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: 3: Kalorimetrische Methoden zur Messung der direkten Sonnenstrahlung

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: 06.12.2025

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

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.

Um nur die Sonnenstrahlung allein zur Wirkung gelangen zu lassen und gleichzeitig den Windeinfluß auszuschließen, sind diese Instrumente (Pyrheliometer, Aktinometer) mit einem Tubus versehen, der mittels eines Diopters nach der Sonne gerichtet wird und einen geeigneten Öffnungswinkel besitzt; immerhin ist zu beachten, daß auch in die Instrumente zur Messung der Sonnenstrahlung allein stets etwas Strahlung aus den lichtstarken Partien der nächsten Sonnenumgebung hineingelangt. Neben den kostspieligen und teilweise nicht ganz einfachen Präzisionsinstrumenten, wie sie durch das absolute Kompensationspyrheliometer von Ångström, das Silverdiskpyrheliometer von Abbot und das Bimetallaktinometer von Michelson in seinen verschiedenen Modifikationen repräsentiert werden, soll hier speziell auf das thermoelektrische Pyrheliometer von Moll-Gorczynski [2]) hingewiesen werden; dieses ist wesentlich billiger als die übrigen genannten Instrumente, ist leicht zu handhaben und verbürgt eine mittlere Genauigkeit der Resultate von 1 bis 3%.

In dem von der Firma Kipp & Zonen in Delft fabrizierten Pyrheliometer Moll-Gorczynski (Abb. 1), ist am hinteren Ende eines kurzen Tubus zur Abschirmung der Himmelsstrahlung eine Mollsche

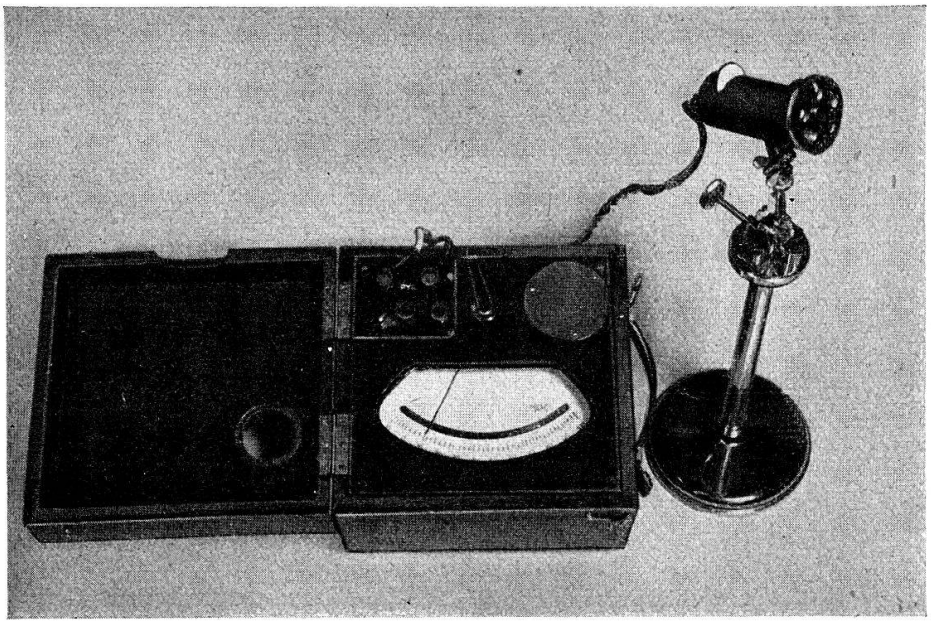

Abb. 1.

Thermoelektrisches Pyrheliometer Moll-Gorczynski mit Zeigergalvanometer.

Thermosäule angebracht; die durch die Bestrahlung dieser Säule entstehende Erwärmung erzeugt einen schwachen elektrischen Strom (Thermostrom), der durch ein Kabel zu einem in der Empfindlichkeit geeigneten Zeigergalvanometer geleitet und mit diesem gemessen wird; die Einteilung des Galvanometers gibt zunächst nur Skalenteile, die zur Bestimmung der Strahlungsintensität in gcal/cm²min mit einem Eichfaktor zu multiplizieren sind. Bei einzelnen Pyrheliometern dieses Modells wurde eine Abhängigkeit der Empfindlichkeit (also auch des Eichfaktors) von der Temperatur gefunden; in diesem Falle sollte zur Steigerung der Meßgenauigkeit ein mit der Temperatur veränderlicher Eichfaktor verwendet werden. Auch vom Wind können die Angaben des Instrumentes etwas beeinflußt werden; zum Schutze kann der hintere Teil des Tubus in eine Wattepackung gehüllt werden.

Der Tubus ist mit Hilfe des daran angebrachten Diopters genau nach der Sonne zu richten und ihrer Verschiebung stets nachzudrehen. Die Apparatur ist wenigstens zehn Minuten vor Beginn der Messungen an den Beobachtungsplatz zu stellen, damit sie mit der Lufttemperatur ins thermische Gleichgewicht kommt. Das Galvanometer selbst muß vor direkter Sonnenbestrahlung geschützt werden, da es sonst gefälschte Werte anzeigt. Vor und nach jeder Strahlungsablesung muß in einem Rhythmus von je zwanzig Sekunden auch die Nullage abgelesen und der Auswertung die Differenz zwischen Ausschlag und mittlerer Nullage zugrunde gelegt werden. Um die Reibung in den Spitzenlagern zu überwinden, muß man vor jeder Ablesung an einer Seitenwand des Galvanometers leicht klopfen. Für sorgfältige Meßreihen empfiehlt es sich, in einer kontinuierlichen Serie in Zeitabständen von je zwanzig Sekunden alternierende Ablesungen der Nullage und des Strahlungsausschlages vorzunehmen und 3 bis 6 Ausschläge den gemittelten Werten der Nullage zuzuordnen.

Die Bestimmung des Eichfaktors des Pyrheliometers hat durch eingehende Parallelmeßserien mit einem anderen Instrument von genau bekannter Empfindlichkeit zu erfolgen. Der Eichfaktor gilt genau nur für die Kombination des betreffenden Pyrheliometers mit dem zugehörigen Galvanometer und Kabel, da durch Änderung des Widerstandes dieser Teile auch eine Empfindlichkeitsänderung hervorgerufen werden kann.

Durch Verwendung geeigneter Glasfilter kann man den ganzen Spektralbereich der Sonnenstrahlung noch unterteilen. Zu diesem

Zwecke ist vor dem Tubus (vgl. Abb. 1) ein drehbarer Filterring angebracht, in dem Glasfilter eingesetzt sind. An Stelle der in den letzten Jahren von Kipp & Zonen gelieferten Filter, die in optischer Beziehung nicht so günstig sind, empfiehlt es sich, die Filter RG 2 und OG 1 von Schott & Gen. zu verwenden, die sich wegen ihrer Durchlässigkeit besonders gut für aktinometrische Messungen eignen und für diesen Zweck international eingeführt sind. Das Gelbglas OG 1 läßt alle langwellige Strahlung oberhalb 524 mμ, das Rotglas RG 2 diejenige oberhalb 623 mμ durch. RG 2 verwendet man am besten in einer Dicke von 1,5 mm, OG 1 in einer solchen von 2,4 mm. Wenn man die mit einem solchen Filter gemessenen Strahlungswerte um 13 % erhöht bzw. mit 1,13 multipliziert, erhält man die wahren Strahlungsenergien der Sonnenstrahlung von 524 mμ bzw. 623 mμ bis zum langwelligen Ende des Sonnenspektrums und zwar befreit von allen Absorptions- und Reflexionsverlusten.

Auf Grund von Messungen der kalorischen Sonnenstrahlung mit Rotfilter, Gelbfilter und ohne Filter kann man nach Anbringung der genannten Korrektion von 13 % die Energie der Totalstrahlung und dreier Teilbereiche berechnen. Es ist dann

T	Totalstrahlung
RG 2	Rot und Ultrarot ($>$ 623 mμ)
OG 1–RG 2	Gelb und Grün (524 bis 623 mμ)
T–OG 1	Blau und Violett ($<$ 524 mμ).

Von diesen Bereichen umfaßt der langwellige RG 2 etwa zwei Drittel der ganzen Strahlungsenergie, der mittlere OG 1–RG 2 ist nur schmal, schließt jedoch das Maximum des Energiespektrums im Gelb ein, und der kurzwellige T–OG 1 zeigt die relativ größten klimatischen Variationen.

Eine Öffnung im Filterring bleibt für die Messung der Totalstrahlung frei, in eine weitere kann für denselben Zweck ein planparalleles Quarzplättchen als Windschutz eingesetzt werden. Da Quarz für Sonnenstrahlung vollkommen durchlässig ist, erfolgt durch dieses bei starkem Wind notwendige Quarzplättchen keine selektive Absorption sondern lediglich ein Reflexionsverlust von 8 bis 10 % der auffallenden Strahlung. Den genauen Betrag dieses Reflexionsverlustes und die daraus sich ergebende Korrektion kann man durch alternative Messungen mit freier Öffnung und mit Quarzplättchen selbst bestimmen.

Im Pyrheliographen Moll-Gorczynski ([2], [3], [4]) ist das dem geschilderten Pyrheliometer zugrunde liegende Meßprinzip zur Konstruktion eines kostspieligen aber vorzüglichen Registrierapparates zur fortlaufenden Aufzeichnung der Sonnenstrahlungsintensität ausgebaut.

Entsprechend dem Zweck dieses Aufsatzes, eine Übersicht der für Biologen wichtigen Strahlungsmeßmethoden zu geben, soll auf die Instrumente zur ausschließlichen Messung der Sonnenstrahlungsintensität nicht näher eingegangen werden. So wichtig für Astrophysik, Geophysik, Meteorologie und Klimatologie die Kenntnis der Strahlungsenergie der Sonne zur Beurteilung der solaren Emission, der Durchlässigkeit der Atmosphäre und des solaren Strahlungsklimas ist, so wenig kann die Berücksichtigung der Sonnenstrahlung allein bei der Beurteilung einer experimentellen Bestrahlung oder des natürlichen Strahlungsgenusses genügen. Abgesehen von vereinzelten Versuchsanordnungen, wo die diffuse Himmelsstrahlung systematisch ferngehalten wird, muß unter natürlichen Strahlungsbedingungen stets auch noch mit der Wirksamkeit der Himmelsstrahlung gerechnet werden. Würde man bei diesen Untersuchungen nur die direkte Sonnenstrahlung allein berücksichtigen, so würde man zu unrichtigen Resultaten gelangen, ganz besonders bei bewölktem Himmel, wo die Sonnenstrahlung gänzlich wegfällt, die Himmelsstrahlung jedoch tagsüber ständig wirksam bleibt.

4. Kalorimetrische Methoden zur Messung der Globalstrahlung von Sonne und Himmel.

Sehr viel wichtiger für biologische Strahlungsuntersuchungen als die Messung der direkten Sonnenstrahlung allein, ist, wie oben schon angeführt wurde, die ständige Aufzeichnung der von Sonne und Himmel einfallenden Globalstrahlung. Nur auf diese Weise kann alle dem biologischen Versuchsobjekt ständig und bei jeder Witterung zufallende Strahlung einwandfrei erfaßt werden. Solche Messungen werden deshalb bei biologischen Strahlungsuntersuchungen noch viel mehr Eingang finden müssen, als dies bisher der Fall war. Erfreulicherweise können heute für diese Fragestellung wesentlich mehr und geeignetere Methoden empfohlen werden als noch vor zehn Jahren. Die Instrumente zur Messung der Wärmeeinstrahlung von Sonne