Zeitschrift: Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Forschungsinstitut Zürich

Band: - (1939)

Artikel: Meteorologische Strahlungsmessmethoden für biologische und ökologische Untersuchungen

Autor: Mörikofer, W.

Kapitel: 1: Grundtatsachen der atmosphärischen Strahlungsvorgänge

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377470

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

können uns dabei weitgehend auf eigene Untersuchungen am Davoser Observatorium über praktische Eignung und Genauigkeit der verschiedenen Methoden stützen. Entsprechend dem Zwecke dieser Darstellung sollen die präziseren, aber komplizierteren Methoden nur kurz berührt, jedoch nicht ausführlicher behandelt werden; das Schwergewicht soll dagegen auf die Erörterung derjenigen Verfahren gelegt werden, deren Benutzung ohne besondere Kenntnisse und große Kosten und mit verhältnismäßig wenig Zeitaufwand möglich ist [1]).

1. Grundtatsachen der atmosphärischen Strahlungsvorgänge.

Die Auswahl geeigneter Strahlungsmeßmethoden hat sich weitgehend nach den Feinheiten der Fragestellung zu richten — eine Forderung, die selbstverständlich erscheint, häufig aber zu wenig Beachtung findet. So ist zu bedenken, daß manche meteorologische Strahlungsmeßinstrumente nur die Sonnenstrahlung erfassen, andere dagegen außerdem auch noch die diffuse Himmelsstrahlung; unter Umständen muß auch noch die Reflexstrahlung des Bodens oder der Umgebung Berücksichtigung finden. Die kalorimetrischen Meßinstrumente reagieren gleichmäßig auf alle Spektralbereiche und zeigen die gesamte Strahlungsenergie an. Andere Methoden sind dagegen selektiv und messen infolgedessen nur einzelne Spektralbereiche.

Schon aus diesen wenigen Unterscheidungen ergibt sich, wie wichtig es für den Biologen ist, sich schon vor der Aufnahme von Strahlungsmessungen Klarheit zu verschaffen, welche natürlichen Strahlungsquellen und Spektralbereiche für seine Fragestellung von Interesse sind. Auch praktische Fragen wie die Entscheidung zwischen Einzelablesungen, Registrier- und Summationsverfahren erfordern eine sorgfältige Abklärung. Um dem Leser dieser Darstellung bei diesen schwierigen Vorarbeiten behilflich zu sein, sollen alle diese grundsätzlichen Gesichtspunkte an dieser Stelle kurz erörtert werden. Zu diesem Zwecke muß zuerst an einige Eigenschaften der Strahlungsvorgänge in der Natur erinnert werden.

---

[1]) Für ausführlichere Darstellung der komplizierteren wie der einfacheren Strahlungsmeßmethoden vgl. Mörikofer [1]).

Die Strahlung der Sonne erstreckt sich von zirka 290 mμ im Ultraviolett über das ganze sichtbare Gebiet bis ins Ultrarot, wo sie bei 3000 mμ wieder verschwindend schwach wird. Seine größte Intensität besitzt das Sonnenspektrum außerhalb der Atmosphäre im Blau (bei 460 mμ), nach Durchlaufen der Atmosphäre im Gelb (bei etwa 550 mμ), somit stets im sichtbaren Spektrum. Das sichtbare Gebiet erstreckt sich von 360 mμ bis 760 mμ, unterhalb 360 mμ liegt das Ultraviolett, oberhalb 760 mμ das Ultrarot. In der zum Erdboden gelangenden Sonnenstrahlung beträgt die Gesamtenergie des sichtbaren Bereichs nicht ganz 50 %, die des Ultrarots etwas über 50 % und die des Ultravioletts etwa 1 bis 2 % der gesamten Strahlung. Die Wärmestrahlung der Sonne beschränkt sich somit nicht, wie fälschlicherweise häufig angenommen wird, auf das ultrarote Gebiet, sondern sie erstreckt sich über das ganze sichtbare Gebiet bis ins Ultraviolett und hat sogar ihr Maximum im Sichtbaren. Die unrichtige Anschauung ist wohl dadurch entstanden, daß im Ultrarot die Wärmewirkungen dominieren und einzig genauer bekannt sind, während der Wärmestrahlung im sichtbaren Gebiet auch noch Lichtwirkung, derjenigen im Ultraviolett spezifische biologische Effekte zukommen.

Der Ausdruck „Strahlung" ist die allgemeine Bezeichnung für die Emission elektromagnetischer Energie; er umfaßt den ganzen Spektralbereich der Sonnenemission. Im Gegensatz dazu erstreckt sich das „Licht" nur über das dem menschlichen Auge zugängliche Gebiet der Strahlung und gibt, genau genommen, eine seiner spektralen Empfindlichkeitskurve entsprechende Wirksamkeit wieder. Die Augenempfindlichkeit hat ihr Maximum bei 555 mμ und fällt nach beiden Seiten relativ schnell ab (vgl. Abb. 15 *A*); für eine gegebene Intensität hat infolgedessen das Auge im Violett, Blau und Rot eine sehr viel geringere Empfindlichkeit als im Gelb und Grün. Bei Untersuchungen, die sich über das sichtbare Gebiet hinaus erstrecken, sollte man deshalb konsequenterweise nicht von „Licht", sondern stets von „Strahlung" sprechen.

Die Strahlung wird gewöhnlich durch die Energiezufuhr in der Zeiteinheit und auf die Flächeneinheit ausgedrückt und zwar meist in Grammkalorien pro cm² und Minute (nicht Sekunde). So beträgt die kontinuierlich einfallende Intensität der Sonnenstrahlung am äußeren Rande der Erdatmosphäre, die als Solarkonstante be-

zeichnet wird, im Mittel 1.94 gcal/cm²min, am Erdboden variiert die Intensität der Sonnenstrahlung im allgemeinen zwischen 0.5 und 1.5 gcal/cm²min. Die Umrechnung in andere Energieeinheiten ist durch folgende Beziehungen gegeben:

1 gcal/min	=	69,7 Milliwatt
1 Watt	=	14,34 gcal/min
1 Wattsekunde	=	0,2389 gcal = 10^7 Erg.

Die Einheit der Beleuchtung mit sichtbarem Licht ist das Lux (Meterkerze); diese wird erzeugt durch die Lichtstärke einer Kerze im Abstande von 1 m. In Deutschland ist hiefür die Hefnerkerze gebräuchlich, in Amerika, England und Frankreich die Internationale Kerze; diese ist nach Definition 11 % stärker als die Hefnerkerze.

Die einfallende Sonnenstrahlung passiert die Atmosphäre nicht ungestört, sondern sie wird teilweise durch Absorption in Wärme umgewandelt, teilweise durch Reflexion, Brechung und Beugung aus ihrer Richtung abgelenkt und nach allen Richtungen zerstreut (= diffundiert). Im Gegensatz zur Absorption bleibt bei der Diffusion die Strahlung als solche erhalten und kommt uns als diffuse Himmelsstrahlung wieder zu. Da die diffuse Himmelsstrahlung aus der Sonnenstrahlung entsteht, kann sie nur Licht von deren spektraler Beschaffenheit enthalten. Da die Diffusion jedoch vor allem die kurzen Wellenlängen stark betrifft, ist der spektrale Schwerpunkt des diffusen Himmelslichtes gegen kurze Wellen verschoben; daher erscheint uns der wolkenlose Himmel blau und nicht weiß. Sogar im Ultraviolett ist die diffuse Himmelsstrahlung recht beträchtlich und meist stärker als die Sonnenstrahlung.

Die Gesamtenergie der Himmelsstrahlung ist größenordnungsmäßig rund zehnmal schwächer als die der Sonnenstrahlung am Erdboden. Trotzdem ist die diffuse Himmelsstrahlung nicht als unwichtig anzusehen. Ihre Bedeutung beruht darauf, daß sie nicht nur bei schönem Wetter, sondern auch bei bewölktem und bedecktem Himmel ständig in Erscheinung tritt und deshalb eine viel größere Häufigkeit des Auftretens besitzt als die ungestörte Sonnenstrahlung. Infolgedessen wachsen die Energiesummen der diffusen Strahlung zu ähnlicher Größenordnung an wie die Wärmesummen der direkten Sonnenstrahlung.

In der praktischen Strahlungsforschung ist es gebräuchlicher, nicht die direkte Sonnenstrahlung und die diffuse Himmelsstrahlung ge-

trennt zu messen, sondern ihre Gesamtwirkung auf die Horizontalfläche; diese Größe wird neuerdings häufig als Globalstrahlung bezeichnet. Solche Messungen sind für biologische Fragen viel aufschlußreicher als Messungen der direkten Sonnenstrahlung allein; dabei wird die bei jeder Witterung wirklich einfallende Strahlung berücksichtigt, während bei Beobachtungen der direkten Sonnenstrahlung nur schöne Tage zur Messung gelangen und die beträchtlichen Strahlungssummen der diffusen Himmelsstrahlung an bewölkten oder trüben Tagen gänzlich unberücksichtigt bleiben.

Von den meisten Körpern in der Natur wird die Sonnen- oder Himmelsstrahlung teilweise reflektiert. In der Strahlungsklimatologie ist speziell die Strahlungsreflexion vom Erdboden, von den Pflanzen, Gebäuden usw. von Bedeutung; vor allem für aufragende Körper wie Menschen, Tiere, Pflanzen, Hauswände kann die Reflexstrahlung einen beträchtlichen Strahlungszuwachs erzeugen. Das Reflexionsvermögen (die Albedo) ist für die verschiedenen Körper sehr ungleich; über sein durchschnittliches Verhalten gegenüber Sonnen- und Himmelsstrahlung geben die Zahlen der Tabelle 1 Auskunft, die besagen, wieviel Prozente der auffallenden Strahlung reflektiert werden.

Tabelle 1. Reflexionsvermögen (Albedo) in Prozenten

Schnee: neu	80–90
alt	40–70
Wasser	(5)–75
Sand	12–50
Rasen	17–32
Ackerboden	12–16
Wald	5–18
Glas	(20)–92
menschliche Haut	30–40

Besonders groß ist in der Natur demnach die Reflexion an Schnee, Wasser und hellem Sand. Für langwellige, dunkle Wärmestrahlung ist dagegen die Albedo ganz gering.

Neben der direkten, der diffusen und der reflektierten Sonnenstrahlung, die im sichtbaren Spektrum und in den anstoßenden Bereichen liegen, treten in der Natur stets auch langwellige Strahlungsströme auf, die im langwelligen Ultrarot zwischen 3000 und 50000 mμ ihren Sitz haben. Wie jeder Körper, dessen Temperatur

vom absoluten Nullpunkt verschieden ist, emittiert auch der Erdboden bzw. seine Bedeckung durch Pflanzen, Schnee usw. ständig Wärmeausstrahlung, deren Betrag (gemäß dem Stefan-Boltzmannschen Strahlungsgesetz) vom Emissionsvermögen und der Temperatur der strahlenden Fläche abhängig ist. In ähnlicher Weise emittiert auch die Atmosphäre selbst eine langwellige Wärmestrahlung, die sogenannte „Gegenstrahlung"; ihr Spektralgebiet liegt ähnlich wie das der Erdausstrahlung, ihr Betrag ist meistens etwas kleiner. Diese beiden Strahlungsströme wirken einander entgegen, indem die Wärmeausstrahlung des Erdbodens eine Abkühlung, die Gegenstrahlung der Atmosphäre eine Erwärmung des Bodens und seiner Bedekkung hervorrufen. Gewöhnlich mißt man ihre Differenz, die sogenannte „effektive" oder „nächtliche Ausstrahlung".

An sich sind diese langwelligen Strahlungsströme von Erde und Atmosphäre ganz bedeutend, umso mehr als sie bei Tage und bei Nacht vor sich gehen; ihre Beträge sind deshalb von ähnlicher Größenordnung wie die Einstrahlungsströme von Sonne und Himmel. Ihre praktische Bedeutung für strahlungsbiologische Fragen entspricht jedoch diesen Beträgen nicht ganz, einmal weil Bodenausstrahlung und atmosphärische Gegenstrahlung sich weitgehend kompensieren, und sodann weil alle übrigen Körper wie Pflanzen, Tiere usw. in ähnlicher Weise ausstrahlen, so daß den Strahlungsgewinnen meist auch Strahlungsverluste gegenüberstehen.

2. Grundsätzliche Gesichtspunkte für die Wahl geeigneter Strahlungsmeßinstrumente für biologische Strahlungsuntersuchungen.

Nach den vorangegangenen Ausführungen über die in der Natur auftretenden Strahlungsströme und ihre wichtigsten Eigenschaften sollen nun im Nachfolgenden die Gesichtspunkte erörtert werden, nach denen sich die Wahl für bestimmte Zwecke geeigneter Meßmethoden zu richten hat. Dabei sollen vor allem die Bedürfnisse ökologischer und strahlungsbiologischer Untersuchungen mit natürlicher Strahlung erörtert werden.

In erster Linie ist zu prüfen, welche Strahlungsart man überhaupt zu messen wünscht; danach richten sich Konstruktion und Montierung der Meßgeräte. Neben der direkten Sonnenstrahlung