

## Vorschläge für meteorologische Messungen bei künftiger Grönland-Expedition

Von Dr. J. Georgi, Hamburg.

Durch Entgegenkommen von Herrn Paul-Emile Victor, Leiter und Organisator der „Expéditions Polaires Françaises“ mit ihren bedeutsamen Überwinterungsstationen und Feldarbeiten auf Grönland 1948—51, sowie im antarktischen Adélie-Land seit 1948 erhielten die Teilnehmer der letzten Grönland-Expedition Professor Alfred Wegeners, Dozent Dr. habil. B. Brockamp als seismischer und der Berichterstatter als meteorologischer Geophysiker Gelegenheit, in Straßburg und Paris mit den französischen Expeditionsteilnehmern zahlreiche Fragen der Messung, Auswertung und Verarbeitung des gewaltigen, neuen Beobachtungsmaterials zu erörtern. Auf Wunsch des Herrn Victor hat der Berichterstatter einige, sein Fachgebiet betreffende Gedanken für künftige Grönlandarbeit unter dem 10. 8. 1952 für ihn zusammengestellt. Da die damals ins Auge gefaßte Fortsetzung der französischen Grönlandarbeit zugunsten der verstärkten Aktivität in der Antarktis vertagt wurde, hat Herr Victor in dankenswerter Weise der Schriftleitung der „Polarforschung“ den Abdruck dieser Ausführungen erlaubt.

Sehr geehrter Herr Victor!

Hamburg, 10. 8. 1952.

### I. Strahlungs-Messungen.

1. Für die Beurteilung des augenblicklichen Zustandes des Inlandeises (ob stationär, ab- oder zunehmend) ist die Kenntnis der Einstrahlung sowie der Strahlungs-Umsetzungen bei Absorption, Reflexion, Diffusion, schließlich des Wärmeverbrauches bei Schmelzen und Verdunsten wichtig, und zwar gleichzeitig an möglichst vielen Punkten des Inlandeises gemessen. Ich darf hier nur verweisen auf die umfangreichen Arbeiten Ahlmanns und seiner Mitarbeiter auf Spitzbergen<sup>1)</sup>, sowie auf die Messungen von E. Etienne 1938 in West-Grönland<sup>2)</sup>.

Dieselben Messungen sind von größter Bedeutung für die Kenntnis des atmosphärischen Zustandes über der Küste und dem Inlandeis. Die Messung der Sonnen-Intensität in verschiedenen Spektral-Gebieten mittels der üblichen Rot- und Gelbfilter erlaubt, auf Grund der verschiedenartigen Trübung Art und Herkunft der jeweiligen Luftkörper zu beurteilen, wofür erst kürzlich W. Schüpp<sup>3)</sup> überzeugende Beispiele beigebracht hat. Auch die kürzlich erschienene Arbeit von Hoock<sup>4)</sup> unterstreicht die Wichtigkeit von Strahlungsmessungen für die Glazio- und Hydrologie.

Besonders interessiert die Mächtigkeit der Ozonschicht in 20 bis 35 km Höhe über Grönland. Hier müßte vor allem aufgeklärt werden, ob die von mir 1930/31 gefundene Erscheinung reell oder durch Apparatfehler verursacht ist: In<sup>4)</sup> S. 462 Abb. 13 ist dargestellt, daß die Strahlungsmessungen von März und April 1931, und zwar sowohl Gesamt-, Rot- und Gelbstrahlung bei gleicher Sonnenhöhe wesentlich höhere Intensitäten ergaben als in den übrigen Monaten. Es ist unwahrscheinlich, daß so lange Zeit hindurch die atmosphärische Trübung so viel geringer gewesen sein soll als zu irgendeiner Zeit während des übrigen Jahres. Andererseits erreicht gerade in dieser Jahreszeit und geographischen Breite die hohe Ozon-Schicht ihr Maximum, da das Ozon durch das UV der Sonne lebhaft neugebildet wird, während der gleichzeitige Abbau infolge der noch tiefen Temperaturen in der betreffenden Höhe niedrig bleibt. Es hätte also erwartet werden sollen, daß die mit dem gleichen Instrument gemessene Energie der Sonnenstrahlung gerade im Frühjahr durch die nicht zu vernachlässigende Absorption in der Chappuis-Bande merklich erniedrigt wäre, anstatt tatsächlich einen Höchstwert zu erreichen.<sup>5)</sup>

Schließlich sind Messungen der Albedo, wenn möglich, in verschiedenen Spektralbereichen, wichtig für die Nachprüfung, ob W. Wundt<sup>6)</sup> mit Recht in der Albedo großer Schnee- und Eisflächen einen wichtigen Faktor für die Bildung eines Inlandeises sieht.

Besonders interessant müßten direkte Messungen der Intensität der UV-Strahlung sein, im Vergleich mit der Intensitätsänderung in den übrigen Spektralbereichen, und zwar getrennt für Sonnen- und Himmels-UV. Es sei daran erinnert, daß F. Dannmeyer<sup>7a, 7b</sup> 1926 und 1927 auf NW-Island erstmals den sehr viel größeren Anteil des Himmels-UV gegenüber unseren Breiten festgestellt hatte. Eine besondere Rolle spielen dabei, wie Messungen bei ei-Bewölkung zeigten, in der Atmosphäre schwebende, reflektierende Eiskristalle, — wie sie ja auch über dem Inlandeis häufig sind. Darf man die Erfahrungen, die Dannmeyer auf Island, später W. W. Coblenz in der kanadischen Arktis, K. Lunelund in Finnland gewann, auf das Inlandeis in 2—3 km Höhe übertragen?

In der Diskussion der Pyranometer-Messungen der Wegener-Expedition hat die Frage eine Rolle gespielt, ob die ungewöhnlich hohen Werte der Globalstrahlung, die an der Weststation registriert wurden, reell und durch diffuses, von der Schneefläche reflektiertes Licht verursacht seien<sup>28)</sup> Bd. IV 1 S. 512. Falls Strahlungsmessungen angestellt werden, sollte versucht werden, auch diese, heute noch strittige Frage zu klären. Leider ist die Berechnung der Pyranometer-Messungen in „Eismitte“ 1930/31, obwohl schon 1936 fertiggestellt, nicht in das Expeditionswerk aufgenommen und der Wissenschaft noch heute unbekannt.

## II. Strahlungs-Meßgeräte.

Hier ist es nötig, auf die verschiedenen instrumentellen Möglichkeiten einzugehen. Einwandfrei auswertbare Strahlungsmessungen bieten oft schon in unserem Klima gewisse Schwierigkeiten, — wieviel mehr im extrem-arktischen Klima. Derartige instrumentelle Bedenken, die auch von dem bekannten Ozonosphärenforscher Prof. Vassy, Paris, in einer Unterredung mit dem Berichterstatter geäußert wurden, müssen ernst genommen werden; sie dürften die Ursache dafür gewesen sein, daß Strahlungsmessungen bei den Grönland-Expeditionen 1948—51 kaum betrieben wurden.

1. **Gesamtstrahlung der Sonne, Intensität einzelner Spektralbereiche.** Hierfür dürfte sich als Routine-Instrument noch immer das Michelson-Bimetall-Aktinometer mit einem Satz „Potsdamer Normalfilter“ empfehlen. Als ich im Herbst 1951 mit meinem eigenen neuen Pyrheliometer am Meteorologischen Hauptobservatorium Potsdam Vergleichsmessungen ausführte, konnte ich mich davon überzeugen, daß die von der Feinmechanischen Werkstätte Schulse, jetzt Matting & Wiesenberg in Potsdam neu gebauten Michelson-Aktinometer sehr verbessert sind. Sie werden mit den durch W. Feußner genau untersuchten Normalfiltern versehen und von dem Observatorium durch Vergleich mit einem mehrfach neu verglichenen „Silver-Disk“-Aktinometer an die „Smithsonian Revised Scale 1913“ angeschlossen.

Für den Feldgebrauch müßte freilich dieses Instrument, statt des bisherigen altazimutalen Stativs mit einem, wenn auch noch so einfachen parallaktischen Stativ versehen werden, was die Nachführung nach der Sonne sehr erleichtert. Verf. hat mehrere solche Stative entwickelt.<sup>30)</sup>

Ferner sollte zur Bedingung gemacht werden, daß ein empfindliches Hg-Thermometer jederzeit die Temperatur des die Bimetall-Lamelle unmittelbar umgebenden Metallkörpers genau zu messen gestattet, was mittels der sog. „Temperatur-Schraube“ nur indirekt und unvollkommen möglich ist.

Um die wissenschaftliche Ausbeute dieser sowie der vielen gleichartigen Messungen zu sichern, die fortdauernd an den verschiedensten Stellen ausgeführt werden, wäre es nach meiner Überzeugung am besten, den durch seine bereits rühmend erwähnten Publikationen<sup>3)</sup> als besten Kenner dieses Gebietes ausgewiesenen W. Schüpp, Mitarbeiter am Physikal.-Meteor. Observatorium Davos, jetzt Leiter des Strahlungsdienstes des Belg. Congo (Service Météo, Léopoldville) für die Ausarbeitung genauer Vorschriften und Tabellen für die Anstellung und Ausarbeitung dieser Strahlungsmessungen zu gewinnen.

An dem Filtersatz der Michelson-Aktinometer sollte noch eine kleine Änderung angebracht werden, deren Zweck und Wichtigkeit in<sup>5)</sup> erläutert wird: Statt des

klaren Quarz-Filter sollte ein klares Glasfilter aus dem Filterglas WG 7 von Schott & Gen., Jena, in 2 mm Dicke eingesetzt werden.

Es darf erwähnt werden, daß Verf. kürzlich für das Institut für Bioklimatologie und Meeresheilkunde der Universität Kiel (Direktor: Prof. Dr. H. Pfeleiderer) ein Mehrzweck-Strahlungsgerät für Reisen entwickelt hat. Mittels nur einer Thermosäule nach Moll-Gorczyński der Firma Kipp & Sohn kann wahlweise gemessen werden: Sonnenstrahlung total und gefiltert durch RG 2, OG 1 oder WG 7 (Aktinometer); Globalstrahlung (= Sonne und Himmel, Pyranometer); langwellige Aus- bzw. Einstrahlung (Pyrgeometer); Albedo. Eine Nullserie dieses Gerätes ist zum Gewinnen weiterer Erfahrungen in Fertigung.

**3. Sicherung der Absolutwerte.** So hervorragend das Michelson-Aktinometer durch seine Einfachheit ist — kein Galvanometer oder sonstiges elektrisches Zubehör! — so liegt die Schwierigkeit beim Gebrauch auf Expeditionen in der Erhaltung der ursprünglichen, durch Eichung und Anschluß an eine internationale Skala erhaltenen Umrechnungs-Konstanten, wie bei allen anderen Aktinometern. Es ist ein schweres Handicap, das auf den Beobachtern lastet, daß man niemals, selbst beim Vorhandensein zweier solcher Geräte, genau weiß, ob der ursprüngliche Eichfaktor noch berechtigt ist, oder ob er sich infolge eines zufälligen Stoßes beim Transport oder auch spontan verändert hat.

Daher sollte ein geeignetes Absolut-Strahlungsmeßgerät, ein Pyrheliometer, mitgenommen werden, das zur Nacheichung sämtlicher verwendeter Aktinometer dient. In Betracht kommen: das Silver-Disk-Pyrheliometer des Astrophysikalischen Observatoriums der Smithsonian-Institution in Washington (kein eigentliches Pyrheliometer, aber erfahrungsgemäß fast ebenso konstant wie ein solches); das Angström-Kompensations-Pyrheliometer, das einen beträchtlichen elektrischen Bedarf hat (Ammeter, Null-Instrument, Grob- und Fein-Regelwiderstand, Akku, und dessen Meßwerte völlig von der dauernden Richtigkeit des Strommessers abhängen); schließlich das von mir in den letzten Jahren auf Grund meiner eigenen Erfahrungen in der Arktis und mit besonderem Hinblick auf Expeditions-Verwendung entwickelte kalorische Pyrheliometer. Sein Eichwert ist jederzeit, etwa nach einer notwendig gewordenen Reparatur, mittels eines einzigen, geeichten Hg-Thermometers nachzuprüfen oder neu festzustellen. Es hat vor den beiden genannten Pyrheliometern, die nicht mit Farbfiltern ausgerüstet sind, den Vorteil voraus, daß es mit Potsdamer Rot- und Gelbfilter versehen ist, so daß alle üblichen Strahlungsmessungen damit ebenso wie mit einem Aktinometer, aber stets mit sicherem Eichwert ausgeführt werden können. Es ist kurz beschrieben in <sup>7)</sup>; eine ausführliche Veröffentlichung mit Konstruktionszeichnungen und Gebrauchsanleitung ist in den Veröffentlichungen des Meteorologischen Hauptobservatoriums Potsdam in Vorbereitung. <sup>30)</sup> Das Gerät kann jederzeit in Hamburg besichtigt werden, — wenn die Sonne scheint, auch im Gebrauch.

**4. Erfahrung im Gebrauch!** Jeder Strahlungsmesser ist ein empfindliches physikalisches Instrument mit ganz speziellen Eigenschaften. Will man sich mit diesen erst unter den ohnehin schwierigen Verhältnissen einer arktischen Expedition, etwa erst auf dem Inlandeis selbst vertraut machen, so ist es wahrscheinlich, daß die wissenschaftliche Ausbeute nicht so hoch ist, wie sie sein könnte. Ein vorheriges Training unter vergleichbar schwierigen klimatischen Verhältnissen ist gerade für Strahlungsmessungen sehr wichtig. Es darf daran erinnert werden, daß das deutsche Marine-Ministerium, das während des letzten Weltkrieges mehrere Arktis-Wetterwarten ausgesandt hat, eine eigene Trainings-Station im Riesengebirge für das vorgesehene Personal einrichtete. Eine Übung im Strahlungsmessen kann an jedem Observatorium usw. stattfinden, wo diese Messungen regelmäßig ausgeführt werden. Günstig ist es, wenn bei möglichst großer Zahl von Sonnenstunden zugleich starke Temperaturgegensätze auftreten, da dies auch die besondere Schwierigkeit in der Arktis darstellt.

(Über besonders günstige klimatische Bedingungen für Messung der Sonnenstrahlung scheint das französische Nordafrika zu verfügen. 1913 hat der internationale Spezialist für die Messung der Solarkonstante, Direktor em. des Astro-

physikal. Observatoriums der Smithsonian Inst., C. G. A b b o t, mehrere Monate zu Strahlungsmessungen in B a s s o u r (Algerien, 1100 m Höhe) verbracht. Ein klimatisch besonders geeigneter Punkt scheint der Dschebl Kril, 2008 m, bei Géryville (ca.  $33\frac{1}{2}^{\circ}$  N,  $1^{\circ}$  E) zu sein.)

5. Bisher war die Messung der „Gesamtstrahlung“ der Sonne beim Auftreffen auf eine zur Strahlung senkrechte Fläche, sowie deren Anteile für verschiedene Spektralbereiche behandelt worden.

Ein zweites Gebiet der Strahlungsmessung betrifft die „Global-Strahlung“, worunter im allgemeinen die Strahlung von Sonne und Himmel auf die horizontale Fläche verstanden wird — offensichtlich ein besonders das jeweilige Strahlungsklima in biologischer Hinsicht charakterisierender Wert.

Die Messung der Globalstrahlung geschieht mit Pyranometern verschiedener Bauart. Am verbreitetsten dürfte das Pyranometer (auch „Solarimeter“ genannt) von M o l l - G o r c z y n s k i sein, hergestellt durch Kipp & Zonen, Delft (Holland). Es hat sich bereits in „Eismitte“ 1930/31 bewährt. Ein besonderer Vorteil besteht darin, daß es auch um  $180^{\circ}$  gedreht, also mit der Glaskuppel nach unten gerichtet, zur Messung der A l b e d o benutzt werden kann. Die einzige Schwierigkeit entstand in der starken Abkühlung der Glaskuppel durch Ausstrahlung. Dies bedeutet nicht nur eine Fehlerquelle für die Messungen, sondern auch die Gefahr, daß sich Reste von Wasserdampf innerhalb des Gerätes im Inneren der Glaskuppel niederschlagen, gefrieren und durch die Trübung der Innenfläche einwandfreie Messungen unmöglich machen. Um die Glaskuppel stets reinigen zu können, hatte ich sie später abschraubbar machen lassen, was ich auf jeden Fall empfehlen möchte.

Eine Fälschung der Meßwerte findet nicht nur durch Abkühlung der Glaskuppel durch Ausstrahlung, sondern ebenso bei ihrer Erwärmung durch Einstrahlung statt und zeigt sich in der Inkonstanz des Nullpunktes. Ich habe versucht, durch Ventilation des Zwischenraumes zwischen beiden konzentrischen Kuppeln des heutigen „Solarimeters“ beide Glaskuppeln auf der Lufttemperatur zu halten, die ohnedies jederzeit bekannt ist. Hierdurch scheinen beide Fehlerquellen vermeidbar zu sein <sup>9)</sup>.

Zur Trennung der Global-Strahlung in den Anteil der Himmels- und direkten Sonnen-Einstrahlung wird üblicherweise die Sonne vorübergehend durch einen besonderen, kleinen Schirm abgedeckt. Dieser muß, um Meßfehler zu vermeiden, besonders bei niederem Sonnenstand richtig bemessen und gestaltet sein <sup>9)</sup>. Man kann auch statt dessen die Himmelsstrahlung zeitweise durch einen gegen die Sonne gerichteten, auf das Solarimeter aufgesetzten Tubus abschirmen <sup>10)</sup>. In beiden Fällen muß gleichzeitig die direkte Sonnenstrahlung mit Aktinometer oder Pyrheliometer gemessen werden.

Dank der sehr wirksamen Moll'schen 11-gliedrigen Thermosäule kann als Registriergerät zum Solarimeter ein verhältnismäßig einfaches und robustes Schlagbügel-Galvanometer von Richard Frères, Paris, benutzt werden, natürlich auch einer der verbreiteten Punkt-, Linien- oder Summensreiber.

6. Noch einfacher und robuster, ebenfalls auf Grönland bereits erfolgreich verwendet, ist der reinmechanische Pyranograph (meist Aktinograph genannt) von M. R o b i t z s c h, hergestellt von der Fa. R. Fueß-Berlin/Steglitz. Er schreibt kontinuierlich und macht nicht mehr Mühe und hat keinen größeren Papierverbrauch als ein Thermo- oder Barograph. Die in den früheren Jahren gelegentlich aufgetretenen Unstimmigkeiten bezüglich der Eichung dürften jetzt überwunden sein. Das Instrument gibt eine wertvolle Überwachung des gesamten Strahlungszustandes. In <sup>10a)</sup> ist gezeigt (Abb. 2), wie bei Pyranometern durch Anbringung fester Blenden selbsttätig evtl. mehrmals täglich der Anteil der Himmelsstrahlung allein bestimmt werden kann.

Dieses einfache Pyranometer von Robitzsch ist zugleich ein ebenso einfacher wie empfindlicher Bewölkungsschreiber. Es sollte daher eigentlich keine geophysikalisch-meteorologische Forschungsreise ohne dieses bequeme Instrument ausreisen.

**7. Erprobung neuer Strahlungs-Instrumente.** Wenn bis hierhin Routine-Messungen und -Instrumente aufgeführt wurden, so bietet jede Expedition auch die Mög-

lichkeit, neue Instrumente und Methoden zu erproben. Auch dies ist für den Fortschritt der Strahlungsforschung wichtig.

Allen Meteorologen ist bekannt, und ich konnte mich auch dankenswerterweise mit Herrn Borrel vom Observatoire de Magny les Hamaux näher darüber unterhalten, daß Dr. W. Mörlikofer-Davos z. Zt. das alte „Luzimeter“ von Bellani als Integrator der Globalstrahlung in verbesserter Form neu herausbringt. Gleichgültig, ob dieses oder ein anderes Instrument dieses Typs verwendet wird, so unterscheidet es sich wesentlich von den bisher genannten Pyranometern zur Messung der Globalstrahlung. Denn während bei diesen die Strahlungs-Energie auf eine horizontale Fläche gemessen wird, wird sie bei den Instrumenten des Typs „Bellani“ durch eine Kugelfläche absorbiert. Während die Strahlung auf die horizontale Fläche außer ihrer jeweiligen Energie noch in Abhängigkeit von dem Cosinus des Höhenwinkels steht, so daß z. B. die Strahlung aus 30° Höhenwinkel und darunter nur noch sehr wenig zum Resultat beiträgt, fällt bei der Strahlung auf einen kugelförmigen Absorptionskörper diese Einschränkung fort. Auch strahlungsbiologisch werden die Ergebnisse dieses Typs von „Kugel-Pyranometern“ recht interessant sein; kennen wir doch außer dem Meer, dem Inlandeis und einigen Wüsten nur wenige Flächen im eigentlichen Sinne. Vielmehr lebt die große Mehrzahl der tierischen und pflanzlichen Lebewesen im dreidimensionalen Raume und wird daher von der Sonnen- und Himmelsstrahlung wie eine frei aufgestellte Kugel, nicht aber wie eine horizontale Fläche getroffen. Die kalorische Wirkung der direkten Sonnenstrahlung wird im Laufe des Tages auf die Kugel mit viel geringerer Schwankung ihrer Energie wirken als auf die Fläche. Ganz besonders wird dabei aber die Himmelsstrahlung aus den geringeren Höhenwinkeln ins Gewicht fallen.

Freilich muß berücksichtigt werden, daß eine frei exponierte Kugel auch alle vom Erdboden gerichtet oder diffus reflektierte Strahlung auffängt, und dies dürfte auf dem Inlandeis ein erheblicher Betrag an Strahlungs-Energie sein. Es wäre daher zu empfehlen, an der betreffenden Station gleichzeitig zwei „Luzimeter“ aufzustellen; das eine sollte eine Abschirmung gegen alle Strahlen erhalten, die unterhalb der Horizontalen herkommen. Das zweite Gerät sollte dagegen gerade für die von oberhalb der Horizontalen einfallende Strahlung abgeschirmt sein.

In diesem Zusammenhang ist nicht uninteressant, daß der französische Expeditionsteilnehmer Herr Gerald Taylor während der Überwinterung 1949/50 an der Station Centrale (= „Eismitte II“) ein solches Instrument nach Bellani mit den primitivsten Hilfsmitteln improvisierte<sup>11)</sup>. Es ist zu empfehlen, diesen Versuch fortzusetzen.

**8. Ultraviolett-Strahlung.** 1930 hat die inzwischen verstorbene Strahlungs-Physikerin Dr. M. Bender eine Methode entwickelt, um die UV-Strahlung in einem Kugelgefäß aus Quarz durch Absorption in Aceton zu messen<sup>12)</sup>. Es wird hierbei das gleiche Prinzip verwendet, wie bei dem „Luzimeter“. Soviel mir bekannt, ist UV-Strahlung im Inneren Grönlands bisher noch nicht gemessen. Bisher war es auch recht schwierig, die Messungen mit der Cadmium-Zelle in Vergleich zur Gesamt- oder Globalstrahlung zu setzen. Nunmehr müßten mit dieser „Aceton-Kugel“ und dem Kugel-Pyranometer nach Bellani zum ersten Male vergleichbare Werte der Globalstrahlung im sichtbaren und Wärmebereich wie im UV erhalten werden können, und zwar bei beiden Geräten als Tages- oder Halbtagessumme.

Bisher wird die Zersetzung des Acetons durch das UV dadurch gemessen, daß die Entfärbung einer bestimmten Säurefuchsinlösung kolorimetriert wird. Prof. Dr. F. Dannmeyer, Institut für physikal. und biolog. Lichtforschung in Hamburg 20, arbeitet z. Zt. daran, diese Meßmethode bequemer einzurichten.

Erweist sich diese Methode doch als zu schwierig, so könnte man statt ihrer auf die zweite, von M. Bender entwickelte UV-Messung mit kugelförmigem Absorptionskörper übergehen, die kugelförmige Cadmium-Zelle<sup>13)</sup>, womit bereits längere Meßreihen vorliegen. Die Messung erfolgt durch Entladung eines Einoder Zweifaden-Elektrometers z. B. von Günther & Tegetmeyer, Braunschweig. Bequemer ist natürlich die Registrierung, entweder mittels eines Mekapions (Straus,

Wien) oder eines Hammer-Dosimeters der Freiburger Physikalischen Werkstätten. Hierbei stünden neben den Tagessummen auch Momentanwerte zur Verfügung, was sicher zu interessanten Vergleichen mit den Momentanwerten der sichtbaren und Wärmestrahlung führen würde.

9. Unter Ziffer I<sup>1</sup> war als wichtige Aufgabe die Beziehung der Strahlung zur Physik des Inlandeises genannt worden. F. Albrecht hat einen Strahlungsbilanz-Messer<sup>14)</sup> entwickelt, der bereits 1938 von E. Etienne<sup>2)</sup> auf dem Inlandeis nahe der Westküste Grönlands verwendet ist. Zur Eliminierung des Windeinflusses wurden bei diesem System zwei gleichartige Meßgeräte verwendet, die durch eine Akku-Batterie verschieden stark beheizt wurden.

Inzwischen hat ein Physiker des Meteorologischen Amtes für NW-Deutschland (früher Deutsche Seewarte) in Hamburg 4, Herr Dr. Walter Wagner, das Albrecht'sche Prinzip erfolgreich weiter entwickelt. Sein kompensierter Strahlungsbilanz-Messer besteht nur noch aus einem Meßsystem, das automatisch durch das Registriergerät derart beheizt wird, daß der Windeinfluß eliminiert wird. Es schreibt den aus Einstrahlung, Reflexion, Absorption, Verdunstung usw. sich ergebenden Strahlungsstrom nach Richtung und Größe auf. Es liegt bereits die Registrierung der Strahlungsbilanz aus einem vollen Jahre vor.

10. **Allgemeine Bemerkungen:** Alle Strahlungsmessungen werden durch den zufälligen atmosphärischen Zustand über dem Beobachtungsort beeinflusst. Will man allgemeingültige Aussagen über die Strahlung gewinnen, so ist es eine große Hilfe zur Eliminierung der atmosphärischen Zufälligkeiten, wenn solche Messungen an möglichst vielen Meßpunkten, möglichst mit gleichen Instrumenten, zu gleichen Zeiten und nach gleicher Beobachtungsvorschrift ausgeführt werden („Strahlungsnetz“). Einfache Aktinometermessungen können auch auf Schlittenreisen ausgeführt werden. Sollten auch andere, gleichzeitig auf Grönland arbeitende Expeditionen dazu gewonnen werden, in diesem Beobachtungsnetz mitzuarbeiten, so müßte dies überaus begrüßt werden.

Hiernach ergibt sich folgende Ausrüstung mit Strahlungsinstrumenten als wünschenswert:

**für feste Stationen:**

- 1 Robitzsch-Aktinograph
- 1 Michelson-Aktinometer, parallaktisch montiert
- 1 Pyrheliometer
- 1 Solarimeter auf Umkehrstativ, evtl. belüftet mit Punktschreiber
- 1 kompensierter Strahlungsbilanz-Messer nach Dr. W. Wagner

(außerdem evtl. für Versuche:

- 2 Kugel-Pyranometer, je halb abgeschirmt
- 2 Aceton-Kugeln nach M. Bender, ebenso, oder
- 1 kugelförmige Cd-Zelle nach M. Bender, mit Registriergerät und wechselbarer Abschirmung

**für Reisegruppen:**

- 1 Michelson-Aktinometer wie oben, mit Normalfiltersatz, statt dessen evtl.
- 1 Mehrzweck-Strahlungsmesser nach Georgi.

### III. Wolken-Photographie.

Bereits 1932 habe ich ein Verfahren praktisch verwendet, um ohne Spezial-Objektiv mit jeder gewöhnlichen Kleinbildkamera das Bild des ganzen Himmels mitsamt dem Horizont aufzunehmen<sup>15) 16)</sup>. Durch Auflegen oder Aufkopieren eines Netzes von Linien gleicher Höhen- und Azimutdifferenzen ist die Lage jedes Wolkenpunktes, sowie von Bild zu Bild seine Bewegung nach Richtung und Geschwindigkeit meßbar. Auf jedem Bild ist die Nordrichtung, sowie Uhrzeit und Datum mitphotographiert. 1933 und 1934 wurden mit diesem, in<sup>15)</sup> Abb. 10 abgebildeten Gerät etwa 5000 Aufnahmen ausgeführt, zum Teil Zeitraffer-Aufnahmen im Abstand mehrerer Sekunden oder Minuten.

Früher wurde das Spiegelbild einer Glaskugel von 40—50 cm Durchmesser verwendet. Da aber die Kugel viel Raum einnimmt und leicht zerbricht, wird jetzt

nur eine Kugel-Kalotte als Spiegel benutzt, die zugleich den Photoapparat gegen Regen schützt.

Man kann so mit geringen Kosten und Mühen eine fortlaufende Reihe von Bewölkungsbildern als Illustration für das meteorologische Journal gewinnen. Gleichzeitige Aufnahmen an einer festen und mehreren Reisestationen können die Bewölkung und ihre Änderungen über einem größeren Gebiet festhalten.

Besonders angenehm ist, daß Halo-Erscheinungen in beliebiger Ausdehnung auf einer einzigen Aufnahme erscheinen und auszumessen sind, wobei es nicht einmal notwendig ist, die Sonne abzublenden. Aufnahmen auf Farbfilm sind nicht nur besonders reizvoll, sondern erlauben bei Bewölkungen mit geringen Helligkeitskontrasten eine genauere Bildanalyse.

Arbeiten mehrere Stationen in dieser Weise zusammen, so dürfte es besonders interessant sein, am Vorkommen oder Fehlen luftoptischer Erscheinungen an verschiedenen Stellen zur gleichen Zeit die verschiedene atmosphärische Disposition zu erkennen. Ich hatte zeitweise eine Parallel-Station zu Hamburg in Wyk auf der Insel Föhr, etwa 150 km nördlich von Hamburg in Betrieb. Dabei wurde an einem Vormittag gleichzeitig der Halo von  $22^\circ$  an beiden Orten photographiert.

Da bei dieser Methode, im Gegensatz zu den bekannten Weitwinkelobjektiven, mit voller Öffnung des Objektivs photographiert wird, können die Kontraste durch Verwendung stärkster Farbfilter nach Belieben gesteigert werden, ohne durch allzu lange Belichtungszeiten Unschärfe zu erzeugen.

Es müßte daher auch möglich sein, auf diese Weise Nordlicht-Aufnahmen, vielleicht sogar in Farben, auszuführen. Doch fehlt mir hierbei die Erfahrung, da ich leider nicht imstande war, diesen Apparat rechtzeitig herzustellen, um ihn bei der Überwinterung von 1930/31 in „Eismitte“ zu verwenden.

#### IV. Bodennahe Luftschicht.

1. Von den beiden Überwinterungen der französischen Grönland-Expeditionen 1949/51 ist ein gewaltiges Zahlenmaterial über die Temperatur in verschiedenen Höhen bis 10 m über dem Inlandeis mitgebracht, dessen Auswertung und Bearbeitung bei dem Expeditionsteilnehmer Herrn Professor P. Pluvinaige (Physikal. Institut der Universität Strasbourg) sicher in den besten Händen liegt und schöne Ergebnisse erbringen wird.

Gelegentlich seines Vortrages vor der Meteorologischen Gesellschaft in Hamburg im Herbst 1951 hat Herr G. Taylor, der Physiker der ersten Überwinterung 1949/50, kurz zwei Auswertungen gezeigt, die eine inverse Temperaturverteilung am Vor- und Nachmittag erkennen ließen, jedoch war aus Zeitmangel eine eingehende Diskussion nicht möglich. Man muß hoffen, daß diese Erscheinung näher untersucht wird. Es ist naturgemäß von besonderem Interesse festzustellen, bis zu welcher Höhe der tägliche Temperaturgang von der Firn-Oberfläche aus in die Höhe reicht. Sollte der hier erwähnte Fall typisch sein, dann tritt die interessante, aber schwierige Frage auf, aus welcher Ursache der tägliche Gang der Temperatur sich schon in geringer Höhe (im großen Rahmen betrachtet) wieder erhöht, nachdem er in wenigen Metern Höhe ein Minimum erreicht hatte.

2. In einer kleinen Arbeit<sup>17)</sup> habe ich die mit viel geringeren Hilfsmitteln, daher auch viel unvollkommener erzielten Beobachtungen in „Eismitte“ 1930/31 dargestellt. Es wird sehr interessant sein zu sehen, wieweit die auf S. 24 versuchsweise gezeichneten Tautochronen durch die zahlreicheren und mit besseren Hilfsmitteln gewonnenen Messungen der französischen Überwinterungen bestätigt werden. Methodisch war bei meinen Messungen sicher bedenklich, daß die drei Meßpunkte: Hütte, 10 cm über Firn und Firnoberfläche in verschiedener Weise gemessen werden mußten; in 2 m mit einem normalen Thermographen in der Wetterhütte; in 10 cm mit einem selbstgebauten Thermographen, dessen Bimetall durch einen polierten Metallschirm gegen direkte Sonnenstrahlung geschützt wurde; an der Firnoberfläche thermoelektrisch, sowie mit feinen Hg-Thermometern nach der von A. Wegener angegebenen „Umsteck“-Methode des „mit Schnee aspirierten“ Thermometers (Fortsetzung dieser Erörterung unter IV-Temperatur der Firn-Oberfläche).

**3. Strahlungsschutz.** Während 30jähriger Tätigkeit an der Deutschen Seewarte habe ich mich immer wieder mit dem Strahlungsschutz für Thermometer, Thermo-Elemente usw., auch für aerologische Registriergeräte beschäftigt, ohne daß ich, wie ich gestehe, den mir vorschwebenden Strahlungsschutz bisher verwirklichen konnte. Über dem Inlandeis Grönlands enthüllen sich die Einzelheiten der strahlungsbedingten Temperaturschichtung erst bei schwachem Wind oder gar bei Windstille. Bei stärkerem Wind überlagert sich die Wirkung von horizontaler Advektion, vertikalem Austausch durch Turbulenz und Wind-Scherung. Sobald genügend starker Wind herrscht, spielt die Verstrahlung keine Rolle, aber die Messungen sind nicht mehr eindeutig. Bei Windstille oder sehr geringem Wind, wo wir die reine Strahlungs-Schichtung erfassen könnten, ist der Verstrahlungs-Fehler nicht zu beseitigen. Auch Herr G. Taylor sagte in seinem erwähnten Vortrag in Hamburg, bei Windstille hätten seine zahlreichen Meßstellen kein sinnvolles Ergebnis geliefert. Selbst bei merklichem Wind versagt zuweilen ein gedanklich richtig gebauter Strahlungsschutz deswegen, weil man die natürliche Zähigkeit der Luft unterschätzt. Diese Eigenschaft der Luft und ihr Haften an Körperoberflächen erschwert es ihr, unter Einwirkung eines kleinen Druck-Gradienten durch enge Schlitze, Zwischenräume usw. mit der Geschwindigkeit hindurchzuströmen, die dem vorhandenen Gradienten entspricht. In der in Deutschland gebräuchlichen Wetterhütte gehen etwa  $\frac{2}{3}$  der Bewegungsenergie des Windes beim Passieren der „Jalousien“ verloren. Etwa  $\frac{1}{3}$  kann durch aerodynamisch richtig geformte Öffnungen gewonnen werden. Schon W. Köppen hatte vor mehr als 60 Jahren festgestellt, daß in einer Wetterhütte bei ruhigem Strahlungswetter infolge ungenügender Belüftung im Inneren Verstrahlungsfehler von mehr als  $2^0$  entstehen.

Man muß zugeben, daß bei der Aufstellung der Thermo-Elemente an den beiden Temperaturmasten der Station Centrale 1949/50—51 alles nur mögliche geleistet ist, um die natürliche Belüftung der Meßelemente sicherzustellen: Herstellung der Thermo-Elemente aus sehr dünnem Draht. (Nach F. Albrecht wird ein blanker Draht von 0,015 mm Durchmesser durch Sonnenstrahlung nicht mehr merklich verstrahlt. Er stört die vorhandene Temperaturverteilung nicht und ist sehr wenig träge). Ferner wurden die Meßelemente in ein doppeltes, konzentrisches Rohr aus metallisiertem Isolierstoff eingeschlossen. Beide Rohre waren außerdem mit zwei gegeneinander versetzten seitlichen Schlitzen versehen. Ich bin überzeugt, daß bei Wind von 4—5 m/s hierbei kein Strahlungsfehler mehr vorhanden sein wird.

Aber es ist eine für den Meteorologen bedauerliche Tatsache, daß unser bester Strahlungsschutz, ein hochglänzend poliertes Metallblech, noch einen erheblichen Teil der auftreffenden Wärmestrahlung der Sonne absorbiert, das meist verwendete polierte Nickelblech bei 5000 Å, also im Gebiet der größten Strahlung-Energie der Sonne 39 %! Allerdings nimmt diese Absorption rasch ab mit zunehmender Wellenlänge. Ich habe, um einen Anhalt für die tatsächliche Absorption zu bekommen, die Ordinaten der solaren Energie-Kurve mit den in allen Handbüchern zu findenden Absorptionswerten für Nickel multipliziert und diese Kurve roh integriert. Es ergibt sich, daß poliertes Nickelblech die Sonnenstrahlung zwischen 300 und 1000 Å zu 26,2 % der Gesamtstrahlung absorbiert, also mehr als  $\frac{1}{4}$ ! Es werden also bei Sonnenbestrahlung etwa 0,3 bis 0,4 cal/cm<sup>2</sup>min fortwährend zur Aufheizung des Strahlungsschutzes verwendet.

Selbst bei dem als hervorragend bekannten, in unzähligen Versuchen von R. Abmann ausgebildeten Strahlungsschutz des Abmann-Aspirations-Psychrometers, bestehend aus zwei konzentrischen Hüllrohren aus hochglänzend poliertem Nickelblech, wird das Thermometer merklich verstrahlt, sobald die Belüftung unter 2 m/s sinkt. Das von mir entwickelte, strahlungsgeschützte Schleuder-Thermometer („Thermometer- bzw. Psychrometer-Schleuder“) erzeugt, um strahlungsgeschützt zu sein, sogar 3,4 m/s bei der normalen Geschwindigkeit von 2 U/sec. In USA geht man heute allgemein bei dem „Abmann“ mit elektrischer Belüftung auf 6 m/s und mehr.

4. Für eine etwaige Fortsetzung dieser Arbeiten in Grönland möchte ich vorschlagen, für eine Fein-Messung der vertikalen Temperaturverteilung bei geringer Windgeschwindigkeit Thermo-Elemente oder Widerstands-Thermometer mit

künstlicher Belüftung zu verwenden. Entweder werden mehrere Aggregate, bestehend aus Thermometer, Strahlungsschutz, Lüfter und Motor in verschiedenen Höhen fest angebracht. Ein hierfür evtl. geeigneter Kleinst-Lüfter wird hier gerade für das unter <sup>8)</sup> genannte Instrument entwickelt.

Oder man verwendet ein derartiges Aggregat und zieht es an einem Mast auf und nieder. Hierbei kann man entweder den Temperaturverlauf dauernd aufschreiben lassen und nachträglich die zu bestimmten Höhen gehörenden Temperaturen abgreifen, oder es erfolgt jede Messung beim Anhalten in bestimmten Höhen, wo die Winde einrastet.

Der gelegentlich gehörte Einwand, daß durch den Lüfter Luft aus einem größeren Luftraum, auch von oben und unten angesaugt werde, so daß eine genaue Höhenangabe unmöglich sei, ist nach meiner Ansicht nicht schwerwiegend. Man wird schon aus technischen und Kostengründen die Belüftung nicht stärker wählen, als unbedingt notwendig. Ein Thermo-Element verlangt entsprechend der geringeren thermischen Masse und Abmessung zu ausreichender Belüftung eine viel geringere Luftmasse je Zeiteinheit als ein Hg-Thermometer beim „Abmann“.

#### V. Temperatur der Firnoberfläche.

1. Es wäre von größter Bedeutung, wenn bei einer künftigen Wiederholung derartiger Messungen die Temperatur der Firnoberfläche exakt gemessen werden könnte. Aus meinen Messungen in <sup>17)</sup> geht klar hervor, daß (Abb. 11 und 12, S. 24) während der vormittäglichen Erwärmung (durch kleine nach rechts weisende Pfeile angedeutet) die Firnoberfläche am wärmsten ist und den Temperaturgang der bodennahen Luftschicht steuert. Anders bei der Abkühlung: Hier scheint die Abkühlung in 10 cm deutlich vorzueilen, nicht, wie zu erwarten, die Abkühlung der Firnoberfläche. Ich habe die Notwendigkeit betont (S. 33 u.), solche Messungen mit feineren Hilfsmitteln zu wiederholen. Später hat R. Geiger <sup>18)</sup> ebenfalls eine Wiederholung als erwünscht bezeichnet.

Interessanterweise hat H. U. Sverdrup auf der Maud-Expedition 1918—25 ebenso wie ich gefunden, daß die Lufttemperatur zeitweise tiefer war als die Temperatur der ausstrahlenden Schneefläche. Aus seiner Tab. 59 im Expeditions-werk Bd. II Meteorology Part I S. 160 (in Verbindung mit S. 101 und 78) geht hervor, daß auch nördlich der nordsibirischen Küste z. B. die Stundenmittelwerte der Temperatur im Oktober und Dezember 1924, sowie im Januar 1925 in 80 cm Höhe stets niedriger waren als die Temperatur der Schneeoberfläche, die ebenso wie bei mir thermo-elektrisch gemessen wurde. In diesen Monaten war keine Sonneneinstrahlung vorhanden, die die Messungen hätte stören können. Auch vom Boden her können in diesem Gebiet ewiger „Gefröris“ keine meßbaren Wärmemengen kommen, wie es über dem offenen Polarmeer infolge der stets hohen Wassertemperatur der Fall ist. Die Klärung dieser Frage ist also nicht nur für Grönland, sondern allgemein für die Arktisforschung wichtig. Natürlich sollten solche Messungen, um beweisend zu sein, möglichst bei windstillem Wetter ausgeführt werden.

2. In der genannten Arbeit S. 6 habe ich die grundsätzliche Schwierigkeit dargelegt, die Temperatur der bei ruhigem Wetter sehr lockeren Firnoberfläche zu messen. Ihr spezifisches Gewicht liegt noch unter den gemessenen Werten von 0,055 bis 0,118. Das heißt: Von einem bestimmten Volumen der ungestörten Firnoberfläche bestehen  $\frac{9}{10}$  und mehr aus Luft, nur  $\frac{1}{10}$  und weniger aus Eiskristallen! (— woraus sich auch das starke Absorptions- und Emissionsvermögen für langwellige „Temperatur“-Strahlung ergibt, z. B.  $> 99,5\%$  für  $\lambda \sim 10 \mu$  nach Falckenberg <sup>19)</sup>).

Aber unter diesen Umständen muß eine Temperaturmessung äußerst schwierig sein; denn wir sollen die Temperatur feinsten Eiskristalle messen, die noch klein gegenüber unseren feinsten Temperaturmeßgeräten sind. Es ist im Grunde die gleiche Schwierigkeit wie bei der Bestimmung der Lufttemperatur in großen Höhen, wo die Masse der in Wechselwirkung mit unseren Thermometern tretenden Luftmoleküle sehr klein gegenüber der Masse der Thermometer wird.

In <sup>17)</sup> S. 6 habe ich bereits auf die Verwendung dünner Pt-Drähte als Widerstandsthermometer hingewiesen. W. Haude <sup>20)</sup> hat auf Veranlassung von F. Albrecht ein von diesem entwickeltes Thermometer zur Messung der Temperatur des Bodens und der bodennahen Luftschicht verwendet, wobei ein Pt-Draht von 0,015 mm Durchmesser in einer Brückenschaltung als Widerstandsthermometer diente. Vielleicht ist diese Methode auch für die Temperatur der Firnoberfläche verwendbar, obwohl es zweifellos schwieriger sein wird, einen so feinen Draht als Teil der Firnoberfläche zu erhalten, die an ruhigen Tagen tags durch Verdunstung abnimmt, nachts durch Reifansatz wächst, so daß der Meßdraht stets in anderem Abstand von der eigentlichen Oberfläche liegt.

3. Es wäre daher sehr zu erwägen, die Strahlungstemperatur der Firnoberfläche auch mittels Strahlungsmessung festzustellen, was jedenfalls den Vorteil hat, daß die strahlungswirksame Oberfläche wirklich erfaßt, aber andererseits nicht mechanisch berührt wird. Eine physikalisch einwandfreie und mit den Hilfsmitteln und Fachkräften einer modernen Expedition leicht realisierbare Methode ist von G. Falckenberg <sup>21)</sup> angegeben, auf dessen zahlreiche Arbeiten über Temperaturstrahlung besonders hingewiesen sei (zumeist in Met. Zeitschr.), weil sie aus praktischer Erfahrung erwachsen sind und jedenfalls manche Anregung geben können.

#### VI. Temperatur im Firn.

1. Für den Meteorologen, nicht nur für den Glazio- oder Seismologen, ist die Temperatur im Firn sehr wichtig, nachdem zuerst A. Wegener <sup>22)</sup> zeigen konnte, daß man durch sie die Jahresmitteltemperatur der Luft erfaßt, ja nach E. Sorge <sup>23)</sup> sogar die Änderung der Jahresmitteltemperatur von etwa 20 zurückliegenden Jahren. Das Eindringen der Sommerwärme in den Firn, der eventuelle Einfluß der Erdwärme darauf sind Probleme, die im meteorologischen Lehrgebäude stets einen wichtigen Platz eingenommen haben.

2. Technik der Temperaturmessung in Schächten und Bohrlöchern. Wie schwierig die Messung einwandfreier Grundtemperaturen in Bohrlöchern von nur 1 bis 2 m Tiefe ist, weiß jeder, der sich mit der Technik der Erdbodentemperaturen in diesen Tiefen befaßt hat. Einerseits stört man durch die Bohrung thermisch und physikalisch den an der Meßstelle ursprünglich herrschenden Zustand, andererseits bedingt das Bohrloch auch einen gewissen Austausch mit höheren Schichten. Diese Störungen gleichen sich sicherlich in dem sehr schlecht wärmeleitenden Firn nur sehr langsam aus und sind in einigem Abstand von der Oberfläche groß gegenüber der zu messenden, geringen Jahresschwankung der Temperatur im ungestörten Firn.

Die Temperaturmessung in Schächten ist hinsichtlich der Tiefe beschränkt. Der vertikale Austausch in einem Schacht, der von Menschen begangen wird, ist naturgemäß erheblich größer als in einem Bohrloch. Andererseits kann man die physikalischen Bedingungen der Messung genauer wählen und überwachen. E. Sorge <sup>23)</sup> Bd. III S. 201—03 beschreibt den mehrfachen Schutz, wodurch er den verfälschenden Einfluß der Lufttemperatur im Schacht von den Thermometern fernzuhalten suchte (Thermometer selbst völlig in isolierende Hülle eingeschlossen; in 1 m tief in die Wand gebohrte Löcher versenkt; in diese Löcher zunächst ein Pfropfen aus Stoff fest hineingepreßt; die Öffnung der Löcher mit zwei konzentrisch darübergesetzten Konservendosen verschlossen). Diese Vorsichtsmaßnahmen waren keineswegs überflüssig; denn es ist ja bekannt, daß die Temperaturmessungen im Packeis, die F. Nansen auf seiner berühmten Trift durchs Polarmeer 1893—96 mit so vieler Mühe ausführte, dadurch gestört sind, daß Außenluft in die zur Aufnahme der Thermometer gebohrten Löcher eindrang.

Schon während der Expeditionen mit A. Wegener ist häufig erörtert worden, wie groß die bleibende Störung der ursprünglichen Temperaturverteilung durch ein Bohrloch sein könne, selbst wenn man das Eindringen von Außenluft und deren Zirkulation im Bohrloch verhindern könne. Natürlich konnten nur Vermutungen aufgestellt werden.

Die Bohrungen der französischen Expeditionen von 1949—51 an der Station Centrale sind um so bedeutsamer, zu je größeren Tiefen sie geführt haben. Ich

glaube, daß jeder Geophysiker nun die Möglichkeit sah, daß die in diese Tiefbohrungen versenkten Thermometer noch nach Jahrzehnten immer wieder abgelesen werden könnten — in der Tat eine faszinierende Aussicht! Aber wenn ich recht verstanden habe, sind in Eismitte II die Verbindungsleitungen zu den Thermometern nicht mehr zugänglich; außerdem glaube ich verstanden zu haben, daß man Halbleiterwiderstände, sog. Thermistors, als Meßgeräte verwendet hat, deren elektrische Eigenschaften in längerer Zeit erfahrungsgemäß veränderlich sind.

Ich werde am Schluß noch einmal auf die Bedeutung dieser Station als Dauer-einrichtung zu sprechen kommen, möchte aber schon hier sagen, daß es mir eine wissenschaftliche Aufgabe von besonderer, einmaliger Bedeutung zu sein scheint, daß an der Station Centrale die Messungen der Firntemperatur in verschiedenen Tiefen noch einmal unter strengsten Vorsichtsmaßnahmen wiederholt und gleichzeitig für die Dauer sichergestellt werden. Ich nehme an, daß das Bohrgerät noch auf dem Inlandeis steht und erneut verwendet werden könnte. Vor allem haben Sie die Männer mit einer einzigartigen Erfahrung auf diesem schwierigen Gebiete. Die Herstellung einer oder einiger Dauermeßstellen in der Tiefe des Firms wäre ein großartiges Geschenk Ihrer Expedition und Ihres Landes an die Meteorologen und Geophysiker, ja an die Naturwissenschaftler der ganzen Welt.

**3. Gedanken eines interessierten Laien über die künftige Ausführung.** Selbst wenn dadurch die Zahl der möglichen Meßstellen beschränkt wird, erlaube ich mir anzuregen, künftig in jedem Bohrloch nur ein Thermometer anzubringen, und zwar unten am Grunde jedes Loches. In geringen Tiefen wird es kein Problem sein, in einiger Entfernung voneinander Bohrlöcher von z. B. 5 m, 15 m, evtl. 50 m herzustellen, und schließlich müßte noch, wie damals, ein Bohrloch unter 100 m hinuntergeführt werden; jede dieser Bohrungen, wie gesagt, bestückt mit einem einzigen Thermometer ganz unten am Grunde. Als Dauerthermometer kommt, wie ich glaube, nur ein Widerstandsthermometer aus chemisch reinstem, künstlich gealtertem, spannungsfrei aufgewickeltem Pt-Draht in Frage. Solche „Normalthermometer“ hat z. B. die bekannte Firma Heraeus-Hanau a. M. früher schon für die Physikal.-Techn. Reichsanstalt (P. T. R.) angefertigt.

Es wird vorgeschlagen, diese Thermometer in so geringem Durchmesser herzustellen, wie dies technisch möglich ist, und in ein vorn zugespitztes, dünnwandiges Rohr aus rostfreiem Stahl, noch besser aus glashart vergüteter Beryllium-Bronze einbauen zu lassen. Nach Fertigstellen des Bohrloches würde mit Hilfe des Bohrgestänges dieses Stahlrohr, das ich mir etwa 10 mm im Durchmesser,  $\frac{1}{2}$  bis 1 m lang vorstelle, möglichst tief, wenn möglich mit seiner ganzen Länge, in den anstehenden Firn hineingestoßen oder -geschraubt. Auf diese Weise würde das im vorderen Teil des Stahlrohrs befindliche Widerstandsthermometer wirklich in jungfräulichen Firn versenkt und die wahre Firntemperatur an dieser Stelle angeben. Die Bohrung wäre sogleich so sorgfältig wie möglich mit Firn auszufüllen. Im untersten Teil sollte man eine Vorrichtung am Bohrkopf haben, um das Bohrloch etwas zu erweitern und so mit diesem Bohrmehl, das nahezu die Temperatur unserer Meßstelle besitzt, auszufüllen.

Vielleicht wäre es möglich, die Bohrung mit einem dünneren Bohrgestänge als bisher auszuführen, da man auf den Bohrkern — ohnehin eine etwas problematische Angelegenheit im Firn — verzichten würde. Dies könnte die gesamten Bohrungen sehr erleichtern, da dann vielleicht die Möglichkeit besteht, das Bohrmehl mittels Unterdruckes, wie bei einem Getreideheber, aus dem Bohrrohr abzusaugen, wobei die bisher zeitraubendste Arbeit, das immer wiederholte Hochziehen und Zerlegen des Bohrgestänges wegfielen, vielmehr kontinuierlich gebohrt werden könnte.

Die Bohrungen denke ich mir auf einem Felde von etwa 20×20 m angelegt. In der Mitte des Feldes wird ein vielleicht 4" starkes Stahlrohr, ähnlich dem Bohrgestänge mit Gewinde am oberen Ende, im Firn eingefroren. In diesem Stahlrohr vereinigen sich alle Doppelleitungen zu den einzelnen Thermometern in einem Vielfachkabel, das von Anfang an 20—30 m länger gelassen wird als jetzt nötig. Natürlich müssen bei der Anlage die Längen der einzelnen Zuleitungen und ihr Ohm'scher Widerstand genau bestimmt und im Kopf des Stahlmastes deponiert werden.

Ist eine Campagne in der Nähe der Station Centrale zu Ende, so wird evtl. ein weiteres Rohrstück aufgeschraubt und verspannt, an dessen oberem Ende nunmehr die einzelnen Leitungen endigen. Wird die Station nach Jahren wieder besucht, so wird der Mast entsprechend erhöht durch Aufschrauben weiterer Längen, und das Ende des Kabels mit den Anschlußklemmen immer weiter hochgezogen. Inzwischen können auch weitere Thermometer neu angelegt und ihre Zuleitungen ebenfalls in das Mastrohr eingeführt werden, was deswegen nötig ist, weil die alten Thermometer infolge des Schneeauftrages immer tiefer unter die jeweilige neue Oberfläche versinken.

Man wird natürlich auch jede neu hinzukommende Rohrlänge genau messen und gegen Veränderung sichern. So kann der Abstand von der Firnoberfläche des Jahres 0 für Jahrzehnte gesichert werden. Ich erwähne nur den Vorteil, den auch die Geodäsie durch eine derart unveränderliche Meßmarke haben kann.

### VII. Höhenwind.

Die Ausführung regelmäßiger Radiosondenaufstiege an der Station Centrale hat die Grönland-Meteorologie auf eine neue Stufe gestellt; den Männern, die diese unendlich mühevollen Aufgabe so erfolgreich durchgeführt haben, kann nicht genug dafür gedankt werden! Das wundervolle Buch des Meteorologen der ersten Überwinterung 1949/50, Herrn Michel Bouché: Groenland, Station Centrale, Paris (Grasset) 1952 spiegelt deutlich genug für jeden, der es hören will, welche unerhörte moralische Anspannung es bedeutete, immer wieder die tausenderlei Hindernisse zu überwinden, die jeder neue Radiosondenaufstieg, zumal im hocharktischen Winter darbot.

Leider besteht — auf internationaler Ebene — eine gewisse Schwierigkeit, die Feinheiten der Aufstiege zu deuten, da die Vergleichsaufstiege an mehreren grönländischen Küstenstationen mit anderen Radiosonden (RS-) Typen ausgeführt wurden.

Die hierdurch notwendige Großzügigkeit in der Konstruktion der Isopotentialen hat heute vielfach zu dem entgegengesetzten Extrem der früheren, durch zahlreiche Arbeiten und eigene Grönland-Expeditionen des „Vaters der Glazialen Antizyklone“, W. H. Hobbs, gekennzeichneten Lehrmeinung geführt. Während für Hobbs, in Wahrheit einen Klassiker der wissenschaftlichen Arktisforschung und besonders der Grönland-Meteorologie, Grönland wie alle anderen großen Glazialgebiete von einer glaziogenen Antizyklone so sehr beherrscht wird, daß demgegenüber die allgemeine Druckverteilung nur geringen Einfluß ausübt, besteht bei jüngeren Meteorologen, so dem höchst produktiven H. Flohn<sup>24)</sup> eher die umgekehrte Neigung: das eigene meteorologische Regime Grönlands dem Einfluß der großen Zirkulation völlig unterzuordnen.

Wir möchten für einen Mittelweg plädieren. In<sup>25)</sup> wurde gezeigt, und dasselbe wurde später von anderer Seite festgestellt, daß Grönland zweifellos den Zug der von W nach E wandernden Zyclonen beeinflusst. In<sup>26)</sup> konnte darauf hingewiesen werden, daß sich aus den Richtungsänderungen des Bodenwindes in Eismitte 1930/31 ergibt, daß das dafür maßgebende Hoch seinen Platz im Laufe des Jahres nur zwischen NE und SE von der Station ändert (semipermanenter Hochdruckkeil nach Dorsey<sup>27)</sup>).

Für diese Fragen haben sich die einfachen Pilotaufstiege auch heute noch als unersetzlich erwiesen<sup>28)</sup>, nicht etwa nur als Notmaßnahme, wenn die RS einmal gestört sind, sondern als Methode sui generis. In<sup>4)</sup> S. 440 habe ich als Beispiel eine Serie von 10 aufeinander folgenden Höhenwindmessungen abgebildet, deren Flugbahnen von dem gemeinsamen Aufstiegsunkt aus abgetragen wurden. Sie zeigen, wenn man etwa den Punkt 8 km in der Projektion der Flugbahn betrachtet, wie sich in dieser Periode Richtung und Stärke des Luftdruckgradienten nicht etwa nur in einer begrenzten Höhenschicht, sondern bis hinauf in die Stratosphäre ganz gleichmäßig, „wie auf dem Exerzierplatz“ änderte, bis nach fünf Tagen der Luftdruckgradient sich um 180° gedreht hat und damit die Druckverteilung spiegelbildlich zur Ausgangslage geworden ist.

Damals, 1930/31, war infolge der bekannten Transportschwierigkeiten die Anzahl der Höhenwindmessungen in Eismitte sehr beschränkt. Es ist daher wünschenswert, daß auch bei künftigen Expeditionen auf dem Inlandeis, sei es auf einer festen Station oder von den verschiedenen Reisegruppen, jede Gelegenheit heiteren Wetters benutzt wird, um besonders während einer zusammenhängenden Schönwetterperiode möglichst zahlreiche und hoch reichende Pilotaufstiege auszuführen. Dies wird durch größere Ballone von etwa 200 g sehr erleichtert, die 250 m/min steigen können. Die dafür nötige geringe Menge von Wasserstoff kann von einer Reisegruppe leicht mittels des von mir entwickelten tragbaren Wasserstoffherstellers hergestellt werden, der bereits an verschiedenen Stellen der Arktis erprobt wurde, falls nicht, wie bei der Station Centrale, Wasserstoffflaschen parachutiert werden.

Von besonderem Wert wäre es, diese Aufstiege, die bei dieser Steiggeschwindigkeit in 40 Minuten 10 km Höhe erreichen, an möglichst vielen Stellen gleichzeitig auszuführen, um die Luftbahnen auf einer längeren Strecke verfolgen zu können, als es bisher von einer einzigen Station aus möglich ist. Auch die Küstenstationen sollten sich an solchen Aufstiegen beteiligen. Mir war es von großem Wert, die Pilotaufstiege benutzen zu können, die von den verschiedenen University of Michigan-Expeditionen ausgeführt wurden, und die Prof. W. H. Hobbs mir liebenswürdigerweise zur Verfügung stellte. Auch das Isländische Meteorologische Institut (Vedurstofan) in Reykjavik sollte sich, wie schon früher, daran beteiligen.

Die früher oft bemängelte Unsicherheit der Steiggeschwindigkeit der Pilotballone kann sehr verringert werden, wenn dazwischen auch RS-Aufstiege zur Verfügung stehen, die, falls bei ihnen auch Windrichtung und -geschwindigkeit in allen Höhen gemessen wird, eine Korrektur der Pilotballonhöhen erlauben.

Natürlich ist es von besonderer Bedeutung, möglichst bei allen RS-Aufstiegen den Höhenwind fortlaufend elektrisch zu messen, um so ein von der zufälligen Bewölkung unabhängiges Material zu erhalten. Falls kein Radio-Goniometer vorhanden ist, darf darauf hingewiesen werden, daß auf der Tagung der UGGI in Brüssel im Herbst 1951 Prof. Väisälä ein anscheinend recht einfaches Verfahren zum elektrischen Anpeilen von RS mitgeteilt hat.

#### VIII. Der tägliche Gang des Bodenwindes.

In <sup>1)</sup> S. 456 und <sup>2)</sup> S. 281 ist gezeigt, wie versucht wurde, ohne ein Windschreibgerät, allein aus den Windbeobachtungen an den drei Terminen 8, 14 und 21<sup>h</sup> und aus der Windsumme zwischen diesen Terminen den Gang des Bodenwindes in etwa 2 m Höhe abzuleiten. Dies wurde durchgeführt für folgende vier Fälle im Monat: a) heiter, ruhig; b) heiter, windig; c) wolkig, ruhig; d) wolkig, windig. Hierbei traten in den Sommermonaten, besonders im Mai, Juni und Juli 1931, sehr ausgeprägte Windmaxima gegen Mittag, Minima gegen Mitternacht auf. Gestützt wird dies Ergebnis durch das Hineinpassen der von A. Wegener während der Durchquerung mit I. P. Koch 1913 <sup>22)</sup> mit dem Anemometer gemessene tägliche Periode.

Da anzunehmen ist, daß dieser periodische Gang in 2 m Höhe in enger Beziehung zu dem Mechanismus des katabatischen Windes steht, ist eine Nachprüfung dringend erwünscht. Natürlich muß sie auch in dieser Höhe von 2 m erfolgen, da bei der ausgesprochenen Schichtung der bodennahen Luftschicht ungewiß ist, ob eine gleiche oder ähnliche Periode sich auch in 10 m Höhe am Anemographen zeigt.

Man sollte daher etwa drei Anemometer nur in den Sommermonaten in Betrieb halten, etwa in 10 cm, 1 m und 3 m Höhe, außerdem das allgemeine Anemometer in 10 m Höhe. (Jedes der drei unteren Anemometer könnte etwa registrieren vermittels des „kleinen Windsummen-Schreibers“ des Instrumenten-Amtes Nord, Hamburg 4, des Deutschen Wetterdienstes, der automatisch und in der ganzen Woche auf einem Registrierstreifen normaler Größe (30×9 cm) die stündliche Windsumme liefert).

#### IX. Verschiedenes.

1. Unterscheidung von Schneefall und Schneetreiben („Schneefegen“). Wie die Versuche der Station Port Martin (Adélie-Land) gezeigt haben, stellt die Messung des Treibschnees eine besonders heikle technische Aufgabe dar. Man wird auf eine endgültige Lösung und die damit erzielten Ergebnisse sehr gespannt sein müssen.

Bei allen Erörterungen tritt immer wieder die Unsicherheit darüber in Erscheinung, wieviel von dem erfaßten Treibschnee nur von anderen Plätzen hierher umgelagert wurde, und wieviel durch Schneefall hinzugeliefert wurde. Bei starkem, hochreichendem Schneesturm, wie in Adélie-Land meistens, in Grönland oft, kann man nicht hoffen, vom Boden her über die Zone des Schneetreibens hinauszugelangen. Aber in Grönland ist an den meisten Tagen das Schneefegen nur wenige Meter hoch.

In diesem Falle könnte es eine gewisse Hilfe bedeuten, daß ich vor längerer Zeit einen „konischen Regenschneemesser“ entwickelt habe, den auch das oben genannte Instrumentenamt besonders für Feuerschiffe benutzt. Auf diesen kleinen Schiffen war es unmöglich, den normalen Regenschneemesser so aufzustellen, daß die ihn treffende Luftströmung nicht durch die Aufbauten des Schiffes gestört und die Menge des Niederschlages daher gefälscht wurde. Der konische Regen- und Schneemesser wird in der Takelage aufgehängt und mißt so außerhalb des Störungsfeldes der Aufbauten. Ebenso kann man gute Niederschlagsmessungen in Waldlichtungen, über Gärten usw. machen.

Es wäre auch möglich, dieses Gerät in Grönland an dem höchsten Mast aufzuziehen und damit den Niederschlag für alle Tage zu messen, an denen das Schneefegen nicht die Höhe des Mastes erreicht hat, — was an Hand der Registrierung der Windgeschwindigkeit leicht festzustellen ist.

Die konische Form wurde gewählt, weil dadurch die Windströmung durch den Regen- und Schneemesser viel weniger gestört wird, als durch die gebräuchliche zylindrische Form. Daher kann im allgemeinen der kompliziertere „Niphersche Schneetrichter“ als Windschutz entbehrt werden.

2. Vielleicht ist es auch gestattet, auf die Versuche hinzuweisen, die ich s. Zt. in Eismitte unternahm, um mittels einer etwas umgeänderten Verdunstungswaage nach Wild die Verdunstung der Firnfläche während des Tages, den Reifansatz während der Nacht, und auch sehr geringe Schneefälle (Polarschnee) zu messen, wobei die gewöhnlichen Regen- und Schneemesser versagen. Diese Versuche sind kurz beschrieben, mit einigen Ergebnissen, in <sup>4)</sup> S. 451—54.

#### X. Technische Wünsche.

Es ist zu beobachten und ist auch verständlich, daß die Meteorologen offizieller wissenschaftlicher Expeditionen dem Meteorologischen Dienste des betr. Landes entstammen, für die gewisse Dinge, z. B. Beherrschung der synoptischen und aerologischen Schlüssel (Code), Kenntnis der verschiedenen Termine und Uhrzeiten sowie sonstige Voraussetzungen als selbstverständlich betrachtet werden. Umso mehr wird gebeten, die Expeditionsveröffentlichungen so auszugestalten, daß auch Meteorologen und Geophysiker im allgemeinen, die nicht über diese speziellen technischen Voraussetzungen verfügen, das Material ohne Schwierigkeiten benutzen können. Man wolle bedenken, daß alles, was in dieser Hinsicht einmal im Expeditionswerk an Entgegenkommen gezeigt wird, zehnfach und hundertfach am Schreibtisch der Wissenschaftler gespart wird, die mit den Expeditionsdaten andere Probleme bearbeiten.

Hier seien u. a. genannt als wünschenswert:

1. Veröffentlichung der wichtigeren Meß- und Beobachtungswerte zwar in gedrängtester Form, aber möglichst weit entschlüsselt.

2. Veröffentlichung aller auf Grund von Messungen und Beobachtungen auf dem Inlandeis gezeichneten Wetterkarten, auch falls das Material noch keine genaue Analyse erlaubt, und wenn auch — aus Kostengründen — in sehr kleinem Maßstab. Sie sind doch die „Essenz“ der meteorologischen Arbeit!

3. Das gleiche gilt für die Reproduktion aller Registrierungen von Windrichtung und -geschwindigkeit auf dem Inlandeis.

4. In <sup>29)</sup> Bd. IV 1 Anhang ist ein Diagramm veröffentlicht, das für das volle Überwinterungsjahr in Eismitte vom 1. 8. 1930 bis 6. 8. 1931 in gedrängter Form, auf einem Streifen von nur 110 zu 19 cm, alle damals beobachteten Wetterelemente zeigt. Dies sind: Luftdruck; Temperatur an allen drei Terminen, sowie getrennt

Kurve der Maxima, Minima und Mittelwerte; Windrichtung und -geschwindigkeit; Bewölkung, Schneefall, Schneefegen; auf der Rückseite alle gemessenen Höhenwinde für 500-m-Stufen als resultierende Vektoren und als N- und E-Komponenten. Ein durchsichtiges Deckblatt enthält die bildliche Darstellung der Pilotaufstiege, die bei Auflage des Deckblattes an den betreffenden Tagen der Hauptzeichnung erscheinen; dazu die Richtung des Bodenwindes an allen Tagen, der unteren, mittleren und oberen Wolken, und — mit Theodolit gemessen — der Polarbanden.

Von den verschiedensten Seiten hat man die Brauchbarkeit dieses Übersichtsblattes für eine rasche Orientierung betont. An verschiedenen Stellen hat man zum eigenen Gebrauch Kopien davon angefertigt. Eine solche hing z. B. im Wetterdienstzimmer des Met. Amtes Hamburg, solange Wettermeldungen von der Station Centrale (Eismitte II) eingingen, und erlaubte einen raschen Vergleich mit dem gleichen Tag von 1930/31 (Eismitte I). Der Vergleich der bisherigen drei Überwinterungsjahre auf dem Inlandeis in der gleichen zusammenfassenden Übersicht müßte außerordentlich interessant und aufschlußreich sein!<sup>31) 32)</sup>

5. Das bemerkenswerteste Ereignis Ihrer Expedition auf meteorologischem Gebiet scheint mir der Klima-Umbruch zwischen Ihren beiden Überwinterungen gewesen zu sein: 1949/50 „normal“, d. h. wie 1930/31 fast kein Nordwind, dagegen 1950/51 häufiger N-Sturm, d. h. eine gänzlich andere Großwetterlage.

Ich darf darauf hinweisen, daß mein früherer Kollege von der Deutschen Seewarte, Dr. Martin Rodewald, bekannt durch das „Dreimassen-Eck“, sich seit Jahren mit den großen Periodizitäten beschäftigt, die durch Ablösung einer zonalen durch meridionale Zirkulation entstehen, und umgekehrt. R. hat auch im Auftrage der OMI die Zirkumpolarkarten aus dem 2. Int. Polarjahr bearbeitet. Ein Besuch Ihres Expeditionskameraden, des Herrn Bernard Bedel bei Herrn R. (Hamburg 4, Bernh.-Nocht-Str. 76) würde vermutlich mancherlei wertvolle Anregungen auch für die Grönland-Meteorologie erbringen.

#### XI. Schluß.

Jede Expedition ist ein Kompromiß zwischen Plan und Verwirklichung, zwischen Wollen und Können, zwischen der schwachen Kraft des Menschen und der unerbittlichen arktischen Natur, wie gerade der bedauerliche Unfall zeigt, dem noch am Schlusse des Arbeitsprogrammes zwei Kameraden zum Opfer fielen. Aber wenn man bedenkt, daß noch vor 20 Jahren Alfred Wegener seine in Eismitte zurückbleibenden Kameraden, die wegen Fehlens so vieler Teile der Ausrüstung einen wissenschaftlichen Mißerfolg befürchteten, damit tröstete: „Auch wenn Sie nichts weiter zustandebringen als die regelmäßigen Terminablesungen, so ist dies unter den gegebenen Umständen bereits eine wissenschaftliche Tat“, dann dürfen Sie alle stolz sein auf die reichen Ergebnisse, die Ihre jetzige Grönlandexpedition zurückbringen konnte.

Die beste Ehrung für sie alle wäre, daß ihr Werk fortgeführt wird, und nicht, wie das unsrige, für Jahrzehnte „einfriert“. Schon Karl Weyprecht, der Führer der Oesterr.-Ungarischen Polarexpedition auf „Tegetthoff“ 1872/74 hat in seinem Aufuf zum 1. Int. Polarjahr gefordert: Wir brauchen Forschungs w a r t e n statt Forschungs f a h r t e n, d. h. wir brauchen kontinuierliche wissenschaftliche Arbeit statt einzelner Vorstöße.

So sollte es eine Angelegenheit aller Kulturvölker sein, daß diese Station in der Mitte Grönlands als Forschungsstation erhalten wird, wo immer wieder junge Forscher die Möglichkeit erhalten, ihre wissenschaftliche Tüchtigkeit nicht nur am Schreibtisch und im Labor, sondern auch als Mann im Kampfe gegen die Naturgewalten zu erproben.

Dadurch, daß junge Forscher Frankreichs dort weitergearbeitet haben, wo 20 Jahre zuvor Alfred Wegeners Kameraden die ersten Versuche ausführten, haben Sie ein Vorbild gegeben, das fortgesetzt werden sollte: daß hier an einer säkularen Forschungsstation internationaler Bedeutung junge Forscher der verschiedenen Na-

\* Dieser Besuch hat inzwischen erfreulicherweise stattgefunden.

tionen sich ablösen und so ein lebendiges Beispiel für die verbindende, geistige Kraft der wahren Wissenschaft geben. \*

\* Anm. b. d. Korr.: Das Internationale Geophysikalische Jahr 1957/58 sollte Veranlassung geben, im vorhergehenden Sommer 1956 erneut die Station „Eismitte“ IV aufzubauen, damit sie während des ganzen Geophysikalischen Jahres ihr Standard-Programm mit voller Wirkung durchzuführen vermag.

1. Glaciers and Climate. Ahlmann-Sonderheft Geofys. Ann. 1—2, 1949.
2. Etienne, E. Grönl.-Exp. d. Univ. Oxford 1938. Veröff. Geophys. Inst. Leipzig, Bd. 13, 1940.
3. Schüupp, W. Die Bestimmung der Komponenten der atmosphär. Trübung aus Aktinometer-Messungen. Arch. Met. Geophys. Biokl. B, Bd. 1, H. 3/4 1949. Der Verfasser hat neuerdings seine Methode der allgemeinen Anwendung zugänglich gemacht durch die Veröffentlichung: Schüupp, W. Measurement of Atmospheric Turbidity and Precipitable Water with Actinometers. Printed of the Meteorological Service, Leopoldville, Belgian Congo.
4. Georgi, J. Das Klima des grönl. Inlandeises und seine Einwirkung auf die Umgebung. Abh. Nat.-Verein Bremen, Bd. 31, 1949, H. 2. Wenn unzugänglich, Abdruck vom Verfasser erhältlich.
5. Georgi, J. Solarkonstante und met. Strahlungsmessungen. Ann. Met. 5, 1952, 83—96.
6. Wundt, W. Das Reflexionsvermögen der Erde zur Eiszeit. Met. Z. 1938, 81.
7. Georgi, J. Ein kleines, in sich effizientes Pyrheliometer. Ann. Met. 1951, 227—236; auch: „Polarforschung“ 1950, 353—56.
- 7a) Dannmeyer, F. Die U.V.-Himmelsstrahlung in nördlichen Breiten. Strahlentherapie 33, 1929, 770 und 35, 1930, 607.
- 7b) ders. Ultraviolette Sonnen- und Himmelsstrahlung. Medizinmeteorologische Hefte Nr. 8, 1953, 120—126.
8. Georgi, J. Ein belüftetes Pyranometer. Met. Rdsch. 4, 1951, 188—92.
9. ders. Abschirmung eines Pyranometers gegen direkte Sonnenstrahlung. Geofisica pura e appl. 20, 1951, 62—66.
10. Götze, F. W. P. & Casparis, Z. Methodik d. Akt. Robitzsch. Veröff. Naturforsch. Gesellschaft Zürich, 92, 1947, 239.
- 10a) Georgi, J. Registr. d. Wärmestrahls d. Sonne. Strahlenther. 31, 1929, 368.
11. Taylor, G. L'Optique et les exp. polaires, Paris (Hermann & Co.), 1952.
12. Bender, M. Met. Zeitschr. 1930, 288, 1934, 332.
13. ebda. 1939, 26.
14. Albrecht, F. Ein Strahlungsbilanzmesser. Met. Zschr. 1933, 35.
15. Georgi, J. Met. Zschr. 1933, 459.
16. Süring, R. Die Wolken. Lpzg. 1935, Abb. 10, S. 87.
17. Georgi, J. Die bodennahe Luftschicht üb. d. grönländischen Eis. Veröff. Deutsch. Wiss.-Inst. Kopenhagen 1, Nr. 11, 1943. Wenn unzugänglich, Abdruck vom Verfasser erhältlich.
18. Geiger, R. Met. Rdsch. 1, 1947, 142.
19. Falckenberg, G. Absorptionskonstanten einiger met. wichtiger Körper für infrarote Wellen. Met. Zschr. 1928, 334.
20. Haude, W. Reports „Sino-Swedish Exp.“, IX Meteorology, 1: Erg. der allgem. met. Beobachtungen., Stockholm 1940, S. 22, Beitrag z. Physik d. fr. Atm. 21, 1934, 129—142.
21. Falckenberg, G. App. z. Mess. d. Bodentemp. Met. Z. 1928, 422. Hinweis auf: Met. Z. 1930, 154; Verbess. d. Angström-Pyrgeometers, Met. Z. 1932, 193; Nächtl. Wärmehaushalt bodennahe Luftschicht, Met. Z. 1932, 369.
22. Koch, I. P. & Wegener, A. Wiss. Erg. d. Exp. n. Dronning Louise-Ld. Medd. om Grönland 75, 1930, Abt. I, S. 350.
23. Wiss. Erg. d. Deutsch. Grönl.-Exp. A. Wegener, 1939, Bd. III, 262—270.
24. Flohn, H. Die Zirkulation d. Atm. in den Polargebieten. „Polarforschung“ 1951, 1, S. 58—64 und an anderen Stellen.
25. Georgi, J. Greenland as a switch for Cyclones. Geogr. Journ. 1933, 344.
26. ders. Bemerkung z. Glazialen Antizyklone. Ann. Met. 1, 1948, 277.
27. Dorsey jr. Some met. aspects. Greenl. Icecap. Journ. of Met. 1945.
28. Georgi, J. Hochstürme üb. d. Dänemark-Str. D. Hydrogr. Zschr. 3, 1950, 137.
29. Hoock, E. Der Einfluß der Strahlung und Temperatur auf den Schmelzprozeß der Schneedecke. Beitrag z. Geologie d. Schweiz. Geotechnische Serie, Hydrologie, Bern, 1952.
30. Georgi, J. Kleines Absolut-Pyrheliometer. Veröff. d. Mat.- u. Hydr.-Dienstes der D. D. R. Nr. 14, Akademie-Verlag, Berlin 1954.
31. Mit besonderer Anerkennung darf darauf hingewiesen werden, daß schon kurze Zeit nach Beendigung der Arbeiten der Station-Zentrale eine vorläufige Veröffentlichung der verschlüsselten Wettertelegramme erfolgte. (Exp.-Schriften Nr. 12 u. 13.) Unmittelbar vor Erscheinen dieses Heftes erschienen die beiden ersten Teile der endgültigen wissenschaftl. Veröffentlichung von „Eismitte II 1949/50 (Resultate Sci. V 1, 2 1954),“ worin verschiedene, hier geäußerte Wünsche bereits vorweg erfüllt worden sind.
32. Auf Grund der o. a. vorläufigen Veröffentlichung hat Verf. einen ebenfalls vorläufigen Vergleich der Temperaturen der drei Überwinterungen Eismitte I, II und III bearbeitet, der voraussichtlich im Geophysical Bulletin of the School of Cosmic Physics, Dublin erscheinen wird.