

WISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNGSBERICHTE · BAND 72

Rudolf W. Schulze

Strahlenklima der Erde

DR. DIETRICH STEINKOPFF VERLAG · DARMSTADT

EI
19

INSTITUT
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE
DER TECHN. UNIVERSITÄT
HANNOVER · HERRENHAUSER STR. 2

5/14 05

STRAHLENKLIMA DER ERDE

Von

PROF. DR. RUDOLF SCHULZE
Deutscher Wetterdienst

Mit 108 Abbildungen in 217 Einzeldarstellungen
und 36 Tabellen



DR. DIETRICH STEINKOPFF VERLAG
DARMSTADT 1970

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Zweck und Ziel der Sammlung | VII |
| Vorwort | VIII |
| 1. Strahlenquellen des Strahlenklimas der Erde | 1 |
| 1.1. Strahlenklima der Erde | 1 |
| 1.2. Strahlenquellen | 1 |
| 2. Der Weltenraum aus Strahlenquelle – Strahlenwirkungen oberhalb der Atmosphäre | 1 |
| 2.1. Strahlenarten | 1 |
| 2.2. Strahlenmengen | 4 |
| 2.3. Meteoriten und Neutrinos | 4 |
| 2.4. Erdmagnetisches Feld | 5 |
| 2.5. Strahlengürtel | 6 |
| 2.6. Ionosphärenschichten | 6 |
| 2.7. Hohe Temperaturen der Exosphäre | 7 |
| 2.8. Die Uhrzeit | 7 |
| 3. Die Atmosphäre der Erde als Strahlenquelle und Strahlenschutz | 8 |
| 3.1. Die Atmosphäre als Atomreaktor und Röntgenantikathode | 9 |
| 3.2. Die Atmosphäre als leuchtender Saphir | 10 |
| 3.3. Die Atmosphäre als Strahlenquelle – infrarote Abstrahlung in den Weltenraum | 10 |
| 3.4. Die Atmosphäre als Strahlenquelle – infrarote Abstrahlung in die Biosphäre | 12 |
| 3.5. Die Atmosphäre als Strahlenquelle – hochfrequente Abstrahlung in die Biosphäre | 13 |
| 3.6. Die Atmosphäre als Strahlenschutz – die optischen Fenster der Atmosphäre | 13 |
| 3.7. Zur biologischen Bedeutung der Grenzen A und B des Fensters I der Atmosphäre | 15 |
| 4. Die Erdoberfläche als Strahlenquelle | 17 |
| 4.1. Bestrahlungsstärken | 17 |
| 4.2. Effektive Ausstrahlung | 17 |
| 5. Kurzer Überblick über Maßsysteme und Bestrahlungsstärken | 20 |
| 5.1. Maßsysteme | 20 |
| 5.2. Strahlenmessung | 23 |
| 5.3. Bestrahlungsstärken in der Biosphäre | 24 |
| 5.3.1. Kosmische Ultrastrahlung | 24 |
| 5.3.2. Röntgen- und Ultraviolettstrahlung | 25 |
| 5.3.3. Sichtbares Licht | 25 |
| 5.3.4. Infrarotstrahlung | 26 |
| 5.3.5. Hochfrequenzstrahlung | 26 |
| 5.3.6. Schwankungen der Bestrahlungsstärken in der Biosphäre | 27 |
| 6. Biologische Strahlenwirkungen in der Biosphäre | 28 |
| 6.1. Kosmische Ultrastrahlung, Gamma- und Röntgenstrahlung | 29 |
| 6.2. Ultraviolettstrahlung | 30 |
| 6.3. Sichtbares Licht | 31 |
| 6.4. Infrarotstrahlung | 32 |
| 6.5. Hochfrequenzstrahlung | 34 |
| 6.6. Natürliche Radioaktivität | 35 |
| 6.7. Künstliche Radioaktivität | 37 |
| 7. Biologisch bedeutsame Strahlen in der Biosphäre – Strahlenmengen | 41 |
| 7.1. Extraterrestrische Sonnenstrahlung | 46 |
| 7.2. Direkte Sonnenstrahlung | 50 |
| 7.2.1. Direkte Sonnenstrahlung – senkrechte Empfangsfläche | 53 |
| 7.2.2. Direkte Sonnenstrahlung – horizontale Empfangsfläche | 60 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 7.3. | Himmelsstrahlung – horizontale Empfangsfläche | 60 |
| 7.4. | Globalstrahlung – Wolkenlose Tage | 65 |
| 7.4.1. | Bestrahlungsstärke der Globalstrahlung | 65 |
| 7.4.2. | Tagessummen der Globalstrahlung | 70 |
| 7.4.3. | Mittägliche Stundensummen der Globalstrahlung | 76 |
| 7.4.4. | Relative Bestrahlung | 77 |
| 7.5. | Globalstrahlung – Einfluß der Bewölkung | 80 |
| 7.5.1. | Bestrahlungsstärke der Globalstrahlung | 80 |
| 7.5.2. | Tagessummen der Globalstrahlung | 80 |
| 7.5.3. | Globalstrahlung – Weltkarten | 82 |
| 7.5.4. | Globalstrahlung – Ausblick | 86 |
| 7.6. | Sonnen- und Himmelsstrahlung – geneigte Empfangsfläche | 86 |
| 7.6.1. | Sonnen- und Himmelsstrahlung – 45° Süd-Empfangsfläche | 87 |
| 7.6.2. | Sonnen- und Himmelsstrahlung – vertikale Empfangsfläche | 88 |
| 7.7. | Ultraviolettstrahlung | 90 |
| 7.7.1. | UV-A-Strahlung-Bestrahlungsstärke | 91 |
| 7.7.2. | UV-A-Strahlung – Tagessummen | 93 |
| 7.7.3. | UV-B-Strahlung – Bestrahlungsstärke | 95 |
| 7.7.4. | UV-B-Strahlung – Tagessummen | 97 |
| 7.7.5. | Beziehungen zwischen UV-Strahlung und Globalstrahlung | 99 |
| 7.8. | Strahlungsbilanz | 99 |
| 7.8.1. | Strahlungsbilanz – Bestrahlungsstärke | 102 |
| 7.8.2. | Strahlungsbilanz – Tagessummen | 105 |
| 7.8.3. | Strahlungsbilanz – Monatssummen | 108 |
| 7.8.4. | Energieverbrauch für Verdunstung | 109 |
| 7.8.5. | Strahlungsbilanz – Klimatologische Angaben | 111 |
| 8. | Biologisch bedeutsame Strahlen in der Biosphäre – spektrale Verteilung | 113 |
| 8.1. | Spektrale Verteilung der extraterrestrischen Sonnenstrahlung | 114 |
| 8.2. | Spektrale Verteilung der Globalstrahlung | 117 |
| 8.2.1. | Vergleich mit anderen Autoren | 121 |
| 8.3. | Spektrale Verteilung der direkten Sonnenstrahlung | 123 |
| 8.3.1. | Einfluß des Ozons und des Sauerstoffs | 123 |
| 8.3.2. | Einfluß des Wasserdampfes | 125 |
| 8.3.3. | Einfluß der Rayleigh-Streuung | 126 |
| 8.3.4. | Einfluß des Aerosols | 126 |
| 8.4. | Spektrale Verteilung der Himmelsstrahlung | 126 |
| 8.5. | Spektrale Verteilung der langwelligen Ausstrahlung des Erdbodens | 127 |
| 8.6. | Spektrale Verteilung der atmosphärischen Gegenstrahlung | 128 |
| 9. | Strahlenanwendungen | 131 |
| 9.1. | Vorhersage der Globalstrahlung für die Landwirtschaft | 131 |
| 9.2. | Globalstrahlung und natürliche Beleuchtung | 132 |
| 9.2.1. | Nutzeffekt der natürlichen Beleuchtung | 133 |
| 9.2.2. | Meßergebnisse – Beleuchtungsstärke | 135 |
| 9.2.3. | Rechenergebnisse – Beleuchtungsstärke | 135 |
| 9.2.4. | Stundensummen der natürlichen Beleuchtung | 137 |
| 9.2.5. | Tagessummen der natürlichen Beleuchtung | 139 |
| 9.3. | Natürliche Beleuchtung im Wohnraum | 144 |
| 9.4. | Sonnenstrahlung im Büroraum – Kühlleistung der Klimaanlage | 150 |
| 9.4.1. | Vollverglastes Großraumbüro | 151 |
| 9.4.2. | Büroraum im vollverglasten Hochhaus | 153 |
| 9.4.3. | Beleuchtung durch das Nordfenster | 160 |

| | |
|---|------------|
| 9.5. Künstliche Beleuchtung im Gewächshaus – Auf- und Abbau von biologisch hochwertigen Molekülen durch Strahlung | 160 |
| 9.5.1. Aufbau von Molekülen | 161 |
| 9.5.2. Abbau von Molekülen | 162 |
| 9.6. Strahlenwirkungen in der menschlichen Haut | 164 |
| 9.6.1. Hautbräune und Sonnenbrand | 164 |
| 9.6.2. Reaktionstypen | 166 |
| 9.6.3. Umstimmung des Typ E | 167 |
| 9.6.4. Sekundäre Pigmentierung | 168 |
| 9.7. Strahlungsgenuß während des Sonnenbades | 168 |
| 9.8. Schutz vor Sonnenstrahlung – Lichtschutzmittel | 171 |
| 9.8.1. Spektrales Absorptionsmaximum | 172 |
| 9.8.2. Schichtdicke | 176 |
| 9.8.3. Biologischer Test | 176 |
| 9.8.4. Lichtschutzmittel für Alpinistik und Wehrmacht | 179 |
| 9.8.5. Lichtschutzmittel der Medizin | 179 |
| 9.9. Infrarottechnik | 180 |
| 10. Strahlenmessung | 189 |
| 10.1. Ionisierende Strahlung | 189 |
| 10.1.1. Scintillationszähler | 189 |
| 10.1.2. Zählrohr | 190 |
| 10.1.3. Ionisationskammer | 190 |
| 10.2. Optische Strahlung | 191 |
| 10.2.1. Ultraviolettstrahlung | 192 |
| 10.2.2. Direkte Sonnenstrahlung | 194 |
| 10.2.3. Globalstrahlung – Gesamtbestrahlungsstärke | 194 |
| 10.2.4. Globalstrahlung – Wirkungsbezogene Messungen | 195 |
| 10.2.5. Infrarotstrahlung | 196 |
| 10.3. Hochfrequenzstrahlung | 205 |
| 10.3.1. Interstellare Hochfrequenzstrahlung | 205 |
| 10.3.2. Irdische Hochfrequenzstrahlung – spherics | 205 |
| Literatur | 207 |
| Sachverzeichnis | 214 |