (t_{Hm}) von der Lufttemperatur 212
 b) Abhängigkeit der mittleren Hauttemperatur (t_{Hm}) von der Windgeschwindigkeit 212
 5. Über Summenwirkungen thermischer Umweltgrößen 214
 a) Die Summenwirkung von Strahlung, Lufttemperatur, Windstärke und ihre formelmäßige Erfassung 214
 b) Zur Charakterisierung der physiologischen Klimaempfindungen auf Grund von Abkühlungsgrößen-Ermittlungen 217
 c) Die Summenwirkung von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung (Windstärke) 218

| | Seite |
|---|-------|
| d) Zu den meteorophysiologischen Begriffen der „Schwüle“ und „Behaglichkeit“ | 221 |
| e) Die Einflüsse der Bekleidung | 232 |
| IV. Der photoaktinische Wirkungskomplex | 235 |
| 1. Die natürlichen Strahlungen in der Lebenssphäre des Menschen | 235 |
| 2. Die Grundwirkungen der natürlichen Strahlungen | 238 |
| a) Die ultraviolette Strahlung | 238 |
| b) Die infrarote Strahlung | 242 |
| c) Die sichtbare Strahlung | 243 |
| 3. Zur Bioklimatologie der Strahlungen | 243 |
| V. Der meteorotrope (neurotrope) Wirkungskomplex | 255 |
| 1. Definitionen und Begriffe | 255 |
| 2. Die meteorotropen Abläufe im atmosphärischen Milieu | 256 |
| a) Meteorotrope Abläufe nach der Empirie und Beobachtung | 257 |
| b) Meteorotrope Abläufe, beurteilt nach vorwiegend synoptischen Gesichtspunkten im Wettergeschehen und im Bodenmilieu | 259 |
| 3. Zum Stand der Analyse des „biotropen Faktors“ | 264 |
| 4. Saisonkrankheiten | 267 |
| Literatur | 268 |

V. Meteorologische Meßgeräte am Erdboden

Von Walter Grundmann

| | |
|------------------------------------|-----|
| A. Temperaturmessung | 272 |
| 1. Definition der Temperatur | 272 |
| 2. Strahlungsschutz | 273 |
| 3. Trägheit der Thermometer | 274 |
| 4. Die Quecksilberthermometer | 276 |
| a) Aufbau | 276 |
| b) Fehlerquellen | 276 |
| c) Die Psychrometer | 278 |
| d) Die Maximumlthermometer | 280 |
| e) Die Erdbodenthermometer | 281 |
| f) Die hypsometrischen Thermometer | 282 |
| 5. Die Flüssigkeitsthermometer | 282 |
| a) Das Minimumthermometer | 282 |
| b) Das Extremthermometer nach Six | 283 |
| 6. Das Deformationsthermometer | 283 |
| a) Die Bimetallthermometer | 283 |
| b) Das Bourdonrohrthermometer | 283 |
| c) Der Thermograph | 284 |
| 7. Die Fernthermographen | 285 |
| 8. Kontaktthermometer | 286 |
| 9. Widerstandsthermometer | 287 |
| 10. Thermoelemente | 289 |
| 11. Prüfverfahren | 292 |

| | |
|---|-----|
| B. Die Messung der klimatischen Abkühlungsgröße | 293 |
| 1. Das Katathermometer | 293 |
| 2. Das Davoser Frigorimeter (neues Modell) | 293 |
| 3. Der Frigorigraph nach Pfeleiderer-Büttner | 294 |
| C. Luftdruckmessung | 294 |
| 1. Allgemeines | 294 |
| 2. Die Flüssigkeits-(Quecksilber-)Barometer | 295 |
| a) Allgemeines | 295 |
| b) Das Gefäß-Barometer | 296 |
| c) Das Fortinbarometer | 297 |
| d) Das Heberbarometer | 297 |
| e) Das Gefäßheberbarometer | 298 |
| 3. Meßgenauigkeits-Bedingungen | 299 |
| a) Das Toricellische Vakuum | 299 |
| b) Die Buntensche Spitze | 299 |
| c) Kapillarweite und -Teilung | 299 |
| d) Ablesevorrichtung | 300 |
| 4. Die Korrekturen am Flüssigkeitsbarometer | 301 |
| a) Die Temperatur-Korrektur | 301 |
| b) Die Schwerekorrektur | 302 |
| c) Die Kapillar-Korrektur | 302 |
| 5. Die Pflege der Hg-Barometer | 303 |
| 6. Registrierendes Hg-Barometer (Laufgewichtsbarograph) | 305 |
| 7. Elastische Barometer — Aneroid-Barometer | 307 |
| a) Allgemeines | 307 |
| b) Das elastische und thermische Verhalten sowie die Trägheit der elastischen Barometer | 308 |
| c) Der Aneroidbarograph | 310 |
| d) Die Hypsometer | 311 |
| e) Luftdruckvariometer | 311 |
| D. Die Messung des Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre | 315 |
| 1. Die vier Messungsgrößen | 315 |
| 2. Gebräuchliche Geräteformen | 316 |
| 3. Die Psychrometrie | 320 |
| Wirkliche und scheinbare Störungen | 322 |
| Psychrograph | 323 |
| 4. Die Verdunstungsmesser (Evaporimeter) | 324 |
| E. Die Niederschlagsmessung | 326 |
| 1. Allgemeines und die gewöhnlichen Regenmesser | 326 |
| 2. Niederschlagschreiber | 328 |
| F. Die Windmessung | 329 |
| 1. Allgemeines | 329 |

| | Seite |
|--|------------|
| 2. Messung der Windrichtung | 330 |
| a) Einfachste Methode | 330 |
| b) Schwebender Ballon | 330 |
| c) Windsäcke | 330 |
| d) Windfahnen | 330 |
| 3. Registrierung der Windrichtung | 331 |
| a) Die mechanische Registrierung | 331 |
| b) Die elektrische Registrierung | 332 |
| 4. Messung der Windgeschwindigkeit | 332 |
| a) Die Rotationsanemometer | 332 |
| b) Die Druckplattenmeßgeräte | 335 |
| c) Aerodynamische Windmessung | 336 |
| d) Hitzdrahtanemometer | 339 |
| e) Das akustische Anemometer | 340 |
| G. Die Staub-, Keim- und Kernmeßtechnik | 340 |

VI. Aerologische Meßgeräte

Von Friedrich Woelfle

| | |
|--|------------|
| A. Meßtechnische Grundbegriffe | 349 |
| B. Aufbau der aerologischen Meßgeräte | 351 |
| Meßwertgeber für Luftdruck | 352 |
| 1. Vididosen | 352 |
| 2. Hypsometer | 353 |
| 3. Alphanon | 354 |
| Meßwertgeber für Temperatur | 354 |
| 1. Ausdehnungsthermometer | 354 |
| a) Flüssigkeitsthermometer | 354 |
| b) Bimetalle | 355 |
| 2. Widerstandsthermometer | 356 |
| a) Metallische Widerstandsthermometer | 356 |
| b) Halbleiter-Widerstandsthermometer | 357 |
| c) Elektrolyt-Thermometer | 358 |
| d) Kapazitive Thermometer | 358 |
| e) Induktive Thermometer | 359 |
| 3. Thermoelemente | 359 |
| 4. Akustische Thermometer | 359 |
| Anzeigeverzögerung von Thermometern | 360 |
| Strahlungsfehler | 361 |
| Meßwertgeber für Feuchtigkeit | 362 |
| 1. Organische Absorptions-Hygrometer | 362 |
| a) Normales Haar | 362 |
| b) Frankenberger Haar (Pernix-Haar) | 363 |
| c) Goldschlägerhaut | 364 |
| Einstellzeiten der organischen Absorptionshygrometer | 364 |
| 2. Anorganische Absorptions-Hygrometer | 365 |
| a) Elektrolyt-Hygrometer | 365 |
| b) Keramische Hygrometer | 366 |

| | |
|---|------------|
| 3. Taupunktmesser | 367 |
| 4. Psychrometer | 368 |
| C. Radio-Telemetrie | 368 |
| 1. Verwandlung von Längenänderungen | 368 |
| a) Mechanische Meßwertwandler | 368 |
| b) Elektrische Wandler | 371 |
| 2. Übertragung von Meßwerten | 373 |
| a) Aufbau der Übertragungsglieder | 373 |
| b) Übertragungsmethoden | 377 |
| 3. Empfangsstation | 380 |
| D. Aerologische Anzeige- und Registriergeräte (Flugzeuggeräte) | 382 |
| 1. Anzeigegerät für Luftdruck | 382 |
| 2. Anzeigegeräte für Temperatur | 383 |
| 3. Anzeigegeräte für Feuchte | 385 |
| Flugzeugregistorgeräte | 386 |
| a) Rußmeteorograph | 386 |
| b) Optische Mehrfachschreiber | 387 |
| c) Oszillographen | 387 |
| Ballone für aerologische Messungen | 388 |
| Pilotballone | 389 |
| Radiosondenballone | 389 |
| E. Die verschiedenen Radiosondentypen | 390 |
| 1. Die deutsche Radiosonde H 50 | 390 |
| a) Meßprinzip | 390 |
| b) Druckmessung | 390 |
| c) Temperatur- und Feuchtemessung | 390 |
| d) Mechanischer Aufbau und Übertragung | 391 |
| e) Stromversorgung | 392 |
| f) Aufbau | 392 |
| g) Bodenstation | 392 |
| 2. Schweizer Radiosonde | 393 |
| 3. Französische Radiosonde | 395 |
| 4. Amerikanische Radiosonde (Standard W. B.) | 396 |
| 5. Die englische Radiosonde (Kew-Radiosonde) | 399 |
| 6. Die finnische Radiosonde (Väisälä-Sonde) | 400 |
| 7. Mullard-Radar-Sonde | 402 |
| 8. Spezialsonden | 405 |
| a) Versuchs-Radiosonde mit Taupunktmesser | 405 |
| b) Radiosonden zur Messung des Potential-Gradienten in der freien Atmosphäre | 406 |
| Eichung der aerologischen Instrumente | 407 |
| Verbesserung der Meßgenauigkeit der Radiosonden | 409 |
| F. Messung des Höhenwindes | 411 |
| 1. Optische Verfahren | 411 |
| 2. Peilung von Radiosonden | 412 |
| 3. Elektrische Entfernungsmessung durch Phasenvergleich | 412 |
| 4. Radio-Theodolite | 413 |

| | Seite |
|--|-------|
| 5. Radar | 416 |
| Höhenwindmessung mittels Radar | 419 |
| Radar-Wetterkarten | 419 |
| Literaturverzeichnis | 420 |

Anhang

| | |
|---|-----|
| Fortsetzung einiger langjähriger Reihen aus Band II | 427 |
| Berichtigungen zu Band II | 436 |
| Sachverzeichnis | 437 |