Zeitschrift: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Graubünden
Band: 81 (1946-1948)

Artikel: Erfahrungen mit einem Kompensationspyrheliometer
Autor: Thams, J.C.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-594932

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: 16.07.2025

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

Erfahrungen mit einem Kompensationspyrheliometer

Von *J. C. Thams*

(Aus dem Osservatorio Ticinese della Centrale Meteorologica Svizzera, Locarno-Monti)

Obwohl im täglichen Betrieb der Strahlungsobservatorien das Kompensationspyrheliometer von *K. Angström* zur Messung der Intensität der Sonnenstrahlung immer mehr durch die hochwertige Thermosäule verdrängt wurde, hat es doch durch fünf Jahrzehnte hindurch seine Stellung als das am meisten verbreitete Absolutinstrument behaupten können und behauptet sie heute noch. Seit der Konstruktion des ersten Kompensationspyrheliometers durch K. Angström im Jahre 1893 ist eine Reihe von neuen Absolutpyrheliometern gebaut worden. Wir erinnern hier nur an das Waterflow-Pyrheliometer von *C. G. Abbot*, an das Pyrheliometer von *C. Tingwaldt* (Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin) und an das Eispyrheliometer von *W. A. Michelson* und *F. E. Volochine*.[1, 2] Bei diesen Neukonstruktionen handelt es sich jedoch um Instrumente, die nicht nur einen technisch recht komplizierten und umfangreichen Aufbau haben, sondern auch in der Handhabung sehr schwierig sind. Man findet sie daher nur in einigen großen Spezialobservatorien, in denen vor allem das Problem der sogenannten Standardskalen studiert wird. Für kleinere Institute ist jedoch das

---

[1] E. Kleinschmidt, Handbuch der meteorologischen Instrumente, Berlin 1935.

[2] W. Mörikofer, Meteorologische Strahlungsmeßmethoden (Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, herausgegeben von E. Abderhalden), Berlin und Wien 1939.

alte Kompensationspyrheliometer von K. Angström auch heute noch das gegebene absolute Meßgerät zur Eichung und Überwachung der Relativinstrumente, handle es sich nun um Pyrheliometer mit Thermosäulen oder um Bimetallaktinometer.

Im Laufe der Jahrzehnte sind an dem Instrument von K. Angström kleinere Umänderungen vorgenommen worden; in den wesentlichen Teilen blieb es jedoch unverändert. Mit den heute zur Verfügung stehenden technischen Mitteln würden sich allerdings viele Verbesserungen durchführen lassen, und es wäre sehr wertvoll, einmal zu untersuchen, ob man mit einem technisch wirklich durchkonstruierten Kompensationspyrheliometer nach Angströms Prinzip die Genauigkeit der Sonnenintensitätsmessungen nicht noch steigern könnte.

F. E. Volochine hat nun an einem Kompensationspyrheliometer Angströmscher Originalkonstruktion den wichtigsten, nämlich den strahlungsempfangenden Teil geändert. Wir hatten Gelegenheit, ein solches Pyrheliometer, das uns in zuvorkommender Weise von der *Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel* zur Verfügung gestellt wurde, in unserem Institut zu prüfen, und wir wollen nun im folgenden über unsere Erfahrungen berichten.

Auf die sehr delikaten Fragen der Standardskala in der Absolutpyrheliometrie können wir in dieser Arbeit nicht eingehen. Die bei Kompensationspyrheliometern auftretenden Differenzen sind in langen und sehr sorgfältigen Meßreihen am *Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos* von *W. Mörikofer* und seinen Mitarbeitern untersucht worden.[3] Wir werden später noch darauf zu sprechen kommen.

Das Kompensationspyrheliometer von K. Angström beruht bekanntlich auf folgendem Prinzip (siehe Fig. 1): Zwei nebeneinander liegende geschwärzte Metallstreifen von möglichst gleicher physikalischer Beschaffenheit sind so in einem Tubus untergebracht, daß sie von den Sonnenstrahlen senkrecht getroffen werden. Bei der Exposition wird abwechs-

---

[3] Secrétariat de l'Organisation Météorologique Internationale Nr. 33, Strahlungskommission, Protokolle der Sitzungen in Oxford, 12.—15. September 1936, Leyde 1937.

lungsweise ein Streifen beschattet, der andere der vollen Sonnenstrahlung ausgesetzt. Durch Absorption nimmt der bestrahlte Streifen natürlich eine höhere Temperatur an. Heizt man nun mit Hilfe eines elektrischen Stromes den beschatteten Streifen so lange, bis er die gleiche Temperatur wie der bestrahlte hat, dann muß die zugeführte elektrische Energie gleich der von der Sonne kommenden sein. Die Temperatur der Streifen wird thermoelektrisch gemessen; die Lötstellen befinden sich hinter den Streifen (Lamellen).

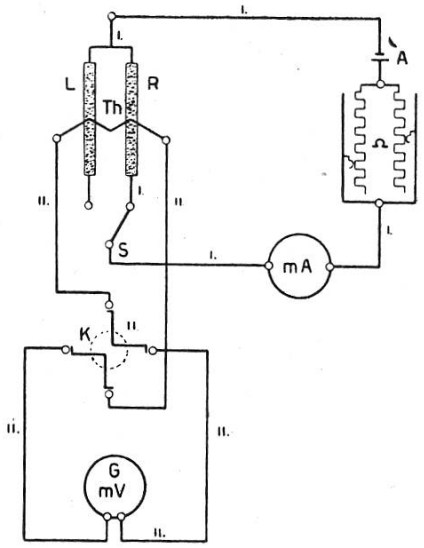

Fig. 1

Schaltschema des Kompensationspyrheliometers Angström-Volochine als Absolut- und Relativinstrument

I Heizstromkreis: A Akkumulator, Ω Schiebewiderstand, mA Milliampèremeter, S Schalter, L bzw. R Lamellen.

II Thermostromkreis: Th Thermoelement, K Kreuzschalter (Stromwender), G bzw. mV Galvanometer bzw. Millivoltmeter.

Es gilt dann folgende Beziehung:

$$I = i^2 \cdot k.$$

Die Intensität der Sonnenstrahlung I in cal cm^{-2} min^{-1} ist proportional dem Produkt aus dem Quadrat der Stromstärke und der Konstanten k. Für k gilt:

$$k = \frac{l \cdot w \cdot 14.32}{l \cdot b \cdot A}$$

Hier ist l die Länge, b die Breite des Streifens, w der Widerstand in Ohm/cm, A das Absorptionsvermögen, das meist mit 0.98 angenommen wird. Die Metallstreifen haben ungefähr eine Größe von 0.01 × 2 × 20 mm (Original-Angström). Sind die Größen w und b im Laboratorium ausgemessen, so läßt sich k auf die einfachste Weise berechnen.

I. Die Berechnung von k aus den physikalischen Größen

Bei dem von F. E. Volochine abgeänderten Pyrheliometer sind die Metallstreifen (Lamellen) wesentlich breiter, statt 2 ungefähr 3 mm. Um die mittlere Temperatur des Streifens genauer erfassen zu können, wird die Temperatur wie beim Original-Angström nicht nur in der Mitte, sondern auf der ganzen Länge der Lamelle bestimmt. Hierzu dient eine 14gliedrige Thermosäule. Der Schalter, der beim alten Instrument am Ebonitsockel des Pyrheliometers selber befestigt ist, ist bei dem neuen Gerät von diesem getrennt. Man montiert denselben einfach auf dem Instrumententisch. Das ist unbestreitbar ein großer Vorteil. Nicht nur gab es bei der Schaltvorrichtung des alten Instrumentes immer wieder Kontaktstörungen, bei jeder Umschaltung auf eine andere Lamelle wurde auch die Einstellung des Instrumentes zur Sonne geändert.

Für die Berechnung der Konstanten k liegen von F. E. Volochine die Bestimmungen von w, b und A vor: w = 0.208 Ohm/cm ± 1 %, Breite der Lamellen = 0.305 cm ± 0.5 %, A = 0.97. Daraus berechnet sich k zu 10.07 (Angström-Skala).

Da Vergleichsmessungen des neuen Kompensationspyrheliometers mit Pyrheliometern, die sorgfältig an den internationalen Standard angeschlossen waren, höhere k-Werte ergaben, haben wir die Größen b und w in der *Physikalischen Anstalt der Universität Basel* neu bestimmen lassen. Herrn *Prof. Dr. E. Miescher* und seinem Assistenten Herrn *Dr. Hälg* sei an dieser Stelle für ihre Bereitwilligkeit, diese Messungen durchgeführt zu haben, bestens gedankt.

Die Breite der Lamellen ist auf der ganzen Länge nicht dieselbe. Für die rechte Lamelle[4] bekommen wir an drei Meßpunkten «oben», «in der Mitte» und «unten» folgende Werte: 2.96 mm, 3.00 mm und 3.10 mm, Mittelwert 2.99 mm; für die linke Lamelle 2.99 mm, 2.96 mm und 3.03 mm, Mittelwert 2.99 mm. Die Bestimmung von w gestaltete sich bei den bereits eingebauten Lamellen recht schwierig. Der neue Wert stimmt aber mit dem von Volochine recht gut überein, w = 0.206 Ohm/cm.

Berechnet man mit diesen neuen Werten k, so erhält man k = 10.17 (Angström-Skala). Vergleichsmessungen ergaben jedoch k = 11.04 (Angström-Skala), also einen Wert, der um nahezu 9 % größer ist.

Die wirkliche Ursache dieser Differenz anzugeben, ist ohne umständliche Versuche, bei denen man auch das Instrument konstruktiv verändern müßte, nicht möglich. Sicher ist, daß auch bei diesem Pyrheliometer der sogenannte «*Randeffekt*» eine Rolle spielt. Der Randeffekt beruht bekanntlich darauf, daß die elektrisch geheizte Lamelle auf der ganzen Länge die gleiche Temperatur besitzt, während das für die bestrahlte Lamelle wegen der Schutzwirkung des Diaphragmas nicht zutrifft. Durch die so beschatteten Partien entsteht von der Mitte der Lamellen nach ihren Enden hin ein Wärmestrom, der sich natürlich auf die Temperatur der ganzen Lamelle auswirkt. Dieser Randeffekt hat zur Folge, daß zu *kleine* Beträge der Strahlungsintensität gemessen werden; beim Original-Angström kann dieser Fehler im Maximum 2,8 % betragen. Es ist wahrscheinlich, daß der Randeffekt beim Pyrheliometer Angström-Volochine eher größer ist und das aus zwei Gründen: Erstens ist hier die Randabdeckung, bezogen auf die gesamte freie Länge der Lamellen, größer, da wegen der besonderen Art der Montierung die Lamellen über den inneren Rand des Schieferrahmens hinausragen; zweitens wird hier die Temperatur der Lamelle nicht nur in der Mitte, sondern auf der ganzen Länge des Streifens gemessen; die

---

[4] Als rechte Lamelle ist in dieser Arbeit diejenige bezeichnet, die zur rechten Hand liegt, wenn der Beobachter in die Sonne schaut.

Temperatur der beschatteten Partien geht also in die mittlere Temperatur der bestrahlten Lamelle ein. Die zur Kompensation nötige Stromstärke ist daher zu klein, der Eichfaktor fällt bei den Vergleichsmessungen zu groß aus.

Allerdings läßt sich wohl nur ein Teil des Fehlerbetrages von 9 % durch diesen Randeffekt erklären. Vermutlich ist aber auch das Absorptionsvermögen A = 0.97 (nach Angabe von Volochine) zu hoch angenommen. Betrachtet man die Lamellenoberfläche bei starker Vergrößerung, so hat man nicht den Eindruck einer überall gleichmäßigen Schwärzung. Leider ist es bei Flächen so kleiner Ausdehnung kaum möglich, im Laboratorium das Absorptionsvermögen mit genügender Sicherheit zu bestimmen, so daß wir hier auf Vermutungen angewiesen bleiben.[5]

II. Die Vergleichsmessungen

Unser ursprünglicher Plan, die Vergleichsmessungen mit einem Original-Kompensationspyrheliometer Angström durchzuführen, ließ sich aus arbeitstechnischen Gründen leider nicht verwirklichen. Wir mußten den Anschluß über ein Relativpyrheliometer vornehmen. Dazu diente uns ein Pyrheliometer eigener Konstruktion, das, stark gepanzert, mit einer Mollschen Thermosäule ausgerüstet ist. Dieses Instrument PT 45 wurde sehr sorgfältig an das Original-Kompensationspyrheliometer Angström Nr. 68, das uns Herr *Prof. P. L. Mercanton* (Lausanne) in zuvorkommender Weise zur Verfügung stellte, angeschlossen und ständig überwacht. Auch zwischen dem Angström Nr. 68 und dem Silverdiskpyrheliometer Nr. 13 *(Lichtklimatisches Observatorium Arosa)* wurden eingehende Vergleiche gemacht. Das Pyrheliometer PT 45 hat sich ausgezeichnet bewährt. Der mittlere Fehler beläuft sich auf ± 0.46 %.

---

[5] Wie später durchgeführte eingehende Versuche gezeigt haben, läßt sich die Differenz von 9 % praktisch ganz durch den Randeffekt erklären. Wir werden in einer besonderen Arbeit auf dieses Problem zurückkommen.

Das Resultat unserer Vergleiche zwischen dem Kompensationspyrheliometer Angström-Volochine und dem Pyrheliometer PT 45 (42 Vergleichsserien) ist das folgende: Die Konstante k beläuft sich auf 11.04 (Angström-Skala). Der mittlere Fehler ist $\pm$ 0.8 %.

Eine allerdings viel kürzere, direkte Vergleichsserie mit dem Silverdiskpyrheliometer Nr. 13 ergab k = 11.02 (Angström-Skala). Die Werte stimmen also gut miteinander überein. Auch ein Vergleich mit einem Pyrheliometer des Observatoriums Davos führte zu einem ähnlichen Ergebnis (k = 11.00). Die Schwankungen liegen innerhalb der Fehlergrenzen.

Der mittlere Fehler von 0.8 % entspricht etwa den Werten, die man auch sonst bei Angström-Pyrheliometern und anderen guten Instrumenten zur Messung der Sonnenintensität zu erwarten hat. Die Größe des Fehlers wird natürlich auch durch die verschieden großen Öffnungswinkel bei den Vergleichsinstrumenten beeinflußt.

III. Das Kompensationspyrheliometer als Relativinstrument

Bei den an den meisten Observatorien im Betriebe befindlichen Kompensationspyrheliometern handelt es sich ja, streng genommen, nicht um Absolutinstrumente. Das Eichinstitut in Upsala[6] teilt den Empfängern in der Regel zwei Konstanten mit; die eine wird rein durch die Bestimmung der physikalischen Größen gewonnen, während sich die andere aus Vergleichsmessungen mit dem Standard-Pyrheliometer Nr. 70 von Upsala ergibt.[7] Man entscheidet sich aus Gründen besserer Vergleichbarkeit natürlich für die letztere Konstante. Die Vergleichsmessungen werden übrigens in

---

[6] Internationales Eichinstitut ist jetzt das «Physikalisch-Meteorologische Observatorium Davos».

[7] Die Differenz zwischen den beiden Konstanten ist nicht zu vernachlässigen. Bei dem uns zur Verfügung stehenden Angström-Pyrheliometer Nr. 68 (Lausanne) ist der aus den physikalischen Größen berechnete k-Wert um rund 2 % größer als der aus den Vergleichsmessungen resultierende.

Upsala dann abgeschlossen, wenn der mittlere Fehler 1 % nicht überschreitet. Genau genommen handelt es sich also bei den von Upsala ausgehenden Kompensationspyrheliometern um heizbare Relativinstrumente. Jedes andere gute Pyrheliometer könnte den gleichen Zweck erfüllen.

Auf Grund dieser Tatsachen haben wir uns die Frage vorgelegt, ob es nicht ebensogut möglich sei, das Angström-Pyrheliometer ohne Heizung als Relativinstrument zu benutzen. Denn jeder, der mit Angström-Pyrheliometern gearbeitet hat, weiß, wie umständlich die Messungen sind und wie viele Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden müssen, um einwandfreie Messungen zu erhalten. Besonders bei Arbeiten im Gelände ist der Transport der Hilfsinstrumente, vor allem des Akkumulators, recht hinderlich.

Verwendet man das Angström-Pyrheliometer als Relativinstrument, so besteht die Messung einfach in der Bestimmung des Thermostromes, der von dem System bestrahlte Lamelle/beschattete Lamelle abgegeben wird. Dieser Strom ist beim Original-Angström recht klein, da die Temperaturdifferenz ja nur mit einem Paar Lötstellen gemessen wird. Um Ausschläge zu erhalten, mit denen man die Strahlung noch mit hinreichender Genauigkeit bestimmen kann, müßte man beim Original-Angström Spiegelgalvanometer verwenden, wodurch die ganze Messung aber wieder viel zu kompliziert würde. Der Original-Angström kommt daher als Relativinstrument nicht in Frage.

Anders sind die Verhältnisse bei dem von Volochine abgeänderten Angström-Pyrheliometer. Hier ist der Thermostrom groß genug, um noch mit einem spitzengelagerten Galvanometer gemessen werden zu können. Die nun folgenden Ausführungen beziehen sich auf Messungen mit diesem Instrument. Wir benutzten ein Millivoltmeter der Firma Trüb-Täuber & Co. (Zürich), das zwar ursprünglich nicht für diesen Zweck bestimmt war, sich aber recht gut bewährt hat. (Elektrische Daten: Instrument-Nr. 712 496, Empfindlichkeit $0.5 \cdot 10^{-6}$ A/Teilstrich, 75 mA = 150 Teilstriche, Drehspulwiderstand 60 Ohm, Meßbereiche 0—15, 0—30, 0—45 mV.)

Bei einer Einstrahlung von 1 cal. cm^{-2} min^{-1} erhielten wir einen Ausschlag von rund 50 Skalenteilen, wobei $^1/_{10}$ Skalenteil noch sicher geschätzt werden konnte.

Bei der Messung wurde abwechselnd in einem Rhythmus von 30 Sekunden die linke oder rechte Lamelle bestrahlt bzw. beschattet. Man muß dann natürlich zwischen Pyrheliometer und Millivoltmeter einen Kreuzschalter (Stromwender) einbauen (siehe Fig. 1). Als Nullpunkt wurde jener des Galvanometers genommen.

Als Beispiel einer Meßserie sei die vom 10. April 1947 angeführt:

Zeit MEZ	Rechte Lamelle bestrahlt (I)	Linke Lamelle bestrahlt (II)
11.26	72.3 Skalenteile	73.7 Skalenteile
	72.2	73.8
	72.3	73.8
	72.3	73.8
	72.3	73.8
	72.6	73.8
	72.3	73.8
	72.0	73.8
	72.2	73.8
11.36	72.3	73.9
Mittel	72.28	73.80

Mittel aus I und II = 73.04.

Vom 28. Oktober 1946 bis 12. Juni 1947 wurden mit dem Pyrheliometer Angström-Volochine als Relativinstrument 152 Eichserien dieser Art durchgeführt. Als Vergleichsinstrument diente das schon erwähnte Pyrheliometer PT 45.

Die Ergebnisse. Wie das Beispiel vom 10. April bereits zeigt, ist der erzeugte Thermostrom bei der Bestrahlung der rechten und linken Lamelle nicht gleich groß. Im Mittel beträgt das Verhältnis Q = Thermostrom linke Lamelle/Thermostrom rechte Lamelle 1.023. Q zeigt zudem eine Abhängigkeit von der Temperatur. So nimmt Q bei einer Temperaturzunahme (Lufttemperatur) von 4° auf 24° von 1.016 auf 1.033

zu. Das erklärt sich aus der Temperaturabhängigkeit des Eichfaktors, auf die wir später noch zu sprechen kommen.

Berechnet man den Eichfaktor E aus dem Mittel der Thermoströme beider Lamellen, so erhält man für 1 Skalenteil den Wert 0.02034 cal cm^{-2} min^{-1}. Der mittlere Fehler des Einzelwertes beläuft sich auf $\pm$ 1.7 %, der des Mittelwertes auf 0.1 % (berechnet nach der Methode der kleinsten Quadrate). Wir haben auch für die rechte und linke Lamelle gesondert die Eichfaktoren und mittleren Fehler berechnet. So bekommen wir für die rechte bzw. linke Lamelle folgende Werte:

Rechte Lamelle:

$$E = 0.02057 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$$
Mittlerer Fehler $\pm$ 2.1 %.

Linke Lamelle:

$$E = 0.02012 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$$
Mittlerer Fehler $\pm$ 1.5 %.

Leider besitzt das Pyrheliometer Angström-Volochine keine Vorrichtung, um die Instrumententemperatur messen zu können. Auch an Pyrheliometern anderer und neuerer Konstruktion fehlt häufig diese nützliche Einrichtung. Da wir eine Temperaturabhängigkeit der Eichfaktoren vermuteten, haben wir uns so beholfen, daß wir bei jeder Meßserie die Lufttemperatur bestimmten. Hierbei handelt es sich selbstverständlich um einen Notbehelf; denn die Lufttemperatur wird nicht durchwegs mit der Instrumententemperatur parallel gehen.

In der Figur 2 ist die Abhängigkeit der Eichfaktoren von der Lufttemperatur dargestellt. Die Kurve RL bezieht sich auf den Thermostrom der rechten *und* linken Lamelle 1/2 (R + L), die Kurve R auf den Thermostrom der rechten und L auf den der linken Lamelle. Nur für die Kurve RL haben wir die Meßpunkte eingetragen. Die großen, schwarz ausgefüllten Kreise vereinigen bei Temperaturstufen von 2 zu 2 Grad Messungen mit einer Anzahl von 8—21 Serien, den kleinen Kreisen liegen nur relativ wenige Serien zu Grunde.

Die mittlere Streuung schwankt bei den Punkten 31, 24, 21, 14, 17 und 15 zwischen 0.6 und 1.3 % des jeweiligen Mittelwertes. Man darf wohl annehmen, daß unter Zugrundelegung der Instrumententemperatur die Schwankungen noch kleiner sein würden.

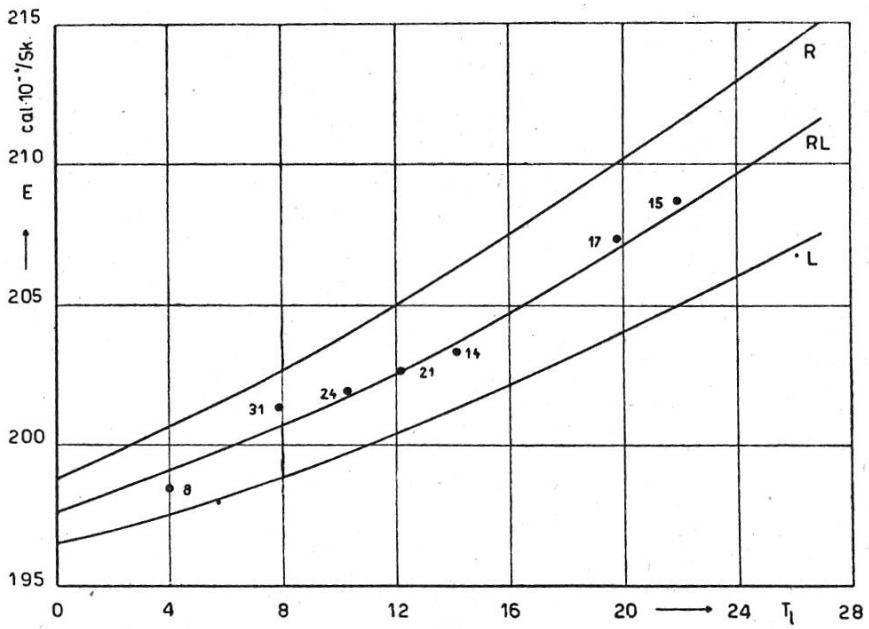

Fig. 2
Die Abhängigkeit des Eichfaktors von der Lufttemperatur
R bei Bestrahlung der rechten Lamelle.
L bei Bestrahlung der linken Lamelle.
RL Mittelwert aus R und L.

Berechnet man nun unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit die Fehler, so erhalten wir folgende Werte:

a) für RL mittlerer Fehler des Einzelwertes ± 0.95 %,
b) für R ± 1.10 %,
c) für L ± 0.89 %.

Unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit des Eichfaktors ist also der mittlere Fehler des Pyrheliometers Angström-Volochine nicht größer als bei anderen guten Pyrheliometern.[8] Das Instrument eignet sich also auch als Relativpyrheliometer.

---

8 W. Mörikofer und Chr. Thams, Erfahrungen mit dem thermoelektrischen Pyrheliographen Moll-Gorczynski, Meteorologische Zeitschrift, **53**, S. 22, 1936.

Da Bestrebungen im Gange sind, das Kompensationspyrheliometer von K. Angström wesentlich zu verbessern, sollte man bei neuen Konstruktionsplänen auch die Möglichkeit berücksichtigen, das Pyrheliometer als Relativinstrument benutzen zu können. Auf diesem Wege würde es sich erübrigen, ein weiteres Pyrheliometer für laufende Messungen anzuschaffen, handle es sich nun um Bimetallaktinometer nach Michelson oder um Pyrheliometer mit Thermosäulen. Für tägliche Messungen sind Absolutinstrumente im allgemeinen viel zu umständlich. Das elektrische Instrumentarium müßte nicht vermehrt werden, da das sogenannte Nullgalvanometer ohne große Schwierigkeit als Millivoltmeter ausgebaut werden könnte. Zudem wäre es möglich, die Eichungen mit ein und demselben Instrument vorzunehmen, indem man das Pyrheliometer alternativ als Absolut- und Relativinstrument verwendet.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, am Schlusse dieser Arbeit Herrn *Dr. Max Bider* (Basel) für manchen Rat zu danken; der gleiche Dank gebührt Frl. *Camilla Gilardi* (Locarno-Monti), die mit mir die zeitweise sehr mühsamen Vergleichsmessungen durchführte.