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: 2: Grundsätzliche Gesichtspunkte für die Wahl geeigneter Strahlungsmessinstrumente für biologische Strahlungsuntersuchungen

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: 15.07.2025

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

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

darf die bisher zu wenig beachtete diffuse Himmelsstrahlung nicht übersehen werden. Ganz besonders deutlich wird ihre Bedeutung bei bedecktem Himmel, wo sie allein in Erscheinung tritt; in diesem Falle würde sich bei Berücksichtigung der direkten Sonnenstrahlung allein Strahlungslosigkeit ergeben, während schon der Augenschein das Vorhandensein beträchtlicher Bestrahlung und Beleuchtung lehrt. Für biologische Strahlungsuntersuchungen wird die Messung der Sonnenstrahlung allein nur in Ausnahmefällen, wo etwa auch der biologische Vorgang vor der diffusen Himmelsstrahlung geschützt ist, in Frage kommen; ebenso wird man meistens auch nicht die diffuse Himmelsstrahlung allein dem Versuchsobjekt zukommen lassen und der Messung zugänglich machen, sondern die gesamte Einstrahlung von Sonne und Himmel. Im biologischen Freiluftexperiment sind ja Versuchspräparat oder lebende Pflanze stets der vollen Einstrahlung von Sonne und Himmel ausgesetzt. Für den Biologen, der parallel zu seinen Bestrahlungsversuchen auch die verabreichte Strahlung bestimmen will, sind deshalb vor allem diejenigen Strahlungsmeßinstrumente wichtig, die die aus der oberen Hemisphäre einfallende, eventuell dazu auch noch die aus der unteren Hemisphäre reflektierte Strahlung anzeigen. Die meisten dieser Instrumente (Pyranometer und Photometer) haben eine horizontale Auffangfläche; sie messen somit diejenige Strahlungsmenge, die von Sonne und Himmel auf eine etwa dem horizontalen Erdboden vergleichbare Fläche fällt. Für manche Probleme wäre es hinwiederum interessant, statt des Strahlungsgenusses einer horizontalen Fläche den einer allseitig von der Strahlung gleichmäßig getroffenen Oberfläche zu messen, wie sie am besten von einer Kugel repräsentiert wird und den Strahlungsgenuß freistehender Körper (wie Mensch, Pflanze, Gebäude usw.) wiedergibt (Kugelflächenpyranometer); solche Instrumente sprechen nicht nur auf Sonnen- und Himmelsstrahlung an, sondern auch auf Reflexstrahlung vom Erdboden. Den gesamten Strahlungsumsatz des Erdbodens oder einzelner Körper unter Berücksichtigung auch der unsichtbaren, langwelligen Ein- und Ausstrahlungsströme mißt man mit Strahlungsbilanzmessern und verwandten Apparaten; auf diese komplizierteren Verfahren soll hier nicht eingegangen werden.

Für Messungen der direkten Sonnenstrahlung allein muß vor der strahlungsempfindlichen Fläche ein Vorsatzrohr angebracht sein, das

die diffuse Himmelsstrahlung allseitig abschirmt. Dieser Vorsatztubus muß mittels eines Diopters genau nach der Sonne gerichtet und der Sonnenbewegung sorgfältig nachgeführt werden; da die diffuse Strahlung der nächsten Sonnenumgebung besonders intensiv ist, ist es wichtig, den Öffnungswinkel des Tubus klein zu halten. Instrumente zur Messung der direkten Sonnenstrahlung werden gewöhnlich als Aktinometer oder Pyrheliometer bezeichnet, unter Umständen als Photometer.

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt, der bei der Wahl von Strahlungsmeßinstrumenten einer sorgfältigen Abklärung bedarf, betrifft den spektralen Empfindlichkeitsbereich; manche Instrumenttypen besitzen für den ganzen Bereich der Sonnen- und Himmelsstrahlung eine gleichmäßige Empfindlichkeit, andere sprechen nur in begrenzten Bereichen an und innerhalb dieser auch nicht mit durchwegs gleicher Empfindlichkeit. Wo es sich nicht um die Bevorzugung bestimmter selektiver Bereiche handelt, stehen die kalorimetrischen Methoden im Vordergrund, die im ganzen natürlichen Strahlungsbereich gleichmäßige Empfindlichkeit besitzen und die Strahlung im absoluten, physikalisch definierten Maße der Kalorie anzeigen; die Resultate dieser Instrumente sind unter sich ohne weiteres vergleichbar. Solche kalorimetrische Instrumente zur Messung der Sonnenstrahlung und der Globalstrahlung von Sonne und Himmel stehen in den Pyrheliometern, Aktinometern und Pyranometern in großer Zahl zur Verfügung; auch die Instrumente, die auf langwellige Ein- und Ausstrahlung ansprechen, beruhen auf dem kalorimetrischen Prinzip. Mit Hilfe selektiv durchlässiger Strahlungsfilter kann der Empfindlichkeitsbereich der kalorimetrischen Meßapparate in Teilbereiche unterteilt werden, wobei unter Anwendung geeigneter Korrektionen wieder absolute Strahlungsintensitäten in Kalorien resultieren.

Im Gegensatz dazu sind die Photometer auf Grund ihres Meßprinzipes selektiv, indem die zur Messung benutzte Lichtwirkung nur auf Strahlung gewisser Spektralbereiche anspricht. Zur Messung des sichtbaren Gebietes eignen sich primär die optischen Photometer, die auf der Lichtempfindlichkeit des menschlichen Auges beruhen, außerdem aber auch verschiedene andere selektive Photometer, deren Bereich sich über mehr als das ganze sichtbare Spektrum erstreckt und unter Umständen durch Vorschalten geeigneter Filter

der Augenempfindlichkeit weitgehend angepaßt werden kann; als solche kommen besonders das Selenphotoelement und das Graukeilphotometer in Betracht.

Ganz besonderes Interesse bringen Medizin und Hygiene dem Ultraviolettbereich um 300 mμ entgegen, da eine Reihe wichtiger biologischer Effekte in diesem Gebiete liegen. Für genauere Messungen in diesem Bereiche wird meist die photoelektrische Kadmiumzelle verwendet, die kostspielig und kompliziert zu handhaben ist; bequemer und für die meisten biologischen Fragen wohl hinreichend genau ist das UV-Dosimeter.

Der dritte Gesichtspunkt, der bei der Wahl meteorologischer Strahlungsmeßmethoden sorgfältige Beachtung erfordert, bezieht sich auf das Erfassen der zeitlichen Beziehung. So muß unterschieden werden zwischen Instrumenten, die Momentanwerte liefern, Integrations- oder Summationsapparaten, die Strahlungssummen ergeben, und Registriergeräten, die den Verlauf der Strahlung kontinuierlich aufzeichnen und die Entnahme von Einzelwerten wie auch von Strahlungssummen gestatten.

Die meisten Strahlungsmeßinstrumente liefern primär Momentanwerte der Strahlung. Bei biologischen Bestrahlungsversuchen können jedoch Einzelmessungen nur ausnahmsweise genügen, wenn die Dauer des Versuches so kurz ist, daß die Variationen der Strahlung als unbedeutend angesehen werden dürfen. Handelt es sich um mehrstündige und eventuell variable Bestrahlung, so können unter günstigen Umständen dichte Reihen von Einzelmessungen in Frage kommen; in den meisten Fällen genügen dann jedoch nur Summations- oder Registrierinstrumente. Dies gilt ganz besonders für Fälle, wo es sich darum handelt, zu Experimenten oder Naturvorgängen, die sich über Tage, Wochen oder über eine ganze Vegetationsperiode erstrecken, den gleichzeitigen Strahlungsgenuß zu bestimmen. Momentanwerte können in diesem Falle, auch bei noch so dichter Folge der einzelnen Messungen, den großen Variationen im Tages-, Jahres- und Witterungsverlauf bestenfalls im Durchschnitt gerecht werden, und es wäre eine schwierige Aufgabe, durch Einzelmessungen charakteristische Werte für Strahlungsverhältnisse dieser Periode bestimmen zu wollen.

Gerade für solche Zwecke, wo man in erster Linie die Gesamtmenge der Einstrahlung, nicht aber die Einzelheiten ihres Ver-

laufes kennen möchte, sind die wenigen Methoden einer selbsttätigen Strahlungsintegration besonders wertvoll. Hieher gehören in erster Linie der Bimetallaktinograph, das Destillationsluzimeter und das Graukeilphotometer.

Das eingehendste Verfahren zur Strahlungsaufzeichnung besteht in der kontinuierlichen Registrierung des Strahlungsverlaufes mittels elektrischer Registrierapparaturen, die mit thermoelektrischen Aktinometern und Pyranometern kombiniert werden. Da aus den Kurven der Registrierapparate sowohl Einzelwerte wie Summen der Strahlung entnommen werden können, stellen diese die umfassendste Strahlungsaufzeichnung dar; trotzdem ist vor der Auffassung zu warnen, als ob dies auch in jedem Falle die erstrebenswerteste Apparatur wäre. Gute elektrische Registriervorrichtungen sind meist recht teuer, erfordern eine delikate Behandlung und sorgfältige Auswertung sowie häufige Eichungen mit Ableseinstrumenten. Die Tatsache, daß von solchen Registrierapparaturen die Strahlung selbsttätig aufgezeichnet wird, bedeutet somit keineswegs eine Zeitersparnis, da eben auch die Überwachung und Auswertung viel Zeit erfordert.

Alle diese teils grundsätzlichen, teils mehr praktischen Gesichtspunkte, die sich auf die Fragen der Strahlungsart, des Spektralbereiches und der Beobachtungsweise beziehen, bedürfen einer sorgfältigen Abklärung, bevor man an die Anstellung von Strahlungsmessungen für biologische Zwecke herantritt. Nur unter dieser Voraussetzung kann mit einer eindeutigen und wissenschaftlich wertvollen Ausbeute der Strahlungsbeobachtungen gerechnet werden. Auch wo von früheren Untersuchungen Instrumente zur Verfügung stehen, ist sorgfältig die Frage zu prüfen, ob sie der vorgesehenen Fragestellung hinreichend entsprechen.

3. Kalorimetrische Methoden zur Messung der direkten Sonnenstrahlung.

Bei den kalorimetrischen Instrumenten zur Messung der Sonnenstrahlungsenergie wird die auffallende Sonnenstrahlung von einer geschwärzten Fläche absorbiert, d. h. in Wärme umgewandelt; die dadurch hervorgerufene Erwärmung der Auffangfläche kann nach verschiedenen Verfahren gemessen werden, meist geschieht dies thermoelektrisch, gelegentlich auch mechanisch oder thermometrisch.