

# Inhalt

|   |    |
|---|----|
| <b>Vorwort</b>  | 8  |
| <b>Einführung: Klima und Klimasystem</b>                                      | 10 |
| <b>A Allgemeine Klimatologie</b>  | 16 |
| <b>1 Die Atmosphäre</b>   | 16 |
| 1.1 Zusammensetzung   | 16 |
| 1.2 Vertikaler Aufbau   | 19 |
| <b>2 Das solare Klima</b>   | 22 |
| 2.1 Die Erde als Planet im Sonnensystem –<br>Jahreszeiten und Tageszeiten     | 22 |
| 2.2 Die Solarkonstante  | 26 |
| <b>3 Energieumsatz und Strahlungshaushalt</b>                                 | 30 |
| 3.1 Energieformen im Klimasystem  | 30 |
| 3.2 Energietransport  | 33 |
| 3.3 Strahlungsenergie   | 38 |
| 3.4 Wechselwirkung von Strahlung und Materie                                  | 41 |
| 3.4.1 Wechselwirkung von Strahlung und Erdoberfläche                          | 42 |
| 3.4.2 Wechselwirkung von Strahlung und Atmosphäre                             | 45 |
| 3.5 Der globale Strahlungshaushalt<br>im System Erde-Atmosphäre               | 51 |
| 3.5.1 Globalstrahlung und kurzweilige Strahlungsbilanz                        | 52 |
| 3.5.2 Die Effektive Ausstrahlung und der Treibhauseffekt                      | 53 |
| 3.5.3 Strahlungsbilanz und Wärmehaushalt                                      | 56 |
| 3.6 Die regionale Differenzierung von Globalstrahlung<br>und Strahlungsbilanz | 56 |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 3.6.1    | Die regionale Differenzierung der Globalstrahlung .....                                      | 56         |
| 3.6.2    | Die regionale Differenzierung der Strahlungsbilanz<br>an der Obergrenze der Atmosphäre ..... | 58         |
| 3.6.3    | Jahres- und Tagesgänge der Strahlungsbilanz<br>an der Erdoberfläche .....                    | 59         |
| <b>4</b> | <b>Wärmehaushalt</b> .....   | <b>62</b>  |
| 4.1      | Wärmebilanz .....  | 62         |
| 4.2      | Wärmebilanz im Tagesgang .....   | 63         |
| 4.3      | Globale Ausprägung der Wärmebilanz .....   | 64         |
| 4.3.1    | Austausch fühlbarer Wärme .....  | 66         |
| 4.3.2    | Austausch latenter Wärme .....   | 68         |
| <b>5</b> | <b>Lufttemperatur</b> .....  | <b>70</b>  |
| 5.1      | Begriff, Messung, Berechnung .....   | 70         |
| 5.2      | Zeitliche und räumliche Variation der Lufttemperatur .....                                   | 74         |
| 5.2.1    | Tagesgang der Temperatur .....   | 74         |
| 5.2.2    | Jährliche Temperaturschwankung –<br>Typen des Jahresgangs der Temperatur .....               | 75         |
| 5.3      | Das thermische Klima im Spiegel der<br>Thermoisoplethen-Diagramme .....                      | 78         |
| 5.4      | Horizontale Raummuster der Temperatur,<br>Jahres- und Monatsisothermen .....                 | 79         |
| 5.5      | Die Veränderung der Temperatur mit der Höhe .....  | 84         |
| 5.5.1    | Der trockenadiabatische Temperaturgradient .....   | 85         |
| 5.5.2    | Der feuchtadiabatische Temperaturgradient .....  | 86         |
| 5.5.3    | Labilität und Stabilität .....   | 87         |
| 5.5.4    | Temperaturinversionen .....  | 92         |
| 5.6      | Geographische Verteilung des geometrisch/<br>hypsometrischen Temperaturgradienten .....      | 95         |
| <b>6</b> | <b>Wasserhaushalt</b> .....  | <b>101</b> |
| 6.1      | Der globale Wasserkreislauf .....  | 101        |
| 6.2      | Transport von Wasser in die Atmosphäre .....   | 104        |
| 6.2.1    | Evaporation .....  | 105        |
| 6.2.2    | Transpiration .....  | 108        |
| 6.2.3    | Messung und Berechnung der Verdunstung .....   | 110        |
| 6.3      | Wasserdampf in der Atmosphäre .....  | 111        |
| 6.3.1    | Dampfdruck und Sättigungsdampfdruck<br>über ebenen Wasserflächen .....                       | 111        |
| 6.3.2    | Weitere Feuchte Maße .....   | 114        |
| 6.3.3    | Messung der Luftfeuchtigkeit .....   | 116        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 6.4      | Zeitliche und räumliche Verteilung<br>der Wasserhaushaltsglieder .....     | 117        |
| 6.4.1    | Horizontale Verteilung .....   | 117        |
| 6.4.2    | Vertikale Verteilung .....   | 120        |
| <b>7</b> | <b>Wolken und Niederschlag</b> .....                                       | <b>122</b> |
| 7.1      | Wolken in der Atmosphäre .....   | 122        |
| 7.2      | Kondensation, Deposition und Wolkenbildung .....                           | 123        |
| 7.3      | Wolkentypen .....  | 128        |
| 7.4      | Räumliche Verteilung der Bewölkung .....                                   | 132        |
| 7.5      | Niederschlagsbildung .....   | 134        |
| 7.6      | Niederschlagsarten .....   | 138        |
| 7.7      | Niederschlagsmessung .....   | 139        |
| 7.8      | Horizontale Raummuster des Niederschlags .....                             | 140        |
| 7.9      | Jahresgangtypen des Niederschlags .....                                    | 144        |
| 7.10     | Hypsometrische Verteilung des Niederschlags .....                          | 148        |
| <b>8</b> | <b>Luftdruck und Wind</b> .....  | <b>151</b> |
| 8.1      | Luftdruck .....  | 151        |
| 8.2      | Horizontale Druckgradienten und<br>die Entstehung des Windes .....         | 154        |
| 8.3      | Druckschwankungen .....  | 157        |
| 8.4      | Wetterkarte .....  | 158        |
| 8.5      | Mesoskalige Windsysteme .....  | 160        |
| 8.5.1    | Land-/Seewind .....  | 160        |
| 8.5.2    | Hangwind, Berg-Talwind .....   | 161        |
| 8.5.3    | Orographische Fallwinde - der Föhn .....                                   | 163        |
| 8.6      | Messung der Luftbewegung .....   | 166        |
| <b>9</b> | <b>Die planetarische Zirkulation</b> .....                                 | <b>167</b> |
| 9.1      | Strahlungsbilanz und Grundelemente<br>der planetarischen Zirkulation ..... | 167        |
| 9.2      | Zirkulationselemente der reibungsfreien Troposphäre .....                  | 170        |
| 9.2.1    | Corioliskraft und geostrophischer Wind .....                               | 171        |
| 9.2.2    | Gradientwind bei kreisförmigen Isobaren .....                              | 174        |
| 9.2.3    | Wellen in der Höhenströmung .....  | 176        |
| 9.2.4    | Massenträgheit bei konvergierenden und<br>divergierenden Isobaren .....    | 179        |
| 9.3      | Zirkulationselemente unter Reibungseinfluss .....                          | 180        |
| 9.3.1    | Der geotriptische Wind .....   | 181        |
| 9.3.2    | Der geotriptische Wind bei kreisförmigen Isobaren .....                    | 182        |
| 9.4      | Dynamik der atmosphärischen Zirkulation .....                              | 183        |

|         |                                    |     |
|---------|------------------------------------|-----|
| 9.4.1   | Außertropische Westwindzirkulation | 185 |
| 9.4.1.1 | Der Polarfrontjet                  | 185 |
| 9.4.1.2 | Stehende Wellen                    | 186 |
| 9.4.1.3 | Wandernde Wellen                   | 189 |
| 9.4.2   | Tropische Passatzirkulation        | 191 |
| 9.4.3   | Tropische Monsunzirkulation        | 193 |
| 9.4.4   | WALKER-Zirkulation                 | 198 |
| 9.5     | Mittlere Luftdruck- und Windgürtel | 199 |

**B Regionale Klimatologie** .....202

**10 Witterung und Klima in den Tropen** .....202

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 10.1   | Warmtropen – Kalttropen, Feuchttropen – Trockentropen | 202 |
| 10.2   | Witterungstypen und Vorgänge in der Passatzirkulation | 203 |
| 10.3   | Witterungstypen der Monsunzirkulation                 | 209 |
| 10.4   | Tropische Wirbelstürme                                | 210 |
| 10.5   | Problemklimate in den Tropen                          | 211 |
| 10.5.1 | Die Guinea-Küste                                      | 211 |
| 10.5.2 | NE-Brasilien  | 212 |
| 10.6   | Die tropisch-subtropischen Trockengebiete             | 213 |
| 10.7   | Küstenwüsten – Feuchtluftwüsten und Binnenwüsten      | 214 |

**11 Witterung und Klima in den Subtropen** .....217

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 11.1 | Subtropische Winterregengebiete –<br>Das europäische Mittelmeergebiet | 217 |
| 11.2 | Südafrika – Subtropisches Sommer- und<br>Winterregengebiet            | 221 |
| 11.3 | Australien  | 225 |

**12 Witterung und Klima ausgewählter Regionen  
der Außertropen** .....229

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 12.1   | Witterungsdynamik in der Frontalzone      | 229 |
| 12.2   | Klimatische Merkmale in den Mittelbreiten | 235 |
| 12.3   | Mitteleuropa                              | 236 |
| 12.3.1 | Luftmassen und Großwetterlagen            | 236 |
| 12.3.2 | Niederschlagsverteilung                   | 239 |
| 12.4   | Ostasien – Der ostasiatische Monsun       | 241 |
| 12.5   | Nordamerika                               | 243 |

**13 Witterung und Klima in den Polargebieten** .....249

|      |           |     |
|------|-----------|-----|
| 13.1 | Antarktis | 250 |
|------|-----------|-----|

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 13.2      | Arktis .....   | 253        |
| <b>14</b> | <b>Variabilität des Klimas –<br/>Das El Niño-Phänomen (ENSO) .....</b>           | <b>255</b> |
| <b>15</b> | <b>Klimaklassifikationen .....</b>   | <b>262</b> |
| 15.1      | Genetisch-dynamische Klassifikationen .....                                      | 262        |
| 15.2      | Atmosphärische Zirkulation und Klimazonierung .....                              | 263        |
| 15.3      | Effektive Klassifikationen .....   | 267        |
| 15.4      | Die ökoklimatische Klassifikation von<br>W. LAUER und P. FRANKENBERG .....       | 275        |
| 15.4.1    | Klimazonen .....   | 275        |
| 15.4.2    | Hygrothermische Klimatypen (Klimaregionen) .....                                 | 277        |
| <b>C</b>  | <b>Spezielle Klimatologie .....</b>  | <b>280</b> |
| <b>16</b> | <b>Klimageschichte – Klimaänderungen .....</b>                                   | <b>280</b> |
| 16.1      | Paläoklima .....   | 280        |
| 16.2      | Klimaschwankungen im Spiegel der Messdaten .....                                 | 288        |
| 16.3      | Natürliche Ursachen kurz- und langfristiger<br>Klimaschwankungen .....           | 290        |
| 16.4      | Globale anthropogene Klimabeeinflussung<br>(anthropogener Treibhauseffekt) ..... | 294        |
| <b>17</b> | <b>Mikro- und Mesoklimatologie .....</b>   | <b>298</b> |
| 17.1      | Klimaeffekte in städtischen Agglomerationen .....                                | 299        |
| 17.2      | Luftqualität in städtischen Agglomerationen .....                                | 304        |
|           | Verzeichnis der wichtigsten Symbole .....  | 308        |
|           | Abbildungsverzeichnis .....  | 311        |
|           | Tabellenverzeichnis .....  | 320        |
|           | Literatur .....  | 322        |
|           | Formelanhang .....   | 330        |
|           | Register .....   | 346        |