

**Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts**

Herausgegeben durch dessen Direktor

**H. v. Flocker**

---

Nr. 320

---

**Bericht über die Tätigkeit**

des

**Preußischen  
Meteorologischen Instituts**

**in den Jahren 1920—1923**

Erstattet vom Direktor

Mit einem Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen

---

**Berlin 1924**

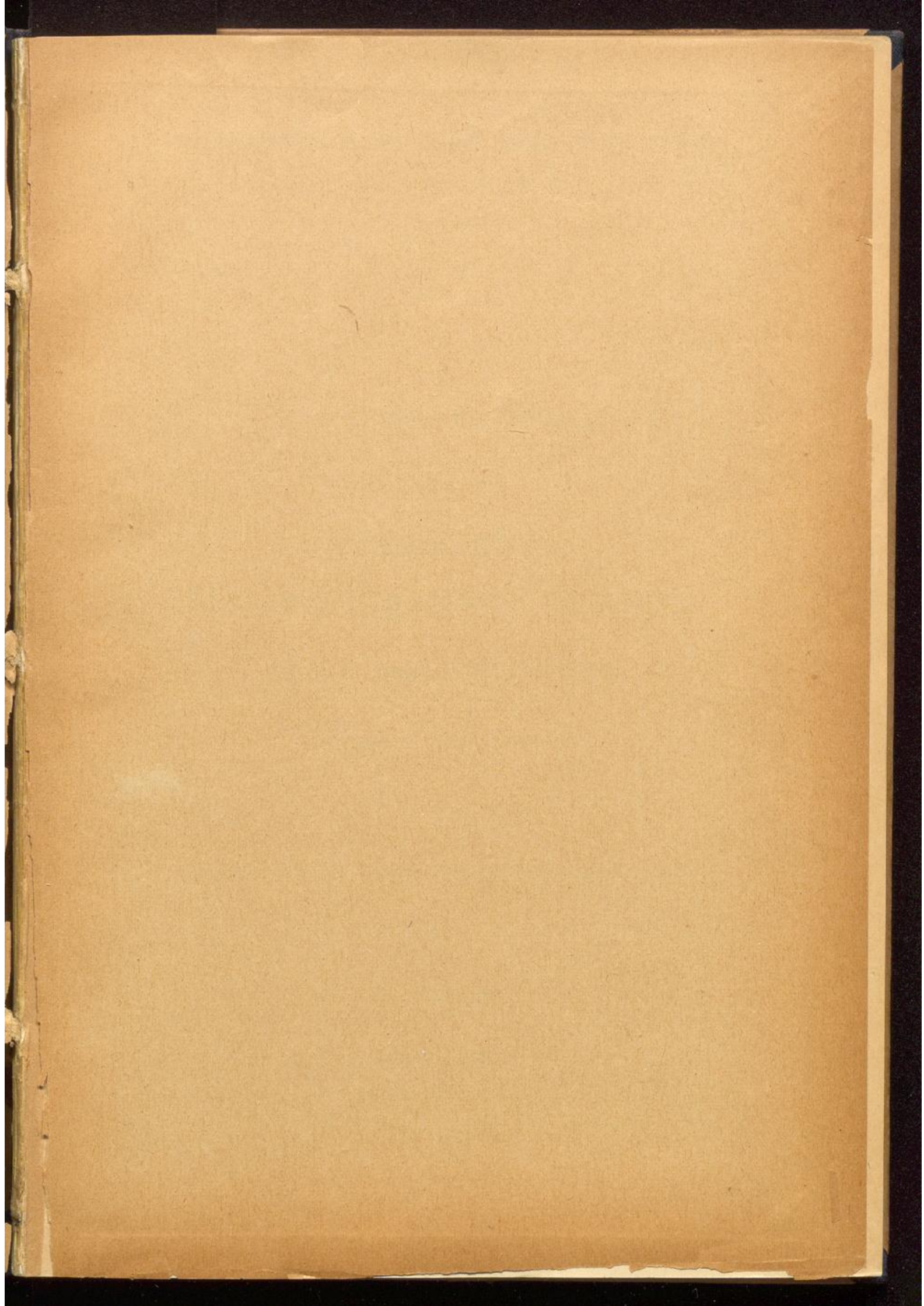
BEHREND & Co.

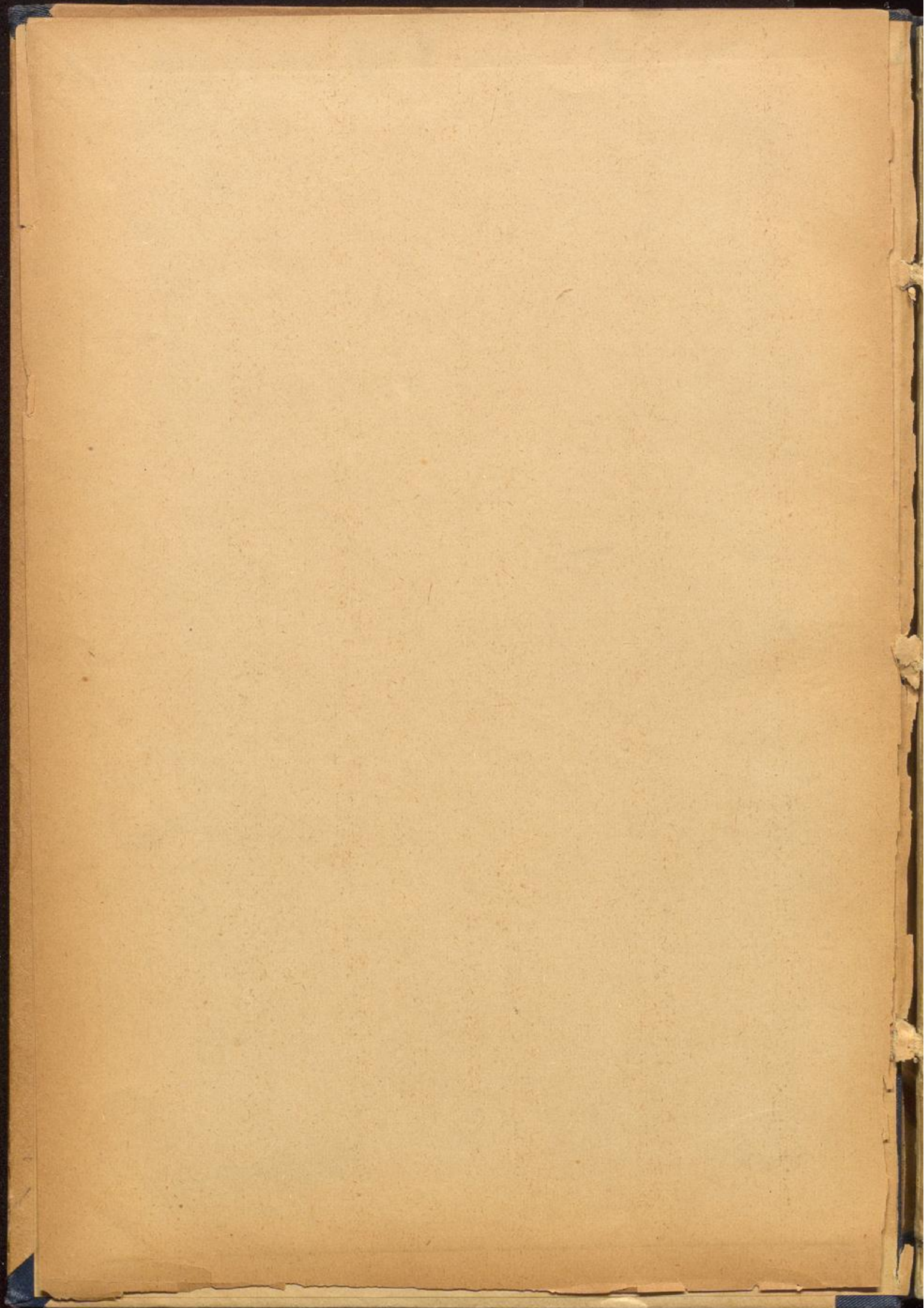
Preis 6 *M*

DWD Offenbach / Bibliothek



B23027560





47221 Es

Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts

Herausgegeben durch dessen Direktor

H. v. Flocker

---

Nr. 320

---

Bericht über die Tätigkeit

des



**Preußischen  
Meteorologischen Instituts**

in den Jahren 1920—1923

Erstattet vom Direktor

Mit einem Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen

---

Berlin 1924

BEHREND & Co.

Preis 6 M

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung . . . . .	3
2. Personalien . . . . .	4
3. Das Stationsnetz . . . . .	8
Stationen II. und III. Ordnung und Stationen, die nur Sonnenschein beobachten . . . . .	8
Regenstationen . . . . .	9
Gewitterstationen . . . . .	11
4. Wetterdienst . . . . .	13
5. Stationsinstrumente und Sammlungen des Zentralinstituts . . . . .	14
6. Besondere Arbeiten im Zentralinstitut . . . . .	15
7. Das Meteorologisch-Magnetische Observatorium bei Potsdam . . . . .	16
Allgemeines . . . . .	16
Meteorologische Beobachtungen und Arbeiten . . . . .	17
Magnetische Beobachtungen und Arbeiten . . . . .	21
8. Dienstreisen . . . . .	23
9. Veröffentlichungen . . . . .	24
Veröffentlichungen des Instituts . . . . .	24
Fachwissenschaftliche Veröffentlichungen der Beamten . . . . .	25

### Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen

M. Robitzsch, Nachruf auf E. Barkow . . . . .	35
G. v. Elsner, Nachruf auf Otto Freybe . . . . .	39
G. Hellmann, Beitrag zur Gewitterkunde . . . . .	43
A. d. Schmidt, Neue Formeln zur Berechnung der gegenseitigen Wirkung zweier Magnete auf einander . . . . .	51
H. v. Ficker, Die Flächen gleichen Druckes bei Berg- und Talwind . . . . .	56
C. Kaßner, Die Häufigkeit übereisser Monate in Norddeutschland. . . . .	68
G. Schwalbe, Das Klima der mittleren deutschen Ostseeküste und der an- grenzenden Gebiete, insbesondere von Rügen. . . . .	73
K. Knoch, Grundlagen und Treffsicherheit der langfristigen Wettervorher- sagen von Wilh. Krebs . . . . .	81
W. Marten, Absolute Strahlungsmessungen in der freien Atmosphäre . . . . .	88
O. Venske, Eine Ergänzung zum Tesdorpf'schen magnetischen Reise-Theodoliten . . . . .	96
J. Bartels, Zur täglichen Luftdruckschwankung im Südpolargebiet . . . . .	101
W. Kühl, Das Weberphotometer des Potsdamer Observatoriums und seine Verwendung zur selektiven Strahlungsmessung . . . . .	120

## 1. Einleitung.

Im folgenden wird mit der den Zeitverhältnissen angemessenen Kürze über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts in den Jahren 1920 bis 1923 berichtet.

Das neue preußische Gesetz über die Altersgrenze der o. Universitätsprofessoren hat für das Preußische Meteorologische Institut einen Wechsel in der Person des Leiters gebracht. Trotz ungeschwächter Arbeitskraft und Leistungsfähigkeit wurde der bisherige Direktor, Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. G. Hellmann nach Vollendung des 68. Lebensjahres am 1. Oktober 1922 emeritiert und legte gleichzeitig die Leitung des Instituts nieder, dem er seit dem 1. Oktober 1879, also durch 43 Jahre in ununterbrochener Tätigkeit, seit dem 1. Oktober 1907 als Direktor angehört hat.

Es ist hier nicht der Ort, die Verdienste Herrn Hellmanns als Forscher zu würdigen. Daß aber während seiner Amtstätigkeit, auf seine Anregung hin, unter seiner Leitung und Mitarbeit aus dem Institut die größten, mit dem Namen Hellmanns sowohl wie des Instituts verknüpften Werke — das monumentale Werk über die Niederschläge Deutschlands, das Werk über die Hochwasser der Oder und der Klimaatlas Deutschlands — hervorgegangen sind, ist der beste Beweis für die wissenschaftliche Höhe, zu der Hellmann das seiner Leitung unterstehende Institut geführt hat. Das Institut trotz der Notlage des Staates, und trotz der dem Institut auferlegten Beschränkungen auf der Höhe zu erhalten, die es unter Hellmann erreicht hat, ist des Nachfolgers schwierige und verantwortungsvolle Aufgabe.

Bis zur Ernennung eines Nachfolgers wurde die Leitung des Gesamtinstituts vertretungsweise durch Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Schmidt, für die besonderen Berliner Angelegenheiten durch Herrn Prof. Dr. Lüdeling geführt. Durch Ministerialerlaß vom 4. Dezember 1922 wurde Dr. H. v. Ficker, o. ö. Professor der Geophysik und Meteorologie an der Universität Graz, als Nachfolger des Herrn Geheimrat Hellmann an die Universität Berlin berufen und gleichzeitig mit der Leitung des Meteorologischen Instituts betraut.

Zwecks Vereinheitlichung der Arbeiten des Aeronautischen Observatoriums in Lindenberg und jenen des Meteorologischen Instituts samt den zugehörigen Observatorien in Potsdam wurde mit Ministerialerlaß vom 14. März 1923 ein Direktorium gebildet, dem der Direktor des Aeronautischen Observatoriums und der Direktor des Meteorologischen Instituts angehören. Mit der Geschäftsführung des Direktoriums wurde der derzeitige Direktor des Aeronautischen Observatoriums, Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Hergesell betraut. Gleichzeitig wurde die Leitung

des Meteorologischen Observatoriums in Potsdam dem Direktor des Aeronautischen Observatoriums mit der Maßgabe übertragen, daß die bisherigen Dienstbefugnisse des Direktors des Meteorologischen Instituts, soweit sie den wissenschaftlichen Betrieb und die Verwendung der für diesen Zweck zur Verfügung stehenden Mittel betreffen, auf den derzeitigen Direktor des Aeronautischen Observatoriums übergehen.

Die Einsetzung des Direktoriums soll die für einen späteren Zeitpunkt in Aussicht genommene Unterstellung aller Preußischen Meteorologischen Institute unter eine einheitliche Leitung vorbereiten.

Einen wesentlichen Fortschritt in dieser Richtung bedeutet die am 1. Oktober 1923 vollzogene Angliederung der Berliner Wetterdienststelle als selbständiger Abteilung an das Institut. Die räumliche Eingliederung der neuen Abteilung wird bis zum 1. April 1924 vollzogen werden. Leider ist Herr Prof. Freybe, der für die Stelle eines Vorstehers der neuen Abteilung in Aussicht genommen und bereits kommissarisch mit der Führung der Geschäfte beauftragt war, noch vor seiner Ernennung zum Abteilungsvorsteher am 17. September 1923 plötzlich verschieden — der zweite schwere Verlust, den das Institut im Jahre 1923 erlitten hat, da am 7. Januar 1923 dem Institut der langjährige Mitarbeiter und ausgezeichnete Forscher E. Barkow durch den Tod entrissen worden ist. Die wissenschaftliche Tätigkeit der verstorbenen Kollegen wird im Anhang dieses Berichtes ausführlich gewürdigt werden.

Obwohl die schwierigen Zeitverhältnisse Zahl und Ausmaß der Veröffentlichungen des Instituts außerordentlich eingeschränkt haben, ist es möglich gewesen, die Neubearbeitung des I. Teiles der »Anleitung zur Anstellung und Berechnung meteorologischer Beobachtungen«, die nunmehr einheitlich für alle Beobachtungsnetze des Deutschen Reiches eingeführt werden soll, durchzuführen. Druck und Ausgabe des Werkes, dessen Neubearbeitung von Herrn Prof. Lüdeling besorgt wurde, werden im Jahre 1924 erfolgen.

## 2. Personalien.

### a) Wissenschaftliche Beamte.

Durch Ministerialerlaß v. 26. Januar 1922 ist dem Abteilungsvorsteher Prof. Dr. Kaßner als Privatdozenten an der Technischen Hochschule die Dienstbezeichnung »außerordentlicher Professor« beigelegt worden.

Die durch den bereits oben erwähnten plötzlichen Tod von Prof. Dr. Freybe frei gewordene Leitung der neuen Abteilung IV des Instituts (Wetterdienst) wurde seit November 1923 dem bisherigen Observator Prof. v. Elsner übertragen, der durch Ministerialerlaß vom 7. November 1923 am 1. Januar 1924 zum Abteilungsvorsteher ernannt wurde. Die Leitung der Berliner Wetterdienststelle obliegt im Rahmen der neuen Abteilung dem wissenschaftlichen Mitarbeiter Dr. König.

Mit dem am 1. Oktober 1923 vollzogenen Anschluß der öffentlichen Wetterdienststelle traten die wissenschaftlichen Angestellten Dr. Booß, Dr. Treibich, cand. Bock in den Verband des Meteorologischen Instituts über.

Am 1. Oktober 1923 wurde dem Observator Prof. Dr. Brückmann, der am 1. Februar 1921 vom Zentralinstitut nach dem Observatorium Potsdam versetzt worden war, die nachgesuchte Entlassung aus dem Staatsdienst erteilt. Dr. Brückmann trat zur Meteorologischen Zentralanstalt der Schweiz über.

Die Verwaltung der Instrumentenabteilung wurde am 1. Februar 1921 dem wissenschaftlichen Hilfsarbeiter Dr. Barkow übertragen, den das Institut leider bereits am 7. Januar 1923 durch den Tod verlor; er gehörte ihm seit 1907 an.

Am 1. Oktober 1922 traten die Observatoren Prof. Dr. Langbeck nach Abteilung II, Prof. Dr. Henze nach Abteilung III, der wissenschaftliche Hilfsarbeiter Dr. Budig zu Abteilung I über; letzterer übernahm die Verwaltung der Instrumentenabteilung.

Die Bücherei wird seit dem 1. Oktober 1921 durch den Observator Dr. Knoch verwaltet.

Vorübergehend war i. J. 1923/24 der wissenschaftliche Angestellte cand. Haude beim Zentralinstitut beschäftigt.

Nach dem am 30. September 1922 erfolgten Abgang des Hilfsarbeiters R. Berger vom Observatorium zum Geodätischen Institut bei Potsdam, wurde Dr. Bartels, am 1. Oktober 1923 Dr. Albrecht als wissenschaftliche Hilfskraft zum Observatorium in Potsdam einberufen.

Durch Ministerialerlaß war der Abteilungsvorsteher des Meteorologischen Observatoriums bei Potsdam, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Süring, vom 1. Oktober 1922 bis 1. April 1923 zum Zwecke von strahlungs-klimatischen Messungen nach dem Höhenkurort Agra bei Lugano in der Schweiz beurlaubt.

Am 3. Juli 1920 starb im Ruhestande der frühere Observator Prof. Kiewel.

#### b) Mittlere und Unterbeamte.

Durch das Besoldungsdienstleistungs-Gesetz vom 7. Mai 1920 wurden die bisherigen Amtsbezeichnungen Kanzleidiener in Institutsgehilfe, Büroassistent in Verwaltungssekretär, Sekretär in Obersekretär, Bürovorsteher in Zentralbürovorsteher abgeändert. Der bisherige Kanzleidiener Tugend erhielt die Bezeichnung Botenmeister.

Durch Ministerialerlaß vom 1. April 1921 trat der Zentralbürovorsteher Rechnungsrat v. Büttner zum gleichen Tage in den Ruhestand unter gleichzeitiger kommissarischer Belassung in seiner Dienststelle bis 30. September; er gehörte dem Institut seit 1886 an. Zum Nachfolger wurde der bisherige Obersekretär am Observatorium bei Potsdam, Rechnungsrat Seeliger, vom 1. Oktober 1921 ab ernannt und an seine Stelle der Obersekretär Nielbock, seither bei der Regierung in Potsdam, einberufen.

Mit Wirkung vom 1. Januar 1921 wurde der Obersekretär Nauck vom Zentralinstitut zum Dienst im vorgesezten Ministerium beurlaubt und von diesem am 1. April 1923 übernommen. Als Ersatz trat am 1. März 1921 der frühere Schirrmeister Ulle ein, der abwechselnd in den Abteilungen und der Kasse Verwendung fand.

Der Verwaltungssekretär Piper, der am 21. September 1921 die Obersekretärprüfung abgelegt hatte, trat mit dem 26. Februar 1923 aushilfsweise und später dauernd zur Institutskasse über.

Nachdem der Hilfsdiener Frädrieh seine Stelle am Zentralinstitut am 1. August 1920 aufgegeben hatte, wurde der frühere Offizierstellvertreter Blechschmidt einberufen und ihm vom 1. November 1920 ab die Stelle eines Institutsgehilfen übertragen.

Im Laufe des Berichtsjahres 1920 schieden vom Zentralinstitut die rechnerischen Hilfskräfte Frl. Lichtenau und Frl. Ebert aus, vom Observatorium bei Potsdam 1921 Frl. Thielicke, 1923 Schreiber, für den Frl. Klingbeil eintrat. An Stelle des 1923 beim Zentralinstitut krankheitshalber ausgeschiedenen Hilfrechners Lampel wurde Frl. v. Elsner zur Dienstleistung beim Direktor eingestellt. Den Hilfsdiener Schütte, der 1923 als Hilfsrechner zur Abteilung II übertrat, ersetzte seit 1. Juni 1923 der bisherige Hilfsdiener Zarnikow.

Vorübergehend war der Polizei-Oberwachtmeister a. D. Kurz i. J. 1923 als rechnerische Hilfskraft beim Zentralinstitut beschäftigt.

Am 13. März 1922 starb der seit 1907 beim Zentralinstitut beschäftigt gewesene Buchbinder Preuß; er wurde durch den früheren Kaufmann Pfahl ersetzt.

Durch die am 1. Oktober 1923 erfolgte Angliederung der Wetterdienststelle Berlin ging das technische und Büropersonal, bestehend aus den Angestellten Ewert, Frl. Fetting, Marzilger und Taubert in den Dienst des Instituts über.

### **Personalbestand des Preußischen Meteorologischen Instituts am Schluß des Jahres 1923.**

Direktor: Professor Dr. v. Ficker (1. IV. 1923)<sup>1)</sup>.

Stellvertreter: Abteilungsvorsteher Professor Dr. Lüdeling (1. X. 1892) [s. u.].

Bücherei: Observator Dr. Knoch (15. I. 1905).

Beschäftigt beim Direktor: Frl. v. Elsner.

#### **Zentralbüro.**

Zentralbürovorsteher: Rechnungsrat Seeliger (1. IV. 1895).

Kasse: Rechnungsrat Hesse (1. VIII. 1888); Verwaltungssekretär Piper (1. XII. 1908).

Obersekretär: Bertschinger (11. V. 1903).

#### **Registratur.**

Obersekretär: Voigt (9. XII. 1894).

#### **Kanzlei.**

Kanzleisekretäre: Schöbe (2. V. 1918); Lienek (1. V. 1902).

#### **Botenmeisterei.**

Botenmeister: Tugend (1. VII. 1899).

Institutsgehilfen: Conrad (1. VII. 1914); Blechschmidt (1. VIII. 1920).

Pförtner: Institutsgehilfe Reinicke (1. VI. 1906).

Hilfsdiener: Zarnikow.

Aktenhefter: Pfahl.

<sup>1)</sup> Die Zeitangaben in Klammern bedeuten den Termin des Eintritts in den Dienst des Instituts.

**Zentralinstitut in Berlin.**

Abteilung I: Stationen I., II. u. III. Ordnung. Instrumentensammlung.

Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Lüdeling (1. X. 1892) [s. o.].

Observatoren: Professor Dr. Schwalbe (1. IX. 1891); Professor Dr. Stade (15. VII. 1891); Dr. Joester (1. III. 1901).

Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter: Dr. Budig (1. VII. 1910).

Obersekretär: Rechnungsrat Bauer (5. I. 1894).

Verwaltungssekretäre: Kriegler (18. I. 1909); Werner (8. X. 1912).

Beschäftigt in der Abteilung: Ullé.

**Abteilung II: Regenstationen.**

Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Kaßner (1. IV. 1890).

Observator: Professor Dr. Langbeck (1. IV. 1905).

Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter: Dr. Wussow (16. X. 1905).

Obersekretär: Ebert (14. II. 1902).

Beschäftigt in der Abteilung: Rosenkranz, Schütte.

**Abteilung III: Gewitterstationen.**

Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Arendt (1. IV. 1886).

Observator: Professor Dr. Henze (1. X. 1902).

Obersekretär: Rechnungsrat Brehm (1. IV. 1895).

Beschäftigt in der Abteilung: Blechschmidt [ein Drittel der Dienstzeit].

**Abteilung IV: Wetterdienst.**

Abteilungsvorsteher: Professor v. Elsner (1. IV. 1898).

Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter: Dr. König (1. VII. 1910).

Wissenschaftliche Angestellte: Dr. Booß (1. X. 1923); Dr. Treibich (1. X. 1923); Bock (1. X. 1923).

Beschäftigt in der Abteilung: Ewert, Frl. Fetting, Marzilger, Taubert.

**Observatorium bei Potsdam.**

Vorsteher: Geh. Regierungsrat Professor Dr. Schmidt (1. X. 1902) [s. u.].

Obersekretär: Nielbock (1. X. 1921).

Kastellan: Kleinert (1. IX. 1894).

Gärtner und Heizer: Geitner (1. X. 1906).

**Meteorologische Abteilung.**

Abteilungsvorsteher: Geh. Regierungsrat Professor Dr. Süring (1. IV. 1890).

Observatoren: Professor Dr. Kühl (1. IV. 1896); Professor Dr. Marten (15. VIII. 1897).

Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter: Dr. Kähler (1. IV. 1907).

Wissenschaftlicher Rechner: Dr. Schindelhauer (1. IV. 1911).

Wissenschaftlicher Angestellter: Dr. Albrecht (1. X. 1923).

Obersekretär: Busch (20. IV. 1905) [halbe Dienstzeit].

Institutsgehilfe: Hahn (1. VII. 1899).

Beschäftigt in der Abteilung: Rockel; Frl. Klingbeil [halbe Dienstzeit].

## Magnetische Abteilung.

Abteilungsvorsteher: Geh. Regierungsrat Professor Dr. Schmidt (1. X. 1902) [s. o.].

Observatoren: Professor Dr. Nippoldt (1. IV. 1898); Professor Dr. Venske (1. IV. 1902).

Wissenschaftlicher Angestellter: Dr. Bartels (2. X. 1922.)

Obersekretär: Busch (20. IV. 1905) [halbe Dienstzeit].

Mechaniker: Urbansky (1. I. 1905).

Beschäftigt in der Abteilung: Neubert; Frl. Klingbeil [halbe Dienstzeit].

## 3. Das Stationsnetz.

**Stationen I., II., III. Ordnung und Stationen, die nur Sonnenschein beobachten.**

Durch den Verlust schleswigholsteinischer Gebietsteile an Dänemark und schlesischer an Polen schieden die Stationen Lügumkloster und Pleß aus dem Beobachtungsnetze aus, auch ging die Station Memel dem Institut verloren. Die Station Coburg wurde dem bayerischen Beobachtungsnetze angeschlossen.

Weiterhin wurden in den Jahren 1920—1923 aufgehoben:

die Stationen II. O.: Hannover, Blankenburg, Avelsbach, Blankenfelde, Meldorf, Nordhausen, Ockfen, Serrig, Berlin-Steglitz, Wustrow, Kahler Asten, Frankfurt a/O., Groß-Tabarz, Habelschwerdt, Rudolstadt, Westerland;

die Stationen III. O.: Zerbst, Berlin-Humboldthain, Berlin-Schlesischer Busch, Birkenfelde, Neukirch, Pammin, Dragemühle, Lennep, Munster, Stein-Neukirch;

die Sonnenscheinstationen: Avelsbach, Ockfen, Serrig.

Neu errichtet wurden in denselben Jahren:

die Stationen II. O.: Kahler Asten, Blankenfelde, Königsberg i/Pr., II., Büsum, Neubrandenburg, Cöthen, und als Privatstationen solche in Bitterfeld, Stade, Muhlendorf, Trauen, Bochum, Sedelsberg, Unterlüß, Warnemünde und auf der Wasserkuppe;

die Stationen III. O.: Ellenberg, Stein-Neukirch, Berlin-Buch, Dragemühle, Reinwasser, Zerbst, Neuwedell, sowie die Privatstationen Aschersleben und Kleinbeeren;

die Sonnenscheinstationen: Emden, Königsberg i/Pr. II, Oldenburg, Cöthen, Zerbst und die Privatstationen Bitterfeld, Lüdenscheid, Möhnewarte, Stade, Muhlendorf.

Am Schluß der einzelnen Jahre bestanden an Stationen:

	I. O.	II. O.	III. O.	Stationen, die nur Sonnenschein beobachten
1920	2	122	50	7
1921	2	123	52	10
1922	2	120	53	11
1923	2	118	49	11

Über die Zahl der Stationen, von denen Aufzeichnungen von Registrier-Instrumenten vorliegen, gibt die folgende Tabelle Aufschluß. Die Registrierinstrumente von Potsdam sind nicht mitgerechnet.

	Barographen	Thermographen	Hydrographen	Anemographen	Sonnenschein- Autographen
1920	35	35	8	7	56
1921	37	37	10	7	63
1922	31	31	9	7	59
1923	33	34	13	7	61

In den Berichtsjahren ist ferner die Drucklegung der Jahrgänge 1914—18 der Beobachtungen an den Stationen II. u. III. Ordnung erfolgt (in einem Sammelbände). Eine Neuauflage der »Anleitung zur Anstellung und Berechnung meteorologischer Beobachtungen«, Teil I wurde soweit gefördert, daß ihre Ausgabe voraussichtlich im Sommer 1924 stattfinden kann.

Durch den Tod verlor das Institut folgende Beobachter: Rektor Schenk in Osterbehningen, Professor Dr. Kremp in Helmstedt, Professor Dr. Kummel in Rostock, Hafenbauaufseher Janssen in Norderney, Frl. Rohweder in Husum.

### Regenstationen.

Die Zahl der Regenstationen betrug in den Jahren 1920: 2120, 1921: 2095, 1922: 2144 und 1923: 2181; sie hat sich also nach dem Tiefstand von 1921 wieder etwas gehoben, da sich nach den Wirren der letzten Jahre wieder der Wunsch nach der Beobachtung des Wetters namentlich in der Lehrerschaft regt, zum Teil in Nachwirkung der Beteiligung am Heeres- und Marinefeldwetterdienste. Immer häufiger aber kommt die Bitte um eine Geldentschädigung. Das hat dem Vorsteher der Abteilung Anlaß gegeben, die Frage zu untersuchen, ob die Regenbeobachter in denjenigen norddeutschen Staaten, in denen sie eine kleine Entschädigung jährlich erhalten, eine längere Zahl von Jahren tätig sind, als in Preußen, wo sie ehrenamtlich arbeiten. Aus der ausführlichen Arbeit, die in der Zeitschrift des preußischen Statistischen Landesamtes 1923 erschienen ist, sei nur ein Ergebnis mitgeteilt. Von je 100 Beobachtern waren tätig:

	10 Jahre	20 Jahre	30 Jahre lang
in Preußen . . . . .	43	21	4
in Nichtpreußen . . . . .	52	21	4

Der Unterschied ist also verschwindend, und diese Tatsache ist zugleich ein Ehrenzeugnis für die freiwillig tätigen Beobachter, von denen in Preußen nicht weniger als 45 vH, in Nichtpreußen 36 vH dem Lehrfach angehören.

Wenn auch an eine Entschädigung aller preußischen Beobachter bei ihrer großen Zahl nicht zu denken ist, so muß für gelegentliche Entschädigungen doch eine gewisse Summe zur Verfügung stehen. Auch bekommt eine kleine Anzahl von Beobachtern teils aus Mitteln des Instituts, teils einiger Provinzen die Zeitschrift: »Das Wetter«.

Außer obigen Stationen erhält das Institut noch die Aufzeichnungen an den rund 170 Stationen II. und III. Ordnung, sowie von selbsttätigen Instrumenten, nämlich von:

	1920	1921	1922	1923
Regenschreibern . . .	21	18	17	16
Schneeschreibern . . .	2	2	1	—

Für den von der Abteilung I verfaßten und in der »Statistischen Korrespondenz« monatlich veröffentlichten »Witterungsbericht« entwarf die Abteilung II wieder Monatskarten der Niederschlagsverteilung nach den Angaben von rund 550 Stationen.

Die Schneehöhe wurde 1920 an 166, 1921 an 161, 1922 an 158 und 1923 an 160 Stationen gemessen, und zwar an den meisten Stationen II. u. III. Ordnung, außerdem an 22 Regenstationen. Die Bestimmung der Schneedichte erfolgt an 20 möglichst gut verteilten Orten.

Die wöchentliche Berichterstattung an die fünf großen Strombauverwaltungen über die Höhe und den Wasserwert der Schneedecke an jedem Montag um 7 Uhr morgens ist unverändert beibehalten worden. Hieran beteiligten sich 120—130 Stationen, und zwar im Gebiet der Oder 10, der Elbe 38, der Weser 21 und des Rheins 29.

Die Herstellung einer Karte über den Stand der Schneedecke an jedem Montag um 7 Uhr morgens blieb unverändert, ebenso die Abgabe eines das ganze Beobachtungsgebiet umfassenden Schneedeckenberichts an den »Reichsanzeiger«, der ihn bis zum November 1922 abdruckte, dann aber leider aus Platzmangel nicht mehr aufnehmen konnte.

An der Berichterstattung über starke Niederschläge an die Oderstrombauverwaltung in Breslau beteiligten sich wieder 27 preußische und mehrere österreichische Regenstationen im Einzugsgebiete der Oder und ihrer linken Nebenflüsse. Ferner bestand weiter ein ebensolcher, aber räumlich beschränkter Meldedienst am Staubeckenamt in Ottmachau, das noch wöchentliche Meldungen über die Schneedichte von den Stationen Friedland (Kr. Waldenburg), Reinerz und Weigelsdorf erhielt.

Außerdem sind alle Regenbeobachter angehalten, über besonders auffallende Niederschläge, sei es hinsichtlich der Stärke, sei es der Form nach (z. B. Eis- oder Staubregen), umgehend Meldungen zu machen.

Ferner sandte die Abteilung II mehr oder weniger umfangreiche Tabellen über Niederschläge, bei einigen mit einer kurzen Schilderung ihrer Verteilung, teils monatlich, teils vierteljährlich an 1. das Kulturbauamt in Lötzen; 2. die Pflanzenschutzstelle der Landwirtschaftskammer für die Provinz Ostpreußen in Königsberg i/Pr.; 3. den Regierungspräsidenten in Allenstein; 4. das Oberpräsidium in Hannover (Weserstrombauverwaltung); 5. Wasserbauamt in Cassel; 6. den Schlesischen Verein zur Förderung der Kulturtechnik in Breslau; 7. den Glatzer Gebirgsverein in Glatz; 8. die Landwirtschaftskammer der Provinz Sachsen in Halle a./S.; 9. das Meteorologische Observatorium in Aachen; 10. Sächsische Landeswetterwarte in Dresden; 11. Landesamt für Wetter- und Gewässerkunde in Darmstadt; 12. Bayerische Landesstelle für Gewässerkunde in München; 13. Hydrologische Staatsanstalt in Prag. Davon werden die Berichte unter 6. in der Zeitschrift der »Kulturtechniker« und die unter 8. in der »Landwirtschaftlichen Wochenschrift für die Provinz Sachsen« abgedruckt.

Die Aufarbeitung und Drucklegung der Beobachtungen wurde 1920 so gefördert, daß die »Ergebnisse der Niederschlags-Beobachtungen in den

Jahren 1915—1917« in einem stark gekürzten Sammelbande noch 1920 erscheinen konnten. Die Jahrgänge 1818 und 1919 sind ganz, der Jahrgang 1920 nahezu ganz aufgearbeitet; Personalmangel und die ungeheure Steigerung der Druckkosten hinderten zeitweise schnelle Drucklegung, doch sind die Jahrgänge 1918 und 1919 ausgedruckt, 1920 wird gedruckt.

Über die der Abteilung der Regenstationen bis zum Juli 1923 angegliedert gewesene außerordentliche Abteilung für wissenschaftliche Fragen betreffend Wettervorhersagen wird weiter unten berichtet.

### Gewitterstationen.

Die Überwachung des Gewitterstationsnetzes sowie die Bearbeitung des aus ihm eingehenden Beobachtungsmaterials liegt der Abteilung III ob, die auch alle auf Meteore, Polarlicht, St. Elmsfeuer, Hagelfälle, atmosphärische Optik bezüglichen Eingänge sammelt und wissenschaftlich erledigt.

Über die sich innerhalb des Netzes im Verlaufe der letzten vier Jahre vollzogenen Änderungen gibt die nachstehende kleine Zusammenstellung Aufschluß:

Jahrgang	Zahl der Stationen				Gesamtzahl der Stationen
	Neu eingerichtet	Ein-gegangen	nach Nachbar-orten verlegt	Beobachter-wechsel	
1920	62	39	48	144	1365
1921	55	29	43	194	1374
1922	17	8	32	159	1355
1923	15	17	27	135	1349

Die Vermehrung diente z. T. dazu, noch vorhandene Unregelmäßigkeiten in der Stationsverteilung mehr und mehr zu beseitigen oder das Netz da, wo sich besondere Einflüsse auf die Gewitterbildung bemerkbar gemacht hatten, dichter zu gestalten. Leider war es trotz lebhafter Anstrengungen nicht möglich gewesen, die vor der Nordseeküste verankerten Leuchtschiffe in gleicher Zahl wie vor dem Kriege zur Beobachtungstätigkeit zu gewinnen. Ein anderer Teil der Vermehrung der Stationen diente der genaueren Untersuchung der Gewitter- und Hagelverhältnisse in der Nähe von Talsperren, um die aus Beobachterkreisen stammende Vermutung zu prüfen, daß jene die Hagelgefahr der Umgebung vergrößern. Dies führte zur Vermehrung der Stationen an der Eder-tal- und an der Mauertalsperre. Außerdem wurden an der oberen Saale, wo die Errichtung einer großen Talsperre geplant ist, zahlreiche neue Beobachter gewonnen, denen die Führung einer Hagelstatistik zur besonderen Pflicht gemacht wurde.

Von den langjährigen Beobachtern, die sich zwanzig und mehr Jahre mit besonderem Eifer an dem laufenden Beobachtungsdienst beteiligt haben, verlor das Institut durch den Tod folgende Herren: Hauptlehrer Hecht-Osterholz, Landwirt Gehrs-Bodenwerder, Postagent Krieger-Gemünden, Professor Dr. Eckhardt-Homburg v. d. H., Landwirt Dietrich-Kempfenbrunn, Amtssekretär Höft-Zellin, Geh. Studienrat Dr. Görges-Hameln, Lehrer Mruock-Gilgenburg, Hafenmeister Janssen-Norderney, Forstaufseher Tresselt-Gr. Breitenbach, Kunstgärtner Bohn-Schierokau und Lehrer Gohr-Karstädt. Ihnen allen wird das Institut für ihre treue Mitarbeit ein dankbares Andenken bewahren.

Einen Einblick in die Gewittertätigkeit der vier Jahre bietet die nachstehende Übersicht, der die Zahl der Gewittermeldungen zugrunde liegt:

Jahr-gang	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1920	120	224	218	3456	7197	2206	9326	5833	1621	55	57	106	30419
1921	110	10	97	954	5645	3946	4986	4493	861	621	165	405	22293
1922	54	46	801	1743	4993	5199	4601	4153	992	109	32	20	22743
1923	86	19	505	653	5745	469	4803	3618	835	871	232	50	17886

Die im Jahre 1891 eingeführte Trennung der Gewitterstationen in sofort berichtende und monatlich berichtende wurde aus Zweckmäßigkeitsgründen beibehalten. Der größte Teil der Arbeitskräfte der Abteilung wurde durch die Eintragung der Gewitter-, Hagel- und Böenmeldungen, durch die Prüfung des Beobachtungsmaterials und die sich hieraus ergebenden Korrespondenzen in Anspruch genommen. Ein wichtiges Hilfsmittel bildeten hierbei die Isobrontenkarten, welche von allen Tagen mit elektrischen Vorgängen, sofern mindestens zehn Berichte vorlagen, entworfen wurden. In den Fällen, in welchen die Gewitter in großer Verbreitung auftraten oder deren Begleiterscheinungen ein größeres wissenschaftliches Interesse beanspruchten, fand eine eingehendere Untersuchung des ursächlichen Zusammenhanges mit den allgemeinen meteorologischen Verhältnissen unter Zuhilfenahme von besonders zu diesem Zwecke entworfenen Isobaren- und Isothermenkarten statt. Im übrigen war die Aufmerksamkeit vornehmlich auf die örtlichen Einflüsse auf die Gewitterbildung gerichtet, worüber der Observator Prof. Dr. Langbeck mehrfach berichtet hat. Der Abteilungsvorsteher beschäftigte sich eingehender mit Fragen über den Zusammenhang der Gewitter mit den Böen und Hagelfällen; die darauf bezüglichen Veröffentlichungen sind an anderer Stelle namhaft gemacht.

Im Anschluß an eine frühere Untersuchung Arendts über »Gewitterregen« befaßte sich der Observator Prof. Dr. Henze mit dem Studium der die Gewitter begleitenden Niederschläge.

Die »Ergebnisse der Gewitter-Beobachtungen« in den Jahren 1919, 1920 und 1921« wurden 1922 veröffentlicht; von 1922 und 1923 sind die Tabellen in gleichem Umfange bereits aufgearbeitet und liegen druckfertig vor.

Im Interesse der Gewitterforschung wurden in Emden, Köslin und Jena Barographen aufgestellt. Die der Abteilung außer den Gewittermeldekarten zugehenden Berichte bezogen sich auf folgende Gegenstände:

	1920	1921	1922	1923
		Anzahl		
Gewitterberichte . . . . .	66	77	37	17
St. Elmsfeuer . . . . .	—	2	1	2
Windhosen und Stürme . . . . .	21	40	15	15
Blitzschläge . . . . .	15	27	26	13
Atmosphärische Optik . . . . .	15	11	17	9
Erdbeben . . . . .	1	1	—	—
Nordlichterscheinungen . . . . .	9	17	—	—
Meteorbeobachtungen . . . . .	20	27	—	3
Hagelfälle . . . . .	48	57	46	23

#### 4. Wetterdienst.

Die Angliederung der Berliner Wetterdienststelle als besonderer Abteilung an das Preußische Meteorologische Institut, die zum 1. Oktober 1923 veranlaßt wurde, konnte aus Mangel an Mitteln für die Neueinrichtung der im Institut vorgesehenen Diensträume und für die Funkempfangsanlage leider nicht auch zugleich räumlich vollzogen werden. Erst Anfang April 1924 waren alle Hindernisse behoben, so daß der Umzug nach den Räumen des Instituts stattfinden konnte. Es ist zu hoffen, daß die Einordnung des Wetterdienstes in das Arbeitsgebiet des Meteorologischen Instituts, die eine längst als unnatürlich empfundene Trennung beseitigte, die besten Früchte für die Wissenschaft tragen wird.

Was die Tätigkeit der neuen Abteilung betrifft, so hat es sich die Wetterdienststelle angelegen sein lassen, die Arbeitsmethoden entsprechend den neueren Anschauungen über das Werden des Wetters weiter auszugestalten. Zu diesem Zwecke wurden die Auslandfunktelegramme in größerem Umfange als bisher aufgenommen und nach den Sammelfunksprüchen des Eiffelturmes und nach den russischen Meldungen Wetterkarten der nördlichen Halbkugel dem bisherigen Arbeitsmaterial hinzugefügt, um dadurch für Vorhersagen auf mehrere Tage wichtige Unterlagen zu gewinnen. Für die Darstellung der Verhältnisse über Europa wurden neue Arbeitskarten größeren Umfanges eingeführt, welche eine vollständige Eintragung des jetzt in großer Fülle zur Verfügung stehenden Beobachtungsmaterials ermöglichen. An der Hand dieser Arbeitskarten wurden dann die Wetterdiagnosen unter Berücksichtigung, jedoch nicht einseitiger Bevorzugung der Polarfronttheorie und der damit verknüpften Anschauung über den Aufbau der Atmosphäre und namentlich der Zyklonen gestellt und zur Vorhersage benutzt. Eine in vorsichtiger Weise vorgenommene Umgestaltung der Texte unter den täglich veröffentlichten Wetterkarten hat viel Zustimmung gefunden, da sie nach Äußerung von Abonnenten zu einem besseren Verständnis der Witterungsvorgänge beiträgt.

Regelmäßige Vorhersagen wurden wie früher um 11 Uhr vormittags und 10 Uhr abends ausgegeben. Dagegen wurde die Ausgabe der hauptsächlich für Landwirte bestimmten mehrtägigen Vorhersage, deren Verbreitung früher jeden Montag und Donnerstag durch Postkarten erfolgte, dahin abgeändert, daß sie ohne Bindung an feste Tage nur noch dann stattfand, wenn hinlänglich sichere Unterlagen für eine Voraussage auf mehrere Tage vorhanden waren. Die mit dieser neuen Methode gemachten Erfahrungen waren recht günstig.

Hinsichtlich der äußeren Umgestaltung des Wetterdienstes mag eine Neuregelung des Dienstplanes erwähnt werden, welche die ständige Besetzung der Dienststelle bis 10 Uhr abends mit mindestens einem Meteorologen bezweckte. Jedoch mußte leider aus Ersparnisgründen die Ausgabe der durch Druck veröffentlichten Abendwetterkarte vom 1. November 1923 ab eingestellt werden.

Zu Beginn des Winters wurde ein besonderer Frostwarnungsdienst eingerichtet, der von verschiedenen Interessentenkreisen benutzt wird. Die festen Teilnehmer erhalten auf täglichen Fernsprechanruf hin die gewünschte Auskunft. Daneben kamen wie bisher zahlreiche Einzelanfragen aus allen möglichen Kreisen vor, die das große Bedürfnis für Nachrichten über das Wetter

bestätigen. Die Bedienung der Zeitungen mit Witterungsmeldungen erfolgte zunächst in der alten Weise und im bisherigen Umfange weiter. Jedoch erbaten sie sich bei besonderen Anlässen neben der täglichen Voraussage noch vielfach Auskunft über Verlauf und Ursache der Witterungsvorgänge. Ohne irgendwelche Propaganda stieg auch die Zahl der Bezieher auf die täglich veröffentlichten Wetterkarten von 260 zu Anfang Oktober 1923 auf 300 zu Beginn des Jahres 1924. Endlich wurde zum Schluß des Berichtsjahres der Anfang damit gemacht, die Vorhersage und andere Wetternachrichten durch den neuen Berliner Rundfunksender täglich einmal verbreiten zu lassen.

### 5. Stationsinstrumente und Sammlungen des Zentralinstituts.

Abgesehen von den zur Ergänzung der Bestände notwendigen Anschaffungen von Stationsinstrumenten wurden aus den Beständen der letzten Deutschen Antarktischen Expedition folgende Apparate angekauft: Ein Universalinstrument für Elektrizitätsmessungen und ein Widerstand von Siemens & Halske, zwei Anemometer von Schultze und ein Satz Korkbohrer.

An die Stationen wurden abgegeben:

	1920	1921	1922	1923
Stationsbarometer . . . . .	1	1	2	3
Aneroidbarometer . . . . .	—	—	1	1
1/5°-Thermometer . . . . .	3	6	3	17
1/2°- » . . . . .	3	1	9	4
Maximumthermometer . . . . .	23	28	24	15
Minimumthermometer . . . . .	18	11	21	11
Erdbodenthermometer . . . . .	9	1	6	5
Insolationsthermometer . . . . .	1	—	1	1
Aspirations-Psychrometer . . . . .	—	—	—	1
Aspiratoren . . . . .	16	29	20	29
Haarhygrometer . . . . .	1	3	2	7
Anemometer . . . . .	—	1	—	3
Windfahnen mit Stärketafeln . . . . .	—	1	—	2
Barographen . . . . .	1	3	4	3
Thermographen . . . . .	3	7	4	5
Hydrographen . . . . .	—	2	2	2
Thermometerhütten . . . . .	2	1	2	4
Wolkenspiegel . . . . .	—	1	3	5
Sonnenscheinautographen . . . . .	1	2	2	1
Regenmesserpaare . . . . .	77	98	64	23
Einzelne Regenmesser . . . . .	61	44	34	41
Regenmeßgläser . . . . .	302	315	272	188
Registr. Regenmesser . . . . .	1	—	—	1

Außerdem kamen noch zahlreiche kleinere Ersatzteile verschiedenster Art zur Instandhaltung der Instrumente, sowie der Bedarf an Papierstreifen für die Registrierinstrumente zum Versand.

### Bücherei.

Die während des Krieges entstandenen Lücken in den Austauschexemplaren sind mittlerweile bis auf Belgien und Australien ausgefüllt worden. Eine von Dr. Knoch im Oktober 1921 begonnene Übersicht der Büchereibestände befaßte sich zunächst mit einer Neuordnung der Sonderdrucke, mußte dann aber leider abgebrochen werden, da die Bücherei die in ihr früher beschäftigte Hilfskraft abgab. Die Wiederaufnahme dieser Neuordnung ist dringend notwendig. Dabei ist die Einführung von Standnummern, die Ergänzung der Schlagwörter im Zettelkatalog, die Abtrennung eines besonderen Kataloges für die Zeitschriften und die periodisch erscheinenden Druckschriften der meteorologischen Netze und schließlich die Bearbeitung eines Sachkataloges anzustreben.

Die Bücherbestände haben sich 1920 um 571, 1921 um 633, 1922 um 738 und 1923 um 529 Nummern vermehrt. Der Gesamtbestand an selbständigen Werken und Sonderdrucken beträgt am Ende der Berichtszeit 32 975 Nummern.

### 6. Besondere Arbeiten im Zentralinstitut.

An der Berichterstattung für den öffentlichen Wetterdienst war wieder eine größere Anzahl von Beobachtungsstationen beteiligt, von denen im Jahre 1922 44 täglich durch Drahtung oder Fernruf, 58 täglich durch Postkarten und 81 nur bei ungewöhnlichem Wetter die Witterungsnachrichten den Wetterdienststellen übermittelten.

Die Wetterdienststellen Aachen und Magdeburg erhielten monatliche Zusammenstellungen der täglichen Niederschlagsmengen.

16 Stationen sandten auch diesmal an jedem Sonntag Postkarten für die Wochenberichte auf der großen Wetterkarte der Wetterdienststelle Berlin; dazu kamen seit 1919 noch 14 Niederschlagsstationen für die von ihr bis Ende September 1923 herausgegebenen Wochenregenkarte.

Der von der Abteilung I bearbeitete Norddeutsche Witterungsbericht, der als Beilage zur »Statistischen Korrespondenz« erscheint, wurde mit Januar 1921 beginnend zu einem »Deutschen Witterungsbericht« durch Aufnahme süddeutscher Stationen erweitert.

Zu den ständigen Obliegenheiten des Instituts gehört auch die Erledigung der Gesuche von Behörden und Privatpersonen um meteorologische Auskünfte, deren Zahl sich im Jahre 1920 auf 463, 1921 auf 465, 1922 auf 438 und 1923 auf 297 belief. Sie wurden von den Abteilungen I und II bearbeitet. Von den Auskünften entfielen auf:

	1920	1921	1922	1923
Gerichtsbehörden . . . . .	65	78	69	48
Meliorations- und Wasserbauämter . . . . .	8	11	10	31
Militärbehörden und Truppenteile . . . . .	3	6	1	2
Sonstige Behörden . . . . .	37	36	40	31
Wissenschaftliche Anstalten . . . . .	2	13	10	13
Berufsgenossenschaften und Schiedsgerichte . . . . .	38	71	55	16
Versicherungsanstalten . . . . .	131	104	124	39
Städtische Verwaltungen . . . . .	9	9	13	7
Rechtsanwälte . . . . .	24	25	22	16
Privatleute . . . . .	146	112	94	94

Nach ihrem Inhalt bezogen sich auf:

	1920	1921	1922	1923
Menge und Form der Niederschläge . . . . .	98	102	97	118
Luftdruck . . . . .	2	4	1	1
Temperatur . . . . .	105	140	151	60
Bewölkung, Sonnenschein, Helligkeit . . . . .	8	7	6	7
Windrichtung und Stärke . . . . .	21	19	25	19
Gewitter . . . . .	4	2	—	4
Mehrere Witterungselemente zugleich . . . . .	205	171	155	76
Klimatische Verhältnisse . . . . .	10	15	2	6
Meteorologische Literatur . . . . .	8	5	1	6
Instrumente . . . . .	2	—	—	—

In der außerordentlichen Abteilung für die Klimatologie Deutschlands wurden die Arbeiten für den Klima-Atlas von Deutschland beendet, so daß seine Herausgabe im Herbst des Jahres 1921 erfolgen konnte. Wenn auch der ursprüngliche Plan, eine vollständige Klimatologie Deutschlands zu schaffen, wegen der Entwertung der zur Verfügung stehenden Mittel nicht durchgeführt werden konnte, und man sich auf die Herausgabe eines Atlas mit Tabellen beschränken mußte, so hat inzwischen der starke Absatz des Werkes bewiesen, daß sein Erscheinen einem großen Bedürfnis der Wissenschaft und der Praxis entsprach.

Nach Abschluß dieser Arbeiten widmete sich Professor v. Elsner der Fortsetzung einer schon im Jahre 1914 im Meteorologischen Institut begonnenen, infolge des Krieges aber verzögerten Arbeit, welche die Herstellung von Pentadenkarten der mittleren Luftdruckverteilung über Europa und dem nördlichen Teil des Atlantischen Ozeans auf Grund 20jähriger Beobachtungen bezweckt. Die 73 Pentadenkarten sind jetzt vollendet worden, können aber der hohen Druckkosten wegen leider vorläufig nicht veröffentlicht werden.

## 7. Das Meteorologisch-Magnetische Observatorium bei Potsdam.

### Allgemeines.

Mehr noch als in der vorhergehenden Berichtszeit mußten die Instandhaltungsarbeiten an den Gebäuden, Wegen und Rasenanlagen auf das unbedingt Notwendige eingeschränkt werden. Die Kessel der Sammelheizanlage, die immer ungenügender und unwirtschaftlicher wirkte, versagten schließlich im Herbst 1922 einer nach dem andern vollständig. Ihre Beseitigung und die Aufstellung neuer Kessel, die im Sommer hatte erfolgen sollen, aber in Ermangelung der vom Hochbauamt beantragten Genehmigung nicht hatte vorgenommen werden können, nahm den größten Teil des Dezembers in Anspruch. Während dieser Zeit wurden drei der mit Öfen ausgestatteten seit dem 1. Oktober leer stehenden Zimmer der früheren Direktorwohnung als Diensträume benutzt, so daß der Arbeitsbetrieb ohne Störung durchgeführt werden konnte.

Im Jahre 1923 konnten keine Arbeiten angeführt werden, da die Bewilligung der Mittel für die vom Hochbauamt als notwendig erachteten Unter-

haltungsausgaben — abgesehen von denjenigen für die dringliche Instandsetzung der ehemaligen Direktorwohnung — bis zum Jahreschlusse noch nicht erfolgt war.

Als im Sommer 1923 das Gelände der Observatorien eine feste hohe Drahtnetzumzäunung erhielt, mußte auf Verlangen des Magnetischen Observatoriums auf der dem »absoluten Hause« benachbarten Strecke der alte niedrige Holzzaun erhalten bleiben. Die Aufstellung der eisernen Träger und Netze kann wegen der zu befürchtenden zeitlichen Veränderlichkeit ihres störenden Einflusses erst zugelassen werden, wenn durch Bewilligung der erforderlichen Mittel die Einrichtung eines Pfeilers für Kontrollbeobachtungen ermöglicht worden ist.

#### Meteorologische Beobachtungen und Arbeiten.

Die laufenden Beobachtungen und Registrierungen, sowie deren Verarbeitung wurden im allgemeinen unverändert weitergeführt. Da die Genauigkeit der Thermometeraufstellung auf der Beobachtungswiese jetzt genügend lange (seit 1913 mit wenig Unterbrechungen) geprüft worden ist, wurde von 1922 ab darauf verzichtet, den aspirierten Thermographen dauernd in Betrieb zu erhalten. Der Plan, fortlaufend Aspiration für Thermometer und Psychrometer zu verwenden, mußte aus Sparsamkeitsgründen aufgegeben werden. Andererseits wurde im Jahre 1921 die Temperatur auch in einer Hütte 1 m über dem Boden beobachtet und registriert. Die Ergebnisse der Vergleichung mit der 2 m Hütte sind von Geheimrat Hellmann veröffentlicht worden (Met. Zeitschr. 1922 S. 50). Von den »Ergebnissen der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam« sind die Jahrgänge 1917 bis 1920 erschienen, die Jahrgänge 1921 bis 1923 befinden sich im Druck.

Der Haupt-Anemograph war, nachdem er fast 30 Jahre ohne größere Unterbrechung gearbeitet hatte, an einigen Stellen seines Übertragungsmechanismus so abgenutzt, daß verschiedene Lager, Achsen und Räder ersetzt oder nachgearbeitet werden mußten. Diese Reparatur wurde im Winter 1922/23 ausgeführt. Dabei wurde der Winddruckschreiber, welcher zwar sehr anschauliche, aber quantitativ nicht verwertbare Aufzeichnungen lieferte, durch einen Böenschreiber mit Staurohr nach L. Prandtl und hydrostatischer Registrierung nach R. Fueß ersetzt. — Der schon im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnte Windkanal zum Eichen kleiner Anemometer ist seit 1920 in Gebrauch und seitdem viel benutzt worden. Die von der Heeresverwaltung, meteorologischen Dienststellen und Privatpersonen gewünschten Prüfungen haben manchmal viel Zeit beansprucht (Brückmann, später Albrecht). — An unserem Normalbarometer Wild-Fueß Nr. 248 sind im Winter 1923/24 die Skalen neu versilbert und der offene Schenkel gereinigt, alsdann ist das Instrument mit den Normalien des Preußischen Meteorologischen Instituts und der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt verglichen worden (Süring). Dabei hat sich ergeben, daß die Korrektion innerhalb der Vergleichsgenauigkeit ungeändert geblieben ist.

Die schon 1914—1916 regelmäßig täglich ausgeführten, aber durch den Krieg stark behinderten Helligkeits- und Strahlungsmessungen wurden während

des ganzen Jahres 1920 unter Berücksichtigung der bisherigen Erfahrungen erneut durchgeführt (Kühl, Marten, Kähler). Die Ergebnisse der Helligkeitsmessungen mit dem Weber-Photometer wurden von Dr. Kähler bearbeitet und 1922 veröffentlicht. Hierbei wurden in erster Linie die Änderungen der Schattenhelligkeit in ihrer Beziehung zur Gesamthelligkeit untersucht.

Bei den Strahlungsmessungen 1920 und in den folgenden Jahren wurden namentlich die Messungen der kurzwelligen Strahlung von Sonne und Himmel mit photoelektrischen Zellen weiter ausgebaut, ihre Fehlerquellen untersucht und die Eichungsmethoden verbessert (Kühl). An geeigneten Tagen wird jetzt mit der Kaliumzelle die direkte Sonnenstrahlung, die Strahlung der Sonnenumgebung mit herausgeblendeter Sonne, die Himmelsstrahlung im Zenith und in  $90^\circ$  Sonnenabstand bestimmt. Die Messung der Sonnenumgebung wird seit 1923 noch unterteilt durch eine Sonderbestimmung des Ringes von  $3\frac{1}{2}$ — $5^\circ$  Radius. Die Benutzung von Farbfiltern wurde auf ein Schottisches Rotglas von 2 mm Dicke beschränkt. Mit der Zinkzelle ist nur gelegentlich gemessen, weil ein bequem benutzbares Elektrometer und jede Möglichkeit zur Eichung dieser Zelle fehlen.

Messungen der Gesamtstrahlung der Sonne mit Michelson-, Ångström- und Abbot-Pyrheliometern führte Prof. Marten weiter fort. Die Beobachtungen bis einschließlich 1919 sind zu Normalwerten für Potsdam zusammengefaßt und veröffentlicht. Eine Bearbeitung der Ergebnisse seit 1920 mit besonderer Berücksichtigung der Messungen mit vorgeschaltetem Rotglas ist nahezu vollendet. In instrumenteller Hinsicht wurde die Konstruktion des Michelson-Apparates durch automatische Nachführung des Quarzfadens verbessert, sowie eine Bestimmung des Randeffekts am Ångströmschen Kompensationspyrheliometer durchgeführt und veröffentlicht. Außerordentlich zahlreich und zeitraubend waren die von vielen Observatorien und Heilanstalten gewünschten Prüfungen von Michelson-Pyrheliometern.

Professor Brückmann hat sich nach seinem Übertritt vom Berliner Institut zum Observatorium (1. II. 1921) neben laufenden Arbeiten besonders mit der Verwendung der Pyrometermethode von Holborn und Kurlbaum zur Messung der Himmelsstrahlung beschäftigt. Bei den Versuchen mit einem von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt entliehenen Spektralpyrometer erwies sich diese Methode hierfür als sehr geeignet. Statt der spektralen Zerlegung wurden jedoch später Grün- und Rotfilter benutzt, und ein so abgeändertes Instrument ist alsdann in eigener Werkstatt mit Hilfe eines Mechanikers der Reichsanstalt gebaut worden. Nach dem Ausscheiden von Brückmann werden die Versuche von Prof. Kühl fortgesetzt, wobei noch einige Abänderungen zur Erhöhung der Einstellgenauigkeit vorgesehen sind.

Zu privaten Strahlungsmessungen verschiedener Art, welche das Sanatorium Agra bei Lugano (Schweiz) gewünscht hatte, war Geheimrat Süring vom 1. Oktober 1922 bis 1. Juni 1923 beurlaubt. Die Ergebnisse, welche namentlich hinsichtlich der kurzwelligen Strahlung von allgemein wissenschaftlichem Interesse sein dürften, sollen in Kürze veröffentlicht werden.

In Ergänzung der in früheren Berichten erwähnten Bodentemperaturmessungen sind Versuche mit elektrischer Registrierung der Temperatur an der Bodenoberfläche und unmittelbar darüber angestellt (Brückmann). Aus Mangel

an Mitteln schritten die Arbeiten nur langsam fort. Die hierfür von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gebauten Widerstandsthermometer wurden später von Dr. Albrecht teilweise durch selbst hergestellte, noch empfindlichere Widerstandsthermometer ersetzt; einige brauchbare Registrierungen liegen vor.

Die photogrammetrischen Wolkenmessungen sind zu einem gewissen Abschluß gekommen. Mit Unterstützung des Oberlandmessers Th. Bötzel in Hildesheim sind jetzt alle brauchbaren Platten aus den Jahren 1900—1920 ausgewertet; die Ergebnisse sind 1922 in einer mit Unterstützung der »Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft« herausgegebenen Abhandlung veröffentlicht (Süring). Aus äußeren Anlässen (hohe Kosten der photographischen Materialien, Diebstahl von Leitungsdraht) sind seit 1921 nur noch ganz wenige Messungen gemacht. Einen gewissen Ersatz bieten Messungen mit einem stereoskopischen Koinzidenz-Entfernungsmesser von 4 m Basis, welchen die Optische Anstalt C. P. Goerz-Friedenau leihweise zur Verfügung gestellt hat (Schindelhauer).

Die luftelektrischen Messungen wurden in der Hauptsache von Dr. Kähler fortgeführt. Außer den laufenden Registrierungen wurden die absoluten Werte des Potentialgefälles auf der Beobachtungswiese durch eine Reihe von Kontrollbeobachtungen nachgeprüft. Es ergab sich, daß durch Zuwachsen der waldumgebenen Wiese der Faktor Turm/Wiese, welcher vor dem Kriege 4,7 betragen hatte, im Jahre 1922 auf 6,2 gestiegen war. Durch Fällen einer größeren Zahl von Bäumen in der Umgebung der Meßstelle ging der Faktor auf 3,8 herunter. Ferner wurde der Reduktionsfaktor der Turm-Meßstelle auf freies Feld, der vor längerer Zeit in kurzen Messungsreihen zu 1,0 bestimmt war, durch neue, verschärfte Messungen nachgeprüft und dafür der Wert 0,81 gefunden. Diese Kontrollmessungen sollen noch fortgesetzt werden. Die hier nach korrigierten mittleren Potentialgefäll-Werte der 20 Jahre 1904—1923 werden in Kürze veröffentlicht werden.

Zur Erlangung der Doktorwürde hat Herr H. Markgraf die zehnjährigen Registrierungen des elektrischen Leitvermögens (1912—1921) bearbeitet und dabei außer den regelmäßigen Schwankungen auch die Störungen, sowie die Beziehungen zum Potentialgefälle und zu den meteorologischen Elementen untersucht. Auszüge aus dieser Dissertation sind in der Meteorologischen Zeitschrift 1924 S. 65 und S. 165 erschienen.

Seit dem 1. August 1921 wurden — anfangs auf der Wiese, später auf dem Wolkendach des Observatoriums — Messungen der elektrischen Raumladung nach der Thomsonschen Methode mit einem empfindlichen Wulfsehen Einfaden-Elektrometer ausgeführt (Kähler). Ein Teil der recht bemerkenswerten Ergebnisse ist in der Meteorologischen Zeitschrift 1922 und 1923 veröffentlicht.

Die Apparatur zur Messung der Niederschlags Elektrizität wurde nachgeprüft und verbessert (Schindelhauer), außerdem wurden Versuche gemacht, um eine dauernde Aufzeichnung der Anzahl der pro Flächeneinheit fallenden Tropfen nach einer akustischen Methode zu ermöglichen. Im Zusammenhang mit der gleichzeitig auf das System übertragenen Elektrizitäts- und Regenmenge läßt sich dann die elektrische Oberflächendichte der Tropfen berechnen. Nach den Angaben von Dr. Schindelhauer wird ein solcher Apparat durch den

Obermechaniker Kleinert gebaut. Ferner wurden Messungen des in einer offenen Antenne fließenden luftelektrischen Ausgleichstromes unternommen (Schindelhauer), zuerst in der Weise, daß die Antenne über einen passenden Widerstand geerdet und die Spannung an den Enden des Widerstandes elektrometrisch gemessen wurde, später durch photographische Registrierungen mit einem Drehspulgalvanometer. Die Registrierungen wurden ein Jahr lang durchgeführt. Da die Vermutung besteht, daß die Antenne im wesentlichen als radioaktiver Kollektor wirkt, ist damit begonnen, Aktivierungen von Drähten, die in gleicher Höhe mit der Antenne aufgehängt sind, vorzunehmen und deren Abklingungskurven zu bestimmen.

Mit Rücksicht auf etwaige atmosphärische Einflüsse wurden die Schwankungen in der Empfangsenergie radiotelegraphischer Signale nach verschiedenen Methoden verfolgt (Schindelhauer), wobei uns sowohl die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie wie auch das telegraphentechnische Reichsamt in dankenswerter Weise durch leihweise Überlassung von Instrumenten und Hilfsgerät unterstützten. Die Substitutionsmethode des telegraphentechnischen Reichsamts, bei welcher ein Elektrometer nach Wulf hinter dem Niederfrequenzverstärker zur Messung der Empfangsenergie dient, wurde versuchsweise aufgebaut. Ferner wurde eine vollständige Rahmenempfangseinrichtung mit 2,5 m<sup>2</sup>-Rahmen und Zwischenkreis für Wellenlängen bis 25 000 m zusammengestellt, um die Lautstärke nordamerikanischer Stationen nach der Parallel-Ohm-Methode zu messen. Während der Sonnenfinsternis am 8. April 1921 wurden die Lautstärken von Annapolis, Rocky Point und Rom dauernd überwacht. Dieselbe Rahmenanordnung diente auch vorläufig zur Richtungsbestimmung atmosphärischer Störungen, wobei sich zeigte, daß die durchschnittliche Richtung der Störungen mit dem magnetischen Meridian zusammenfällt (veröffentlicht im Jahrbuch für drahtlose Telegraphie, Band 22, 1923). Versuche mit einer neuen Peilanordnung mit Kipprahmen, welche von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie zur Verfügung gestellt worden ist, sind noch nicht abgeschlossen. Ein Audion-Rückkoppelungsempfänger mit Zwischenkreis für kurze Wellen wurde vom Obermechaniker Kleinert angefertigt.

Außer den schon genannten Behörden und Gesellschaften, welche leihweise Apparate überließen, stellte Herr Professor Berndt-Friedenau sein luftelektrisches Instrumentarium (einen Gerdianschen Apparat zur Messung der Leitfähigkeit, einen Ebertschen Aspirationsapparat und ein photographisch registrierendes Zweifaden-Elektrometer) dem Observatorium zur einstweiligen Verfügung. Ferner ist dem Observatorium das gesamte Material, das bei den Jesseschen Aufnahmen leuchtender Nachtwolken 1887—1890 gewonnen ist, überwiesen.

Zur eigenen Ausbildung oder zur Vertretung beurlaubter Beamter hielten sich längere Zeit am Observatorium auf die Herren Haude-Breslau, H. Markgraf-Berlin, H. Koschmieder-Fürth und F. Löwe-Berlin.

Seit dem 1. April 1923, nach Schaffung des Direktoriums der preußischen meteorologischen Institute, steht das Meteorologische Observatorium in Potsdam unter der wissenschaftlichen Leitung von Geheimrat Prof. Dr. Hergesell. Die Zusammenarbeit der Observatorien (Lindenberg und Potsdam) hat bereits begonnen. Zurzeit wird die Strahlungsapparatur des Observatoriums Lindenberg

in Potsdam genau untersucht, um sie an die des Potsdamer Instituts anzuschließen. Diese Arbeiten werden von Prof. Marten ausgeführt. Die bisherigen Lindenberger Beobachtungen über die nächtliche Ausstrahlung bezw. deren Registrierung wurden durch Parallelmessungen in Potsdam unterstützt. Einige Versuchsreihen sind bereits bearbeitet. Auch die mit dem Koinzidenz-Entfernungsmesser ausgeführten Wolkenmessungen des Potsdamer Instituts sind in einen nutzbringenden Vergleich mit den Wolkenmessungen des Observatoriums Lindenberg gebracht worden. In Lindenberg finden die Messungen fast täglich mit einem Invert-Entfernungsmesser von 6 m Basislänge statt und werden in engen Zusammenhang mit der Struktur der Atmosphäre bei den verschiedenen Wetterlagen gebracht.

#### Magnetische Arbeiten.

Der Dienstbetrieb an laufenden Beobachtungen und ihrer Bearbeitung wickelte sich während der Berichtszeit in der alten, 1919 wieder eingeführten Weise ohne Störung ab. Leider wurde der Abteilung zum 1. April 1921 durch ministerielle Verfügung eine weitere der nur noch vorhandenen zwei Rechnerstellen entzogen. Nur dem Eifer und der Leistungsfähigkeit des Rechners L. Neubert ist es zu danken, daß nicht nur in der Aufarbeitung keine neuen Rückstände blieben, sondern auch die alten aus den Kriegsjahren stammenden allmählich verringert und zum größten Teile bereits beseitigt worden sind. Freilich hat sich ihre volle Erledigung und damit die Veröffentlichung der Ergebnisse für das Jahr 1918 (zusammen mit denen für 1919 und 1920), die andernfalls bis Ende 1921 erfolgt wäre, nun bis Mitte 1923 verzögert. Außerdem müssen die wissenschaftlichen Beamten mehr als sachlich erwünscht ist, mit schematischen Rechenarbeiten beschäftigt werden: das gilt insbesondere von cand. Berger und nach dessen Ausscheiden zum 1. Oktober 1922 von cand. — jetzt Dr. Bartels.

Wegen der störenden Unregelmäßigkeiten der Gaszufuhr wurde die Heizung des Hauptsystems, später zum Teil auch die des Kontrollsystems ganz eingestellt. Das Uhrwerk des ersteren mußte nach 30 jähriger ununterbrochener Benutzung gründlich nachgesehen werden und erfuhr bei dieser Gelegenheit einige Abänderungen. Der Betrieb des H. S. ruhte deshalb von Mitte Januar bis Anfang Mai 1920. Während dieser Zeit registrierten Variometer, die im Raum unter der Treppe und im Umgang aufgestellt waren. In der Seddiner Hilfswarte, die wie bisher von Professor Venske verwaltet wurde, stellte dieser Ende 1922 statt der dortigen schon lange wenig befriedigend arbeitenden Wage eine solche von Schulze auf. Professor Nippoldt untersuchte zwei kleine Gebiete starker magnetischer Störungen: 1920 die unmittelbare Umgebung der Feuersteinklippen bei Schierke, 1921 die Gegend südöstlich von Königsberg i. Pr. mit Hilfe von Lokalvariometermessungen. Die geplanten Wiederholungsmessungen an den Säkularstationen mußten leider aus Mangel an Mitteln unterbleiben, was bei dem Mangel an Observatorien im östlichen Mitteleuropa im Hinblick auf die allmählich hervortretenden geographischen Unterschiede der Säkularvariation eine bedauerliche Lücke in der magnetischen Landesaufnahme verursacht.

Gemeinsam mit cand Berger und Dr. Bartels führte Professor Nippoldt die von Geh.-Rat Schmidt begonnenen Vergleichen der beiden Haupttheodolite und die Ausmessung des Theodoliten Bamberg weiter und dem Abschluß nahe.

Professor Venske arbeitete eine Methode zur verfeinerten Bestimmung von Schwingungsdauern aus, durch die diese auf photographischem Wege unmittelbar an die Schwingungen eines Sterneckschen Halbsekundenpendels angeschlossen wird. Er untersuchte weiter den noch nicht hinreichend erkannten Einfluß der mitschwingenden Luft und wiederholte die von Brückmann und Schmidt früher im Anschluß an Watsons Normalstäbe durchgeführte Bestimmung des Trägheitsmoments des dem Observatorium gehörigen Normalstabes  $v$ ; der früher gefundene Endwert (s. Ber. für 1916, S. (51)) wurde dabei bestätigt. Weitere Arbeiten Professor Venskens galten der Untersuchung von Bourdon-Röhren und Metallthermometern. Rechnerisch führte er die Bestimmung des Mondeinflusses in den Variationen der vertikalen Komponente weiter.

Zum Abschluß gebracht wurde die Bearbeitung der Deklinationsmessungen in West- und Ostpreußen. Die kartographische Schlußdarstellung, die Geh.-Rat Schmidt entwarf und Obersekretär Busch in musterhafter Ausführung ins Reine zeichnete, enthält mit ihren mehr als 4000 zugrundeliegenden Stationen das dichteste magnetische Beobachtungsnetz, das bisher auf einem Gebiet gleicher Größe besteht.

Außerordentlich zahlreich und zum Teil ausgedehnt waren die Besuche, die das Observatorium von auswärtigen Fachgenossen, sei es zur Vergleichung ihrer Instrumente, sei es auch zu ihrer Ausbildung oder zum Studium der hier benutzten Beobachtungs- und Rechenmethoden, erhielt. Es muß unter Übergehung nur gelegentlicher Besucher genügen, hier folgende Namen zu nennen: Molin (Upsala), La Cour (Rude Skov), Keränen (Helsingfors), Azpiazu und Gil (Madrid), Haußmann (Charlottenburg), Regener (Stuttgart), Parkinson (Washington), Seisoff (Sofia), Schuh (Rostock), Moll (Rostock), Heiland (Hamburg). Die drei letztgenannten führten mit dem ihnen geliehenen Lokalvariometer für Vertikalintensität größere Vermessungen zu geologischen Zwecken aus. Außerdem arbeiteten noch im Magnetischen Observatorium Mag. Gehling-Riga mehrere Monate lang zu seiner Ausbildung in magnetischen Messungen, Oberregierungsrat Ackermann, Dr. Burmeister München.

Veranlaßt durch eine frühere Anregung des Magnetischen Observatoriums beriet der Beirat für das Vermessungswesen im Jahre 1923 die Möglichkeit, auf den amtlichen Karten für praktische Zwecke Angaben über die magnetische Mißweisung anzubringen. Auf seiner Sitzung in Cassel nahm er die dafür von Herrn Geheimrat Haußmann in Übereinstimmung mit den Wünschen des Observatoriums aufgestellten Grundsätze und Vorschläge an. Die Preußische Landesaufnahme hat sich bereits entschlossen, auf den Meßtischblättern (1:25000) und der Reichskarte (1:100000) danach zu verfahren.

Das wachsende Interesse der Geologischen Forschung an der Ausführung erdmagnetischer Mutungen führte zu vermehrter Inanspruchnahme des Observatoriums, teils zu Studienzwecken, teils zu Konstantenbestimmungen zu benutzender Instrumente. An größeren Untersuchungen dieser Art sind zu nennen: 1. magnetische Aufnahmen seitens der Geologischen Landesanstalt zu Berlin im

oberschlesischen Kohlengebiet, ausgeführt von dem Mitglied dieser Behörde, Dr. Reich und zwar mittels der Feldwage. Zweck dieser Messungen war, die Verwendbarkeit von Beobachtungen der Vertikalintensität für geologische Ziele grundsätzlich zu prüfen. Im Anschluß daran fanden im Observatorium Prüfungen des magnetischen Verhaltens verschiedener Bodenproben statt. 2. Magnetische Vermessung des Samlands nach Horizontal- und Vertikalintensität seitens des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Königsberg und ausgeführt von Dr. Errulat.

Von Februar bis Juli des Jahres 1923 hielt sich mit Unterbrechungen Kapitän A. v. Gernet-Reval am Observatorium auf, um die erdmagnetische Vermessung Estlands vorzubereiten. Es handelte sich besonders um Besprechungen über den Bau eines eisenfreien Vermessungsschiffes und seiner instrumentellen Ausrüstung. Die Schiffsinstrumente wurden nach ihrer Umarbeitung durch den Mechaniker G. Schulze-Potsdam im Observatorium angeschlossen und erstmalig geprüft. Zu erwähnen ist dabei, daß die Firma Askaniawerke, vormals C. Bamberg-Friedenau dem Observatorium das Originalexemplar des Bidlingmaierschen Doppelkompaß mit der Zustimmung liehen, ihn den estnischen Seemessungen zur Verfügung zu stellen. Auf der Ausreise nach Reval konnte sich Prof. Nippoldt von der großen Seetüchtigkeit dieses Instruments erneut überzeugen.

In den Berichtsjahren wurden insgesamt 22 Feldwagen und 4 H-Variometer verschiedener Konstruktion geprüft.

Zu erwähnen ist endlich der Abschluß eines Vertrages zwischen der Stadt Potsdam und dem Observatorium, der der Stadt gegen eine Abfindungszahlung Erleichterungen beim Bau und Betrieb ihrer elektrischen Straßenbahn gewährt, andererseits für das Hilfsobservatorium in Seddin einen bisher fehlenden Schutzbezirk sichert.

## 8. Dienstreisen.

Zum Zwecke der Besichtigung, Verlegung oder Neueinrichtung von Stationen wurden folgende Dienstreisen unternommen:

im Jahre 1920 von Professor Dr. Lüdeling nach Görlitz, Krummhübel, Arnsdorf, Schneekoppe, Schneegrubenbaude; von Professor Dr. Stade nach Frankfurt a/O., Deutsch-Krone, Lauenburg, Köslin, Neu-Strelitz; von Dr. Joester nach Frankfurt a. O.;

im Jahre 1921 von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Hellmann nach dem Brocken; von Professor Dr. Lüdeling nach Hechingen, Sigmaringen und Dessau; von Professor Dr. Stade nach Munster (Lager), Helgoland, Bremervörde, Oldenburg, Osnabrück-Düstrup, Herford, Hannover, Hildesheim, Trauen, Stade, Blankenfelde, Buch (bei Berlin); von Dr. Joester nach Göttingen, Witzenhausen, Mengershausen, Marburg, Stein-Neukirch, Fulda, Torgau;

im Jahre 1922 von Professor Dr. Lüdeling nach Büsum, Neumünster, Marienleuchte, Rostock, Greifswald, Neubrandenburg, Kyritz, Nienburg, Bremen, Oldenburg, Vechta, Lönningen, Jever, Schwerin; von Professor Dr. Stade nach Trauen, Landsberg a/W., Silberberg (Kr. Arnswalde); von Professor v. Elsner nach Krummhübel, Arnsdorf und Wang; von Dr. Joester nach Liebenstein,

Ilmenau, Weimar, Nordhausen, Wanderleben; von Dr. König nach Fraustadt, Breslau, Krietern, Rosenberg, Beuthen, Ratibor, Oppeln, Proskau, Habelschwerdt, Görlitz, Kottbus;

im Jahre 1923 von Professor Dr. Lüdeling nach Clausthal, Brocken, Celle, Wasserleben, Cassel, Nienburg (Weser), Sedelsberg, Unterlühs; von Dr. Budig nach Munster, Unterlühs, Celle.

Außerdem reisten im Jahre 1921 Prof. Dr. Lüdeling nach München und Stuttgart zu dienstlichen Besprechungen bei den dortigen Landeswetterwarten und Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Hellmann nach Leipzig zum Naturforschertag.

Vom 11. bis 14. August 1920 unternahm Professor Dr. Nippoldt eine Vermessung des Gebiets um die Feuersteinklippen bei Schierke im Harz bezüglich der Verteilung der Vertikalintensität. Festgestellt wurde ein Gebiet mäßiger Störung um das Gebiet der Feuersteine herum, etwa von 500  $\gamma$  gegen einen ungestörten Punkt. In der Nähe des Trümmerfeldes waren die Störungen größer und vor allem die Gradienten sehr stark. Auf der Hauptklippe selbst zeigten zwei Punkte von nur 1 m Höhen- und 3 m seitlichem Unterschied — 2256 und + 1553  $\gamma$  Störung gegen den Normalwert. Die Magnetisierung der Klippen besteht demnach aus einer allgemeinen des Untergrunds und einer im engsten Sinne lokalen der einzelnen Steine.

Vom 30. Juli bis 11. August 1921 wurden von demselben Herrn südlich von Königsberg i./Pr. an 37 Punkten Messungen der Intensität des Erdmagnetismus angestellt, und zwar zu dem Zweck, wenn möglich, den Zusammenhang der dortigen Lokalstörung mit den geologischen Verhältnissen zu erfahren, wofür die Messungen auch deutliche Hinweise ergaben.

Die durch die Verwaltung des Seddiner Observatoriums nötig gewordenen Reisen hat, wie in den Vorjahren, Professor Dr. Venske ausgeführt.

### 9. Veröffentlichungen des Instituts.

- Nr. 305. Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919. Erstattet vom Direktor. Mit einem Anhang enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen. 8°. 142 S. 1920.
- Nr. 306. Ergebnisse der Magnetischen Beobachtungen in Potsdam und Seddin im Jahre 1917, von Ad. Schmidt. 4°. 16, (16) S., 1 Tafel, 10 Kurvenblätter. 1920.
- Nr. 307. Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam in den Jahren 1917 und 1918, von R. Süring. 4°. VIII, 115 S. 1920.
- Nr. 308. Abhandlungen Bd. VII, Nr. 1. Häufigkeit und Verbreitung großer Tagesmengen des Niederschlages in Norddeutschland, von G. Wussow. 4°. 26 S. 1920.
- Nr. 309. Abhandlungen Bd. VII, Nr. 2. Strahlungs- und Helligkeitsmessungen in Kolberg, von K. Kähler. 4°. 42 S. 1920.
- Nr. 310. Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen in den Jahren 1915—1917, von C. Kaßner. 4°. XVIII, 104 S. 1920.
- Nr. 311. Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam in den Jahren 1919 und 1920, von R. Süring. 4°. IV, 38 S. 1921.

- Nr. 312. Klima-Atlas von Deutschland, bearbeitet im Preußischen Meteorologischen Institut von dem Direktor Dr. G. Hellmann, o. Professor der Meteorologie an der Universität Berlin und den Observatoren Professor G. v. Elsner, Professor Dr. H. Henze und Dr. K. Knoch. Mit 87 Karten in farbigem Steindruck, Erläuterungen und 16 Klimatabellen. Quer-Fol. 1921.
- Nr. 313. Ergebnisse der Beobachtungen an den Stationen II. und III. Ordnung in den Jahren 1914—1918, von G. Lüdeling. Deutsches Meteorologisches Jahrbuch. Preußen und übrige norddeutsche Staaten. 4°. XIV, 112 S. 1921.
- Nr. 314. Ergebnisse der Magnetischen Beobachtungen in Potsdam und Seddin in den Jahren 1918, 1919, 1920, von Ad. Schmidt. 48 S. 15 Kurvenblätter. 1922.
- Nr. 315. Beiträge zur Geschichte der Meteorologie, von G. Hellmann. Dritter Band (Nr. 11—15). Anhang. 8°. 1 Bl., 102 S. 1922.
- Nr. 316. Ergebnisse der Gewitter-Beobachtungen in den Jahren 1919, 1920, 1921, von Th. Arendt. 4°. XXVI, 7 S. 1922.
- Nr. 317. Abhandlungen Bd. VII, Nr. 3. Photogrammetrische Wolkenforschung in Potsdam in den Jahren 1900 bis 1920, von R. Süring. 4°. 28 S. 1922.
- Nr. 318. Abhandlungen Bd. VII, Nr. 4. Die magnetische Deklination in West- und Ostpreußen nach den Messungen der Trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme des Großen Generalstabs in den Jahren 1905—1913, von Ad. Schmidt. 4°. 8 S. 1922.
- Nr. 319. Abhandlungen Bd. VII, Nr. 5. Die Verteilung der Bewölkung über Europa, von K. Knoch. 4°. 8. 14 Karten. 1922.

Monatsübersichten der Witterung als Beilagen der vom Preußischen Statistischen Landesamt herausgegebenen »Statistischen Korrespondenz« im Jahre 1920 unter dem Titel: »Norddeutscher Witterungsbericht nach den Beobachtungen des Preußischen Meteorologischen Instituts«, von 1921 ab unter dem Titel: »Deutscher Witterungsbericht nach den Ergebnissen der einzelstaatlichen Beobachtungsnetze bearbeitet vom Preußischen Meteorologischen Institut.«

### **Fachwissenschaftliche Veröffentlichungen der Beamten.**

H. v. Ficker.

Untersuchungen über die meteorologischen Verhältnisse der Pamirgebiete. (Ergebnisse der Expedition des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins nach Ostbuchara), Denkschriften d. Akad. d. Wissenschaften Wien, math.-naturw. Klasse 97. Band, S. 151—255. Wien 1919.

Veränderlichkeit der Temperatur und Anomalie der Monatsmittel. (Meteorolog. Zeitschrift, 1920, S. 42—43.)

Die Böen- und Kurslinie der Depressionen. (Ebenda, 1920, S. 106.)

Die Änderung der Größe der Luftdruckschwankungen in den untersten Schichten der Atmosphäre. (Ebenda, 1920, S. 145—151.)

- Die Abnahme der Veränderlichkeit des Luftdruckes mit der Höhe. (Ebenda, 1920, S. 184—189.)
- Veränderlichkeit des Luftdruckes und der Temperatur in Rußland zwischen Eismeer und 37° Nordbreite. (Ebenda, 1920, S. 260—261.)
- Beziehungen zwischen Druck- und Temperaturänderungen in der Troposphäre. (Ebenda, 1920, S. 347.)
- Der Einfluß der Alpen auf Fallgebiete des Luftdruckes und die Entstehung von Depressionen über dem Mittelmeer. (Ebenda, 1920, S. 350—363.)
- Beziehungen zwischen Änderungen des Luftdruckes und der Temperatur in den unteren Schichten der Troposphäre (Zusammensetzung der Depressionen). (Sitzungsber. der Akad. d. Wissenschaften in Wien, math. naturw. Klasse, 1920, S. 763—810.)
- Max Margules †. Das Wetter 1920. 161—165.
- Die Wirkung überadiabatischer Temperaturgradienten. (Meteorolog. Zeitschrift, 1921, S. 23—24.)
- Bemerkungen über die Konstitution zusammengesetzter Depressionen. (Ebenda, 1921, S. 65—70.)
- Wilhelm Trabert †. (Ebenda, 1921, S. 83—85.)
- Die Verdoppelung von Kältewellen. (Ebenda, 1921, S. 85—88.)
- Bemerkungen über die Schönwetterbewölkung in Gebirgstälern. (Ebenda, 1921, S. 182.)
- Über Verschiebung der Polarfront. (Ebenda, 1921, S. 217—218.)
- Überschwemmungen mitten im Winter in Ostsibirien. (Ebenda, 1921, S. 218—219.)
- Die Veränderlichkeit der Temperatur in der Niederung und auf Berggipfeln. (Ebenda, 1921, S. 243—244.)
- Ergebnisse meteorologischer Beobachtungen in Husseinabad (Persien, Seistan). (Ebenda, 1921, S. 257—262.)
- Wo findet man in den deutsch-österreichischen Alpen einen Ersatz für Davos? (Ebenda, 1921, S. 307—309.)
- Über den Druckeffekt stratosphärischer Kälteeinbrüche. (Ebenda, 1921, S. 369 bis 372.)
- Bemerkungen über die Polarfront. (Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre IX, S. 130—136, 1921.)
- Die Beziehung zwischen Druck und Temperatur in der freien Atmosphäre. (Ebenda, S. 51—62, 1921.)
- Julius Hann (Nachruf). (Das Wetter, 1921, S. 161—168.)
- Einige Bemerkungen über Zyklonen. (Ebenda, 1921, S. 171—178.)
- Meteorologische Beobachtungen in Umrumschi (Dsungarei, Innerasien). (Meteorolog. Zeitschrift, 1922, S. 57—60.)
- Kälteeinbrüche über Lindenberg. (Ebenda, 1922, S. 65—72.)
- Bemerkungen zu dem Aufsatz F. M. Exners über Aufbau hoher Antizyklonen und Zyklonen in Europa. (Ebenda, 1922, S. 86—88.)
- Ein bemerkenswertes Barogramm bei einem Hagelsturm in Wien. (Ebenda, 1922, S. 353—355.)
- Veränderlichkeit des Luftdruckes in der unteren Troposphäre über Lindenberg. (Die Arbeiten des Preuß. Aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg, Wissenschaftliche Abhandlungen, XIV. Bd., 1922, S. 85—103.)

- Die Änderung des Wetters in den verschiedenen Entwicklungsstadien einer Depression. (Sitzungsber. der Akad. d. Wissenschaften in Wien, math.-naturw. Klasse, 1922, S. 383—415.)
- Polarfront, Aufbau, Entstehung und Lebensgeschichte der Zyklonen. (Meteorolog. Zeitschrift, 1923, S. 65—79.)
- Ergänzende Bemerkungen zu dem Referat über die Polarfronttheorie. (Ebenda, 1923, S. 264—267.)
- F. M. Exner, Über die Bildung von Windhosen und Zyklonen. (Ebenda, 1923, S. 341—343.)
- Prof. Dr. Otto Freybe †. (Ebenda, 1923, S. 368—369.)
- Untersuchungen über Temperaturverteilung, Bewölkung und Niederschlag in einigen Gebieten des mittleren Asiens. (Geografiska Annaler 1923, S. 351—400.)

#### Ad. Schmidt.

- Zur Kritik und Praxis der Variationsbeobachtungen. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorolog. Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919, S. 74—80.)
- Über die Bestimmung der erdmagnetischen Aktivität. (Terr. Magn. Bd. 25, S. 123—138.)
- Bemerkung über die Verwendung von Stundenmitteln. (Ebenda, Bd. 25, S. 139—141.)
- Die erdmagnetische Säkularvariation. (Physikal. Zeitschrift, Bd. 22, S. 152—159.)
- Ein Mangel der erdmagnetischen Jahrbücher. (Terr. Magn. Bd. 25, S. 65—71.)
- Werte der erdmagnetischen Elemente an deutschen Hochschulen für den Zeitpunkt 1921.5. (Ebenda, 22 S.)
- Über die Frage nach der Häufigkeit von Monatsfolgen gleichsinniger Temperaturabweichung. (Meteorolog. Zeitschr. 1920, S. 50—53.)
- Ergebnisse der erdmagnetischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1919. (Ebenda, 1920, S. 163—166.)
- Bemerkung zu dem Aufsatz von A. Nippoldt: Zur physikalischen Theorie des Erdmagnetismus. (Ebenda, Bd. 26, S. 129—130.)
- Über den Gang der Sonnenfleckenhäufigkeit. (Astronom. Nachr. Bd. 213, S. 13—16.)
- Eine 30tägige Sonnenfleckenperiode? (Ebenda, Bd. 214, S. 409—414.)
- Ergebnisse der erdmagnetischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1920. (Meteorolog. Zeitschr. 1921, S. 180—181.)
- Ergebnisse der erdmagnetischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1921. (Ebenda, 1922, S. 185—188.)
- Die ablenkende Kraft der Erddrehung. (Petermanns Mitteilungen 1922, S. 144 bis 146.)
- Ergebnisse der erdmagnetischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1922. (Meteorolog. Zeitschr. 1923, S. 186.)

#### R. Süring.

- Registrierung der Erdbodentemperatur in Potsdam. (Meteorol. Zeitschrift 1920, S. 168—170.)

- Art und Verteilung des Windes in Deutschland. (Der Betrieb, herausgeg. vom Verein deutscher Ingenieure. 3. Jahrg. 1921, S. 709—712.)
- Über den Einfluß der höchsten Luftschichten auf das Wetter. (Schriften der Naturforsch.-Gesellsch. in Danzig. N. F. 15. Bd. (1921) S. 89—98.)
- Auffallende Trockenheit auf dem Brocken im November und Dezember 1921. (Meteorol. Zeitschrift 1922, S. 153—154.)
- Photogrammetrische Wolkenforschung in Potsdam in den Jahren 1900 bis 1920. Berlin 1922. (Veröffentl. des Preuß. Met. Instituts. Nr. 317. Abhandlungen Bd. VII, Nr. 3. 28 S.)
- Höhe der Monsunströmungen über Ost-Indien. (Meteorol. Zeitschrift 1923, S. 345—347.)
- Hanns Lehrbuch der Meteorologie. Lieferung 1—4. Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz. S. 1—352.
- Redaktion der »Meteorologischen Zeitschrift«. (1920 gemeinsam mit J. Hann, später mit F. M. Exner.)

## Th. Arendt.

- Die jährliche Verteilung der Gewitter im Zusammenhange mit anderen meteorologischen Vorgängen. (Landwirtschaftl. Jahrbücher 1921, Bd. LV., S. 471—481.)
- Die tägliche Verteilung der Gewitter im Zusammenhange mit anderen meteorologischen Vorgängen. (Ebenda, 1922, Bd. LVII., S. 573—603.)
- Hagel- und Graupelfälle als Begleiterscheinungen der Gewitter. (Ergebnisse der Gewitterbeobachtungen in den Jahren 1919, 1920 und 1921, S. III—XVI.)
- Die geographische Verbreitung der Gewitter in Nord- und Mitteldeutschland. (Ebenda, Berlin 1922, S. XVI—XVII. Eine Karte.)
- Die geographische Verbreitung des Hagels in Nord- und Mitteldeutschland. (Petermanns Mitteilungen, Gotha 1922, S. 241—244)
- Über die Trennung der Ferngewitter. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919. Berlin 1920, S. 35—42.)
- Häufigkeit der Böengewitter. (Ebenda, S. 42—55.)
- Die räumliche und zeitliche Verteilung der Gewitterhäufigkeit in Norddeutschland. (»Das Wetter«, 1922 S. 40—52.)
- Die Gewitter in Nord- und Mitteldeutschland 1919 bis 1921. (Mitteilungen der öffentlichen Feuerversicherungs-Anstalten. Berlin 1922, S. 58—60. Drei Tafeln.)
- Entwurf zahlreicher Karten zur Veranschaulichung der Meteorologie und besonders der Klimatologie Anhalts und der angrenzenden Gebiete für das anhaltinische Landes-Museum in Zerbst.

## C. Kaßner.

- Über einen bemerkenswerten Wetterumschlag im September in Norddeutschland. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919, S. 128—132.)
- Das Klima der Sommermonate in Norddeutschland. (Veröffentl. der Zentralstelle für Balneologie, Bd. III, Heft 7—10. 4". 158 S., 1 Fig.)

- Ein neuer Wetterfilm. (Der Lehrfilm 1920, S. 150—151.)
- Mein Wetterfilm. (Film und Wissen 1920, Heft 3, S. 7—8.)
- Ein neuer meteorologischer Film. (Meteorol. Zeitschrift 1920, S. 203—204.)
- Wetterfilme. (Luftfahrt 1920, S. 93, 1 Fig.)
- Über den Siebenschläfer. (Das Wetter 1920, S. 120.)
- Bericht über die 13. allgemeine Versammlung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft zu Leipzig vom 4.—6. Oktober 1920. (Meteorol. Zeitschrift 1920, S. 337—341.)
- Zum Abbau der großen Torfmoore am Brocken. (Süddeutsche Industrie-, Export- und Handelszeitung 1920, Heft 21, S. 14.)
- Gerichtliche und Verwaltungs-Meteorologie. Das Wetter in der Rechtsprechung für Gerichte und Rechtsanwälte, Verwaltungen, Magistrate und Hausbesitzer, Berufsgenossenschaften und Versicherungsgesellschaften, für Gewerbe, Handel und Technik. Mit 438 Beispielen aus der Praxis. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger Walter de Gruyter & Co., 1921. 8°. 208 S.
- Eine ungewöhnliche Ebbe im Schwarzen Meere. (Annalen der Hydrographie 1921, S. 408—410, 1 Fig.)
- Sonntagswetter so wie Freitags. (Das Wetter 1921, S. 154—156.)
- Niederschlagsmittel für die Kreise des preußischen Staates. (Zeitschrift des Preuß. Statistischen Landesamtes 1921, S. 222—224.)
- Die Graswüchsigkeit einiger Küstengebiete in der norddeutschen Tiefebene unter dem Einfluß des Regens im Spätsommer. (Mitteil. der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1921, S. 633.)
- Mon projet pour la construction d'un observatoire et d'une case de touriste sur le mont Vitocha. Echo de Bulgarie 1922, 14. und 15. Februar.
- Wetterbeobachtung und Wettervoraussage. (Das Deutsche Knabenbuch 1923, S. 137—147.)
- Die Literatur über das Klima von Deutschland, insbesondere der neue Klima-Atlas. Vortrag auf dem 38. Balneologen-Kongreß zu Berlin am 18. März 1922. (Veröffentl. auf dem Gebiete der Medizinalverwaltung 1922, S. 802—803.)
- Wettervorhersage und Viehverlust in den Vereinigten Staaten. (Mitteil. der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft 1922, S. 678.)
- Getreidegürtel und Neigung der Erdachse. (Ebenda, S. 716.)
- Statistik der Wetterbeobachter nach Beruf und Beobachtungsdauer in Norddeutschland. (Zeitschrift des Preuß. Statistischen Landesamtes 1923, S. 214—219.)
- Bericht über die 14. allgemeine Versammlung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft zu Berlin am 1. und 2. Oktober 1923. (Meteorol. Zeitschrift 1923, S. 362—368.)
- Die Trieblänge der Fichten und das Wetter, sowie über das Wachstum der Bäume. (Mitteil. der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1923, S. 51—52.)
- Beiträge zur landwirtschaftlichen Wetterkunde I—V. (Ebenda, 1923, S. 358, 400, 414, 566, 667.)
- Wetterstationen. (Handwörterbuch der Kommunalwissenschaften. Jena 1922, Bd. IV., S. 482—483.)

- Der Wetterberater. (Industrie- und Handelszeitung vom 14. Januar 1923.)  
 Zur Messung fester atmosphärischer Niederschläge. (Deutsche Allgemeine Zeitung, technische Beilage, vom 10. Juni 1923.)  
 Wetter und Verkehr. (Ebenda vom 30. September 1923.)  
 Über den Nutzen der Regenschneemessungen. (Der Brandenburgische Landbund 1923, Nr. 22.)

## G. v. Elsner.

- Die Temperaturabnahme mit der Höhe in den deutschen Gebirgen. (Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919. Berlin 1920, 8°, S. 132—140.)  
 Die Berechnung der Höhen für die Strecke von Bukoba bis zum Mohasisee. (Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Zentral-Afrika-Expedition 1907—1908 unter Führung Adolf Friedrichs, Herzogs zu Mecklenburg, Bd. 1, Leipzig 1920, 8°, S. 123—142.)  
 Die wissenschaftlichen Grundlagen für die barometrische Höhenmessung im östlichen Mittelafrica. (Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten, 32. Bd., Berlin 1920, 4°, S. 187—217, 6 Tafeln.)  
 Klima-Atlas von Deutschland. Gemeinsam mit G. Hellmann, H. Henze und K. Knoch, Berlin, D. Reimer, 1921, Quer 2°, 87 Karten, 40 S. Erläuterungen und Tabellen.  
 Einfluß der Inhomogenität einer Beobachtungsreihe der Lufttemperatur auf die auf eine längere Periode zurückgeführten Mittel einer kürzeren Reihe. (Meteorol. Zeitschrift 1922, S. 14—16.)

## G. Schwalbe.

- Über die Temperaturminima in 5 cm über dem Erdboden. (Meteorol. Zeitschrift 1922, S. 41—46.)  
 Die Hinselmannschen Wettervoraussagen auf Grund der Mondstellungen. (Landwirtschaftliche Jahrbücher 1923, S. 751—758.)

## H. Stade.

- Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen für Ballonfahrer (mit Süring). »Luftfahrt«, Deutsche Luftfahrer-Zeitschrift. XXV (1921). S. 6. — Auch als Sonder-Abdruck (4 S. 8°) bei Klasing & Co., Berlin W. 9, erschienen.  
 40 Jahre Berliner Verein für Luftschiffahrt. Festschrift zur 40jährigen Stiftungsfeier des Berliner Vereines für Luftschiffahrt, früheren »Deutschen Vereines zur Förderung der Luftschiffahrt«. 30 S. 8°. Berlin (Radetzki) 1921.

## W. Köhl.

- Erfahrungen und Versuche mit den Photozellen des Potsdamer Observatoriums. (Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919, S. 101—111.)

## W. Marten.

- Weitere Vergleichsmessungen zwischen den absoluten pyrliometrischen Skalen »Smithsonian Revised Pyrliometry of 1913« und Ångström. (Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919, Berlin 1920, S. 61—63.)

Normalwerte der Sonnenstrahlung in Potsdam. (Meteorol. Zeitschrift 1920, S. 252—258.)

Strahlungsmessungen in zwei Ballonen. (Luftfahrt 1921, S. 27.) (Gemeinsam mit W. Brückmann.)

Zur Frage der absoluten pyrhelimetrischen Skala. (Meteorol. Zeitschrift 1922, S. 342—344.)

#### A. Nippoldt.

Ergebnisse der deutschen erdmagnetischen Aufnahme in den Balkanländern in den Jahren 1917—1918. (Meteorolog. Zeitschrift, 1919, S. 56—58.)

Magnetische und luftelektrische Arbeiten der Carnegie-Institution von 1916 bis 1918. (Die Naturwissenschaften, 1920, S. 187—192.) Zusammen mit K. Kähler.

Kosmischer und Elektro-Magnetismus. (Das Weltall, Jahrgang 21, S. 17—22, 1921.)

Das Reich zwischen Luft und Erde. (Das Weltall, Jahrgang 21, S. 96—98, 1921.)

Die magnetische Vertikalkraft als Hilfsmittel zur Aufsuchung von Lagerstätten. (Der Steinbruch, Jahrgang 16, S. 157—158, 1921.)

Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht. Sammlung Göschen, 3. Auflage, Berlin 1921.

Zur physikalischen Theorie des Erdmagnetismus. (Terrestrial Magnetism, Jahrgang 26, S. 99—110, 1921.)

Zur Geschichte der erdmagnetischen Instrumente. (Feinmechanik, Jahrgang 1, S. 181—183, 1922.)

Die Arbeiten der Carnegie-Institution und andere neuere Arbeiten zur magnetischen Aufnahme der Erde. (Die Naturwissenschaften, 1923, S. 37—41.)

Elektrizität und Magnetismus. 8°. 80 Seiten. Argonautenverlag, Berlin 1923 (in russischer Sprache).

Anleitung zu wissenschaftlichem Denken. kl. 8°. 222 Seiten. Verlag von Bonneß und Hachfeld, Potsdam und Leipzig 1923.

Erdmagnetische Landesaufnahme von Hessen. 4°, 80 Seiten, IV Tafeln, 4 Karten. Darmstadt 1923. (Zusammen mit Geheimrat Prof. Dr. K. Schering.)

#### H. Henze.

Beziehungen zwischen dem mittleren Tagesmaximum und der mittleren Monatsmenge des Niederschlages in Norddeutschland. (Meteorol. Zeitschrift 1921, S. 171—177.)

Klima-Atlas von Deutschland. Gemeinsam mit G. Hellmann, G. v. Elsner und K. Knoch. Berlin 1921. Dietrich Reimer. Quer 2°, 87 Karten, 40 S. Erläuterungen und Tabellen.

#### O. Venske.

Thermische Nachwirkung bei erdmagnetischen Variometern. (Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919, S. 80—89, Berlin 1920.)

#### K. Langbeck.

Die Entstehung der Gewitter in Norddeutschland in ihrer Abhängigkeit von den Geländebeziehungen und der allgemeinen geographischen Lage. (Ergebnisse der Gewitterbeobachtungen im Jahre 1919, 1920 und 1921. Berlin 1922, 4°, S. XVIII—XIX.)

- Inwieweit ist ein Einfluß der Geländeverhältnisse auf das Entstehen der Gewitter anzunehmen? (Das Wetter 1922, S. 65—71 und S. 107—115.)
- Die regionalen Besonderheiten der Gewitterentstehung in Norddeutschland. (Meteorol. Zeitschrift 1922, S. 257—263.)
- Der Tagesgang in der Entstehung der Gewitterzüge und eine hypothetische Erklärung für deren periodische Aufeinanderfolge. (Meteorol. Zeitschrift 1922, S. 298—303.)

## K. Knoch.

- »Moazagotls« Wetterwolke über dem Hirschberger Tale im Riesengebirge und ihre prognostische Bedeutung. (Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919, Berlin 1920, S. 66—74. Auszug: Meteorol. Zeitschrift 1920, S. 266—267. Das Wetter 1920, S. 114—118.)
- Die ungewöhnlich strenge Kälteperiode in Mesopotamien Ende Dezember 1905. (Meteorol. Zeitschrift 1920, S. 229—230.)
- Zur Frage der Verwertung der Sonnenscheinbeobachtungen. (Ebenda 1921, S. 11—18.)
- Die schnellen Luftdruckänderungen beim Teilwirbel vom 27. August 1912. (Das Wetter 1921, S. 11—14.)
- Die Funkwetterstation auf Jan Mayen. (Ebenda 1922, S. 121—124.)
- Meteorologische Beobachtungen vom Toten Meere. Aus dem Material der Expedition der Gesellschaft für Palästina-Forschung nach dem Toten Meere 1911/12. (Zeitschrift des deutschen Palästina-Vereins 1920, S. 109—137.)
- Die meteorologischen Verhältnisse bei dem Massenaufreten der Kriebelmücke. (Hygienische Rundschau 1921, S. 257—261; 289—293. Auszug: Das Wetter 1921, S. 113—114.)
- Klima-Atlas von Deutschland. Gemeinsam mit G. Hellmann, G. von Elsner und H. Henze. Dietrich Reimer, Berlin 1921, Quer 2°, 87 Karten, 40 S. Erläuterungen und Tabellen.
- Die Herkunft der Winterregen in Nordindien. (Petermanns Geograph. Mitteilungen 1922, S. 5—6.)
- Die Vorhersage der Reisernte in Nordjapan. (Die Naturwissenschaften 1922, S. 993—995.)
- Luftverhältnisse in Hüttenanlagen und billige Beschaffungsmöglichkeit trockner Luft. (Stahl und Eisen 1922, S. 1747—1750.)
- Die Möglichkeit der Abschätzung des Ernteertrages auf Grund meteorologischer Angaben. Ein wichtiges Kapitel aus dem Gebiete der landwirtschaftlichen Meteorologie. (Die Naturwissenschaften 1923, S. 769—776.)
- Die meteorologischen Verhältnisse an den Tagen mit Kriebelmückenschäden der Jahre 1921 und 1922. (Berliner Tierärztliche Wochenschrift, 39. Jahrg., S. 433—434, 1923.)
- Die Verteilung der Bewölkung über Europa. (Abhandlungen des Preuß. Met. Instituts, Bd. VII, Nr. 5, 4°, 8 S., 14 Karten, Berlin 1923.)

## G. Wussow.

- Die Windverteilung zwischen Rigaischem Meerbusen und westlichem Schwarzen Meer. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919, S. 29—35.)

- Häufigkeit und Verbreitung großer Tagesmengen des Niederschlages in Norddeutschland. (Abhandlungen des Preuß. Meteorol. Instituts, Bd. VII, Nr. 1, 4<sup>o</sup>, 27 S.)
- Die ungewöhnliche Trockenheit im Oktober und November 1920. (Meteorol. Zeitschrift 1921, S. 89—90.)
- Sehr große und außergewöhnlich große Niederschläge in kurzer Zeit. (Zentralblatt für Wasserbau und Wasserwirtschaft 1921, Heft 4, S. 38—43.)
- Große Tagesmengen des Niederschlages in Norddeutschland. (Zeitschr. des Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverbandes 1921, Heft 5, S. 86—88.)
- Darstellung der örtlichen Verteilung großer Tagesmengen des Niederschlages durch Isanomalien. (Das Wetter 1921, S. 41—46.)
- Die Schneefälle und Gewitterregen im Mai 1921 in Norddeutschland. (Ebenda S. 109—112.)
- Wolkenbrüche und andere große Regenfälle. (Deutsche Revue, Stuttgart 1922, Juliheft, S. 83—91.)
- Untere Grenzwerte dichter Regenfälle. (Meteorol. Zeitschr. 1922, S. 173—178.)
- Die Häufigkeit der Niederschlagstage in Deutschland nach Stufenwerten der Niederschlagsmenge. 1. Ostdeutschland. (Deutsche Wasserwirtschaft 1923, S. 42—47.) 2. Mittleres Norddeutschland. (Ebenda 1923, S. 166—169.)
- Verhältniszahlen der Regenstärke von verschiedener Zeitdauer. (Zentralblatt der Bauverwaltung 1923, S. 177—178.)

## K. Köhler.

- Messungen der durchdringenden Strahlung in Kolberg. (Phys. Zeitschr. 1921 S. 324—327.)
- Strahlungs- und Helligkeitsmessungen in Kolberg. (Abhandlungen des Preuß. Meteorol. Instituts, VII, Nr. 2, 42 S.)
- Das Strahlungs- und Lichtklima an der hinterpommerschen Küste. (Veröffentlichungen der Zentralstelle für Balneologie, Nov. 1920, 29 S.)
- Die Sonnenstrahlung auf Teneriffa im Vergleich zu Gebirge und Küste Mitteleuropas. (Das Wetter 1921, S. 6—11.)
- Die Aufrechterhaltung der negativen Erdladung. (Meteorol. Zeitschrift 1921, S. 199—203.)
- Luftelektrizität. (Sammlung Göschen Nr. 649, 2. Aufl., 134 S.)
- Die Schattenhelligkeit an wolkenlosen Tagen und ihre Beziehungen zur Gesamthelligkeit. (Meteorol. Zeitschrift 1922, S. 132—136.)
- Über die Ursachen einiger einfachen luftelektrischen Störungen. (Ebenda 1922, S. 293—298.)
- Über die Schwankung der elektrischen Raumladung in der Atmosphäre. (Ebenda 1923, S. 204—211.)
- Meßmethoden der Sonnen- und Himmelsstrahlung. (Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden von Abderhalden, Lieferung 96, Abt. II, Heft 3, S. 379—414.)
- Meßmethoden der atmosphärischen Elektrizität. (Ebenda, S. 451—482.)

## W. Budig.

Messungen der Sonnenstrahlung auf dem Brocken. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919, S. 53—61.)

Der tägliche Gang der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur. (Meteorol. Zeitschrift 1920, S. 261.)

Historisches zum Lenard-Effekt. (Ebenda 1922, S. 248—250.)

## F. Schindelhauer.

Über den Einfluß der Schichtung der Atmosphäre auf die Wellen der drahtlosen Telegraphie. (Meteorol. Zeitschrift 1920, S. 177—184.)

Über den in einer Antenne fließenden luftelektrischen Vertikalstrom. (Physik. Zeitschrift 1922, S. 36—39.)

Über die Richtung atmosphärischer Störungen. (Jahrb. d. drahtl. Telegr., Bd. 22, 1923, S. 163—167.)

## J. Bartels.

Neue Methoden zur Berechnung und Darstellung der täglichen Luftdruckschwankung bei starken unperiodischen Störungen. (Inaug.-Dissertation, Math.-naturw. Fak. Göttingen 1922; 91 S., 10 Tabellen, 14 Tafeln. Maschinenschrift-Exemplar bei der Preuß. Staatsbibl. Berlin.)

Auszug in 2 Teilen: »Zur Berechnung der täglichen Luftdruckschwankung« (Annalen d. Hydrogr. 1923, S. 153—160). — »Der lokale Anteil in der täglichen Luftdruckschwankung«. (Beitr. z. Physik d. fr. Atmosphäre IX, 1923, S. 51—60.)

Bemerkungen zu R. Spitalers Abhandlung: »Eine neue Theorie der täglichen Luftdruckschwankungen sowie der Ebbe und Flut überhaupt«. (Ann. d. Hydrogr. 1922, S. 25—26, 326—329.)

Zur halbtägigen Luftdruckschwankung im Südpolargebiet. (Ebenda 1922, S. 260—261.)

Die interdiurne Veränderlichkeit der Horizontal-Intensität als Maß für die erdmagnetische Aktivität. (Meteorol. Zeitschrift 1923, S. 301—305.)

# Anhang

## enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen

---

### Nachruf auf E. Barkow.

Von M. Robitzsch.

Am 7. Januar 1923 verstarb nach kurzer Krankheit Erich Barkow.

Barkow wurde am 10. März 1882 als Sohn des Lehrers H. Barkow in Elberfeld geboren. Er besuchte die Elementarschule und das Gymnasium seiner Heimatstadt. Ostern 1902 wurde er als Studierender der Mathematik und Naturwissenschaften an der Universität Marburg immatrikuliert. Er hat an dieser Universität den größten Teil seiner Studien betrieben; nur während des Wintersemesters 1903/4 studierte er in Berlin. In Marburg promovierte er dann auch am 7. März 1906 auf Grund der Arbeit: »Versuche über die Entstehung von Nebel und dessen optische Eigenschaften bei Wasserdampf und einigen anderen Dämpfen«. Barkow hat diese Arbeit, zu der er durch Kießling angeregt wurde, mit der ihm eigenen Gründlichkeit und Ausdauer vollendet. Der von ihm eingeschlagene experimentelle Weg trägt bereits den Stempel persönlichster Eigenart, einer Eigenschaft, die man in allen späteren Arbeiten Barkows, seien sie experimenteller oder theoretischer Natur, wiederfinden kann. Die Verfolgung meteorologisch-optischer Probleme, denen er durch das Thema seiner Dissertation nahe gerückt war, ist stets seine Lieblingsbeschäftigung geblieben, wenn sich auch die meisten seiner später veröffentlichten Arbeiten mit anderen Gebieten seiner Wissenschaft befassen. Noch kurz vor seinem Tode hatte er es übernommen, in der von Jensen und Schwaßmann herausgegebenen Sammlung »Probleme der kosmischen Physik« eine Darstellung über meteorologische Optik zu geben. Es ist zu bedauern, daß diese Zusammenfassung nicht mehr vollendet ist; uns Fachgenossen ist damit sicherlich eine Abhandlung größter Originalität entgangen.

Vom 1. April 1907 an war Barkow am Meteorologischen Institut in Potsdam tätig. Seine Vorliebe für experimentelle Forschung bestimmten den Charakter dieser seiner Tätigkeit. Sein Beobachtungssinn, gepaart mit durchdringender mathematischer und physikalischer Kenntnis, ließ ihn immer einen experimentellen Weg erkennen, der gangbar war, und auf dem er die spröde

Materie meteorologischer Probleme durch Versuche zu erforschen und zu klären vermochte. Daß ein solcher Mann durch seine Arbeit Anregungen gab und sich auch solchen von außen nicht verschloß, ist selbstverständlich. Barkow war aber keine impulsive Natur. Ihm war es nicht gegeben, im Gespräch seine Fachgenossen hinzureißen; ebensowenig ließ er sich selbst durch Mitteilungen anderer aus seiner ruhigen Überlegung herausbringen. Seine eigene Erkenntnis mündlich wie schriftlich scharf formulierend, war er bescheiden in der Kritik der Erkenntnis anderer, solange er über diese nicht völlig im Klaren war.

Wohl das tiefgehendste Erlebnis in wissenschaftlicher Beziehung war für Barkow die Teilnahme an der Deutschen Expedition nach dem Weddellmeere. Barkow hat 1910 zunächst die kleine Sommerreise nach Spitzbergen, die als Vorexpedition gedacht war, mitgemacht. Als dann 1911 die Hauptexpedition nach den antarktischen Gebieten aufbrach, konnte sie keinen geeigneteren Mitarbeiter als Meteorologen mitnehmen, als Erich Barkow. Ausgestattet mit einem Blick für die großen Probleme der antarktischen Meteorologie war er der Mann, dem keine Einzelheit auf seinem Forschungsgebiete entging, Einzelheiten, die als Baustein dem großen Bau eingefügt werden konnten, oder solche rein lokalen Charakters. Barkow hat während der Expedition mit eiserner Energie ein überaus reichhaltiges Beobachtungsmaterial gesammelt, dessen Bearbeitung ihn in den seit der Expedition verstrichenen Jahren sehr intensiv beschäftigt hat. Das Manuskript dieser Bearbeitung ist kurz vor seinem Tode abgeschlossen worden; leider hat er die Drucklegung, die ihm in der Zeit der Geldentwertung viel Sorge bereitete, nicht mehr erleben können. Es ist Pflicht der Wissenschaft, diese Drucklegung zu bewirken<sup>1)</sup>.

Während des Krieges, von Mitte 1917 an, hat sich Barkow im militärischen Wetterdienst betätigt. Nach dem Abgange Robert Wengers wurde er zur »Wetterwarte des Großen Hauptquartiers« kommandiert, wo der Verfasser dieser Zeilen das Glück hatte, mit ihm zusammen arbeiten zu können. Die Anwendung meteorologischer Erkenntnis auf Probleme, deren Fragestellung aus den technischen Bedürfnissen der Kriegsführung entsprang — Fragen, die man von wissenschaftlichem Standpunkte aus häufig als nicht spruchreif bezeichnen mußte — hat ihn zwar wenig angezogen. Daß er trotzdem gab, was er zu geben vermochte, ist selbstverständlich. Die zahlreichen Gelegenheiten, auch wissenschaftliche Gedanken anderer Art auszutauschen, haben wir damals nach Möglichkeit ausgenutzt. Es waren vornehmlich Fragen polarer Meteorologie, die wir diskutierten, Vergleiche arktischer und antarktischer Eigentümlichkeiten, die je einer von uns aus persönlichster Erfahrung kannte. Als Barkow später die Leitung einer Marinedrachenwarte übernahm, wurde dieser Gedankenaustausch unterbrochen. Doch jedesmal, wenn wir uns später wiedertrafen, haben wir solche Diskussionen wieder aufgenommen. Noch kurz vor Barkows Tode hatte ich mit ihm eine sehr anregende Unterhaltung über den täglichen Gang der meteorologischen Elemente in Polargegenden.

<sup>1)</sup> Durch eine Spende der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ist diese Drucklegung inzwischen gesichert. Das Werk dürfte, wenn keine neuen Schwierigkeiten sich einstellen, noch in diesem Jahre erscheinen. K. Knoch.

Nach dem Kriege ist Barkow an das Meteorologische Institut in Berlin übersiedelt, wo er die Instrumentensammlung verwaltete.

Barkows Arbeiten berühren fast alle Gebiete der Meteorologie. Daß er als Experimentator bei allen von ihm behandelten Fragen auch die instrumentelle Seite pflegte, ist ein besonderer Vorzug seiner zahlreichen Abhandlungen. Aus diesen kann jeder schöpfen, von welchem Gesichtspunkte man sich auch ihrem Gedankengange nähern mag. Barkows Ideen behalten einen dauernden Wert.

Erwähnen möchte ich hier vor allem Barkows Arbeiten über die Windstruktur, die viel dazu beigetragen haben, seinen Namen in der Wissenschaft bekannt zu machen. Die auf diese Frage eingehenden Arbeiten zeigen vor allem die Methodik, die Barkow bei seinen Gedankengängen verfolgte. Er hat die Probleme der atmosphärischen Turbulenz zwar nicht völlig gelöst, doch hat er durch Schaffung einer treffenden Terminologie, deren Grundlagen eigenen, mühsam gewonnenen Messungen entsprangen, viel zu ihrer Klärung beigetragen. Die Begriffe »Turbulenzelement« und »Turbulenzkörper« sind heute jedem Meteorologen geläufig.

1920 hatte sich Barkow verheiratet. Er hat das Glück seiner Ehe leider nur kurze Zeit genießen können. Ein unerbittliches Schicksal hat ihn von seiner Frau und seinem kurz vor seinem Tode geborenen Söhnchen abberufen.

Nicht nur seinen Angehörigen ist er unersetzlich geblieben. Auch Freunde und Kollegen trauern um ihn, der uns allzufrüh entrissen wurde. Uns, die wir ihn kannten, lebt er in der Erinnerung, der Wissenschaft in seinen Werken fort.

#### Verzeichnis der wissenschaftlichen Arbeiten von E. Barkow.

- Versuche über Entstehung von Nebel und dessen optischen Eigenschaften bei Wasserdampf und einigen anderen Dämpfen. Inaug.-Diss. Marburg 1906. 8°. 76 S. 1 Taf. Auszug: Annalen der Physik. 4. Folge XXIII, 317—344, Leipzig 1907.
- Zur Entstehung der Graupeln. (Meteorologische Zeitschrift, 1908, 456—458.)
- Die natürliche Ventilation der Thermometeraufstellungen auf dem Meteorologischen Observatorium bei Potsdam. (Bericht über die Tätigkeit des Königlich Preußischen Meteorologischen Instituts im Jahre 1909, S. 97—113.)
- Die Gewitterbö am 14. Juni 1908. (Ergebnisse der Gewitter-Beobachtungen in den Jahren 1908 und 1909. Berlin 1911. 4°. S. XLIX—LXIII.)
- Über eine Methode zur Messung von Hochseezeiten. (Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1911, S. 659—662.)
- Vorläufiger Bericht über die meteorologischen Beobachtungen der Deutschen Antarktischen Expedition auf der Fahrt von Hamburg bis Buenos Aires. (Annalen der Hydrographie 1912, S. 68—74.)
- Untersuchungen über die Struktur des Windes. (Bericht über die Tätigkeit des Königlich Preußischen Meteorologischen Instituts im Jahre 1912, S. (58) —(77).)
- Vorläufiger Bericht über die meteorologischen Beobachtungen der Deutschen Antarktischen Expedition 1911/12. Berlin 1913. 4°. 11 S. (Abhandlungen des Königlich Preußischen Instituts Bd. IV, Nr. 11.)

- Über die atmosphärische Störung im Jahre 1912. (Meteorologische Zeitschrift 1913, S. 350—351.)
- Untersuchungen über den Tropfregennmesser. (Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1912. Berlin 1913. 4<sup>o</sup>, S. LXVII—LXXI.)
- Bericht über die Vergleichung der Hauptbarometer Berlin-Potsdam und Buenos Aires. (Bericht über die Tätigkeit des Königlich Preußischen Meteorologischen Instituts im Jahre 1913, S. (51)—(53).)
- Vorläufiger Bericht über die meteorologischen Beobachtungen der Deutschen Antarktischen Expedition 1911—1912. (Meteorologische Zeitschrift 1914, S. 120—126.)
- Barometrische Höhenbestimmungen. (Ergebnisse der W. Filehnerschen Vor-Expedition nach Spitzbergen 1910. Herausgegeben von Prof. Dr. H. Philipp. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft Nr. 179, S. 48—50.)
- Meteorologische Beobachtungen im Innern Spitzbergens. (Ebenda, S. 50—52.)
- Luftelektrische Messungen in Spitzbergen und im nördlichen Eismeer. (Ebenda S. 53—62.)
- Über den täglichen Gang der Lufttemperatur in höheren Luftschichten, (Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre VII., S. 28—34.)
- Über eine Methode zur Beseitigung der durch Spinnen verursachten Isolationsstörungen bei luftelektrischen Registrierungen. (Bericht über die Tätigkeit des Königlich Preußischen Meteorologischen Instituts im Jahre 1914, S. (45)—(49).)
- Über die thermische Struktur des Windes. (Meteorologische Zeitschrift 1915, S. 97—109.)
- Über eine graphische Rechentafel zur Berechnung der luftelektrischen Leitfähigkeit. (Bericht über die Tätigkeit des Königlich Preußischen Meteorologischen Instituts im Jahre 1915, S. (23)—(27).)
- Über die Meteorologie des südlichen Roßmeeres und die Meereshöhe des Südpolarplateaus. (Annalen der Hydrographie 1916, S. 316—327.)
- Über eine Beobachtung von selbstleuchtenden Wolken. (Meteorologische Zeitschrift 1916, S. 469—470.)
- Eine seltene Haloerscheinung. (Ebenda, S. 476, 545—546.)
- Vorschläge über eine neue Form von Pilotballonen (Annalen der Hydrographie 1919, S. 78—81.)
- Nordlicht am 22. März 1920. (Meteorologische Zeitschrift 1920, S. 131—132.)
- C. Braak: Atmosphärische Schwankungen kurzer und langer Dauer im Malayischen Archipel und Nachbargebieten und die Möglichkeit ihrer Vorhersage. (Annalen der Hydrographie 1920, S. 423—429.)
- Die meteorologischen Ergebnisse der zweiten Britischen Antarktischen Expedition 1910—1913. (Ebenda 1921, S. 305—315, 347—356.)

## Nachruf auf Otto Freybe.

Von G. v. Elsner.

Otto Freybe wurde am 25. September 1865 in Nordhausen geboren. Er besuchte das Realgymnasium seiner Vaterstadt und verließ es im Herbst 1885 mit dem Zeugnis der Reife. Seiner Neigung folgend widmete er sich auf den Universitäten Halle und Berlin dem Studium der Naturwissenschaften; dann kehrte er nach Halle zurück und bestand daselbst im Oktober 1890 die wissenschaftliche Abschlußprüfung für den höheren Schuldienst, bei der er die volle Fakultas in Chemie, Mineralogie, Zoologie und Botanik sowie die Nebenfakultas für Physik und Mathematik erwarb. Nach Ableistung des Seminar- und des Probejahres am Gymnasium in Wernigerode erlangte er im September 1892 die Anstellungsfähigkeit für höhere Schulen. Daneben vernachlässigte er aber auch seine körperliche Ausbildung nicht. Seine Vorliebe für Leibesübungen veranlaßte ihn, vom Oktober 1892 bis zum März 1893 die Turnlehrer-Bildungsanstalt in Berlin zu besuchen, die er mit dem Zeugnis als Turn- und Schwimmlehrer verließ. Am 1. Oktober 1893 begann er als wissenschaftlicher Hilfslehrer seine Lehrtätigkeit am Gymnasium zu Rudolstadt und schon nach einem halben Jahre wurde er als Oberlehrer daselbst fest angestellt.

Da der Lehrplan des Gymnasiums ihm nicht genügend die Möglichkeit zur Erteilung des eigentlichen naturwissenschaftlichen Unterrichtes gab und deshalb seine Tätigkeit ihn innerlich nicht recht befriedigte, ergriff er gern die sich ihm bietende Gelegenheit, im Oktober 1896 einem Ruf als Oberlehrer an die mit einem Seminar für Landwirtschaftslehrer verbundene Landwirtschaftsschule in Weilburg Folge zu leisten.

Dieser Wechsel wurde bestimmend für sein ferneres Leben, da er ihn der Tätigkeit zuführte, der er sich bis zu seinem Tode mit Liebe und Begeisterung gewidmet hat, nämlich der Beschäftigung mit der praktischen Witterungskunde.

Als die deutsche Seewarte vom 1. Mai 1900 ab Sammelwettertelegramme im Abonnement herausgab, machte auch Freybe auf Anregung des Direktors der Landwirtschaftsschule von dieser Einrichtung Gebrauch, um sie zur Aufstellung von Wettervorhersagen zu verwerten. Da diese Neuerung bei den Landwirten der Umgebung von Weilburg großen Anklang fand, gestaltete Freybe allmählich den in bescheidenem Umfange begonnenen Wetterdienst immer weiter aus, gab Wetterkarten heraus und sorgte dafür, daß sie möglichst frühzeitig in die Hände der Bezieher gelangten. Im Jahre 1906 wurde die Weilburger Wetterdienststelle ein Teil der vom Preußischen Landwirtschaftsministerium geschaffenen Norddeutschen Wetterdienstorganisation, bei deren Errichtung man in besonderem Maße die von Freybe gewonnenen Erfahrungen verwertete.

Neben der ihn stark in Anspruch nehmenden Tätigkeit als Wetterdienstleiter widmete sich Freybe nach wie vor seinem Lehrberuf an der Landwirtschaftsschule und nutzte ihn dazu aus, seinen Schülern Unterricht in der Wetterkunde in einer für die praktischen Bedürfnisse der Landwirtschaft

geeigneten Form zu erteilen. Vom Jahre 1901 ab nahm er auch als Lehrer der praktischen Meteorologie an den bei der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin unter Leitung von Prof. Dr. Börnstein eingerichteten Wetterkursen für Landwirtschaftslehrer regelmäßig teil.

Die im Wetterdienst sowie in der Lehrtätigkeit gewonnenen Erfahrungen hat Freybe in zahlreichen Schriften, Aufsätzen und Anleitungen niedergelegt, deren Titel unten angeführt sind. Sie zeichnen sich durch klare und anschauliche Darstellungsweise aus und haben zur Verbreitung der Kenntnisse in der Wetterkunde zumal auch durch den Schulunterricht viel beigetragen. Trotz dieser ausgedehnten Tätigkeit fand Freybe außerdem noch Zeit, durch häufige Vorträge das Verständnis für die praktische Wetterkunde zu fördern. In Würdigung dieser Verdienste wurde ihm im Jahre 1910 der Professortitel verliehen.

Im Weltkriege machte sich die Marineleitung seine Erfahrungen zu nutze und ernannte ihn im Mai 1916 zum Leiter der Zweigstelle des Marineluftfahrwetterdienstes in Libau. In dieser Stellung erwarb er sich durch seine zutreffenden Wettervorhersagen und durch seine sachverständige Beratung der Marinestreitkräfte solche Anerkennung, daß ihm im Herbst 1917 das Eiserne Kreuz verliehen wurde. Im Mai des Jahres 1918 schied er auf Reklamation seiner Heimatbehörde aus dem Marinedienst aus, was ihm um so leichter fiel, als die kriegerischen Unternehmungen in der Ostsee immer mehr nachließen.

Er widmete sich nun wieder seiner früheren Tätigkeit und bereitete sich nebenbei, einer Anregung von befreundeter Seite folgend, darauf vor, noch nachträglich trotz seines schon etwas vorgerückten Lebensalters das Dokortdiplom zu erwerben! Am 6. Oktober 1921 promovierte er auf Grund einer Dissertation über »Marburgs Klima im Vergleich mit der umliegenden Berglandschaft« zum Doktor der Philosophie.

Abgesehen von dieser eben erwähnten klimatologischen Arbeit hat übrigens Freybe noch eine Anzahl anderer bemerkenswerter Schriften auf diesem Gebiet verfaßt, die besonders das Klima seiner Heimatprovinz Hessen-Nassau behandeln und ebenfalls unten angegeben sind.

Als es sich im Jahre 1923 darum handelte, die schon lange unter dem Namen »Berliner Wetterbüro« bestehende und von Professor Leß gegründete öffentliche Berliner Wetterdienststelle als besondere Abteilung dem Preußischen Meteorologischen Institut anzugliedern, wurde als Leiter auf besondere Empfehlung des Landwirtschaftsministeriums Professor Freybe in Aussicht genommen. Der Entschluß, das freundliche Weilburg zu verlassen und die ihm liebgewordene Lehrtätigkeit aufzugeben, wurde ihm nicht ganz leicht, andererseits aber war es erklärlich, daß er eine so ehrenvolle Berufung, die ihn aus beschränkteren Verhältnissen einem erweiterten Aufgabenkreis zuführte, nicht gern ablehnte. Daher entschloß er sich, die ihm angebotene Stelle anzunehmen.

Da sich infolge verschiedener Umstände seine endgültige Übernahme in den preußischen Staatsdienst verzögerte, wurde er vom 1. August 1923 ab mit der vorläufigen Wahrnehmung der Geschäfte eines Abteilungsvorstehers als Leiters der Wetterdienstabteilung vom Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung betraut. Leider aber war es ihm, der ein Bild der Kraft und Gesundheit zu sein schien, nicht vergönnt, den Tag seiner festen Anstellung

im Meteorologischen Institut, die am 1. Oktober erfolgen sollte, zu erleben. Eine schwere Erkrankung, die ihn plötzlich befiel, raffte ihn nach einer Dauer von wenigen Tagen am 17. September 1923 dahin.

Freybe war ein aufrechter deutscher Mann, beseelt von heißer Vaterlandsliebe, beliebt bei allen, die das Glück hatten, ihn näher kennen zu lernen. Sein ganzes Leben war der Arbeit im Dienst der Wissenschaft gewidmet. Sein Fleiß war außerordentlich, denn er begann sein Tagewerk schon früh um 5 Uhr. Anders läßt es sich auch nicht erklären, daß er neben seinen amtlichen Verpflichtungen als Lehrer und als Leiter der Wetterdienststelle noch soviel Zeit erübrigte, um seine zahlreichen Schriften und Aufsätze zu verfassen und außerdem noch eine reiche Vortragstätigkeit zu entfalten. Die praktische Meteorologie verliert in ihm einen hervorragenden Vertreter mit reicher Erfahrung und großem Organisationstalent, welche Eigenschaften er noch lange zum Nutzen der Wissenschaft hätte verwerten können.

Das nachfolgende Verzeichnis der Veröffentlichungen Freybes umfaßt nur die Schriften meteorologischen Inhalts. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß der Verstorbene auch auf anderen Gebieten der Naturwissenschaften, zumal dem der Chemie, Tüchtiges geleistet hat, wovon eine Anzahl von hier nicht erwähnten Veröffentlichungen Zeugnis ablegt. Obwohl der Verfasser dieses Nachrufs sich bemüht hat, ein möglichst vollständiges Verzeichnis der Schriften des Verstorbenen zusammenzustellen, ist es doch nicht unmöglich, daß gerade in den letzten Jahren von 1920 ab noch einige Lücken vorhanden sind. Von einigen Veröffentlichungen ließen sich nur der Titel und das Jahr, bei einigen anderen wenigstens noch der Ort des Erscheinens feststellen.

#### Verzeichnis der Veröffentlichungen Otto Freybes aus dem Gebiet der Meteorologie.

- Der Wetterdienst der Landwirtschaftsschule zu Weilburg im Sommer 1901. (Das Wetter 18, S. 262—264, 1901.)
- Ein landwirtschaftlicher Wetterdienst. (Das Wetter 20, S. 2—8, 25—31, 56—63, 82—92, 107—110; 1903.)
- Bericht über den Wetterdienst der Landwirtschaftsschule zu Weilburg. (Das Wetter 21, S. 21—23, 1904.)
- Kurze Anleitung zur Benutzung von Wetterkarten. Berlin 1906. 8°. 40 S., 1 Karte.
- Praktische Wetterkunde. Eine gemeinverständliche Anleitung zur Benutzung von Wetterkarten in Verbindung mit örtlichen Wetterbeobachtungen. Berlin 1906. 8°. VI, 173 S., 17 Taf.
- Klima- und Witterungskunde. (Bibl. d. ges. Landwirtsch. Bd. 10.) Hannover 1908. 8°. IV, 71 S.
- Was leistet der öffentliche Wetterdienst? (Das Wetter 25, S. 45—48, 1908.)
- Ein Vormittag an der Wetterdienststelle. (Das Wetter 25, S. 213—216, 1908.)
- Der Wetterdienst im Winter. (Das Wetter 26, S. 21—24, 1909.)
- Über Gewitterlagen im Juni. (Das Wetter 27, S. 260—264, 1910.)
- Über die Bedeutung der Wetterkarten für den Unterricht. (Das Wetter 27, S. 286—88, 1910 und 28, S. 20—23, 1911.)
- Die Treffsicherheit der Prognosen. (Das Wetter 28, S. 117—120, 1911.)

- Der Wetterdienst auf der Jubiläumsausstellung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft. (Das Wetter 28, S. 237—239, 1911.)
- Das Klima von Weilburg a. d. Lahn. (Beilage z. 34. Progr. der Landw.-Schule zu Weilburg.) Weilburg 1911. 8°. 40 S.
- Wetterkartenatlas. Eine methodisch geordnete Sammlung von Wetterkarten mit erläuterndem Text. Berlin (1912). 4°. 20 Karten, 20 S.
- Das Klima von Wiesbaden. Auf Grundlage 40jähriger Beobachtungen bearbeitet. (Jahrb. d. Nassauischen Vereins f. Naturk. in Wiesbaden, 65. Jahrg.) Wiesbaden 1912. 8°. 87 S.
- Der wetterkundliche Unterricht. (Das Wetter 29, S. 47—48, 1912.)
- Zur Frage des wetterkundlichen Unterrichts. (Das Wetter 29, S. 237—239, 1912.)
- Nassaus Klima. Wiesbaden 1912.
- Anweisung zum Gebrauch der Wetterkarten. Öffentlicher Wetterdienst für Norddeutschland. Im amtlichen Auftrage bearbeitet. Berlin 1913. 8°. 8 S.
- Die Wärmeverhältnisse in Wiesbaden während der Hitzeperioden von 1911 und 1912. (Aus »Der Sommer in Wiesbaden«.) Wiesbaden 1913. Kl. 8°. 26 S.
- Niederschlagskarte der Provinz Hessen-Nassau und Umgebung. Mit Text: Die mittleren jährlichen Niederschlagsverhältnisse der Provinz Hessen-Nassau. Berlin 1913. 8°. 49 S.
- Vier Schulwetterkarten. Berlin 1913.
- Mond und Wetter in den Einzelmonaten. (Geogr. Anzeiger 1913—1914 und Umschau 1913—1914.)
- Die normale Witterung der Monate. (Zeitschr. f. Balneologie 1913 und 1914.)
- Methodik des wetterkundlichen Unterrichts. 6 Vorträge mit Anhang. Berlin 1914. 8°. 135 S. 9 Taf.
- Tiefdruckwirbel über Deutschland. (Das Wetter 31, S. 252—253, 1914.)
- Schülerwetterkarten. Berlin 1914.
- Verteilung und Änderung des mittleren Luftdrucks über Europa nach Tagfünften und ihre Verwertung zur Erklärung des Witterungsverlaufs und zur Wettersvorhersage. (S.-A. a. d. Landw. Jahrb. 1915, S. 789—821.)
- Das Verstärken von Tiefdruckwirbeln. (Das Wetter 32, S. 70—72, 1915.)
- Monatskarten der Luftdruckverteilung. (Das Wetter 32, 1915.)
- Wie erklärt sich die Witterungsart der deutschen Jahreszeiten? 1915.
- Wetter und Wetterdienst im Kriege. 1915.
- Karten der Luftdruckverteilung in den Jahreszeiten. (Das Wetter 33, 1916.)
- Das Klima Kurlands. 1917.
- Über das Verhalten des Luftdrucks zu den Zeiten des Neu- und Vollmondes. (Das Wetter 35, S. 175—179, 1918.)
- Sturmlagen der Ostsee. 1918.
- Wetterkunde für Gärtner. 1919.
- Die mittlere Veränderlichkeit der Lufttemperatur von Tag zu Tag in der Provinz Hessen-Nassau. (Meteorol. Zeitschr. 36, S. 76—79, 1919.)
- Die Windverhältnisse der Provinz Hessen-Nassau, ihre Erklärung und ihre klimatische Bedeutung. (Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therapie 24, S. 331—344, 1920.)
- Genauere Zeichnung der Wetterkarten. (Das Wetter 37, S. 48—50, 1920.)
- Die Lamprechtschen Wettersvorhersagen. (Das Wetter 37, S. 75—77, 1920.)

- Mondzeiten und Wetterlage. (Das Wetter 37, S. 156—157, 1920.)  
 Aus dem öffentlichen Wetterdienst. (Das Wetter 37, S. 190—191, 1920.)  
 Die Wettervorhersagen von Hinselmann. (Das Wetter 38, S. 115—116, 1921.)  
 Aus dem öffentlichen Wetterdienst. (Das Wetter 38, S. 119, 1921.)  
 Die praktische Verwendbarkeit der Bjerknesschen Ansicht über den Bau der  
 Zyklonen. (Das Wetter 38, S. 168—171, 1921.)  
 Marburgs Witterung im Vergleich mit den Witterungsverhältnissen der um-  
 liegenden Berglandschaft, auf Grund fünfzigjähriger Beobachtungen be-  
 arbeitet. (Veröffentl. a. d. Gebiete d. Medizinalverw. XVI, Heft 5.) Berlin  
 1922. 8°. 108 S.  
 Praktische Wetterkunde. Eine gemeinverständliche Anleitung zur Benutzung  
 von Wetterkarten in Verbindung mit örtlichen Wetterbeobachtungen.  
 Zweite, völlig neu bearbeitete Auflage. Berlin 1922. 8°. 82 S., 1 Taf.  
 Schulwetterkunde. Berlin 1922. 8°. 59 S.  
 Das Wetter in den einzelnen Monaten in Deutschland. Natur und Kultur,  
 München 1923.)

## Beitrag zur Gewitterkunde.

Von G. Hellmann.

Vor anderthalb Jahrzehnten ließ ich durch den in der Bibliothek des Meteorologischen Instituts beschäftigten Sekretär aus den Jahrbüchern der meteorologischen Zentralstellen Angaben über die Häufigkeit der Gewitter ausziehen, die ich später einmal für eine Untersuchung über die jährliche Periode der Gewitter zu verwerten gedachte. Dringende andere Arbeiten ließen mich nicht dazu kommen, und erst jetzt, wo ich mich im Ruhestand befinde, habe ich die Zeit gefunden, die gemachten Auszüge der langen Beobachtungsreihen näher zu prüfen. Das Ergebnis der Prüfung war nicht erfreulich, ja ich war geradezu erschrocken über die Mangelhaftigkeit des Materials, von dem nur ein kleiner Teil unmittelbar brauchbar erscheint. Wenn man bedenkt, daß der Begriff des Gewitters und des Gewittertages seit einigen Jahrzehnten durch internationale Vereinbarungen festgelegt ist, erstaunt man darüber, daß so wenig vergleichbare Zahlen über Gewitterhäufigkeit gewonnen worden sind. Vielfach ist weder von Ort zu Ort noch an demselben Ort von Jahr zu Jahr ein Vergleich möglich. Einige wenige Resultate, die mir zuverlässig erscheinen, will ich hier mitteilen. Sie sind meist aus Reihen von 15 bis 30 Jahren abgeleitet, der letzte ausgezogene Jahrgang war 1906.

Grönland. Daß die Küsten von Grönland sehr gewitterarm sind, wissen wir schon aus einer Zusammenstellung im dänischen Aarbog 1895, II. Deel, Appendix. Neu ist, daß die Südspitze etwas mehr Gewitter hat, was durchaus plausibel erscheint. In Nanortalik (60° 8' n. Br., 45° 11' w. Gr.), das nahe westlich von Kap Farvel liegt, gibt es durchschnittlich 1 bis 2 Gewitter im Jahre,

während nördlich vom 64. Breitengrad in drei Jahrzehnten nur ein und nördlich vom 72. gar kein Gewitter notiert worden ist. Die Gewitter in Nanortalik sind hauptsächlich Sommergewitter; denn zwei Drittel von ihnen kamen in den Monaten Juli, August, September vor. Im August 1905 gab es sogar 3 Gewittertage, und da noch der November desselben Jahres ein Gewitter hatte, zählte man in diesem Jahr 4 Gewittertage, was für Grönland etwas ganz ungewöhnliches ist. Das etwas nördlicher gelegene Julianhaab ( $60^{\circ} 44'$  n. Br.), das nach einer allerdings nur 18jährigen Beobachtungsreihe durchschnittlich 0.4 Gewitter im Jahre hat, erlebte im Juli 1891 ebenfalls drei Tage mit Gewitter.

Daß auch die Ostküste von Grönland sehr gewitterarm ist, lehren uns 12jährige Beobachtungen von Angmagsalik ( $65^{\circ} 37'$  n. Br.), bei denen nur ein Gewitter, und zwar im Dezember 1903, zur Wahrnehmung kam.

Nicht die hohe geographische Breite, sondern die an den Küsten verlaufenden kalten Meeresströmungen sind die Ursache von Grönlands Gewitterarmut.

Island. Das gegenüber von Angmagsalik liegende Island ist an der West- und Südwestküste, die von einem Seitenarm des Golfstromes bespült werden, merklich gewitterreicher als Grönland. Folgende Zahlen zeigen es und zugleich die Tatsache, daß hier der Winter die gewitterreichste Jahreszeit ist:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Vestmannö ( $63^{\circ} 26'$ N. Br., $20^{\circ} 18'$ W. Lge.)	<b>1.0</b>	0.4	0.2	0.5	2.1
Havnefjord ( $64^{\circ} 4'$ , $22^{\circ}$ ) . . . . .	<b>0.5</b>	0.1	0.1	0.3	1.0
Stykkisholm ( $65^{\circ} 5'$ , $22^{\circ} 46'$ ) . . . . .	<b>0.5</b>	0.1	0.0	0.3	0.9

Die Nordküste von Island ist nach Ausweis der Aufzeichnungen von vier Stationen, von denen einige in den innersten Ecken der Fjorde liegen, ebenso gewitterarm wie Grönland; sie wird ja oft genug lange Zeit von Eis blockiert.

Die Ostküste hat wieder eine etwas lebhaftere Gewittertätigkeit. Es gelten nämlich für die Station Berufjord ( $69^{\circ} 40'$ ,  $14^{\circ} 15'$ ) folgende Mittelwerte: Winter 0.8, Frühling 0.0, Sommer 0.0, Herbst 0.3, Jahr 1.1 Gewitter. Also dieselbe jährliche Periode wie an der Westküste. Dagegen sind auf der im Innern der Insel gelegenen Station Mödrugal ( $68^{\circ} 18'$ ,  $15^{\circ} 55'$ ) nur in den Monaten Juni und Juli je 3 Gewitter beobachtet worden. Die jahreszeitliche Verteilung ist durch den Einfluß der Landmasse ins Gegenteil von der an der Küste gebracht worden.

Faeröerne. Aus dieser Inselgruppe liegen von vier Orten Gewitteraufzeichnungen vor; drei liegen am Außenrand, eine (Klagsvig) mehr im Innern. Es ist lehrreich, zu sehen, wie die mehr geschützte Lage der genannten Station den Sommergewittern ein Übergewicht gibt über die des Winters, die an den übrigen Stationen am häufigsten sind:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Sand . . . . .	0.2	0.3	0.2	<b>0.4</b>	1.1
Thorshavn . . . . .	<b>1.1</b>	0.1	0.1	0.3	1.6
Klagsvig . . . . .	0.5	0.1	<b>0.8</b>	0.1	1.5
Viderö . . . . .	<b>1.2</b>	0.2	0.4	0.2	2.0

Madeira. Azoren. Kapverden. S. Thomé. Nicht nur Inseln in hoher geographischer Breite sind gewitterarm, auch solche in mittleren und niedrigen Breiten haben wenig Gewitter. Das beweisen die Beobachtungen von Madeira, den Azoren und den Kapverdischen Inseln. Dagegen ist das in der Guinea-bucht nahezu unter dem Äquator, also im Doldrum, gelegene S. Thomé naturgemäß sehr reich an Gewittern. Auf allen diesen Inseln besteht aber dieselbe jahreszeitliche Verteilung: die Gewitter treten vorzugsweise in der kalten Jahreshälfte auf, was bekanntlich auch für das offene Meer gilt. Die Mittelwerte sind folgende:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Funchal auf Madeira . . . . .	2.7	1.7	0.3	2.4	7.1
Angra do Heroismo } Azoren . . . . .	0.4	0.3	0.1	0.1	0.9
Ponta Delgada } . . . . .	1.7	0.5	0.4	1.1	3.7
S. Vincente de Cabo Verde . . . . .	1.4	0.4	0.1	1.5	3.4
S. Thomé . . . . .	22.4	16.2	0.0	5.3	43.9

In Funchal schwankte die Jahressumme der Gewitter zwischen 3 und 14, die größte Zahl in einem Monat war 6, im Oktober 1895. Dasselbe Monatsmaximum wurde in demselben Monat und Jahr auch in Ponta Delgada erreicht, so daß man an Gewitterzüge von der einen Insel zur andern denken kann. Über die Gegensätze in der Gewitterhäufigkeit auf den Inseln der Azorengruppe habe ich schon an anderer Stelle gesprochen; vergl. Hellmann, Meeresströmungen und Gewitterhäufigkeit. Abmann-Festschrift von »Das Wetter« S. 39.

Iberische Halbinsel. Zwischen der West- und der Ostküste der Iberischen Halbinsel besteht in der jährlichen Periode der Gewitter eine auffällige Verschiedenheit, die meines Wissens noch nicht hervorgehoben worden ist. An der Westküste hat die meisten Gewittertage der Mai, an der Ostküste und auf den Balearischen Inseln der September, der an der Westküste nur ein sekundäres Maximum aufweist. Die Zahlenbelege sind folgende:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Porto . . . . .	0.9	0.6	1.0	1.6	3.5	2.2	1.3	1.0	2.8	1.9	1.2	1.5	19.5
Coimbra . . . . .	1.2	1.0	2.2	2.4	4.1	3.0	1.7	1.3	3.3	2.6	1.4	1.2	25.4
Lissabon . . . . .	1.1	0.5	0.9	1.3	2.0	1.2	0.5	0.2	2.0	1.7	1.5	0.9	13.8
Faro . . . . .	0.3	0.7	0.1	0.4	1.9	0.1	0.0	0.0	0.4	0.6	1.4	0.1	6.0
Barcelona . . . . .	0.1	0.4	0.5	1.2	0.8	1.8	1.6	1.5	2.8	1.5	0.3	0.1	12.6
Valencia . . . . .	0.2	0.1	0.2	0.7	1.5	1.6	1.5	1.2	3.2	1.1	0.5	0.2	12.0
Murcia . . . . .	0.3	0.5	0.8	2.0	2.8	3.1	2.1	2.1	4.1	1.7	0.6	0.5	20.6
Palma (Mallorca). . . . .	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	1.4	1.0	1.2	2.2	1.3	1.0	0.5	10.9
Mahon (Menorca). . . . .	0.5	0.7	0.4	0.6	1.1	0.9	0.9	1.1	1.6	1.5	0.9	0.4	10.6

Aus der Art des Auftretens des Septembermaximums der Gewittertätigkeit, insbesondere aus dem Abklingen der Erscheinung nach Westen hin, schließe ich, daß es mediterranen Ursprungs ist und wahrscheinlich auch auf den östlich von den Balearen gelegenen Inseln und Halbinseln vorkommt. Auszüge über Gewitter von italienischen Stationen liegen mir nicht vor, aber die Literatur

kommt da glücklicherweise zu Hilfe. In den Monographien über das Klima von Rom und von Lecce in Unteritalien, die Filippo Eredia und Cosimo de Giorgi veröffentlicht<sup>1)</sup> haben, finden sich folgende Angaben über die Häufigkeit der Gewitter:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Rom (122 Jahre) .	0.7	0.7	1.0	1.4	2.0	2.5	2.2	2.7	<b>3.1</b>	2.9	1.7	1.1	22.0
Lecce (20 Jahre) .	1.1	0.7	0.9	1.5	1.5	1.5	1.2	2.1	<b>3.5</b>	3.0	1.6	0.8	19.4

Das Septembermaximum der Gewitter ist also auch in Mittel- und Unteritalien vorhanden. Es hat daselbst auch schon im Altertum bestanden; denn der im ersten vorchristlichen Jahrhundert lebende römische Dichter T. Lucretius Carus erwähnt in seinem Lehrgedicht »De rerum natura«, VI 357 ff., ausdrücklich die häufigen Herbstgewitter und die Äquinoctialstürme:

autumnoque magis stellis fulgentibus apta  
concutitur caeli domus undique totaque tellus,  
et cum tempora se veris florentia pandunt.

.....  
.....  
nec mirumst, in eo si tempore plurima fiunt  
fulmina tempestasque cietur turbida caelo,  
incipiti quoniam bello turbatur utrimque,  
hinc flammis, illinc ventis, umoreque mixto.

In den beiden letzten Jahrtausenden kann sich also die jährliche Periode der Gewitter im Mittelmeer nicht wesentlich geändert haben.

Die Gewitterarmut von Faro an der Küste von Algarve stimmt mit dem überein, was ich in der oben angeführten Arbeit »Meeresströmungen und Gewitterhäufigkeit« über die spanische atlantische Südküste gesagt habe.

Nach den Beobachtungen von San Sebastian, Orduña und Oviedo zu urteilen, hat auch die Kantabrische Küste relativ viel Wintergewitter, von denen sich einige bis zur Mitte der Halbinsel fortpflanzen. So hat z. B. Madrid folgende Verteilung der Gewittertage auf die Jahreszeiten: Winter 0.5, Frühling 5.2, Sommer 11.2, Herbst 5.1; absolutes Maximum 4.3 im Juni, sekundäres 3.8 im September. Im Innern hat die meisten Gewitter gewöhnlich der Juni, doch kommen auch Maimaxima vor.

Frankreich. In Frankreich hat man schon frühzeitig eingehende Gewitterforschung getrieben, eine abschließende Arbeit, welche die erlangten Ergebnisse zusammenfaßt, liegt aber meines Wissens nicht vor. Es ist deshalb schwer, sich über die einschlägigen Fragen zu orientieren; man muß sich in zahlreichen Einzelarbeiten die Ergebnisse aufsuchen. Ich hätte darum gern von einer größeren Zahl von Stationen die mittlere Zahl der Gewittertage in den einzelnen Monaten und im Jahr hier mitgeteilt, allein die an den écoles normales

<sup>1)</sup> F. Eredia, Il clima di Roma. Roma 1911. Fol. S. 90 (S.-A. Annal. d. Uffic. Centr. d. Meteorologia XXXVII, 1910). — C. de Giorgi, Note statistiche sul clima de Lecce. Lecce 1895. 8°. S. 85.

angestellten Beobachtungen liefern nur wenige homogene Reihen. Vermutlich ist öfterer Wechsel der Beobachter, vielleicht auch ungenügende Vertretung in den Schulferien Schuld daran. Ich glaubte mich deshalb auf die Bearbeitung der auf den Observatorien gemachten Aufzeichnungen beschränken zu sollen, aber auch von diesen erwiesen sich zwei Reihen als ganz inhomogen, nämlich die vom Pic du Midi und Mont Ventoux. Von dem ersteren Gipfelobservatorium (2366 m) wird als Zahl der Gewitter angegeben im Jahre

1888	1889	1890	1891	1892	. . .	1901	1907	1903	1904	1905	1906
2	1	0	1	6		46	18	11	53	40	53

Ähnlich beim Mont Ventoux.

Zur richtigen Würdigung der nachfolgenden Häufigkeitswerte sei bemerkt, daß nach Angots gedruckter Instruktion, der die französischen Beobachter vermutlich gefolgt sind, als Gewittertag jeder Tag gilt, an dem Donner gehört wird. Es sind also Nah- und Ferngewitter zusammen gerechnet worden.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Brest . . . . .	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	<b>0.9</b>	0.5	0.6	0.7	0.3	0.4	0.3	5.6
Nantes . . . . .	0.4	0.5	0.2	1.1	2.2	<b>3.1</b>	2.2	1.7	1.1	0.4	0.4	0.3	13.6
Paris (Bureau centr.)	0.2	0.6	0.4	1.3	2.7	<b>4.1</b>	3.8	3.0	2.3	0.2	0.1	0.1	18.8
Parc St. Maur . . .	0.1	0.3	0.6	2.2	4.1	<b>5.8</b>	5.6	4.9	2.8	0.7	0.2	0.03	27.3
Besançon . . . . .	0.1	0.3	0.9	2.7	4.9	<b>8.0</b>	7.7	6.3	3.5	0.8	0.2	0.1	35.5
Lyon (Observat.) .	0.04	0.2	0.7	2.7	6.2	<b>7.3</b>	7.1	6.5	4.1	1.2	0.5	0.2	36.7
Clermont-Ferrand .	0.04	0.3	0.4	1.8	3.4	<b>6.4</b>	6.0	4.9	3.5	0.8	0.2	0.1	27.8 <sup>1)</sup>
Puy-de-Dôme(1467m)	0.04	0.2	0.4	1.6	4.0	<b>5.3</b>	<b>5.8</b>	5.0	3.0	1.0	0.1	0.1	26.5
Toulouse . . . . .	0.04	0.1	0.7	1.6	2.8	<b>3.8</b>	3.0	3.6	2.4	0.7	0.3	0.1	19.1
Perpignan . . . . .	0.2	0.3	0.3	1.2	2.5	<b>4.8</b>	4.5	4.5	2.6	0.9	0.4	0.2	22.4
Marseille . . . . .	0.5	0.6	0.7	1.1	2.4	2.4	2.2	<b>3.3</b>	2.8	1.6	1.2	0.6	19.4
Nizza . . . . .	0.4	0.5	1.3	1.6	3.3	<b>6.2</b>	5.3	4.4	3.6	2.8	2.4	0.5	32.3

Die Schwankungen in der Jahressumme der Gewittertage betragen innerhalb der 30jährigen Beobachtungszeit: Brest 13 und 1, Nantes 22 und 3, Paris 26 und 11, Parc St. Maur 41 und 17, Besançon 49 und 21, Lyon 47 (2 mal)

<sup>1)</sup> J. R. Plumandon, der in Clermont-Ferrand viel Gewitterstudien getrieben hat, veröffentlichte 1892 »Notes sur l'observation des orages« (Clermont-Ferrand. 8<sup>o</sup>. 8 S., 1 Tafel), die Kurven über die Häufigkeit der Gewittererscheinungen daselbst in den Jahren 1876 bis 1891 enthalten. Ich entnehme diesen die Zahl der in den einzelnen Jahren beobachteten Nahgewitter (orages) sowie Nah- und Ferngewitter (orages et tonnerre) und bilde das Mittel. Es ergibt sich als mittlere Jahressumme der Nahgewitter 16.7, der Nah- und Ferngewitter 28.1. Letztere Zahl stimmt mit der oben angegebenen 27.8 sehr gut überein. Die Zahl der Nahgewitter ist also in Clermont-Ferrand (und in Paris) von derselben Größenordnung wie in Mitteldeutschland. Man ist a priori geneigt, sie für größer zu halten. Die in Frankreich bisweilen beliebte Methode, die Zahl der Gewittermeldungen in den einzelnen Departements oder gar im ganzen Lande anzugeben, hat diesen Glauben offenbar bestärkt. Wenn z. B. E. Renou sagt, daß »in Frankreich als Ganzes betrachtet die Frequenz der Gewitter größer ist als selbst in tropischen Ländern« (Meteorol. Zeitschr. 1894 S. 395), so gibt das ein ganz falsches Bild von den an einem Ort auftretenden Gewittern. Auch bei diesem meteorologischen Element muß die Einheit des Ortes festgehalten werden, um brauchbare Vergleiche zu ermöglichen.

und 24, Clermont-Ferrand 49 und 14, Puy-de-Dôme 46 und 15, Toulouse 37 und 9, Perpignan 35 und 8, Marseille 44 und 6, Nizza 55 (2 mal) und 12.

Charakteristisch ist die Streuung der Werte über das ganze Jahr bei der frei im Luv gelegenen Station Brest. Auch Nantes, obwohl schon etwas landeinwärts liegend, zeigt deutlich den maritimen Einfluß in der Gewitterverteilung. Wenn man auf dem Bureau Central Météorologique in Paris und auf dem ganz frei gelegenen Observatorium im Parc St. Maur außerhalb von Paris dieselbe Methode der Gewitternotierung befolgt hat, dann bezeichnet die Differenz (rund 9 im Jahre) zwischen den beiderseitigen Häufigkeitszahlen im wesentlichen die Zahl der Ferngewitter, die in der Großstadt nicht zur Wahrnehmung gelangten. Die Werte von Besançon und Lyon zeigen, daß das Innere von Frankreich gewitterreiche Gegenden hat. Daß auf dem Gipfel des Puy-de-Dôme weniger Gewitter notiert worden sind als in Clermont-Ferrand am Fuße des Berges, erscheint auffällig. Die Werte von Toulouse (Observatorium) stimmen überein mit den von Baillaud für die »nombre des jours de tonnerre« bekannt gegebenen (Climat de Toulouse. Compt. rend. d. l'Assoc. Franç. p. l'Avanc. d. Sciences 1902, S. 467).

Der gewitterreichste Monat scheint im größten Teil von Frankreich der Juni zu sein, und da er es auch in großen Gebieten von Spanien, Belgien, Holland und Deutschland ist, darf man annehmen, daß das Maximum der Gewitter auf dem westeuropäischen Festland zumeist auf den Juni fällt. Im Mündungsgebiet der Rhone aber tritt der August in sehr bestimmter Weise als Maximalmonat auf; denn außer dem in der obigen Tabelle erscheinenden Marseille haben auch Aix, Avignon und Montpellier die größte Zahl von Gewittertagen im August.

Rußland. Das umfangreiche Stationsnetz, dessen Beobachtungen vom Physikalischen Zentralobservatorium in Petersburg veröffentlicht wurden, bietet gute Gelegenheiten, die Abhängigkeit der Gewitterhäufigkeit von den geographischen Bedingungen zu studieren.

Im weitverzweigten Flußgebiet des Ob kann man feststellen, wie in Westsibirien die Zahl der Gewitter mit zunehmender geographischer Breite abnimmt und wie sich zugleich die jährliche Periode verengt:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Barnaul (53° 20')	—	—	—	0.1	2.6	6.1	<b>8.0</b>	4.8	0.5	0.1	0.1	—	22.3
Tomsk (56° 30')	—	—	—	0.04	2.3	5.8	<b>8.0</b>	4.0	0.7	—	—	—	20.8
Tjumen (57° 10')	—	—	—	—	2.1	<b>4.9</b>	4.6	2.5	0.5	0.1	—	—	14.7
Tobolsk (58° 12')	—	—	—	—	1.0	<b>3.8</b>	3.3	2.6	0.3	—	—	—	11.0
Surgut (61° 17')	0.1	—	—	—	1.4	2.6	<b>4.3</b>	1.7	0.2	—	—	—	10.3
Beresow (63° 56')	—	—	—	—	0.5	2.7	<b>4.7</b>	1.8	0.4	—	—	—	10.1
Obdorsk (66° 31')	—	—	—	—	0.1	0.9	<b>2.9</b>	1.2	0.1	—	—	—	5.2

Nahe östlich vom Ural vollzieht sich der Übergang vom Juni- zum Juli-maximum, das in West- und Ostsibirien vorherrscht. Das unter dem Polarkreis gelegene Obdorsk hat wegen seiner kontinentalen Lage merklich mehr Gewitter als Orte in gleicher Breite in Norwegen, an dessen Küste gewöhnlich die Abnahme der Gewitterhäufigkeit mit zunehmender Breite demonstriert wird. Die in derselben Breite gelegenen Orte Ranen und Bodö haben nach Mohn (Klima-

Tabeller V/XII) 1 bis 2 Gewitter im Jahre. Das etwas nördlicher, aber östlicher gelegene Kola auf der gleichnamigen Halbinsel hat schon 3.3 Gewitter (Mai 0.05, Juni 0.7, Juli 1.9, August 0.7).

Geht man vom Jenissei ostwärts bis zum Stillen Ozean, so sieht man, wie mit zunehmender Ostlänge, d. h. mit wachsender Kontinentalität, die Gewittertätigkeit sich in ähnlicher Weise ändert wie mit zunehmender Breite:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Jenisseisk (92°6'3.L.)	—	—	—	—	0.9	3.6	<b>6.0</b>	3.3	0.4	—	—	0.04	14.2
Irkutsk (104°16')	—	—	—	0.1	0.6	2.8	<b>6.2</b>	3.6	0.3	—	—	—	13.6
Jakutsk (129°43')	—	—	—	—	0.1	2.4	<b>3.2</b>	2.2	0.1	—	—	—	8.0
Nikolaewsk (140°45')	—	—	—	—	0.1	1.5	<b>2.7</b>	1.5	0.7	—	—	—	6.5
Alexandrowko auf Sachalin (142°7')	—	—	—	—	0.3	1.2	1.4	1.6	<b>1.7</b>	0.4	—	—	6.6

Bei Jakutsk vermindert natürlich die höhere geographische Breite die Zahl der Gewitter; bei Nikolaewsk am Amur und bei Alexandrowko auf der Insel Sachalin wirken kalte Meeresströmungen in der oben erwähnten Weise ein. Die Gewitter treten in Ostsibirien spät im Jahre auf, vor Juni darf man sie nicht erwarten. Das Maximum fällt auf den Juli und verschiebt sich auf Sachalin bis auf den September.

Ich gebe noch die Mittelwerte für drei etwas südlicher gelegene Orte von Ostasien, nämlich Blagoweschtschensk am Amur, Wladiwostok am Japanischen Meer und Peking:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Blagoweschtschensk (50°15' n. Br.)	—	—	—	0.1	1.3	5.2	<b>5.8</b>	3.7	2.1	0.2	—	—	18.4
Wladiwostok (43°7')	0.1	—	—	—	0.6	<b>2.2</b>	1.1	1.4	1.6	0.8	0.3	—	8.1
Peking (39°57')	—	—	—	0.8	3.0	6.1	<b>8.9</b>	6.5	3.4	1.0	0.05	—	29.7

Peking zeichnet sich durch zahlreiche Sommergewitter aus, die der Hauptgrund dafür sind, daß die jährliche Periode der Niederschläge daselbst so ungewöhnlich stark ausgeprägt ist. Die drei Monate Juni, Juli, August haben wiederholt je 12 und 13 Gewittertage gehabt.

Im Gegensatz zu Ostsibirien hat Turan, das sich im Frühjahr sehr schnell erwärmt, auch frühe Gewitter, die ihrerseits wieder die Jahresperiode der Niederschläge in der Weise beeinflussen, daß die größte Monatsmenge bereits dem März oder April angehört, was bekanntlich in Europa nicht vorkommt. Die Zahl der Gewitter ist im Turanischen Tiefland gering, wird aber in der Gebirgsrandzone des Tienschan größer, wie die Station Wernyi, zwischen dem Issyk Kul und Balkasch-See, zeigt:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Aschabad . . . .	—	—	0.3	1.1	<b>1.9</b>	1.3	0.6	0.1	0.3	—	—	—	5.6
Samarkand . . . .	0.1	0.1	1.4	<b>3.5</b>	2.9	0.9	0.9	0.5	—	0.1	—	—	10.4
Petro Alexandrowsk	—	0.5	1.3	1.5	<b>1.8</b>	0.3	0.7	0.2	—	—	0.1	—	6.4
Wernyi . . . . .	—	—	0.1	1.1	4.9	<b>7.4</b>	5.6	3.1	0.9	0.2	—	—	23.3

Wernyi schließt sich also schon ganz dem Typus der im westlichen Teil von Westsibirien herrschenden jährlichen Periode an.

Die Gewitterarmut des Tieflands von Turan setzt sich nach Westen fort bis zum Kaspisee und tritt hier in schroffen Gegensatz zu dem Gewitterreichtum des Kaukasus und des armenischen Hochlands. Die folgende Tabelle, in der die Stationen von der Nordseite des Kaukasus nach der Mitte der Südseite und dann nach Georgien fortschreiten, läßt deutlich erkennen, daß das mittlere Hochgebirge die größte Zahl von Gewittern hat. Die Station Temir-Chan-Schura liegt auf der äußersten Nordostabdachung, nur noch 35 km vom Kaspisee entfernt, und Gudaur ist die bekannte Station an der grusinischen Heerstraße, die von Wladikawkas am Kasbeck vorbei nach Tiflis führt. Abass Tuman und Schuscha gehören schon zum armenischen Bergland, Schuscha speziell zum Karabagh im Südosten.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Stawropol (593 m)	0.04	0.1	0.1	1.0	4.0	<b>5.8</b>	4.6	3.4	1.7	0.04	—	—	20.8
Temir-Chan-Schura (460 m)	—	—	0.05	0.4	4.9	<b>7.1</b>	5.4	4.4	2.1	0.4	—	0.05	24.8
Wladikawkas (749m)	—	—	—	1.1	7.3	<b>8.6</b>	5.2	3.0	2.1	0.3	—	—	27.6
Gudaur (2210 m)	0.2	0.2	0.4	2.7	<b>9.3</b>	9.0	5.8	6.5	4.2	2.2	0.3	—	40.8
Tiflis (409 m)	—	0.04	0.2	1.5	7.4	<b>8.5</b>	5.6	4.7	3.5	1.2	0.1	—	32.7
Abass Tuman (1300m)	—	—	—	0.9	7.2	<b>7.9</b>	4.0	4.1	3.6	0.8	—	—	28.5
Schuscha (1122 m)	—	—	0.2	2.7	<b>10.5</b>	7.2	3.0	1.5	3.3	1.7	—	—	30.1

Das Mai-Maximum von Schuscha finden wir auch in dem südöstlich davon gelegenen Lenkoran am Westufer des Kaspisee. Dieses nimmt noch Teil an der Gewitterarmut des Transkaspischen Gebietes, die namentlich in Baku zu Tage tritt, während das nördlicher gelegene Petrowsk als letzter Ausläufer des Kaukasus betrachtet werden kann; es ist nur 35 km von der oben genannten Station Temir-Chan-Schura entfernt:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Lenkoran . . . .	—	—	0.5	1.1	<b>6.0</b>	5.1	1.2	1.1	1.9	0.7	0.1	—	17.7
Baku . . . . .	—	—	—	0.1	1.3	<b>1.7</b>	0.6	0.5	0.7	0.2	0.1	—	5.2
Petrowsk . . . .	—	—	—	0.1	2.0	<b>3.1</b>	2.7	1.8	1.4	0.5	—	—	11.6

Auch der Westrand des Kaukasus am Schwarzen Meer ist nicht sonderlich reich an Gewittern. Hier zeigt sich aber der große Einfluß des Meeres in dem stärkeren Hervortreten der Wintergewitter, so daß kein Monat gewitterfrei bleibt. Auch die Verschiebung des Maximum auf Juli und August ist auf diesen Einfluß zurückzuführen.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Noworossisk . .	0.04	0.1	0.1	0.4	1.1	2.7	<b>3.6</b>	2.5	1.6	0.9	0.3	0.2	13.5
Poti . . . . .	0.04	0.1	0.04	0.2	0.8	2.6	2.9	<b>3.9</b>	3.5	1.2	0.4	0.3	16.0
Batum . . . . .	0.2	0.3	0.1	0.2	0.5	1.5	1.7	<b>1.8</b>	1.2	0.9	0.6	0.2	9.2

Aus den vorstehenden Ausführungen geht unter anderem die Tatsache deutlich hervor, daß hinsichtlich der jährlichen Periode der Gewitter, genau so wie bei den Niederschlägen, zwei entgegengesetzte Typen zu unterscheiden sind,

der kontinentale und der ozeanische. Ersterer tritt am reinsten mitten im Festland auf und ist durch Gewitter der warmen Jahreszeit gekennzeichnet, letzterer herrscht auf dem Meere, kleinen Inseln und in Randgebieten der Festländer, er gehört der kalten Jahreshälfte an. Der ozeanische Typus, getragen von der Advektion, dringt aber auch in die Festländer ein und kombiniert sich mit dem dort herrschenden kontinentalen zu einem Mischtypus, der am häufigsten angetroffen wird. Die Gewitter des kontinentalen Typus sind die »Wärmegewitter« von Mohn, die des ozeanischen Typus die »Wirbelgewitter«. Bei ersteren spielt die Konvektion, bei letzteren die Advektion die größere Rolle.

## Neue Formeln zur Berechnung der gegenseitigen Wirkung zweier Magnete auf einander.

Von Ad. Schmidt.

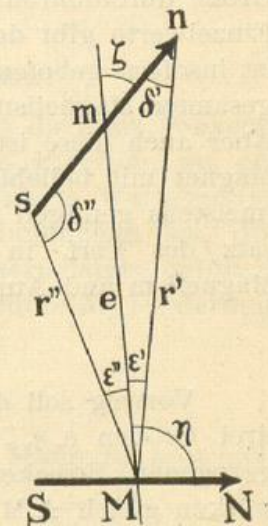
Die Aufgabe, das Drehmoment zu berechnen, das ein Magnet auf einen andern ausübt, ist von Hansteen, Lamont, Fritsche, Börgen, Chwolson, Leyst in allmählich gesteigerter Verfeinerung und Verallgemeinerung (dies besonders von Börgen) behandelt worden. Eine abschließende, vollkommen allgemeine (und zugleich die verschiebenden Kräfte berücksichtigende) Lösung hat der Verfasser gegeben (vgl. Terr. Magn. Bd. 17 u. 18, 1912/13). Dort auch ausführliche Literaturangaben über die Arbeiten der oben Genannten. Von den früheren unterscheidet sich diese Lösung auch in der Form insofern, als sie, was in mehrfacher Hinsicht zweckmäßiger ist, an Stelle von Potenzreihen der Funktionen der Winkel, die die Lage der Magnete definieren, trigonometrische Reihen benutzt.

In dieser Formulierung stellt sich das Schlußergebnis in dem für praktische Anwendungen wichtigsten Falle zweier Magnete in einer Ebene unter Bezugnahme auf die nebenstehende Figur folgendermaßen dar.

Es seien  $M$  und  $m$  die Mittelpunkte,  $S, N$  und  $s, n$  die Pole, also  $SN$  und  $sn$  die Achsen der beiden Magnete,  $Mm = e$  ihre Entfernung voneinander und  $\eta$  und  $\zeta$  die Winkel ihrer Achsen mit der Richtung  $Mm$ . Durch  $M$  und  $m$  mögen auch die magnetischen Momente bezeichnet werden. Die Polabstände seien  $SN = 2L$  und  $sn = 2l$ . Das gegenseitige Potential der beiden Magnete aufeinander stellt sich dann in der Form dar

$$W = Mm e^{-3} \sum_{\mu} \sum_{\nu} (g_{\mu\nu} \cos \mu \eta \cos \nu \zeta + h_{\mu\nu} \sin \mu \eta \sin \nu \zeta),$$

wobei die Zeiger  $\mu \nu$  auf die ungeraden Zahlen beschränkt sind. Die  $g_{\mu\nu}$  und  $h_{\mu\nu}$  sind reine Zahlen, dargestellt durch Reihen, die nach Potenzen von  $(1:e)$  fortschreiten und deren Koeffizienten Produkte aus je einem Parameter der beiden



Magnete sind. (Als Parameter eines Magnets bezeichne ich gewisse von der Verteilung des Magnetismus in ihm abhängige Konstanten. Bei einem schematischen Magnet gehen sie in die Produkte aus dem Moment und den geraden Potenzen des halben Polabstands über.)

Das von M auf m ausgeübte Drehmoment ist

$$\Phi = -\frac{\partial W}{\partial \eta} = M m e^{-3} \sum_{\mu} \sum_{\nu} (\nu g_{\mu\nu} \cos \mu \eta \sin \nu \zeta - \nu h_{\mu\nu} \sin \mu \eta \cos \nu \zeta),$$

während die verschiebende Kraft, die m erfährt, in den beiden durch  $\zeta = 0$  und  $\zeta = 90^\circ$  bezeichneten Richtungen gleich

$$-\frac{\partial W}{\partial e} \text{ und } \frac{1}{e} \left( \frac{\partial W}{\partial \eta} + \frac{\partial W}{\partial \zeta} \right)$$

ist. Entsprechende Ausdrücke geben die von m auf M ausgeübte Wirkung an.

Mit abnehmender Entfernung e wird die Konvergenz der Reihen  $g_{\mu\nu}$  und  $h_{\mu\nu}$  natürlich immer schlechter; schließlich werden die Formeln infolgedessen ganz unbrauchbar. Das ist der Fall, wenn e unter etwa das Dreifache der Länge des größeren Magnets sinkt. So geringe oder wenig größere Entfernungen kann man und wird man nun zwar besonders bei Präzisionsmessungen im allgemeinen vermeiden. Immerhin können Fälle vorkommen — ein solcher hat die Anregung der vorliegenden Untersuchung gegeben —, in denen man Anlaß hat, nach einem Ersatz der allgemeinen Formel zu suchen. Man findet ihn ohne Schwierigkeit, wenn man, auf die volle Allgemeinheit verzichtend, für die Entfernung e und einen der Winkel  $\eta$  und  $\zeta$  von vornherein bestimmte Zahlenwerte einführt und nur den anderen Winkel als veränderlich betrachtet. Da dies dem Sachverhalt bei fast allen Anwendungen entspricht, so liegt in dieser beschränkenden Annahme kaum ein Nachteil. Überdies kann man natürlich die Rechnung nacheinander für verschiedene Beträge der konstanten Größe durchführen; die interpolatorisch auszufüllende Gesamtheit der erhaltenen Einzelwerte gibt dann die allgemeine Lösung. Noch eine zweite Beschränkung ist insofern geboten, als man zunächst schematische Magnete (d. h. solche, deren gesamter Magnetismus in den Polpunkten vereinigt ist), zugrunde legen muß. Aber auch diese ist ohne grundsätzliche Bedeutung, da man jeden regulären Magnet mit beliebig weiter Annäherung durch mehrere schematische Magnete (meistens genügen deren zwei) ersetzt denken kann. (Vgl. darüber einen Aufsatz des Verf. in dem demnächst erscheinenden Juniheft von *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*. Bd. 29.)

#### I.

Vorweg soll der engste Sonderfall erledigt werden, der nämlich, daß alle drei Größen e,  $\eta$ ,  $\zeta$  fest sind. Bezeichnet man die vier (in der Figur nicht gezogenen) Strecken Ss, Sn, Ns, Nn als  $r_{11}$ ,  $r_{12}$ ,  $r_{21}$ ,  $r_{22}$ , so hat man, da die Polstärken gleich  $\pm M : 2L$  und  $\pm m : 2l$  sind,

$$W = \frac{M m}{4 L l} \sum \frac{(-1)^{\pi + \rho}}{r_{\pi\rho}} \quad (\pi = 1, 2; \rho = 1, 2)$$

$$\begin{aligned} r_{\pi\rho}^2 &= (e + (-1)^\rho l \cos \zeta - (-1)^\pi L \cos \eta)^2 + ((-1)^\rho l \sin \zeta - (-1)^\pi L \sin \eta)^2 \\ &= e^2 + L^2 + l^2 - (-1)^\pi 2 e L \cos \eta + (-1)^\rho 2 e l \cos \zeta - (-1)^{\pi + \rho} L l \cos(\zeta - \eta). \end{aligned}$$

Für das von M auf m ausgeübte Drehmoment  $\Phi$ , das der Kürze halber hier, wie auch im Folgenden, allein betrachtet werden soll, zumal da auch in den üblichen Anwendungen die verschiebenden Kräfte keine Rolle spielen, folgt

$$\begin{aligned} \Phi &= -\frac{\partial W}{\partial \zeta} = \frac{Mm}{4Ll} \sum \frac{(-1)^{\pi+\rho}}{r_{\pi\rho}^3} \frac{1}{2} \frac{\partial (r_{\pi\rho})^2}{\partial \zeta} \\ &= \frac{Mm}{e^3} \sum \left(\frac{r_{\pi\rho}}{e}\right)^{-3} \left[ -(-1)^{\pi+\rho} \frac{1}{L} \sin \zeta + \sin(\zeta-\eta) \right]. \end{aligned}$$

Durch diese geschlossene Formel ist  $\Phi$  für irgend einen bestimmten, durch  $(e, \zeta, \eta)$  definierten Einzelfall ohne weiteres zu berechnen. Indem man diese Rechnung für eine Anzahl gleichmäßig über den Umkreis verteilter Werte von  $\zeta$  oder  $\eta$  durchführt und die Ergebnisse in eine trigonometrische Reihe entwickelt, erhält man mit immer noch mäßigem Rechenaufwand eine bereits etwas verallgemeinerte Lösung. Da es sich aber hierbei um die Gewinnung von zahlenmäßig besonders scharfen Werten handelt (andernfalls würde man mit den gewöhnlichen Formeln auskommen), so darf man nicht vergessen, daß die Entwicklung einer trigonometrischen Reihe aus einer endlichen Anzahl von Funktionswerten streng genommen nicht die Koeffizienten der Reihe, sondern Aggregate von solchen ergibt.

Es sei etwa  $\Phi$  für 12 gleichabständige Werte von  $\zeta$  gefunden worden und daraus habe sich nach den bekannten Formeln der harmonischen Analyse

$$\begin{aligned} \Phi' &= A_0 + A_1 \cos \zeta + A_2 \cos 2\zeta + \dots + A_5 \cos 5\zeta + A_6 \cos 6\zeta \\ &\quad + B_1 \sin \zeta + B_2 \sin 2\zeta + \dots + B_5 \sin 5\zeta \end{aligned}$$

ergeben, während die strenge Darstellung

$$\begin{aligned} \Phi &= a_0 + a_1 \cos \zeta + a_2 \cos 2\zeta + \dots + a_n \cos n\zeta + \text{in inf.} \\ &\quad + b_1 \sin \zeta + b_2 \sin 2\zeta + \dots + b_n \sin n\zeta + \text{in inf.} \end{aligned}$$

lautet. Dann ist

$$\begin{aligned} A_0 &= a_0 + a_{12} + a_{24} + \dots \\ A_1 &= a_1 + a_{11} + a_{13} + a_{23} + a_{25} + \dots \\ B_1 &= b_1 - b_{11} + b_{13} - b_{23} + b_{25} + \dots \text{ usw.} \end{aligned}$$

Man wird nun sicher erwarten dürfen, wenn auch nicht die ganz genauen Werte der a und b, so doch solche, die ihnen sehr nahe kommen, zu erhalten, wenn man sie so bestimmt, daß der dadurch definierte Werteverlauf möglichst glatt, d. h. möglichst frei von wechselnden Krümmungen sei. Es entspricht dies dem bei graphischer Ausgleichung oder Interpolation geübten Verfahren. Analytisch ist diese Bedingung am einfachsten durch die Forderung auszudrücken, daß

$$\int \left(\frac{d^2 W}{d\zeta^2}\right)^2 d\zeta$$

für den ganzen Kreisumfang (d. h. für  $\zeta$  von 0 bis  $2\pi$ ) ein Minimum sein soll. Diese Forderung führt auf die Gleichungen

$$\begin{aligned} a_{12} = a_{24} = 0, \quad 1^4 a_1 = 11^4 a_{11} = 13^4 a_{13} = \dots \\ 1^4 b_1 = -11^4 b_{11} = 13^4 b_{13} = \dots, \end{aligned}$$

durch die in Verbindung mit den vorherigen alle Unbekannten eindeutig bestimmt sind. (Vgl. Ad. Schmidt, Über die Verwendung trigonometrischer Reihen in der Meteorologie, Gymn.-Progr. Gotha 1894, S. 14.)

## II.

Nunmehr werde von vornherein einer der Lagewinkel — etwa  $\zeta$  — als unbeschränkt veränderlich angenommen. Dann ergibt sich eine Darstellung, die wesentlich besser, als die allgemeine zu Anfang angedeutete, konvergiert, wenn man nicht nach reziproken Potenzen der Mittelpunktsentfernung  $e$ , sondern nach denen der Abstände  $r' = Mn$  und  $r'' = Ms$  der Pole des festen Magnets von der Mitte des beweglichen entwickelt. Dabei zeigt sich überdies, daß man den letzteren als beliebig regulär annehmen darf; nur der erstere muß als schematisch vorausgesetzt werden.

Ist  $P$  ein beliebiger Punkt,  $MP = r$ ,  $NMP = \eta$ , so hat der Magnet  $M$  in  $P$  das nach Kugelfunktionen entwickelte Potential

$$V = \frac{M}{r^3} \sum_{\nu} c_{\nu} r^{-2\nu} P_{2\nu+1}(\cos \varphi),$$

darin sind  $Mc_{\nu}$  die Parameter des Magnets ( $c_0 = 1$ ,  $c_1 = L^2$ ,  $c_2 = \kappa_1 L^4$ ,  $c_3 = \kappa_2 L^6$  usw.  $\kappa_1, \kappa_2 \dots$  sind Zahlen, die im allgemeinen in der Nähe von 1 liegen, meistens etwas größer sind. Der schematische Magnet wird durch  $\kappa_1 = \kappa_2 = \dots = 1$  charakterisiert.)

Sind  $V'$  und  $V''$  die Potentialwerte in  $n$  und  $s$ , so hat man als Potential von  $M$  auf  $m$ :

$$\begin{aligned} W &= \frac{m}{l} V' - \frac{m}{l} V'' \\ &= \frac{Mm}{l} \sum_{\nu} (r'^{-(2\nu+2)} P_{2\nu+1}(\cos(\eta - \varepsilon')) - r''^{-(2\nu+2)} P_{2\nu+1}(\cos(\eta + \varepsilon''))). \end{aligned}$$

Die Zahlenwerte von  $r', \varepsilon'; r'', \varepsilon''$  berechnet man am besten mittels der Gleichungen

$$\begin{aligned} r' \cos \varepsilon' &= e + l \cos \zeta & r'' \cos \varepsilon'' &= e - l \cos \zeta, \\ r' \sin \varepsilon' &= l \sin \zeta & r'' \sin \varepsilon'' &= l \sin \zeta. \end{aligned}$$

Nunmehr lassen sich die Kugelfunktionen in (endliche) trigonometrische Reihen umsetzen. Es ist

$$\begin{aligned} P_1(\cos \zeta) &= \cos \zeta, & P_2(\cos \zeta) &= \frac{3}{8} \cos \zeta + \frac{5}{8} \cos 3\zeta, \\ P_3(\cos \zeta) &= \frac{15}{64} \cos \zeta + \frac{35}{128} \cos 3\zeta + \frac{63}{128} \cos 5\zeta, \end{aligned}$$

und allgemein für ungerades  $m$  und  $n$ :

$$\begin{aligned} P_n(\cos \zeta) &= q_{n,1} \cos \zeta + q_{n,3} \cos 3\zeta + \dots + q_{n,n} \cos n\zeta \\ \text{mit} \quad q_{n,m} &= \frac{(n+m-1)!! (n-m-1)!!}{(n+m)!! (n-m)!!}. \end{aligned}$$

Dabei ist unter  $\nu!!$  das mit 2 oder 1 abbrechende Produkt  $\nu(\nu-2)(\nu-4)\dots$  verstanden. Durch Festhaltung der hieraus folgenden Beziehung  $\nu!! = \nu(\nu-2)!!$  ergibt sich, daß  $0!!$  und  $(-1)!!$  gleich 1 zu setzen sind.

Hiernach wird, wenn man die beiden Teile von  $W$  als  $W'$  und  $W''$  bezeichnet, die folgende Darstellung gewonnen, in der bei den Doppelvorzeichen das obere für  $W'$ , das untere für  $W''$  gilt und im ersten Falle  $\varepsilon$  für  $\varepsilon'$ ,  $x$  für  $l:r'$ , im zweiten Falle  $\varepsilon$  für  $\varepsilon''$  und  $x$  für  $l:r''$  steht,

$$\left. \begin{array}{l} W' \\ W'' \end{array} \right\} = \pm \frac{Mm}{l} \sum_{m=1}^{\infty} \cos m(\eta \mp \varepsilon) \sum_{m}^{\infty} q_{n,m} \frac{\kappa_{n-3}}{2} x^{n-1},$$

wobei  $n$  und  $m$  wieder nur ungerade Werte haben und  $x_{-1}$  und  $x_0$  gleich 1 sind. Damit ist die Aufgabe erledigt. Man erhält  $W$  in der Form

$$\frac{Mm}{l} \sum_m X_m' \cos m(\eta - \varepsilon') - X_m'' \cos m(\eta + \varepsilon''),$$

und es ist z. B.

$$X_1 = 1 + \frac{3}{8} x^2 + \frac{15}{64} x_1 x^4 \dots, \quad X_2 = \frac{5}{8} x^2 + \frac{35}{128} x_1 x^4 \dots$$

$$X_3 = \frac{63}{128} x_1 x^4 + \dots$$

### III.

Das Ergebnis läßt zwei Hauptanwendungen zu. Man kann entweder  $M$  als Stab und  $m$  als Nadel betrachten oder umgekehrt. Der zweite Fall ist der einfachere und auch bezüglich der Reihenkonvergenz der günstigere und sei daher zuerst erledigt.

1.  $M = \text{Nadel}$ ,  $m = \text{Stab}$ . Es soll der Einfluß eines fest liegenden Stabes auf eine veränderlich liegende Nadel als Funktion ihrer Lage ermittelt werden. Man hat sofort (nur das Drehmoment mag betrachtet werden), da  $\eta$  nicht in  $X$  eingeht

$$\Phi = - \frac{\partial W}{\partial \eta} = \frac{Mm}{l} \sum_m - m X' \sin m(\eta - \varepsilon') + m X'' \sin m(\eta + \varepsilon''),$$

was zweckmäßigerweise in eine nach  $\cos m\eta$  und  $\sin m\eta$  fortschreitende Reihe umgerechnet wird. (Eine Verwechslung des Index  $m$  mit dem Moment  $m$  ist wohl ausgeschlossen.)

2.  $M = \text{Stab}$ ,  $m = \text{Nadel}$ . Hier handelt es sich um die Einwirkung eines gedrehten Stabes auf eine Nadel, die in einer gegen die Linie  $Mm$  festen Lage durch eine andere Kraft (etwa durch Torsion oder durch den Erdmagnetismus) festgehalten wird.

Es folgt mit  $\Phi = \Phi' + \Phi''$

$$\Phi' = - \frac{\partial W}{\partial \zeta} = \frac{Mm}{l} \sum_m - m X' \sin(\eta - \varepsilon') \frac{d\varepsilon'}{d\zeta} - \frac{\partial X'}{\partial \zeta} \cos m(\eta - \varepsilon').$$

Da  $X'$  eine nach Potenzen von  $r'$  fortschreitende Reihe ist, geht  $\frac{\partial X'}{\partial \zeta}$  in eine ebensolche mit  $\frac{\partial r'}{\partial \zeta}$  multiplizierte Reihe über.

Zur Auswertung des vorstehenden Ausdruckes braucht man daher nur zu beachten, daß

$$\frac{\partial \varepsilon'}{\partial \zeta} = \frac{l \cos \zeta}{r'} \quad \frac{\partial r'}{\partial \zeta} = -l \sin \zeta$$

ist. Entsprechendes gilt für  $\Phi''$ .

Zu beachten ist noch, daß man zwar den Stab genau in eine bestimmte Lage bringen kann, daß aber bei der Nadel schon der Variationen wegen mit kleinen Abweichungen zu rechnen ist. Wenn man es nicht erreicht, deren Einfluß durch die Beobachtung zu bestimmen und zu eliminieren, so müßte man noch wenigstens einen Näherungswert von  $\partial \Phi / \partial \zeta$  berechnen.

## IV.

Bei der hier angenommenen geringen Entfernung der beiden Magnete voneinander darf ihre gegenseitige Induktion nicht unberücksichtigt bleiben. Die den Einfluß der Induktion einschließenden Größen  $M$ ,  $m$ ,  $\eta$ ,  $\zeta$  müssen daher auf die davon freien  $M_0$ ,  $m_0$ ,  $\eta_0$ ,  $\zeta_0$  und damit  $W$  auf  $W_0$  zurückgeführt werden; das ist nur näherungsweise möglich, indem man das inhomogene Feld, in dem sich jeder Magnet befindet, durch ein in seinen Wirkungen gleichwertiges homogenes ersetzt denkt. Bei  $m$  sind die Komponenten dieses gleichwertigen (d. h. auf dasselbe  $W$  und dasselbe  $\Phi$  führenden) homogenen Feldes  $W:m$  und  $-\partial W:m\partial\zeta$ , die durch sie induzierten Momente  $k'm_0W:m$  und  $-k''m_0\partial W:m\partial\zeta$ , wenn  $k'm_0$  und  $k''m_0$  die induktiven Kapazitäten in der Längs- und Querrichtung sind.  $k'$  ist von der Größenordnung 0.01,  $k''$  kleiner als 0.001. Die Feldstärken dürften bei den hier betrachteten Aufgaben schwerlich 1  $\Gamma$  übersteigen. Man darf daher, zumal bei dem Näherungscharakter der Rechnung, überall Produkte und Potenzen der Korrektionsgrößen vernachlässigen. So hat man also  $m = m_0(1 + k'W_0:m_0)$  und  $\Delta\zeta = \zeta - \zeta_0 = -k''\partial W:m_0\partial\zeta$ . Entsprechendes gilt für den Magnet  $M$ , bei dem die induktiven Kapazitäten  $K'M$  und  $K''M$  sein mögen.

Somit hat man schließlich

$$\begin{aligned} W &= W_0(1 + k'W:m)(1 + K'W:M) - \frac{\partial W}{\partial\zeta} \Delta\zeta - \frac{\partial W}{\partial\eta} \Delta\eta \\ &= W_0 + \left(\frac{k'}{m_0} + \frac{K'}{M_0}\right) W_0^2 - \frac{k''}{m_0} \left(\frac{\partial W_0}{\partial\zeta}\right)^2 - \frac{K''}{M_0'} \left(\frac{\partial W_0}{\partial\eta}\right)^2. \end{aligned}$$

Hieraus folgen dann in der früheren Weise die den Einfluß der Induktion berücksichtigenden Werte der Drehmomente und natürlich auch die der verschiebenden Kräfte.

## Die Flächen gleichen Druckes bei Berg- und Talwind.

Von H. v. Ficker.

Ein Aufsatz R. Wengers »Zur Theorie der Berg- und Talwinde« in Heft 7 der Met. Ztschr. 1923 gibt mir Veranlassung, gelegentliche Notizen zur vorliegenden Mitteilung zusammenzustellen. So sehr man auch persönlich überzeugt sein mag, daß die von Hann gegebene Erklärung der Berg- und Talwinde im wesentlichen richtig ist, so beweisen doch die vielen Versuche, die Hannsche Erklärung durch eine befriedigendere zu ersetzen, daß die Darstellung von Hann unvollkommen sein und zu Mißverständnissen Veranlassung geben müsse. Gewiß hat Wenger Recht, wenn er z. B. über dem Talwind eine Gegenströmung annimmt und die gesamte Strömung als Zirkulation auffaßt. Aber Wenger selbst gibt zu, daß Hann ebenfalls eine derartige Gegenströmung annehme, aber über ihre Entstehung keine näheren Angaben mache. Ich vermute, daß Hann sich deshalb mit dieser Gegenströmung nicht ausführlicher beschäftigt hat, weil sie ihm als selbstverständliche Konsequenz aus seiner Theorie erschienen ist.

Allerdings würde Hann diese Gegenströmung nicht als den primären Vorgang aufgefaßt haben und umsoweniger, als das Talwindphänomen unter Umständen auch ohne diese Gegenströmung, also nicht in Form einer Zirkulation verläuft, worin meines Erachtens ein wesentlicher Unterschied gegenüber den Land- und Seewinden liegt. Darüber, daß mindestens bis zur Kammhöhe des in Betracht gezogenen Gebirges keine Gegenströmung existiert, geben die Pilotbeobachtungen L. W. Pollacks, die während des Krieges im Etschtal bei Trient ausgeführt wurden, Aufschluß (vgl. Met. Z. 1924, Heft 1). Bis zur Kammhöhe des Gebirges hinauf sind bei Talwind die Luftmassen in Bewegung gegen das Gebirge, bei Bergwind in Bewegung vom Gebirge weg, woraus unter anderem hervorgeht, daß der Bergwind keine einfacher und leichter zu deutende Erscheinung wie der Talwind ist. Ich möchte an dieser Stelle nur den Wunsch aussprechen, daß das reiche, außerordentlich wertvolle Material Dr. Pollacks von ihm noch ausführlicher als bisher diskutiert und veröffentlicht werde.

Im Folgenden möchte ich zunächst die Vorgänge, die bei Talwind in Betracht kommen, schrittweise unter Verwendung des Prinzipes von der Hebung isobarer Flächen durch Erwärmung diskutieren, immer mit Rücksicht auf den Druckeffekt in Tälern und auf Berggipfeln, der ja aus Beobachtungen bekannt ist. Es ist nicht vorteilhaft, wenn man von vornherein ein den Land- und Seewinden entsprechendes Schema aufzustellen sucht. Man geht besser von der Hebung der Flächen gleichen Druckes über ebenem Lande durch die tagsüber vorhandene Wärmezufuhr<sup>1)</sup> aus. Über einer nicht zu ausgedehnten, ebenen Landfläche gleichmäßiger Beschaffenheit werden durch Wärmezufuhr, die wesentlich vom Boden ausgeht, die Luftmassen gleichmäßig ausgedehnt, die Flächen gleichen Druckes gleichmäßig gehoben. In der Höhe steigt der Druck, am Boden bleibt er ungeändert. Da keine horizontalen Temperaturunterschiede auftreten, entwickeln sich keine horizontalen Druckdifferenzen. In diesem nie ganz realisierten Idealfall hat man nur eine konvektive Vertikalbewegung der Luft. Die Expansion durch Erwärmung geht nur nach oben vor sich.

#### Vorgang im Querschnitt eines Gebirgstales.

In Fig. 1 ist T die Sohle eines Tales, S—S die Kammhöhen der seitlichen Bergketten, die als gleich hoch (H) angenommen sind. Die Hänge sind gleichmäßig geneigt. Links und rechts vom S hat man sich gleich tief eingeschnittene Täler vorzustellen, über denen sich alle Vorgänge analog abspielen. Im täglichen Wechsel gibt es zwei Zeitmomente (Stadien I und II), in denen Ruhe herrscht und die Flächen gleichen Druckes horizontal liegen, nämlich morgens den Wechsel vom Berg- zum Talwind (I), abends den Wechsel vom Tal- zum Bergwind (II). Der Wechsel soll in jeder Höhe gleichzeitig erfolgen, was in Strenge nie der Fall ist. In Stadium I tangiert die isobare Fläche b die gleich hohen Kampunkte S. Zwischen Stadium I und II findet Wärmezufuhr statt und wir nehmen an, letztere sei unabhängig von der Höhe so groß, daß die von den geneigten Hängen ausgehende Wärmezufuhr in massengleichen Luftsäulen eine Temperaturerhöhung  $\Delta t$  bewirke. Geht die Expansion nur nach

<sup>1)</sup> Die Wärmezufuhr setzt sich aus konvektiver Heizung, Absorption von Strahlung und Austauschwärme zusammen. Die konvektive Heizung stellt tagsüber den ausschlaggebenden Bestandteil der Wärmezufuhr dar.

oben vor sich und findet keine seitliche Expansion (Luftabfluß nach den Kämmen) statt, so hätte im Endstadium II die Fläche  $b$  die gestrichelt gezeichnete Lage. Die Hebung über  $T$  wäre  $hm$ , in den Punkten  $S$  gleich Null. Tatsächlich muß aber im Endstadium II die Fläche wieder horizontal liegen, was nur dann eintritt,

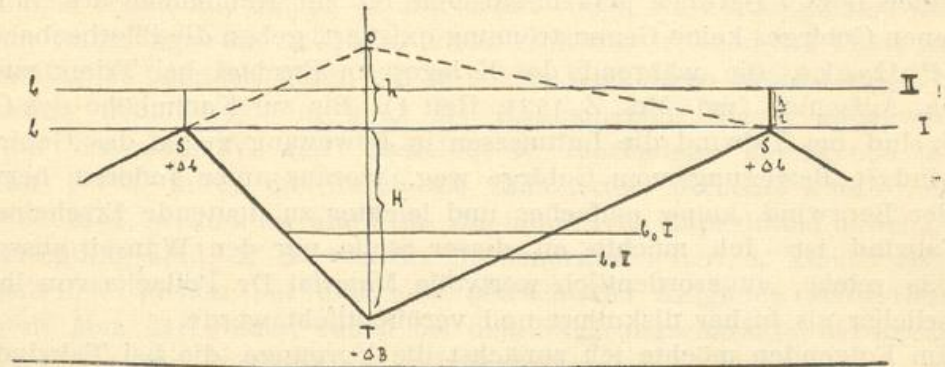


Fig. 1.

wenn die Fläche gegenüber dem Anfangsstadium I über  $S$  ebenso hoch gehoben wird wie über  $T$ . Diese notwendige Hebung der Flächen gleichen Druckes kann nur durch Luftzufluß gegen  $S$  bewirkt werden. Um die horizontale Endlage der Fläche  $b$  zu erhalten, hat man das Dreieck  $SSO$ , das die Gesamtexpansion repräsentiert, in ein flächengleiches Rechteck mit gleicher Grundlinie  $S-S$  zu verwandeln. Man sieht, daß bei gleichmäßiger Neigung und gleicher Höhe der Kämmen die Hebung der Fläche nur  $\frac{h}{2}$  beträgt. Solange das Endstadium II nicht erreicht ist, wird die Fläche gleichen Druckes immer um ein Geringes gegen  $S$  geneigt sein. Der vollständige Ausgleich (II) tritt erst ein, wenn mit Beendigung der Wärmezufuhr der Gradient nicht mehr »genährt« wird. Den Vorgang in größeren Höhen lassen wir zunächst außer acht.

Hann hat vielleicht die durch seitlichen Luftzufluß bewirkte Hebung der Flächen auch über den Kämmen nicht genug betont. Da ihm der Druckanstieg auf den Gipfel unter dem Einflusse des Talwindes genau bekannt war, hielt er ein Eingehen auf diesen Punkt sicher für überflüssig. Der Gesamteffekt des Vorganges ist eine gleichmäßige Verschiebung der Fläche gleichen Druckes, aber von geringerem Betrage als in einer Höhe  $H$  über ebenem Lande, da über ebenem Lande eine um das Volum der Bergmasse vergrößerte Luftmasse expandiert. Über ebenem Lande hätten wir eine Hebung um  $hm$ , während die Hebung im Querschnitt des Tales nur halb so groß ist. Eine ähnliche Betrachtung kann man für jede isobare Fläche des betrachteten Höhenintervalles durchführen. Immer bekommt man zwischen den Stadien I und II ein Druckgefälle gegen die Hänge und Ausgleich, wenn Stadium II erreicht ist. Aber — es ist nicht ganz überflüssig, darauf hinzuweisen — nicht alle isobare Flächen zwischen  $S$  und  $T$  werden dabei eine Hebung erfahren, wie sich sofort aus den gesamten Druckänderungen ergibt.

Ohne Luftabfluß gegen Hänge und Kämmen würde der Druck in  $T$  und  $S$  ungeändert bleiben, in der Höhe  $H$  über  $T$  um  $\Delta\pi$  steigen. Es fließt Luft seitlich ab, wodurch in  $T$  der Druck bis zum Endstadium um  $\Delta B$  mm sinkt, in den Punkten  $S$  und in der Höhe  $H$  über  $T$  um  $\Delta b$  steigt. Aus der Luft-

schicht über T fließt also seitlich eine Luftmasse ab, die der Druckdifferenz  $\Delta\pi - \Delta b$  entspricht. Es muß immer die bekannte Beziehung  $db = dB \left(\frac{b}{B}\right) + \frac{bH}{RT_2} dT$  erfüllt sein. Ohne seitliche Expansion wäre  $dB = 0$  und  $db = d\pi = \frac{bH}{RT_2} dT$ . Tatsächlich ist  $db < d\pi$  und  $d\pi - dB \left(\frac{b}{B}\right)$  stellt den Effekt des seitlichen Luftabflusses, auf die Höhe H bezogen, dar, während der totale, auf den Druck in T einwirkende Luftabfluß durch  $-dB$  repräsentiert wird. Betrachtet man somit die Gesamtheit der Flächen gleichen Druckes zwischen S und T, so findet man, daß irgend eine Fläche in Stadium II die gleiche Höhenlage wie in Stadium I haben muß; alle höher liegenden Flächen sind gehoben, alle tiefer liegenden (z. B.  $b_0$  in Fig. 1) sind gesenkt worden — eine Tatsache, die im Flächenschema des Talwindes gewöhnlich nicht angedeutet wird.

Die Luftbewegung, die infolge der Erwärmung zu Stande kommt, ist zunächst, ohne Berücksichtigung der Vorgänge in größeren Höhen, eine reine Expansionsbewegung, die solange andauert, als Wärmezufuhr stattfindet. Die Geschwindigkeiten, die auftreten, sind sicher sehr geringe und würden sich, wie Wenger annimmt, der Beobachtung allerdings entziehen, wenn in der ganzen Länge eines Tales der Luftabfluß gegen die Hänge gleichmäßig vor sich gehen würde. Dieser Luftabfluß geht aber der Hauptsache nach durch die Seitentäler vor sich, in denen sich die Ausgleichsströmungen konzentrieren und örtlich dort sehr stark auftreten werden, wo oberhalb einer steilen Talstufe die Sohle des Seitentales verflacht. Wenger weist mit Recht darauf hin, daß eine Expansionsbewegung in einem geheizten, mit Wasser gefüllten Topfe nur dort eine örtlich große, horizontale Geschwindigkeit erhalten kann, wo der Durchmesser des Topfes plötzlich sich erweitert. Das ist in der Natur in Seitentälern dort der Fall, wo oberhalb einer Talstufe die Talsohle flach wird. Ich glaube deshalb, daß örtlich die Expansionsbewegung sich sehr kräftig äußern kann, ohne daß ich auf diesen Punkt großes Gewicht legen möchte.

Da die Flächen gleichen Druckes bis zum Ausgleich immer ein Gefälle gegen die Hänge haben werden, scheint mir eine längs der Hänge aufsteigende Luftbewegung eine Selbstverständlichkeit zu sein, selbst dann, wenn an den Hängen keine Wärmezufuhr stattfindet. Wenn z. B. bei einem Keil hohen Druckes am Nordrande der Alpen und einem damit verbundenen Gefälle der Flächen gleichen Druckes gegen die Alpenkette bei schlechtem Wetter, ohne Wärmezufuhr vom Boden, die abseits der Alpen horizontale Luftströmung in den Alpentälern eine aufsteigende wird, wundert sich niemand darüber.

Der Vorgang verläuft nicht wesentlich anders, wenn an den Hängen überhaupt keine Wärmezufuhr stattfindet, wie es nahezu der Fall ist, wenn im Frühling z. B. die Talsohle bereits schneefrei ist und sich unter dem Einflusse der Strahlung stark erwärmt, während die Hänge noch von Schnee bedeckt sind, so daß an den Hängen nur Schneeschmelze, aber keine Erwärmung der Luft von den Hängen aus stattfindet. Dieser Fall ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. T—T bedeutet die schneefreie Sohle des Tales, von der aus allein Wärmezufuhr stattfindet. Ohne seitlichen Luftabfluß würde die gesamte Expansion durch das gestrichelte Rechteck, dessen Höhe h ist, dargestellt, d. h. über T—T würde die isobare Fläche um hm gehoben (von Stadium I bis II), während über den Hängen überhaupt keine Hebung stattfindet. Es tritt also,

den horizontalen Druckdifferenzen entsprechend, in jeder Höhe über T—T Luftabfluß gegen die Hänge ein. Bis zum Endstadium II — Ende der Wärmezufuhr, Ausgleich der Druckdifferenzen — verschiebt sich die Fläche  $b$  in eine Endlage, die gegenüber der Ausgangslage nur um einen Bruchteil von  $h$  verschoben erscheint. Um die Endlage zu erhalten, muß man das gestrichelte Rechteck in das flächengleiche über S—S verwandeln. Wie groß die resultierende, gleichmäßige Hebung der Fläche  $b$  ist, hängt von dem Verhältnis der Entfernung S—S zur Breite der Talsohle T—T ab, abgesehen vom Betrage der

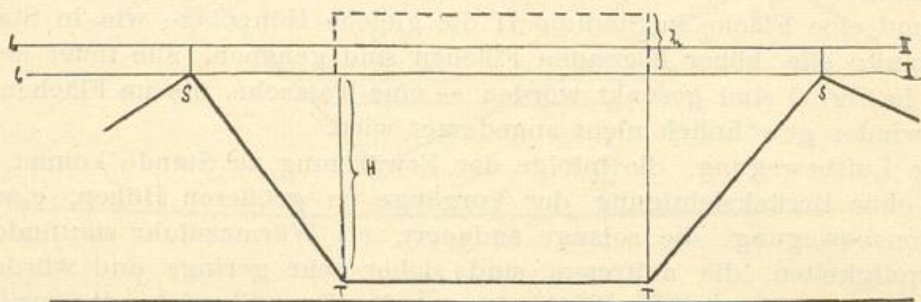


Fig. 2.

Wärmezufuhr und der Höhe  $H$ . Trotzdem wir hier nur den Vorgang in einem Talquerschnitt betrachten, ist es verständlich, daß in vielen Tälern (Wallis) der Talwind gerade im Frühling, bei Schneelage im Gebirge, also schneefreier Talsohle und schneefreiem Alpenvorland, sehr stark auftritt. Die Ansicht, daß im Winter bei kalten Hängen sich längs letzterer eine Gegenströmung, im ganzen also eine Zirkulation entwickeln müsse, wird durch die Beobachtungen nicht bestätigt. Gerade die Betrachtung dieses Spezialfalles zeigt, daß der primäre Vorgang von der Erwärmung der Luft an den Hängen unabhängig ist.

#### Vorgang im Längsschnitte des Tales samt Ebene.

Die Betrachtung eines Tal-Querschnittes liefert nur den Abfluß gegen die Hänge des Tales, also keine Strömung in der Richtung des Tales selbst, die eigentlich als Haupterscheinung betrachtet wird. In Fig. 3 ist angenommen,

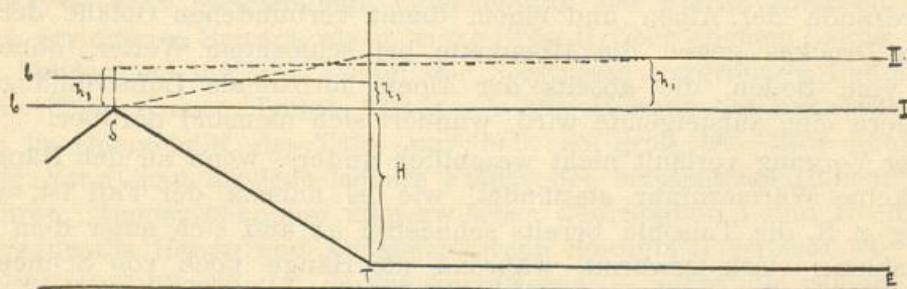


Fig. 3.

daß das Tal, dessen Sohle durch S—T dargestellt wird, in die Ebene T—E ausmündet. Das Tal hebt sich von T bis S um  $H$  m. In Stadium I — Ruhe zwischen Berg- und Talwind — liegt die S tangierende isobare Fläche  $b$  überall in gleicher Höhe. Ohne Luftabfluß gegen S würde im Stadium II die Fläche oberhalb T—S durch die gestrichelte Linie gegeben sein; die Hebung würde

über T gleich  $hm$ , über S gleich Null sein. Bei Berücksichtigung des Luftabflusses gegen S, aber ohne Nachschub von der Ebene herein, wird die Fläche  $b$  im Endstadium über T—S überall gleichmäßig um den Betrag  $\frac{h}{2}$  gehoben sein. Über der Ebene hingegen würde im Endstadium ohne seitlichen Luftabfluß die Fläche überall um  $hm$ , also doppelt so hoch gehoben sein. Über T hätte in diesem Falle die Fläche einen Gefällsknick. Tatsächlich fließt aber auch von der Ebene Luft gegen T—S ab und die Fläche gleichen Druckes wird in Wirklichkeit den strich-punktierten Verlauf haben. Durch den Luftzufluß von der Ebene her wird also die Fläche auch über T—S um mehr als  $\frac{h}{2}$  m gehoben, während über der Ebene die Hebung kleiner als  $hm$  wird und zwar so weit in die Ebene hinaus, als Luftmassen gegen das Gebirge hin in Bewegung gesetzt worden sind. Würde unbeschränkt Zeit zur Verfügung stehen und nach Beendigung der Wärmezufuhr nicht Abkühlung eintreten, so würde ein Endzustand erreicht, in dem die Fläche wieder überall horizontal liegen würde, aber gegenüber der Ausgangslage um einen Betrag gehoben, der kleiner als  $h$  und größer als  $\frac{h}{2}$  ist. Es setzt aber Abkühlung ein, die die Fläche  $b$  senkt und über der Ebene stärker senkt als über T—S. Die einsetzende Abkühlung beschleunigt den Eintritt des Endstadiums, den Ausgleich. Berücksichtigt man den Luftnachschub aus dem unbegrenzten Reservoir über der Ebene, so fällt die Hebung der Fläche bis Stadium II größer aus, als wenn der Talwind nur in einem seitlichen Abfließen der Luft gegen die Talhänge bestehen würde. In Wirklichkeit kommt beides in Betracht, die Neigung der Fläche von der Ebene gegen das Gebirge und in letzterem selbst die Neigung der Flächen gegen die Hänge. Alles zusammen liefert eine talauf gerichtete Strömung mit Bewegungskomponenten gegen die Talhänge, die hauptsächlich in Seitentälern wirksam werden. Betrachtet man auch diese Strömung als den wesentlichen Vorgang beim Zustandekommen des Talwindphänomens, so wird man doch Wenger recht geben müssen, wenn er im allgemeinen diesen Expansionsströmungen eine geringe Geschwindigkeit zubilligt.

Zwischen den Stadien I und II nimmt der Druck von E gegen T ab, was auch in der freien Atmosphäre der Fall ist. In jeder Höhe findet man den tiefsten Druck in der Talsohle T—S. Wenn Wenger angibt, daß bei Hanns Erklärung am Abhange eigentlich absteigende Luftbewegung eintreten müßte, so kann ich ihm nicht beipflichten. Auch ohne Wärmezufuhr von der Talsohle aus, die für das Wesentliche des Vorganges ohne Belang ist, kann nur aufsteigende Luftbewegung erwartet werden. Es müßte sonst auch eine von T gegen E gerichtete Strömung vorhanden sein, die nach dem Verlaufe der Flächen gleichen Druckes zwischen Stadium I und II nicht möglich ist. Wärmezufuhr bringt die Flächen gleichen Druckes, da die Bergmasse selbst sich nicht ausdehnt, aus der horizontalen Lage. Sie bekommen ein Gefälle gegen das Bergmassiv und die atmosphärische Massenverlagerung dient dazu, den horizontalen Verlauf wieder herzustellen. Eine Zirkulation ist mindestens bis zur Kammhöhe des Gebirges hinauf nicht vorhanden.

Betrachtet man statt des Talwindes den nächtlichen Bergwind, so hat man die bisher betrachteten Vorgänge umzukehren. Es ist ein Irrtum, wenn man den Bergwind als eine Erscheinung auffaßt, die leichter zu erklären wäre. Die

Vorstellung, daß nachts die an den Hängen erkaltete Luft hangabwärts fließt, sich in den Tälern sammelt und durch die Täler abfließt, ist naheliegend, aber ebenso unrichtig, wie die Erklärung des Talwindes lediglich aus der Erwärmung der Luft an den Berghängen. Der Auffassung des Bergwindes als eines verhältnismäßig seichten Kaltluftstromes stehen die Beobachtungen Pollacks entgegen, die beweisen, daß der »Bergwind« so hoch hinauf reicht wie der Talwind, im Etschtal bei Trient bis ca. 2000 m. So wie tagsüber die Bewegung der Luft von der Ebene gegen das Gebirge, über den Tälern gegen die Hänge gerichtet ist, so bewegen sich nachts die Luftmassen vom Gebirge, von den Hängen weg. Betrachtet man den Vorgang im Laufe eines längeren Zeitraumes, so kann man ihn als ein periodisches Hin- und Zurückschwingen der Luftmassen auffassen, nicht aber als Zirkulation. Bei schneebedecktem Gebirge und schneefreier Ebene, also ohne Wärmezufuhr im Gebirge selbst, ist dieses periodische Hin- und Herschwingen sozusagen allein vorhanden. Findet aber im Gebirge selbst Wärmezufuhr statt und betrachtet man die Vorgänge oberhalb der Gebirgsmassen, so tritt zu diesem primären System ein höher liegendes, das sich als Zirkulation darstellt und das die Gradienten und die Stärke der Luftbewegung vergrößert.

#### Zirkulation in größeren Höhen.

Wir haben bisher als unwesentlich betrachtet, daß die Gebirgsmasse selbst als gehobene Heizfläche wirkt und daß auch den Luftmassen oberhalb S Wärme zugeführt wird. Die Annahme, daß das ganze Gebirge schneebedeckt ist, stellt ja nur einen Spezialfall dar, der deshalb instruktiv ist, weil er beweist, daß das, was als »primäres System« bezeichnet wurde, auch ohne Wärmezufuhr von den Gebirgshängen an die Luft zustande kommt. Im allgemeinen aber muß die Erwärmung der Luft von den gehobenen Heizflächen der Gebirgsmasse aus berücksichtigt werden. Man kann ein Gebirge als eine aus den anliegenden Ebenen herausgehobene Heizfläche (tagsüber) betrachten. In Fig. 4 ist ein Massenblock angenommen, dessen obere Begrenzung, durch die Hochfläche

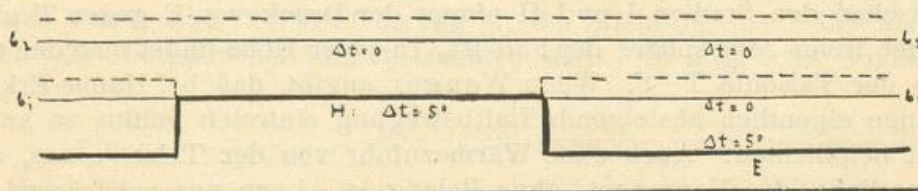


Fig. 4.

H dargestellt, um 1000 m höher liegt als die Ebene E. Bei genügend großer Wärmezufuhr von H aus kann auch ohne die Mitwirkung seitlicher Luftzufuhr oberhalb H eine gleich große oder größere Hebung der isobaren Flächen eintreten als über E. Wir zeichnen die zwei, im Ausgangsstadium horizontal liegenden Flächen  $b_1$  und  $b_2$ , erstere tangiert H, letztere liegt um 1000 m (Gebirgshöhe) höher. Von E und H aus findet Wärmezufuhr statt und da die Einstrahlung mit der Höhe zunimmt, wird bei nicht zu großem Höhenunterschied zwischen E und H die Wärmezufuhr von H aus gleich groß und sogar größer werden können als über E. Nimmt man die Höhe, bis zu der die tägliche, konvektive Heizung sich erstreckt, zu 1000 m an, so wird über der

Ebene die Heizung sich bis zur Höhe der Hochfläche H erstrecken, während über letzterer die Luftschichte zwischen 1000 und 2000 m geheizt wird. Ist die Wärmezufuhr über beiden Heizflächen gleich groß und zwar so groß, daß die Temperatur an der Basis der Luftmassen um  $5^\circ$  steigt, in 1000 m über jeder Heizfläche ungeändert bleibt, so wird über E eine 2000 m hohe Luftmasse um  $1.25^\circ$ , über H eine 1000 m hohe Luftmasse um  $2.50^\circ$  erwärmt. Da die Hebung  $\Delta h$  einer Fläche bei Erwärmung einer  $h$  m hohen Luftsäule um  $\Delta t$  gleich  $\alpha h \Delta t$  ist, wird die Fläche  $b_2$  über E und H um den gleichen Betrag gehoben. Die Hebung der Fläche  $b_1$  ist über E gleich groß wie die Hebung der Fläche  $b_2$ , während  $b_1$  über H überhaupt nicht gehoben wird. Im Niveau von H erhält man somit ein Druckgefälle von E gegen H, während in der Höhe der gehobenen Fläche  $b_1$  zunächst kein Druckgefälle wirksam ist. Letzteres entwickelt sich aber, und zwar von H gegen E gerichtet, wenn im Niveau H dem entstandenen Druckgefälle entsprechend Luftabfluß gegen H eintritt. Über H steigt dann der Druck, über E fällt er und man bekommt in der Höhe eine Gegenströmung. Über H findet Aufsteigen der Luft, über E (in größeren Höhen) Absteigen statt, d. h. in den Luftmassen oberhalb des Niveaus von H erhält man eine Zirkulation.

Sieht man von dem Spezialfalle ab, daß eine Schnee- oder Eisdecke der Bergmasse keine nennenswerte Wärmezufuhr vom Boden an die Luft zuläßt, wird diese Zirkulation in der Höhe sich immer entwickeln, selbst wenn die Wärmezufuhr von den gehobenen Heizflächen aus viel kleiner ist als die Wärmezufuhr von E aus. Die isobare Fläche  $b$  (Fig. 5) klebt ja auch in H nicht am Boden, sondern wird auch über H durch Luftzufluß von der Seite (primäres System) gehoben, wenn auch erst im Endstadium II die Hebung gleich groß wird wie über der Ebene E. Solange das Endstadium II nicht erreicht ist, wird tagsüber immer ein Druckgefälle in der Höhe  $h$  von E gegen H wirksam sein. In der Höhe  $h$  wird für einen bestimmten Zeitmoment (zwischen den

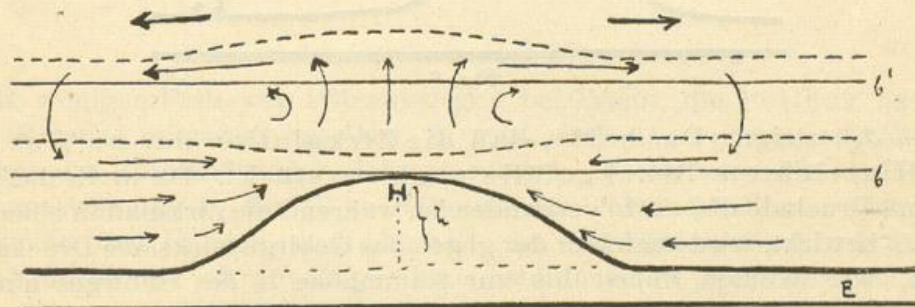


Fig. 5.

Stadien I und II) über der Ebene der Druckanstieg  $\Delta b$ , in H wird er  $\Delta b_2 < \Delta b_1$  sein. In der Höhe  $2h$  (Niveau der Fläche  $b'$ ) werden die entsprechenden Druckzunahmen  $\Delta b_1'$  und  $\Delta b_2'$  sein, im Verhältnis des abnehmenden Luftdruckes kleiner als in der Höhe  $h$ . Da mit der Hebung der Flächen gleichen Druckes über der Ebene sofort Ausgleichsströmungen gegen das Gebirge einsetzen, wird die Differenz  $\Delta b_1 - \Delta b_2$  immer eine sehr geringe sein.

Nun wird aber die Luftmasse über dem Gebirge ebenfalls konvektiv erwärmt. Diese Wärmezufuhr für sich allein läßt in H den Druck ungeändert,

bedingt aber in der Höhe  $2h$  (oberhalb  $H$ ) einen Druckanstieg  $\Delta\beta$ , während in der gleichen Höhe über der Ebene  $E$  der Druck ungeändert bleibt, da hier die hochgelegene Heizfläche fehlt. In der Höhe  $2h$  tritt ein dem Druckgefälle in der Höhe  $h$  entgegengesetzt gerichtetes Gefälle ein, wenn  $\Delta b_2' + \Delta\beta > \Delta b_1'$  ist. Genügt  $\Delta\beta$  dieser Ungleichung, d. h. ist die Wärmezufuhr vom Gebirge an die Luft groß genug, um in der Höhe  $2h$  durch Hebung der isobaren Fläche  $b'$  einen Druckanstieg  $\Delta\beta$  zu erzeugen, der genügend ist, um das aus der Erwärmung der Luft über der Ebene resultierende, gegen das Gebirge gerichtete, wohl immer sehr kleine Druckgefälle  $[\Delta b_1' - \Delta b_2']$  zu überkompensieren, so entwickelt sich die in der Fig. 5 durch Pfeile angedeutete Zirkulation. Die Erwärmung über der Ebene bewirkt ein Zuströmen der Luft zum Gebirge, kann aber für sich allein nie die angedeutete Zirkulation in höheren Schichten (sekundäres System) erzeugen. Diese Zirkulation ist an Wärmezufuhr im Gebirge gebunden. Fehlt diese Wärmezufuhr, was bei schneetedecktem Gebirge anzunehmen ist, so fehlt auch die Zirkulation. Die Zirkulation wird um so kräftiger sein, je größer die Wärmezufuhr im Gebirge ist und sie wird sich in der Horizontalen um so weiter erstrecken, je ausgedehnter die gehobenen Heizflächen sind.

Die Entwicklung dieser Zirkulation führt zu einer Verstärkung der Druckgradienten. Wir betrachten (Fig. 6) die Druckänderungen in den Punkten  $H$ ,  $E_2$  und  $E_1$ . Ohne Zirkulation hätten wir in  $H$  den Druckanstieg  $\Delta b_2$ . Die Zirkulation schafft aus der Luftsäule oberhalb  $H$  Luft weg, so daß der Druckanstieg in  $H$  um den Betrag  $-\Delta\beta_2$  verringert wird. In  $E_1$  haben wir wegen der Hebung der Flächen über der Ebene den Druckanstieg  $\Delta b_1$ . Die Zirkulation transportiert Luft gegen  $E_1$ , so daß in  $E_1$  außerdem der Druck um den

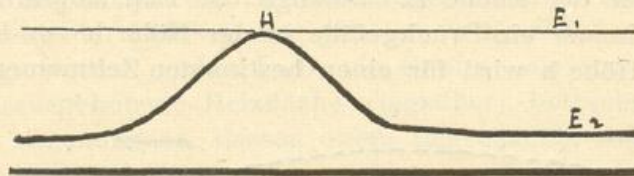


Fig. 6.

Betrag  $+\Delta\beta_1$  steigt. Das heißt, daß die Zirkulation das an sich von  $E_1$  gegen  $H$  gerichtete Druckgefälle noch verstärkt. Da in  $E_2$  das primäre System mit Druckabfall ( $-\Delta b$ ) verbunden ist, während die Zirkulation einen Druckanstieg  $\Delta\beta$  bewirkt, wird auch hier der gegen das Gebirge wirksame Druckgradient verstärkt, was in allen Höhen bis zur Kammhöhe  $H$  des Gebirges hinauf der Fall ist. Oberhalb der Gebirgsmasse wird das Gefälle gegen das Gebirge mit zunehmender Höhe immer kleiner und geht dann in ein Gefälle entgegengesetzter Richtung über.

Unter Berücksichtigung dieser Zirkulationsbewegung ergibt sich ein Schema, das allerdings in wesentlichen Punkten dem Schema bei Seewind entspricht. Aber es muß doch nachdrücklich betont werden, daß auch ohne Wärmezufuhr im Gebirge, also ohne Zirkulation, ein Strömen der Luft von der Ebene gegen das Gebirge und ein Aufsteigen längs der Berghänge eintreten würde. In speziellen Fällen wird der Talwindvorgang dann nur durch diese untere »Expansionsströmung« dargestellt, die man als primäres System deshalb be-

zeichnen kann, weil sie unter allen Umständen vorhanden ist. Der Spezialfall: Schneefreies Gebirge und schneebedeckte Ebene, der eine dem Seewind vollständig analoge Erscheinung darstellen würde, ist in der Natur wohl nie erfüllt. Die volle Analogie zum Seewind wäre ja nur dann vorhanden, wenn in der Ebene keine Wärmezufuhr stattfinden würde.

Es ist richtig, daß in dem Flächenschema bei Hann nirgends die Umkehrung des Druckgefälles über dem Gebirge und die entsprechende Gegenströmung angedeutet ist. Aber einerseits schreibt Hann von einer derartigen Gegenströmung und andererseits betont er an vielen Stellen die Analogie mit den Seewinden, so daß Hann sich bestimmt über den Sachverhalt ganz im Klaren gewesen ist. Ich halte es aber nicht für überflüssig, zu erörtern, was ohne Wärmezufuhr im Gebirge sich entwickelt und was mit letzterer eintritt.

Wenn in der warmen Jahreszeit starke Wärmezufuhr an den Gebirgshängen stattfindet, ist es möglich, daß im Sinne Wengers, besonders an südseitigen Hängen, die Hebung der Flächen gleichen Druckes über dem Gebirge früher ein Abfließen der Luft in der Höhe bedingt als das durch Erwärmung über der Ebene bewirkte Zufließen von Luft gegen das Gebirge in den unteren Schichten. Ich meine aber, es handelt sich um gleichzeitige Vorgänge. Nach gelegentlichen Beobachtungen im Gebirge bin ich der Ansicht, daß der Vorgang im Querschnitt des Tales, das Abfließen der Luft gegen das Talgehänge, zeitlich am frühesten eintritt. Mindestens sind die langen Wolkenbänke, die sich an schönen Tagen häufig bald nach Sonnenaufgang an den Talhängen des Inntales bilden, ein Anzeichen dafür. Nach Pollacks Beobachtungen wird der Bergwind durch den Talwind tatsächlich von oben aus abgebaut. Ich möchte mich aber über diesen Punkt mangels exakter Beobachtungen ebenso wenig äußern wie über die Frage, ob der »Talwind« sich in ähnlicher Weise talaufwärts vorarbeitet wie der Seewind küstenwärts<sup>1)</sup>. Hingegen kann man fragen, ob die Gegenströmung in der Höhe, der obere Ast der Zirkulation durch Beobachtungen nachgewiesen ist.

#### Beobachtungen und Folgerungen.

Die wenigen Fälle von Pilotaufstiegen bei Trient, die Pollack aus seinem reichen Material mitgeteilt hat (Met. Z. 1924, Heft 1), ergeben, obwohl sie bis hoch über die Kammhöhe der Gebirge reichen, nichts, was sich als Beweis für eine Gegenströmung in der Höhe während des Talwindes deuten läßt<sup>1)</sup>.

Der an den Hängen und oberhalb des Gebirges aufsteigende Luftstrom gibt sich durch die oft gewaltige Cumulusbildung zu erkennen, die aus dem primären, unteren System allein nicht leicht erklärt werden könnte, da der Luftzufluß von der Ebene gegen das Gebirge allein, ohne Wärmezufuhr in letzterem, die Flächen gleichen Druckes oberhalb des Gebirges nie über das Flächenniveau in der Ebene haben kann. Bei lokalen Gebirgsgewittern, die in der Regel talabwärts ziehen, geht die Wolkenbildung und namentlich die Entwicklung des Cirrusschildes gegen den unteren Wind (Talwind) vor sich. Für

<sup>1)</sup> Auf vielen Gebirgsturen ist mir oft aufgefallen, daß der »Talwind« in den Seitentälern, also Expansionsbewegung im Querschnitt des Haupttales, zeitlich früher eintritt als der Talwind, der im Haupttale talaufwärts geht. Trotz vieler gelegentlicher Einzelbeobachtungen sowohl im Talwindgebiet des Inns wie der Etsch fehlen mir genaue Daten.

absteigende Bewegung in der Gebirgsrandzone spricht die Tatsache, daß diese Uebergangszone zwischen Gebirge und Ebene auch an Tagen mit sehr starker Cumulusbildung im Gebirge häufig wolkenfrei bleibt. Im übrigen glaube ich, daß man bei Erörterung der Zirkulation unterscheiden muß einerseits zwischen der ganzen Gebirgsmasse, andererseits zwischen den einzelnen Ketten, aus denen sich die Gebirgsmasse zusammensetzt. Das ganze Gebirge, als Massenblock aufgefaßt, stellt eine gehobene Heizfläche von gewaltiger, horizontaler Erstreckung dar. Dementsprechend wird auch beiderseits eine Zirkulation von großer Ausdehnung sich entwickeln, während die an den einzelnen Ketten zur Entwicklung kommenden Zirkulationen von geringer seitlicher Erstreckung sein werden, da die einzelne Kette, für sich allein betrachtet, nur eine Heizfläche geringer Ausdehnung darstellt. Innerhalb einer Zirkulation wird das Gebiet absteigender Luftbewegung räumlich immer zu dem Gebiete aufsteigender Bewegung im Verhältnis stehen. Man wird deshalb auch die räumlich beschränkten, lokalen Zirkulationen an den einzelnen Ketten von der großen, durch das ganze Gebirgssystem erzeugten Zirkulation unterscheiden müssen. Daß es sich an der Einzelkette nicht um eine weitausgreifende Zirkulation, sondern eher um mehr oder weniger beschränkte Wirbelbildung handelt, wird durch Beobachtungen bei alpinen Ballonfahrten wenn nicht bewiesen, so doch wahrscheinlich gemacht. Wenn ein Ballon an schönen Tagen die Zentralalpen überquert, so gerät er auf der Südseite der Zentralkette häufig in Cumulusmassen, die ihn heben. Sind die Cumuli passiert, so wird der Ballon oft äußerst vehement in die Tiefe gerissen, treibt in der Tiefe talaufwärts zurück und wird von neuem in die Cumuluswolken hinein und in ihnen emporgerissen. Diese Wirbel sind wahrscheinlich die an und über der steilen Kette entwickelte Talwind-Zirkulation, da die Erklärung als »Saugwirbel«, erzeugt durch die leeseitig aspirierende Wirkung eines Höhenwindes, mitunter auf sehr große Schwierigkeiten stößt.

In diesem Zusammenhange muß auch auf eine Beobachtung Wengers hingewiesen werden. Er berichtet, daß in der Höhe des Pik von Teneriffa 3730 m die Wolken oft gegen die Richtung des unteren Talwindes ziehen. Ich glaube nun nicht, daß Teneriffa infolge der Passatströmung und mit Rücksicht auf die Entwicklung von Land- und Seewind für das Studium der Berg- und Talwinde an sich sehr günstig ist. Daß aber bei Talwind die Gegenströmung schon unterhalb der Gipfelhöhe des Pik getroffen wird, erklärt sich daraus, daß der Pik selbst sich isoliert aus der sehr ausgedehnten Hochfläche der Canadas erhebt. Letztere, nicht der Pik selbst stellen die hauptsächliche Heizfläche dar, die zur Entwicklung der Zirkulation Veranlassung gibt. Schematisch sind die Verhältnisse in Fig. 7 wiedergegeben. Die Hochfläche der Canadas 2000 m heizt die Luftmassen offenbar so stark an, daß in der Höhe des um 1700 m höheren Pikgipfels das Gefälle der Flächen gleichen Dreieckes dem Gefälle in den tieferen Schichten bereits entgegengesetzt ist. Die aufgesetzte Masse des Pik wird die Zirkulation, die auch ohne Pik über den Canadas sich entwickeln müßte, nur in etwas größere Höhe tragen.

Ähnliche Verhältnisse wie an Pik, wenn auch nicht so übersichtlich und ausgedehnt, machen sich öfters auch in Kettengebirgen geltend. Die Cumulusbildung geht häufig nicht an und über der Kammhöhe oder an den obersten Steilhängen vor sich, sondern beginnt über den obersten Talbecken oder über flach liegenden, ausgedehnten Terrassen, ohne über die Kammhöhe hinaufzu-

reichen, in der in Fig. 8 angedeuteten Weise. Hier wirken nicht die höchsten Steilhänge, sondern die Hangterrassen und die oberen, oft recht ausgedehnten, flachen Talgründe als gehobene Heizflächen, während die Gipfel selbst bereits in der Höhe der oberen Gegenströmung liegen. Ein Querschnitt durch ein Hochtal zeigt gewöhnlich eine Verflachung der Seitenhänge in Mittelhöhe, ein

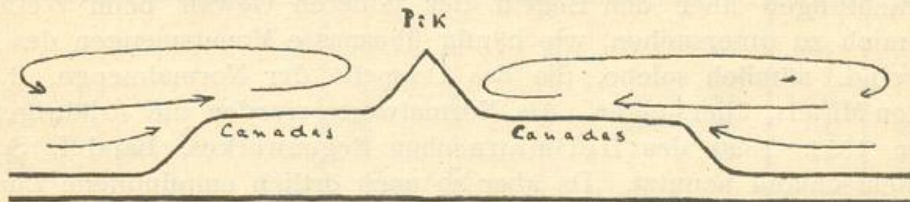


Fig. 7.

Längsschnitt die Verflachung des Tales im Talschluß. Wenn man die Heizflächenwirkung diskutiert, ist es deshalb auch vorteilhaft, ein durch Kämme und Täler reich gegliedertes Gebirgsmassiv durch eine einheitliche Masse mittlerer Höhe zu ersetzen. Die lokalen Zirkulationen kommen dann in Wegfall und es bleibt nur die große Zirkulation zwischen Gebirgsganzem und Ebene übrig.

Überblickt man das ganze Talwindphänomen, so kommt man zur Überzeugung, daß Hanns Theorie richtig ist und daß Hann mutmaßlich alle Vorgänge klar durchschaut hat. Was nach Hann erörtert worden ist, stellt sich als Ergänzung dar. So wie Defant erstmals den Luftabfluß gegen die Seitenhänge des Tales nachdrücklich in Betracht gezogen hat, so hat Wenger erstmals die obere Gegenströmung, die auch Hann bekannt war, zur Diskussion gestellt. Im Vorstehenden hat es sich um die Feststellung gehandelt, daß

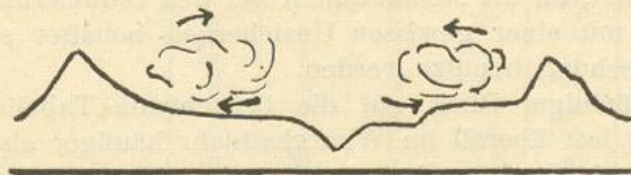


Fig. 8.

eigentlich zwei Systeme zur Ausbildung kommen, ein unteres System, das auch dann vorhanden ist, wenn im Gebirge selbst keine Wärmezufuhr stattfindet; außerdem ein oberes, als Zirkulation ausgebildetes System, das an Wärmezufuhr im Gebirge selbst gebunden ist. Es ist aber ausdrücklich zu betonen, daß ein Massentransport von der Ebene gegen das Gebirge auch dann stattfindet, wenn keine Erwärmung der Luft an den Gebirgshängen vorhanden ist.

## Die Häufigkeit übernasser Monate in Norddeutschland.

Von C. Kaßner.

Betrachtungen über den Begriff der höheren Gewalt beim Wetter veranlaßten mich zu untersuchen, wie häufig übernasse Monatsmengen des Niederschlages sind, nämlich solche, die das Doppelte der Normalmenge, d. h. des vieljährigen Mittels, übersteigen. Als Normalwerte wurden die 40jährigen Mittel der Jahre 1851—1890 des Hellmannschen Regenwerkes, Band I, S. 66—73 für Norddeutschland benutzt. Da aber so noch örtlich empfindliche Lücken in der Verteilung der Stationen über das Land blieben, wurden kürzere Reihen nach den vollständigen ergänzt.

Bei den vollständigen Reihen war für jeden Monat das Doppelte des vieljährigen Mittels gebildet und dann ausgezählt worden, wie viele Monatsmengen größer als dieser zweifache Wert waren.

Bei den unvollständigen Reihen wurde zunächst die Zahl der übernassen Monate in denjenigen Jahren benachbarter vollständiger Stationen (1—3 Orte je nach Entfernung und Lage) festgestellt, die bei den unvollständigen fehlten. Die sich hierbei ergebenden Jahressummen wurden in der üblichen Weise mittels Reduktionsfaktoren auf vollständige Reihen von 40 Jahren reduziert. Für die einzelnen Monate wurden aber nicht diese Reduktionsfaktoren benutzt, sondern einfacher die Zuschläge, die für die fehlenden Jahre nach den benachbarten Vollstationen zu erwarten waren, so mit geringer Ausgleichung hinzugefügt, daß sich die reduzierte Jahressumme ergab.

Aus den so entstandenen Tabellen wird hier nur ein Auszug für die Jahreszeiten gegeben, da die Monatszahlen bei den reduzierten Stationen naturgemäß doch noch mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind; sie werden nur bei der Besprechung benutzt werden.

Schon ein flüchtiger Blick auf die beistehende Tabelle lehrt, daß die übernassen Monate fast überall im Winterhalbjahr häufiger als im Sommerhalbjahr sind. Von den 55 Stationen haben nur 8 die größere Häufigkeit im Sommerhalbjahr, dagegen nicht weniger als 43 im Winterhalbjahre. Bei 4 einander nicht benachbarten Orten zeigt sich kein Unterschied, jedoch nur bei der Halbjahrszusammenfassung, denn die kürzeren vier Jahreszeiten weisen Unterschiede auf. Bemerkenswerterweise liegen die vorgenannten 8 und 4 Orte meist in trockenen Gegenden.

Geht man auf die vier Jahreszeiten ein, so fällt die größte und kleinste Häufigkeit auf sie in folgender Anzahl:

Häufigkeit	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
größte	22	28	5	13
kleinste	9	9	28	21

Auch hier tritt der Winter dem Sommer entgegengesetzt gegenüber. Aus den Monatswerten der 29 Vollstationen geht in noch enger begrenzender Weise hervor, daß die mittlere Häufigkeit übernasser Monate am größten im Dezember mit 2.6, im März mit 2.9 und im Februar und April mit je 3.0 Fällen je Station in 40 Jahren ist; am kleinsten wird sie im Januar, Juni und August mit je

## Häufigkeit übernasser Monate in Norddeutschland.

Stationen (1851—1890, bei kürzeren Reihen sind die Jahre angegeben)	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	1 Fall in ? Jahren	Winter-Halbjahr	Sommer-
Tilsit . . . . .	8	7	5 <sup>+</sup>	7	27	1.5	17	10
Klaußen . . . . .	7	6	3 <sup>+</sup>	8	24	1.7	15	9
Königsberg i. Pr. . . . .	3 <sup>+</sup>	9	4	5	21	1.9	8	13
Warschau . . . . .	12	9	9	6 <sup>+</sup>	36	1.1	20	16
Bromberg (1861—90) . . . . .	9	8	7 <sup>+</sup>	8	32	1.2	18	14
Konitz (1854—90) . . . . .	5 <sup>+</sup>	9	5 <sup>+</sup>	8	27	1.5	17	10
Köslin . . . . .	5	8	5	2 <sup>+</sup>	20	2.0	9	11
Putbus (1854—90) . . . . .	9	7	4 <sup>+</sup>	5	25	1.6	14	11
Stettin . . . . .	7	7	6	5 <sup>+</sup>	25	1.6	13	12
Frankfurt a. O. . . . .	5 <sup>+</sup>	12	9	11	37	1.1	17	20
Posen . . . . .	6 <sup>+</sup>	7	6 <sup>+</sup>	9	28	1.4	14	14
Krakau . . . . .	6 <sup>+</sup>	8	6 <sup>+</sup>	7	27	1.5	14	13
Ratibor . . . . .	8	4 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	8	24	1.7	13	11
Breslau . . . . .	6	3 <sup>+</sup>	5	7	21	1.9	11	10
Eichberg (1859—90) . . . . .	7	2 <sup>+</sup>	4	6	19	2.1	12	7
Wang (1863—90) . . . . .	4 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	5	7	20	2.0	9	11
Görlitz . . . . .	8	5 <sup>+</sup>	5 <sup>+</sup>	10	28	1.4	17	11
Dresden . . . . .	8 <sup>+</sup>	10	9	10	37	1.1	17	20
Bodenbach . . . . .	11	8	6 <sup>+</sup>	12	37	1.1	22	15
Reitzenhain (1862—90) . . . . .	12	8	6 <sup>+</sup>	8	34	1.2	23	11
Oberwiesenthal (1864—90) . . . . .	7	6	4	3 <sup>+</sup>	20	2.0	11	10
Chemnitz (1864—90) . . . . .	8	8	6 <sup>+</sup>	8	30	1.3	17	13
Bad Elster (1864—90) . . . . .	7	7	5 <sup>+</sup>	8	28	1.4	15	13
Großbreitenbach (1866—90) . . . . .	5 <sup>+</sup>	8	5 <sup>+</sup>	8	26	1.5	15	11
Erfurt . . . . .	8	7	6 <sup>+</sup>	7	28	1.4	12	16
Halle a. S. . . . .	9	8 <sup>+</sup>	11	8 <sup>+</sup>	36	1.1	18	18
Torgau . . . . .	7 <sup>+</sup>	9	7 <sup>+</sup>	9	32	1.2	16	16
Berlin . . . . .	7	6 <sup>+</sup>	9	7	29	1.4	16	13
Marnitz (1865—90) . . . . .	7	6 <sup>+</sup>	7	6 <sup>+</sup>	26	1.5	17	9
Lübeck . . . . .	12	6	3 <sup>+</sup>	10	31	1.3	21	10
Eutin (1857—90) . . . . .	9	5	6	4 <sup>+</sup>	24	1.7	14	10
Flensburg (1866—90) . . . . .	6	9	6	1 <sup>+</sup>	22	1.8	11	11
Husum (1866—90) . . . . .	9	9	8	— <sup>+</sup>	26	1.5	14	12
Helgoland (1874—90) . . . . .	9	10	6	4 <sup>+</sup>	29	1.4	20	9
Emden . . . . .	6	9	3 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	21	1.9	12	9
Lingen (1855—90) . . . . .	8	8	2 <sup>+</sup>	9	27	1.5	17	10
Bremen . . . . .	8	10	6	4 <sup>+</sup>	28	1.4	15	13
Otterndorf (1855—90) . . . . .	10	8	1 <sup>+</sup>	7	26	1.5	19	7
Lüneburg (1855—90) . . . . .	10	10	3 <sup>+</sup>	4	27	1.5	16	11
Gardelegen (1871—90) . . . . .	10	11	8 <sup>+</sup>	8 <sup>+</sup>	37	1.1	21	16
Hannover (1855—90) . . . . .	12	10	4	3 <sup>+</sup>	29	1.4	17	12
Klausthal (1855—90) . . . . .	10	10	8	6 <sup>+</sup>	34	1.2	19	15
Heiligenstadt . . . . .	9	9	5 <sup>+</sup>	6	29	1.4	18	11
Gütersloh . . . . .	4	9	7	3 <sup>+</sup>	23	1.7	10	13
Arnsberg (1866—90) . . . . .	6	6	5	2 <sup>+</sup>	19	2.1	9	10
Grevel (1865—90) . . . . .	7	8	3	2 <sup>+</sup>	20	2.0	11	9
Kleve . . . . .	8	11	5	4 <sup>+</sup>	28	1.4	15	13
Köln . . . . .	10	6 <sup>+</sup>	11	8	35	1.1	20	15
Aachen (1861—90) . . . . .	9	10	8 <sup>+</sup>	9	36	1.1	20	16
Trier . . . . .	9	12	5 <sup>+</sup>	9	35	1.1	20	15
Birkenfeld (1862—90) . . . . .	8	12	5 <sup>+</sup>	8	33	1.2	20	13
Boppard . . . . .	10	5	4 <sup>+</sup>	6	25	1.6	17	8
Gießen . . . . .	5	9	4 <sup>+</sup>	8	26	1.5	14	12
Fulda (1867—90) . . . . .	9	10	7	6 <sup>+</sup>	32	1.2	17	15
Frankfurt a. M. . . . .	6	8	8	4 <sup>+</sup>	26	1.5	14	12

1.9, im September mit 2.0 und im Juli mit 2.1 Fällen. Dementsprechend zusammengefaßt erhält man im Mittel für

	Januar bis April	Mai bis August	September bis Dezember
je Monat	3.7	1.9	2.3

Auffällig ist, daß der Januar mit seinem niedrigen Wert von den Nachbarmonaten so ganz absticht. Vermutlich hängt das mit dem im Januar gegenüber dem Vor- und Nachmonat geringeren Dampfdruck und der größeren Zahl der heiteren Tage zusammen. Zu beachten ist dabei, daß der Januar in der Höhe der Wolkenschichten etwas wärmer ist, als der Dezember und Februar, wie ich bereits 1901 (das Wetter 1901, S. 96) und eingehender 1906 in dem Aufsatz »Normale Monatsmittel der Temperatur und des Niederschlages für den Brocken« (Meteorologische Zeitschrift 1906, S. 300—306) nachwies. Auch A. Wagner gibt in seiner bekannten Arbeit »Die Temperaturverhältnisse in der freien Atmosphäre« (Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre« Bd. 3, 1910, S. 64) Monatsmittel, die bis zu 7 km Höhe im Januar höher als im Dezember und Februar sind. Wie der ursächliche Zusammenhang aller dieser auffallenden Erscheinungen zu deuten ist — wohl durch häufige Kältevorstöße im Januar aus Nordosten, die die wärmere südliche Luft empordrängen — bedarf weiterer Untersuchung.

Dieser Gegensatz des Januars zum Vor- und Nachmonat zeigt sich im östlichen Norddeutschland, das mehr binnenländisch liegt und den erwähnten Kältevorstößen mehr ausgesetzt ist, stärker als im westlichen, meerbeeinflussten Teile; dort geht die Häufigkeit bis auf 1.7 herab, wogegen sie hier, im Westen, 2.1 beträgt.

Als Grenze zwischen dem östlichen und westlichen Norddeutschland gilt hierbei und im folgenden ungefähr der Meridian von Magdeburg ( $11\frac{1}{2}^{\circ}$  E v. Greenwich).

Oben wurde bereits mitgeteilt, wie oft übernasse Monate auf die einzelnen Jahreszeiten fallen; trennt man diese Häufigkeitszahlen nach der genannten Grenzlinie in E und W, und rechnet man die neuen Werte — um sie vergleichen zu können, da in E und W nicht genau gleich viel Stationen vorhanden sind — in Prozente der Anzahl der Stationen in E (26) und W (29) um, so erhält man:

	Vierteljahre				Halbjahre	
	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Oktober bis März	April bis September
E	42	31	12	42	19	73
W	38	69	7	7	10	83

Auch hier folgt, daß die übernassen Monate in der kälteren Jahreszeit im E und in der wärmeren im W überwiegen.

Da nach dieser kleinen Tabelle die Werte der einzelnen Stationen für Frühling und Herbst die größten Gegensätze zeigen, so habe ich sie in Karten eingetragen und gefunden, daß die größten Häufigkeiten nur in der Lausitz und ihrer weiteren Umgebung in beiden Jahreszeiten auf dieselbe Gegend fallen, wogegen im Westen zwar noch ein zweites Gebiet vorhanden ist, das im Frühling hauptsächlich im Wesergebiet und Schleswig-Holstein, sowie getrennt durch das Rheintal ein Stück davon westlich des Rheines liegt, im Herbst aber

nur westlich des Rheines. Die geringste Häufigkeit findet man im Frühjahr in Ober und Mittelschlesien und im Herbst in einem breiten Streifen vom Niederrhein nordwärts bis an die Nordsee und westliche Ostsee.

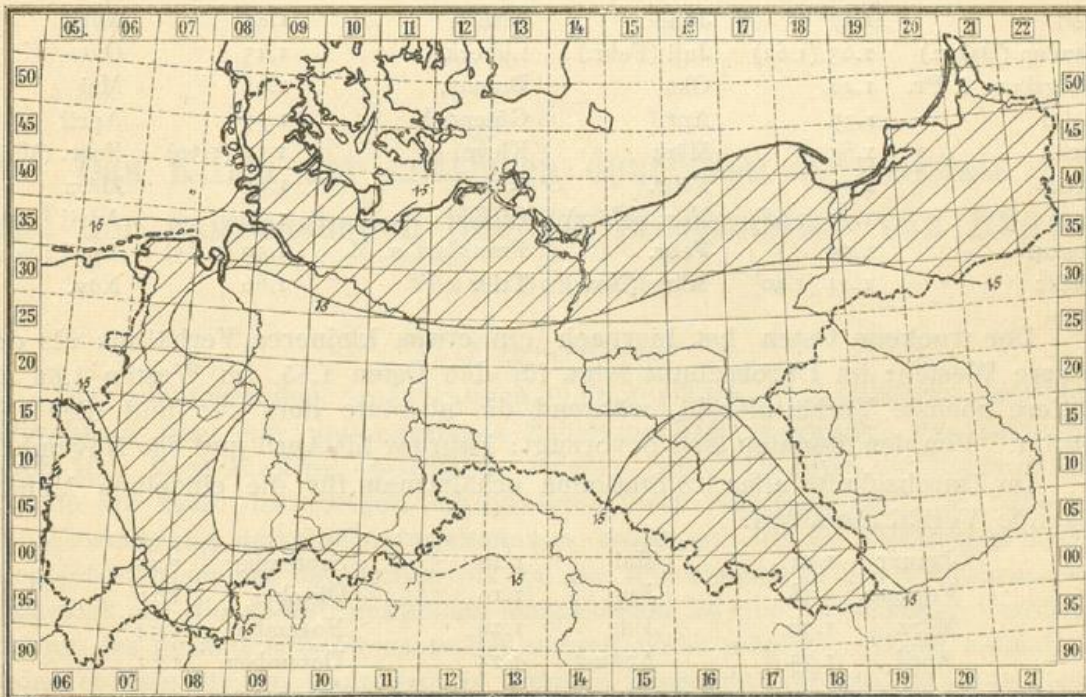
Die eigentümliche Verteilung der größten und kleinsten Häufigkeiten im Osten gaben Anlaß nachzusehen, wie sich die Vb-Depressionen dazu jahreszeitlich verhalten. Schon 1903 (Annalen der Hydrographie 1903, S. 103) ermittelte ich deren prozentische Häufigkeit zu

Winter	Frühling	Sommer	Herbst
13	33	29	25 vH.

Da nun die größte Häufigkeit der nassen Monate nicht auf den Frühling fällt und auch die andern Jahreszeiten gegensätzliches Verhalten zeigen, so muß man schließen, daß einzelne große Regenfälle meist noch keinen übernassen Monat hervorrufen. Offenbar sind die gewöhnlichen zyklonalen Niederschläge ergiebiger.

In der Tabelle wird ferner in der 6. Zahlenspalte angegeben, in wieviel Jahren durchschnittlich ein übernasser Monat zu erwarten ist. Bemerkenswerter Weise bewegt sich dieser Zeitraum in ganz Norddeutschland nur zwischen 1 und 2 Jahren, denn die zwei höheren Werte (2.1) von Arnberg und Eichberg sind reduziert und daher nicht ganz sicher. Es wird also recht häufig das Doppelte der normalen Regenmenge überschritten.

Die örtliche Verteilung dieser Werte zeigt die beifolgende Karte. Sondert man, wie hier geschehen, die Gebiete mit  $1\frac{1}{2}$ –2 Jahren aus, so erhält man für sie erstens einen 100–150 km breiten, zusammenhängenden Streifen längs



der Ost- und Nordsee, der an der Westgrenze nach Süden umbiegt, dann östlich vom Rhein bis zum Mittelrhein verläuft und hier mainaufwärts nach Osten umbiegt. Am Erzgebirge scheint er zu enden; doch ist es nicht ganz aus-

geschlossen, daß er, wenn auch nur auf den Gebirgskämmen des Lausitzer- und Isergebirges, mit dem zweiten Gebiet, daß den größten Teil Schlesiens umfaßt, in Verbindung steht.

In diesen genannten Gebieten sind also über-nasse Monate nicht so häufig als im Rest, d. h. im größten Teil des Binnenlandes. Da es sich nicht um einzelne, zerstreut liegende Orte, sondern um große, zusammenhängende Bezirke handelt, ist ein Zufall ausgeschlossen. Wie ein Vergleich mit dem Klimaatlas von Deutschland lehrt, decken sich die Gebiete der größeren Häufigkeit über-nasser Monate mit den Gebieten geringeren Dampfdruckes, geringerer Bewölkung und geringeren Niederschlages im großen Ganzen, wenn auch nicht in allen Einzelheiten. Wie nun der ursächliche Zusammenhang dieser auffallenden Erscheinung ist, vermag erst eine Untersuchung der über-nassen Monate aufzudecken, besonders nach der Richtung wie sich ihre Tagesmengen nach der Häufigkeit der Niederschlagsstufen erhalten. K. Fischer wies auch darauf hin, daß in an sich trockneren Gegenden durch ergiebige Landregen leichter ein großer Überschuß erzeugt werde, als durch die gleiche Menge in nasseren Gebieten.

Im Anschluß hieran habe ich noch bei 18 vollständigen, gut verteilten Reihen das Verhältnis des absolut nassesten Monats zu dem Doppelten des vieljährigen Monatsmittels berechnet. Dieses Verhältnis ergibt sich im Gesamtdurchschnitt zu 1.3, d. h. also, daß die Monatsmenge das Doppelte der Normalmenge gelegentlich um ein Drittel übersteigen kann. Doch kommen auch noch weit höhere Werte vor; die höchsten sind:

Ort	Betrag	Monat	Ort	Betrag	Monat
Tilsit	1.47	Juni	Erfurt	1.81	April
Klaußen (Ostpr.)	1.63 (1.62)	Juli (Febr.)	Lübeck	1.45	Okt.
Königsberg i. Pr.	1.44	Okt.	Bremen	1.68	Mai
Köslin	1.37	April	Gütersloh	1.77	April
Stettin	1.65	März	Kleve	1.32 (1.30)	Febr. (Mai)
Berlin	1.70	Febr.	Köln	1.83	März
Posen	1.75 (1.68)	Nov. (März)	Gießen	1.83	April
Breslau	1.55	Febr.	Frankfurt a. M.	1.59 (1.55)	April (Nov.)
Görlitz	1.42 (1.40)	März (Nov.)	Trier	1.66	Nov.

Der trockene Osten hat hiernach ein etwas kleineres Verhältnis als der nassere Westen; im Durchschnitt folgt für den Osten 1.55, im Westen 1.66 als mittlere höchste Verhältniszahl, während die absolute dort 1.75 und hier 1.83 beträgt. Von den Monaten sind bevorzugt: Februar bis April und der November.

Im Durchschnitt aller 18 Stationen erhält man für die einzelnen Monate folgende Verhältniszahlen:

Januar	1.11	Mai	1.20	September	1.18
Februar	1.38	Juni	1.19	Oktober	1.27
März	1.36	Juli	1.24	November	1.34
April	1.35	August	1.25	Dezember	1.22

Auch hier fällt der Januar gegen den Dezember und Februar ganz ab. An 4 von den 18 Stationen bleibt im Januar, an 3 im September das Verhältnis unter 1.00 (0.94—0.99), so daß an ihnen nicht einmal die doppelte Normalmenge erreicht wurde. Unter 1.00 sinkt das Verhältnis in Tilsit in 4, in Köslin

und Lübeck in je 3, in Gütersloh in 2 Monaten und in Klaußen, Stettin, Breslau, Görlitz, Bremen, Kleve, Köln und Frankfurt a. M. in je 1 Monat. Die drei erstgenannten Orte liegen der Küste nahe. Die höchsten Verhältniszahlen fallen 7mal auf den März und je 5mal auf Februar und April; dann kommt erst der November mit 3mal, wogegen Juni und Oktober keinmal in Betracht kommen. Also auch hier treten, wie bereits bei der Häufigkeit, die Monate der kalten Jahreszeit hervor; besonders zeigt sich der Gegensatz, wenn man wie folgt die Monatswerte der obigen kleinen Tabelle zusammenfaßt:

November bis April	Mai bis Oktober
1.29	1.22

Damit wären wir zum Wasserbaujahr, das bekanntlich mit November beginnt, gekommen; dessen Jahreszeiten von je 3 Monaten ergeben noch augenfälliger den Einfluß der ersten Monate des Jahres:

	November bis Januar	Februar bis April	Mai bis Juli	August bis Oktober
Mittel	1.22	1.36	1.21	1.23
Ost	1.19	1.31	1.19	1.25
West	1.25	1.41	1.25	1.21
Ost	1.25		1.22	
West	1.33		1.23	

Abgesehen vom Herbst treten die größten Verhältniszahlen im Westen auf, was mit der oben angeführten Meinung von K. Fischer nicht ganz stimmt. Die hier angeschnittenen Fragen bedürfen offenbar noch weiterer Klärung.

## Das Klima der mittleren deutschen Ostseeküste und der angrenzenden Gebiete, insbesondere von Rügen.

Von G. Schwalbe.

### 1. Allgemeines.

Den nachfolgenden Ausführungen über das Klima der mittleren deutschen Ostseeküste liegt ein umfangreiches Zahlenmaterial zugrunde, das seinerzeit durch Hrn. Prof. Kaßner bearbeitet worden war. Da aber die Kaßnersche Periode mit Ende des vorigen Jahrhunderts ihren Abschluß fand, so habe ich eine Erweiterung derselben vorgenommen, indem ich für die wichtigsten meteorologischen Elemente die Reihen bis auf die neueste Zeit (1920) fortführte. Mit Rücksicht auf die außerordentlichen Druckkosten ist eine ausführliche Veröffentlichung des gesamten Zahlenmaterials zurzeit nicht möglich. Nicht einmal die Endergebnisse für das ganze Gebiet konnten mitgeteilt werden. Es sei in dieser Beziehung auf die im Text erwähnten Zahlen hingewiesen. Außerdem ist noch eine Zusammenstellung der Ergebnisse für Putbus hinzugefügt worden. Der nachfolgenden Darstellung liegen Beobachtungen aus folgendem Gebiete zugrunde: Rügen (Station höherer Ordnung Putbus, sowie eine große Anzahl von

Regenstationen), Vorpommern, Hinterpommern, das westlichste Westpreußen, Brandenburg (Umgebung von Berlin), Mecklenburg, Ostholstein, Hamburg, sowie die dänischen Inseln und das südlichste Schweden.

Allgemein läßt sich folgendes sagen: Das Klima der mittleren deutschen Ostseeküste, insbesondere von Rügen, ist ein Übergangsklima von dem ozeanischen Nordseeklima mit hohem Feuchtigkeitsgehalt während des ganzen Jahres, milden, schneearmen Wintern und sehr kühlen Sommern zu dem extremen Klima der östlichen Ostseeküste (Ostpreußen) mit langen, kalten und schnee-reichen Wintern bei kurzen, aber verhältnismäßig warmen Sommern. Bezeichnend für das Klima (von Rügen wie der gesamten deutschen Küste) ist ferner die gleichmäßig starke Luftbewegung während des ganzen Jahres, sowie die unverhältnismäßig niedrige Temperatur der Frühlingsmonate, die eine starke Verzögerung des Pflanzenwuchses gegenüber dem angrenzenden Binnenlande bedingt. Dagegen ist der Herbst im allgemeinen recht milde und frostarm, wengleich nicht in dem Maße, wie auf den Nordseeinseln. Putbus hat im Herbst und Winter entsprechend dem nord-südlichen Verlauf der Isothermen annähernd (im Oktober und Januar genau) die gleiche Temperatur wie Berlin (Umgebung), das fast zwei Breitengrade südlicher liegt, ist aber bereits im März um mehr als 1°, im April und Mai um über 2° kälter, als die Reichshauptstadt. Erst im Sommer, besonders im Spätsommer, wird der Unterschied wieder kleiner, beträgt aber im Juli und August noch immer 1°. Den meisten Regen bringt der August, stellenweise auch der Juli, doch ist sodann die Abnahme der Niederschlagsmenge vom Juli zum August nur gering (im Gegensatze zum Binnenlande). Von August bis Oktober fällt bei weitem mehr, von Februar bis Juli weniger Niederschlag, als im Binnenlande in gleicher östlicher Länge. Die Jahressummen des Niederschlages stimmen annähernd überein.

## 2. Temperaturverhältnisse.

Über 8° mittlere Jahrestemperatur findet sich nur im Süden (Neustrelitz, Berlin) und Westen (Schwerin, Hamburg) des Gebietes, unter 7° nur in Westpreußen (Konitz). Sonst liegen die mittleren Jahrestemperaturen zwischen 7° und 8° (Putbus 7.°5).

Im Winter verlaufen die Isothermen von Norden nach Süden, d. h. die Temperatur nimmt von Westen nach Osten hin ab. Unverhältnismäßig warm sind infolge des unmittelbaren Einflusses des Wassers die dänischen Inseln und das südlichste Schweden, wo aber überall der Februar, nicht, wie im übrigen Gebiete der Januar der kälteste Monat ist. In diesem Gebiete ist die Mitteltemperatur des meteorologischen Winters (mit Ausnahme von Schweden) über 0°. Auf Bornholm hat sogar überhaupt kein Monat im Mittel unter 0°. Hier herrscht ausgesprochenstes Seeklima. Milder, aber verspäteter und daher im Februar verhältnismäßig kalter Winter, sehr kalter Frühling und Sommer (von April bis Juli herrschen die niedrigsten Temperaturen des ganzen Gebietes), sehr milder Herbst (Oktober bis Dezember haben die höchsten Temperaturen des Gebietes). Abgesehen von diesen winterwarmen Gegenden finden sich die höchsten Wintertemperaturen im Westen (Hamburg), die niedrigsten im Osten (Westpreußen). Der Frühling ist an der Ostsee überall sehr kalt: im März ist es zwar noch im Osten am kältesten und im Westen am wärmsten, doch macht

sich die langsamere Erwärmung an der Küste schon deutlich bemerkbar. Im April und Mai aber ist der abkühlende Einfluß des Wassers sehr ausgeprägt. Selbst Konitz ist zu dieser Jahreszeit merklich wärmer, als Rügen. Im Sommer ist die größere Kühle an den der See unmittelbar benachbarten Orten auffallend. Allerdings ist hier auch die Temperaturabnahme vom Juli zum August am geringsten. Im September ist die Mitteltemperatur über dem ganzen Gebiet sehr gleichmäßig verteilt, während von Oktober bis Dezember es wiederum auf der freien Ostsee und im Westen am wärmsten ist, im Osten dagegen am kältesten. Wenn man die besonderen Verhältnisse von Rügen (Putbus) betrachtet, so zeigt sich, daß das mittlere tägliche Maximum in allen Monaten über  $0^{\circ}$  liegt, von April bis November über  $5^{\circ}$ , von Mai bis Oktober über  $10^{\circ}$  (von Mai bis September sogar über  $15^{\circ}$ ), im Juli und August über  $20^{\circ}$ . Das mittlere Minimum ist von Dezember bis März unter  $0^{\circ}$ , von November bis April unter  $5^{\circ}$ , von September bis Mai unter  $10^{\circ}$ , in den drei Sommermonaten über  $10^{\circ}$ , aber unter  $15^{\circ}$ . Die Zahl der Frosttage, an denen der Tiefstwert der Temperatur unter den Gefrierpunkt sinkt, beträgt im Jahr 89. Im September ist seit 1860 noch kein Frost vorgekommen, im Mai ist er selten. Der Januar dagegen zählt über 20 Frosttage. Die Monate Dezember bis März waren noch niemals gänzlich frostfrei und haben in einzelnen Jahren schon an allen Tagen Frost gehabt. Der erste Frost tritt durchschnittlich erst am 6. November, der letzte am 17. April ein. Die äußersten Grenzen für den ersten Frost seit 1854 waren der 13. Oktober 1860 und der 12. Dezember 1872, für den letzten Frost der 11. März 1890 und der 25. Mai 1867. Der Winter 1880/81 hatte 128, der Winter 1913/14 nur 42 Frosttage. Die Zahl der Eistage, an denen der Höchstwert der Temperatur unter  $0^{\circ}$  liegt, beträgt 29, also der Dauer eines Monats entsprechend. Sie verteilen sich auf die Monate Oktober bis April, sind aber im April und besonders im Oktober sehr selten. Der Januar hat aber mehr als  $\frac{1}{3}$  aller Eistage. Der Winter 1874/75 hatte 59, der Winter 1897/98 nur 2. Dieser Winter muß als besonders milde gelten, aber auch sonst ist es in allen Monaten, selbst im Januar, vorgekommen, daß die Eistage gänzlich fehlten. Die Zahl der Sommertage (Höchstwert der Temperatur  $25.0^{\circ}\text{C}$  oder mehr) beträgt im Jahre durchschnittlich nur 10. Zwanzig oder mehr Grad werden an etwa 66 Tagen erreicht, während 30 oder mehr Grad in 10 Jahren nur an 6 Tagen vorkommen. Die äußersten Grenzen, innerhalb deren sich die Temperatur im Mittel (1881—1910) bewegt hat, sind sehr gemäßigte ( $29.1$  und  $-12.7^{\circ}\text{C}$ ). Die absoluten Extreme (seit 1854) waren  $34.7^{\circ}\text{C}$  am 16. Juli 1904 und  $-23.6^{\circ}\text{C}$  am 19. Januar 1893. Entsprechend den geringen Schwankungen sind auch die vorkommenden Temperatursprünge im Tagesmittel gering. In den Jahren 1851—1899 kamen nur 93 positive und 134 negative Sprünge, also nur 1.9 bzw. 2.7 jährlich, im Betrage von  $5-6^{\circ}$  vor. Temperatursprünge von über  $10^{\circ}$  sind äußerst selten, mehr als  $13^{\circ}$  sind in der fast 50jährigen Periode nicht mehr vorgekommen. Die Häufigkeit der Temperatursprünge steht in engster Beziehung zur interdiurnen Veränderlichkeit. Beide Größen sind in Konitz größer als in Berlin und in Berlin größer, als auf Rügen. Im Mittel beträgt die interdiurne Veränderlichkeit an der westlichen Ostsee 1.47, im östlichen Binnenlande 1.89, in Mittelddeutschland 1.77. Wie auch sonst in Deutschland, so treten auch auf Rügen Frost- und Eistage gern in längeren oder kürzeren zusammenhängenden Perioden auf. 1860/61—1889/90 betrug die Zahl der Frosttage in Perioden im Mittel 58.3, die

der Eistage in Perioden 26.5. Man zählt im Jahre 18—19 Frostperioden und 9—10 Eisperioden bei einer mittleren Dauer von 5 bzw. 3.6 Tagen. Berechnet man nach den Abweichungen die Zahl der warmen und kalten Perioden über das ganze Jahr, so ergeben sich durchschnittlich 67 Wärmeperioden und 68 Kälteperioden bei einer mittleren Dauer von 3.7 bzw. 3.3 Tagen. Die mittlere Abweichung beträgt für die Jahresmittel  $\pm 0.65^\circ$  ( $\pm 1.93^\circ$  im Januar und Februar,  $\pm 0.93^\circ$  im September). Im Januar ist schon eine Abweichung von  $-7^\circ.3$ , im Dezember von  $+4^\circ.7$ , im Jahre von  $-1^\circ.9$  bzw.  $+1^\circ.6$  vorgekommen. Von 49 Jahren waren 26 zu warm und 23 zu kalt. Der Juli war 30 mal zu warm, der Januar 27 mal zu kalt. Im jährlichen Gang steigen die Tagesmittel über  $0^\circ$  am 25. Februar und sinken wieder darunter am 18. Dezember (Zwischenzeit 297 Tage, Dauer der Periode mit Tagesmitteln unter dem Gefrierpunkt 68 Tage). Die Periode von über  $5^\circ$  währt vom 6. April bis 4. November (213 Tage), von über  $10^\circ$  vom 12. Mai bis 9. Oktober (151 Tage), von über  $15^\circ$  vom 18. Juni bis 5. September (80 Tage). Die Verspätung gegenüber dem Binnenlande wird daraus ersichtlich, daß in der Umgebung von Berlin die mittlere Temperatur bereits am 29. März (Unterschied gegen Putbus 9 Tage) über  $5^\circ$ , bereits am 3. Mai (Unterschied gegen Putbus ebenfalls 9 Tage) über  $10^\circ$ , und am 27. Mai (Unterschied gegen Putbus 23 Tage) über  $15^\circ$  steigt. Im täglichen Gang fällt die niedrigste Temperatur nur im Januar, Februar, März auf 6—8 Uhr morgens, im April auf 12—1 Uhr nachts, vom Mai bis September auf 1—3 Uhr früh, von Oktober bis Dezember auf 3—4 Uhr. Die höchsten Temperaturen fallen das ganze Jahr hindurch auf 3 Uhr Nachmittags. Im April, Juni und Oktober ist es um 2 Uhr bereits ebenso warm wie um 3 Uhr.

Über die Meerestemperatur liegen Messungen im Gjedser Rev. aus den Jahren 1880—1894 vor und zwar an der Oberfläche (Jahresmittel  $8^\circ.3$ ), in 8 m Tiefe (Jahresmittel  $8^\circ.3$  C) und in 11 m Tiefe (Jahresmittel  $8^\circ.0$  C). Die niedrigste Temperatur mit  $+1\frac{1}{2}^\circ$  in allen Tiefen bis 11 m fällt in den Februar, die höchste in den August (Oberfläche  $16^\circ.3$ , in 8 m Tiefe  $16^\circ.1$ , in 11 m Tiefe  $15^\circ.7$ ). Natürlich ist weiter östlich die Wassertemperatur im Winter und im Jahresmittel niedriger.

### 3. Schneeverhältnisse.

Im engsten Zusammenhange mit den Temperaturverhältnissen des Winters einerseits, den Niederschlagsverhältnissen andererseits steht der Schnee. In der Periode 1891—1910 zählte man in Putbus 34, in Stettin 33 Schneetage, während auf der Hochfläche Hinterpommerns und Pommerellens mehr als 60, in Konitz 53, an der hinterpommerschen Küste 40—55, in Brandenburg und Mecklenburg, ebenso wie in Ostholstein die gleiche Zahl wie im mittleren Pommern (30—35), weiter westlich weniger als 30 gezählt werden. Im mittleren Pommern fällt der erste Schnee durchschnittlich am 14. November, der letzte am 14. April. Im Oktober und Mai sind Schneefälle selten. Zuweilen kann sich allerdings im Oktober (z. B. Ende Oktober 1915) auch eine Schneedecke bilden. In Putbus ist der Boden im Mittel der Winter 1889/90—1899/00 an 46—47 Tagen (ebenso wie in Neustrelitz und in der Umgebung von Berlin), in Stettin an 50—51, in Köslin und Lauenburg in Pommern an 60—63, in Konitz an 85 Tagen mit Schnee bedeckt. Überall hat der Januar an mehr als der Hälfte aller Tage Schneedecke, in Köslin und Konitz sogar an mehr als

20 Tagen. In Putbus beträgt die mittlere Maximalhöhe des Winters 24—25 cm; in extremen Fällen hat der Schnee schon fast  $\frac{1}{2}$  m hoch gelegen. Die erste Schneedecke fällt durchschnittlich auf den 6. Dezember, die letzte auf den 23. März.

#### 4. Niederschläge.

Bereits in der Einleitung wurde auf das verschiedene Verhalten der Niederschläge an der Küste und in dem angrenzenden Binnenlande hingewiesen. Die Betrachtungen gründeten sich auf die 70jährige Periode 1851—1920 von Putbus und Berlin, sowie auf die auf den Zeitraum 1851—1920 reduzierten Mittelwerte der Regenstationen des Gebietes. Im nachfolgenden sollen noch einige weitere Schlußfolgerungen mitgeteilt werden. Es ergibt sich, daß einige Orte (Arkona, Thiessow, Warnemünde, Wittower Posthaus) weniger als 500 mm Jahresniederschlag beobachtet haben. Alle vier Orte sind der Windwirkung in besonderem Maße ausgesetzt. Es darf daher angenommen werden, daß die verzeichneten Niederschlagsmengen zu klein sind und daß bei geschützterer Aufstellung des Regenmessers wesentlich mehr würde gemessen werden. In Hinterpommern steigt die Niederschlagshöhe auf über 600 mm (in Köslin sogar auf 686 mm) an, ebenso wie in Hamburg und Schleswig-Holstein (Neumünster 724 mm). Außerdem finden sich über 600 mm noch im westlichen Mecklenburg und Südschweden. Sonst liegt die jährliche Regenmenge zwischen 500 und 600 mm. Fast überall fällt der meiste Regen im Juli oder August. Letzteres ist besonders auf Rügen und im äußersten Westen des Gebietes (Schleswig-Holstein) der Fall. Am wenigsten Niederschlag fällt im Februar oder im April. Namentlich in den westlicheren Teilen des küstennahen Gebietes ist der April der trockenste Monat. Die regenärmste Jahreszeit ist meist der Winter oder der Frühling (letzteres besonders im Westen), die regenreichste der Sommer. Die Zahl der Tage mit mindestens 0.1 mm Niederschlag beträgt im Jahre in Teilen von Hinterpommern (Lauenburg) 180—190, ebenso im westlichen Mecklenburg, in Kiel und Hamburg sogar über 190. In dem dazwischen liegenden Gebiete beträgt sie 170—180. Nur in Pommern östlich, westlich und südlich von Stettin, in Mecklenburg-Strelitz und im östlichen Brandenburg bis nach Berlin hin werden 160—170 gezählt. Die meisten Niederschlagstage (1881—1910) hat in dem in Frage kommenden Gebiete überall der Dezember, die wenigsten der Juni oder (im Süden) der September.

#### 5. Windverhältnisse.

Die Windverteilung auf die einzelnen Richtungen in Prozenten aller Beobachtungen ist in der folgenden Übersicht für Putbus auf Rügen mitgeteilt worden (Periode 1887—1896). Der häufigste Wind ist hiernach der Südwest (22% aller Beobachtungen), dann folgen der Reihe nach West, Nordwest, Nordost, Ost, Südost, Süd, Nord (nur  $5\frac{1}{2}\%$ ). Windstillen sind sehr selten; sie machen nur 1.2% der Beobachtungen aus. Was die einzelnen Monate anbelangt, so ist im Januar, März, September, Oktober, November und Dezember der Südwestwind der vorherrschende Wind. Im Oktober macht er sogar 34%, im Dezember 33% der Beobachtungen aus. Im Februar, sowie in den drei Sommermonaten ist der Westwind (im August 29% der Beobachtungen), im April und Mai der Nordostwind (19—20%) der häufigste Wind. Der April zeichnet sich

ferner dadurch aus, daß in der ganzen 10jährigen Periode in ihm keine Windstillen vorgekommen sind.

Aus Berechnungen der Monats- und Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Metern in der Sekunde für einige Stationen des in Frage kommenden Gebietes geht die Abnahme der Windgeschwindigkeit von Westen nach Osten, sowie von der Küste nach dem Binnenlande deutlich hervor, trotzdem daß eine strenge Vergleichbarkeit der Zahlen bei der ungleichmäßigen Aufstellung der Anemometer nicht besteht.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Still
Januar . . . . .	6	6	7	13	15	<b>25</b>	16	11	1
Februar . . . . .	10	12	11	9	6	18	<b>22</b>	11	1
März . . . . .	6	12	8	12	5	<b>23</b>	20	13	1
April . . . . .	6	<b>19</b>	15	12	5	12	18	13	—
Mai . . . . .	4	<b>20</b>	19	11	3	10	15	17	1
Juni . . . . .	5	17	12	9	4	10	<b>21</b>	<b>21</b>	1
Juli . . . . .	5	7	9	6	5	23	<b>25</b>	19	1
August . . . . .	2	7	5	6	5	28	<b>29</b>	17	1
September . . . . .	5	4	10	6	6	<b>27</b>	22	18	2
Oktober . . . . .	4	8	9	6	11	<b>34</b>	16	11	1
November . . . . .	6	6	10	12	16	<b>24</b>	19	6	1
Dezember . . . . .	7	7	9	9	13	<b>33</b>	16	5	1
Jahr . . . . .	5.5	10.2	10.1	9.2	8.0	<b>22.0</b>	19.8	14.0	1.2

#### 6. Bewölkung.

Die mittlere Bewölkung im Jahre beträgt in Putbus 6.3 (Dezember 7.8, Mai 5.0). Sie ist morgens am größten, abends am kleinsten. Heitere Tage (unter 2.0 der zehnteiligen Skala im Mittel) werden 48—49 gezählt (7.8 im Mai, 2.0 im Oktober), trübe Tage (über 8.0 der zehnteiligen Skala) 139 (18.9 im Dezember, 6.3 im Juni). Das Verhältnis der heiteren zu den trüben Tagen beträgt nur im Mai unter 1. Dieser Monat ist also der einzige, der mehr heitere als trübe Tage zählt, während im Dezember neunmal mehr trübe als heitere auftreten.

#### Mittlere tägliche Sonnenscheindauer.

Monat	Kolbergermünde		Neubrandenburg		Rostock	
	in Stunden	in Pro- zenten der möglichen Dauer	in Stunden	in Pro- zenten der möglichen Dauer	in Stunden	in Pro- zenten der möglichen Dauer
Januar . . . . .	1.5	19	1.4	17	<b>1.2</b>	15
Februar . . . . .	2.4	24	2.3	23	2.1	21
März . . . . .	3.4	28	3.2	27	3.3	28
April . . . . .	5.7	41	5.1	37	5.7	40
Mai . . . . .	8.0	50	7.6	48	7.2	<b>45</b>
Juni . . . . .	<b>8.9</b>	<b>52</b>	<b>8.3</b>	<b>49</b>	<b>7.7</b>	<b>45</b>
Juli . . . . .	8.3	50	7.2	44	7.0	42
August . . . . .	6.9	47	6.4	43	5.9	40
September . . . . .	5.3	42	4.8	38	5.3	42
Oktober . . . . .	3.2	31	2.8	27	2.8	27
November . . . . .	1.7	20	1.7	19	1.5	18
Dezember . . . . .	<b>1.0</b>	<b>14</b>	<b>1.0</b>	<b>13</b>	<b>0.7</b>	<b>10</b>
Jahr . . . . .	4.7	38	4.3	35	4.2	34

## 7. Sonnenscheindauer.

In der vorstehenden Tabelle ist die mittlere tägliche Dauer des Sonnenscheins in Stunden und in Prozenten der möglichen Dauer für drei im weiteren Umkreise Rügens gelegene Stationen mitgeteilt worden.

Hiernach beträgt das Jahresmittel in Hinterpommern 4.7 (38 %), in Mecklenburg 4.2 (34 %), nimmt also von Ost nach West ab. Auf Grund dieses, sowie des nicht veröffentlichten Materials lassen sich noch folgende Schlußfolgerungen ziehen: Die Dauer des Sonnenscheins ist im Dezember am kleinsten. Sie beträgt in diesem Monat in Hamburg nur 0.6, an der westlichen Ostsee 0.7, an der hinterpommerschen Küste 0.8, im Binnenlande 1.0—1.5 (entsprechend 8—19 % der möglichen Dauer). Den meisten Sonnenschein hat dem absoluten Betrage nach der Juni (nur der Hamburg der Mai). In diesem Monat werden an der westlichen Ostsee 7.7—7.9, in Hinterpommern bis 8.9 Stunden täglichen

## Zusammenstellung der Ergebnisse für Putbus auf Rügen.

$\varphi = 54^{\circ} 21' \text{ N. Br.}, \lambda = 13^{\circ} 28' \text{ E. v. Gr. H} = 60 \text{ m.}$

Monat	Luftdruck in 60 m Höhe 700mm +	Temperatur 1851—1920		Temperatur 1881—1910				Äußerste Grenzen		Abweichung der Monatsmittel der Temperatur vom Mittel 1851—1899		
		in 60 m Höhe	im Meeres- spiegel	Mitt- leres Max.	Mitt- leres Min.	Abso- lutes Max. Mittel	Abso- lutes Min. Mittel	Abso- lutes Max.	Abso- lutes Min.	Mittl.	Max.	Min.
Januar .	56.3	-0.7	-0.5	1.1	-3.2	6.3	-10.8	10.2	-23.6	1.93	+4.3	-7.3
Februar.	56.9	-0.3	0.0	2.0	-2.5	7.3	-8.4	13.4	-20.0	1.93	+4.5	-6.8
März. .	52.3	1.7	2.1	4.8	-0.9	12.7	-6.3	20.4	-14.2	1.60	+3.9	-4.5
April .	54.9	5.7	6.1	9.4	2.3	17.5	-1.7	25.5	-6.5	1.20	+3.1	-2.5
Mai . .	55.4	10.6	11.0	15.1	6.7	24.5	1.9	32.4	-3.1	1.28	+4.5	-2.5
Juni . .	55.4	14.8	15.2	19.4	10.6	26.5	6.2	30.5	3.6	1.09	+3.4	-2.3
Juli . .	53.5	16.8	17.2	21.1	12.9	27.3	9.0	34.7	5.0	1.09	+2.4	-3.1
August .	53.8	16.0	16.4	20.1	12.2	26.7	8.4	32.1	5.6	1.01	+3.5	-3.2
Sept. .	56.1	13.1	13.4	17.1	9.9	23.5	5.4	30.4	0.2	0.93	+2.5	-3.3
Okt. . .	52.9	8.5	8.8	11.4	5.9	18.1	0.5	21.2	-3.1	1.14	+2.8	-2.4
Nov. . .	56.4	3.4	3.7	6.0	1.6	11.0	-4.0	13.8	-11.0	1.14	+3.8	-3.2
Dez. . .	55.6	0.6	0.9	2.5	-1.2	7.9	-7.5	12.4	-15.0	1.67	+4.7	-4.1
Jahr . .	754.9	7.5	7.8	10.8	4.5	29.1	-12.7	34.7	-23.6	0.65	+1.6	-1.9
								16.7.04	19.1.93			

Monat	Zahl der			Nieder- schläge mm 1851 bis 1920	Zahl der Tage mit Schnee- decke 1889/90 bis 99/00	Bewöl- kung 1887 bis 1896	1887—1896			
	Frost- tage 1860/61—1919/20	Eistage	Sommer- tage 1881 bis 1910				Heitere Tage	Trübe Tage	Ab- solute Feuchtigkeit	Rela- tive Feuchtigkeit
Januar .	21.4	10.5	—	42	17.1	7.2	3.8	16.3	3.6	93
Februar.	19.3	7.4	—	31	12.1	7.2	2.7	14.7	4.0	91
März. .	16.4	3.1	—	39	7.1	6.7	4.1	13.9	4.7	89
April .	4.4	0.05	—	33	0.4	5.9	5.3	9.9	5.7	82
Mai . .	0.4	—	1.2	40	—	5.0	7.8	6.9	7.8	78
Juni . .	—	—	2.2	52	—	5.2	5.1	6.3	9.8	78
Juli . .	—	—	3.9	69	—	6.1	3.6	9.1	11.4	80
August .	—	—	2.3	73	—	5.8	3.5	6.9	11.1	82
Sept. . .	—	—	0.6	54	—	5.3	6.0	7.4	9.6	85
Okt. . .	0.8	0.02	—	54	—	6.8	2.0	11.9	7.4	89
Nov. . .	8.7	1.4	—	44	1.0	7.5	2.5	16.8	5.5	91
Dez. . .	17.5	6.7	—	50	9.0	7.8	2.1	18.9	4.4	94
Jahr . .	88.9	29.1	10.2	581	46.7	6.3	48.5	139.0	7.1	86

Sonnenscheines gemessen. Ausgedrückt in Prozenten hat der Osten des Gebietes (Pommern, Mecklenburg-Strelitz, Brandenburg) den meisten Sonnenschein (52—47 %) im Juni, der Westen (46—41 %) im Mai und Juni.

#### 8. Absolute und relative Feuchtigkeit.

In Putbus beträgt der Dampfdruck im Mittel 7.1 (Juli 11.4, Januar 3.6) mm. Er ist im Jahresmittel morgens und abends am niedrigsten, mittags am höchsten und zwar von September bis März morgens niedriger als abends, während die Monate April bis August das umgekehrte Verhalten zeigen. Die relative Feuchtigkeit beträgt im Mittel 86 % (Dezember 94 %, Mai und Juni 78 %). Sie ist morgens am größten, mittags am geringsten. Im Dezember ist die tägliche Periode gänzlich verschwunden. Im Mai, Juni und Juli ist die relative Feuchtigkeit abends größer als morgens, im August ist sie morgens und abends gleich groß.

#### 9. Luftdruck.

Der mittlere Luftdruck von Putbus ist für die Seehöhe von 60 m berechnet worden. Er ist am höchsten im Februar (756.9 mm), am tiefsten im März (752.3 mm), während das Jahresmittel 754.9 mm beträgt. Sowohl die höchsten, als auch die tiefsten Barometerstände werden im Winter beobachtet. In Putbus sind schon 779.4 mm und 720.5 mm vorgekommen.

#### 10 Literatur.

- V. Kremser: Klimatische Verhältnisse des Oderstromgebietes (Elbstromgebietes, Memel-, Pregel- und Weichselstromgebietes). Enthalten in: Der Oderstrom (bezw. Elbstrom usw.), sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse. Herausgegeben vom Bureau des Ausschusses zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Überschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flußgebieten. Berlin 1896, 1898, 1899. Dietrich Reimer.
- W. Jantzen: Met. Observationer i Kjobenhavn. Met. et résumé des observations météorologiques de Copenhague. Udgivet af det Danske meteorologiske Institut. Kjobenhavn, 1896. 68 pag., XLVII, 4<sup>o</sup>.
- Segelhandbuch für die Ostsee, herausgegeben von dem Hydrographischen Amte der Kaiserlichen Marine. I. Teil, 1. Heft. Meteorologische Verhältnisse, magnetische Elemente, physikalische und Strömungsverhältnisse des Ostseegebietes. Berlin 1878, 61 pag., 16 Taf., 8<sup>o</sup>.
- Gröhn: Temperaturverhältnisse Schleswig-Holsteins und Dänemarks. Programmabhandlung des Gymnasiums zu Meldorf 1895/96. Meldorf 1896, 30 pag., 4<sup>o</sup>. Zweiter Teil: Schluß 1897, 24 pag., 4<sup>o</sup>.
- G. Hellmann, G. v. Elsner, H. Henze und K. Knoch: Klima-Atlas von Deutschland, Berlin 1921. Dietrich Reimer (Ernst Vohsen) A.-G.
- V. Kremser: Die Veränderlichkeit der Lufttemperatur in Norddeutschland. Abhandlungen des Königlich Preußischen Meteorologischen Institutes, Bd. 1, Nr. 1, Berlin 1888. A. Ascher & Co.
- A. v. Etzel: Die Ostsee und ihre Küstenländer, geographisch, naturwissenschaftlich und historisch. Leipzig 1859.
- G. Hellmann: Die Niederschläge in den norddeutschen Stromgebieten in drei Bänden. Berlin 1906. Dietrich Reimer (Ernst Vohsen).
- G. Hellmann: Regenkarten der Provinzen Brandenburg, Pommern, sowie der Großherzogtümer Mecklenburg, der Provinzen Westpreußen und Posen, der Provinzen Schleswig-Holstein und Hannover, sowie von Oldenburg, Braunschweig, Hamburg, Bremen und Lübeck. Berlin 1912—1913. Dietrich Reimer (Ernst Vohsen).

## Grundlagen und Treffsicherheit der langfristigen Wettervorhersagen von Wilh. Krebs.

Von K. Knoch.

An den Berufsmeteorologen wird häufig die Frage gerichtet, welchen Wert jene Wetterprognosen haben, die von gewissen Seiten immer wieder auftauchen und das große Publikum dadurch verblüffen, daß sie das Wetter angeblich auf lange Zeit im Voraus verkünden, im Gegensatz zu dem Vorhersagen des amtlichen Wetterdienstes, der sich in den meisten Fällen mit einer Prognose für den nächsten Tag begnügt. Es kann nicht geleugnet werden, daß ein Bedürfnis für eine langfristige Vorhersage in hohem Maße vorhanden ist. Da dieses Bedürfnis von dem amtlichen Wetterdienst z. Zt. noch nicht befriedigt wird, ist es auch erklärlich, daß die erwähnten angeblich weit vorausschauenden Prognosen immer wieder einen Anhängerkreis finden. Daß die Meteorologie dereinst zu einer langfristigen Prognose kommen wird, in der wenigstens der Witterungscharakter längerer Zeiträume gegeben werden kann, liegt durchaus im Bereich der Möglichkeit. In anderen Erdteilen, wo der Ablauf und das Zustandekommen der Witterung unter einfacheren und regelmäßigeren Bedingungen vor sich geht, haben die Meteorologen bereits wichtige Ansätze in dieser Richtung gemacht und teilweise auch schon nennenswerte Erfolge erzielt. Die bekanntesten Vorhersagen des Eintritts und der Menge der Monsunregen in Indien gehören hierher. Überhaupt liegt eine überaus reichliche, nicht leicht zu überschauende Literatur vor. Auf den verschiedensten Wegen hat man versucht, dieses Problem zu lösen, aber außer den eben erwähnten Ausnahmen sind bisher noch keine so sicheren Ergebnisse erzielt worden, daß man mit einer langfristigen Prognose an die Öffentlichkeit treten könnte. Vorläufig lassen sich auch nur Vermutungen darüber aussprechen, welcher von den eingeschlagenen Wegen Erfolg zu versprechen scheint; wir stecken augenblicklich noch vollkommen im Stadium des unsicheren Tastens.

Für dieses ungemein wichtige Problem, dessen Lösung erst die Krönung der Wettervorhersage bedeuten würde, ist natürlich jeder Mitarbeiter willkommen. Es ist schon häufig betont worden, daß der Aufgabenkreis der Meteorologie so groß und vielseitig ist, und daß sich im Laufe der Jahrzehnte ein so ungeheures Beobachtungsmaterial angesammelt hat, daß die an den staatlichen Instituten tätigen Meteorologen unmöglich allein die in ihm steckenden Aufgaben bearbeiten können. Allerdings muß gesagt werden, daß es wohl wenige Gebiete gibt, die so sehr zu spekulativen Theorien verlocken, wie das Gebiet der Wettervorhersage auf lange Frist. Beim Suchen nach einem Zusammenhang zwischen terrestrischen und kosmischen Vorgängen schwindet dem Forscher gar zu leicht der sichere Boden der Tatsachen unter den Füßen, und er verliert sich in das unsichere Reich schöner Theorien, die dem Laien gegenüber bei geschickter Aufmachung wohl zwingend erscheinen mögen, es aber in Wirklichkeit nicht sind.

In den Beiträgen zur Geschichte der Meteorologie hat G. Hellmann<sup>1)</sup> festgestellt, daß es zu allen Zeiten »Wetterpropheten« gegeben hat, d. h. Leute, die glauben, das Wetter auf längere oder gar auf beliebige Zeit vorhersagen zu können. Aus dem 19. und 20. Jahrhundert ließen sich nicht weniger als 105, darunter 36 in Deutschland, nachweisen, und sicherlich ist diese Liste nicht vollständig. Ihnen allen ist gemeinsam, daß sie natürlich fest von der Richtigkeit ihrer Prognosen überzeugt sind und stets auch den Beweis dafür, häufig in abstoßender, marktschreierischer Weise, führen. Um so mehr ist es notwendig, daß diese Prognosen unbefangen von der Stelle nachgeprüft werden, die über alle Mittel verfügt, um sich nachträglich den Verlauf der Witterung einwandfrei vorstellen zu können. Diese Nachprüfung wird dem Meteorologen häufig nur dadurch erschwert, daß die langfristigen Vorhersagen in kleinen Provinztageszeitungen, durch kleine Verlagsunternehmungen veröffentlicht werden, wo sie nur schwer aufzufinden sind. Der Verf. ergriff daher gern die Gelegenheit, sich mit den Prognosen von Wilhelm Krebs zu beschäftigen, als ihm von befreundeter Seite eine fast vollständige Sammlung der im Jahre 1923 und Anfang 1924 ausgegebenen Vorhersagen zur Verfügung gestellt wurde. W. Krebs fügte bis vor kurzem seinem Namen die Ortsbezeichnung »Holsteinische Wetter- und Sonnenwarte Schnelsen bei Hamburg« hinzu und hat neuerdings diese noch durch den Zusatz »Weltwetterwarte« ergänzt.

Bevor wir auf den Inhalt der Berichte und ihre Kritik eingehen, ist es zweckmäßig, sich mit den Gedankengängen zu beschäftigen, die die Grundlagen für die Vorhersagen abgeben. Dies soll nur kurz referierend geschehen, da eine Kritik, ob diese Unterlagen zu Recht bestehen oder nicht ohne ein umfassendes Eingehen auf die vielen dabei in Betracht kommenden Probleme, die zum Teil außerhalb der Meteorologie liegen, nicht möglich ist. Über die Krebschen Anschauungen unterrichtet man sich jetzt am bequemsten aus einer im Jahre 1916 erschienenen Schrift: »Neue Vorausbestimmungen des Wetters auf lange Frist auf Grund einer Kontrolle der Sonnentätigkeit und der tropischen Sturmbildung« (gr. 8°, 21 S.), die zuerst in der Österreichischen Flug-Zeitschrift 1916 abgedruckt wurde, dann aber auch als Sonderdruck selbständig herausgekommen ist, und ferner aus einer Broschüre mit dem Titel: »Deutscher Weltwetterdienst« (8°, 30 S.), die 1923 im Verlag von J. C. König und Ebhardt, Hannover, erschien.

In diesen Schriften wird behauptet, daß folgende Tatsachen den Vorausagen auf lange Frist zugrunde liegen:

1) Die größere oder geringere Stärke der Sonnentätigkeit, wie sie sich in dem Auftreten der Flecken und Fackeln offenbart. Besonders große Fleckengruppen, z. B. die vom 19. Mai 1909 sollen unmittelbar »schwere und schwerste Wetterkatastrophen in der Erdatmosphäre« zur Folge haben. Taifune und Tornados werden, wie überhaupt die Gewitter, durch elektrische Kräfte hervorgerufen, die von der Sonne her in die Atmosphäre der Erde hineingestrahlt werden. Auf der Sonne selbst sind bestimmte Herde dieser durch Flecken und Fackeln bezeugten Tätigkeit festgestellt, und Krebs

<sup>1)</sup> Beiträge zur Geschichte der Meteorologie. II. Bd. Nr. 9. Wetterpropheten des XIX. und XX. Jahrhunderts.

will durch sein von ihm so benanntes »Quadrantengesetz des Sonnenvulkanismus« in der Lage sein, die durch Beobachtung festgestellte Lokalisierung der Hauptherde auch in fleckenarmen Jahren rechnerisch zu bestimmen.

2) Vorausberechnung von Störungen in der Erdatmosphäre. Es sind drei Hauptherdgebiete der tropischen Wirbelstürme nachgewiesen: das westatlantische, das indoafrikanische und das westpazifische. Von ihnen laufen bestimmte Zugstraßen aus, die von den für Europa in Betracht kommenden Störungen bevorzugt werden. Als Zeit, die die Störungen brauchen, um von den Störungsherden nach Europa zu kommen, wird rund 6 Wochen angegeben. Um zu ermitteln, welches von den tropischen Herdgebieten in Frage kommt, wird die Streifung der Cirruswolken berücksichtigt. »Wegen ihrer Zusammensetzung aus Eiskriställchen feinsten Art erscheinen sie besonders geeignet, elektrische Energien, die von der Sonne herausstrahlen, aufzunehmen und auf die Atmosphäre zu übertragen. Eis ist für elektrische Ladungen noch etwa 300mal aufnahmefähiger als Wasser. Die feine Streifung der Federwolken darf unter diesen Umständen auf eine Art Fritter-Wirkung zurückgeführt werden, wie sie von dem Metallstaub in den Empfangsapparaten der Strahlentelegraphie bekannt ist. Wenn dem aber so ist, dann weist die Streifungsrichtung auf die Sonnenstände (soll wohl heißen: Sonnenstellen) hin, von denen aus das Tagesgestirn besonders wirkungsvolle Strahlen in die Atmosphäre entsandte. Weiterhin darf also daraus auf die gerade damals mit Elektronen wirksam beschossenen unter den Hauptherdgebieten tropischer Sturmbildung geschlossen werden.« Der letzte Satz ist übrigens ein treffendes Beispiel der eigenartigen Krebschen Schreibweise.

3) Der Einfluß des vulkanischen Höhenrauches. Die Sammlung und Verwertung der Nachrichten über die Vulkanausbrüche spielt bei den Krebschen Wetterberichten eine große Rolle. Die bekannten Arbeiten von W. J. Humphreys werden als Stütze seiner Anschauungen herangezogen. Krebs glaubt sich dabei in einem gewissen Gegensatz zu Humphreys zu befinden. Während dieser nur die abschattende Wirkung des vulkanischen Höhenrauches für die Temperaturerniedrigung verantwortlich macht, nimmt Krebs noch eine starke Abkühlung in den Höhen, die 30 km und mehr betragen können, an und vermutet, daß diese Abkühlung durch Absinken der Rauchpartikelchen sich bis zur Erdoberfläche fortpflanzt. Nach einer in der Prognose für das Sommervierteljahr 1923 gemachten Bemerkung, soll die Erde also durch den in der Kälte die Hochatmosphäre (weniger als  $-50^{\circ}$ ) gekühlten Höhenrauch eine Art kalten Umschlags erhalten. Doch kommt daneben ein von der Gesamttemperatur abhängiges Verhalten in Betracht. Bei besonders starker Abkühlung sorgt der Höhenrauch für Niederschlagsbildung, bei schwächerer für Austrocknung der unteren Atmosphäre.

4) Das Gesetz der Wetterverlegung von niederen nach höheren Breiten. Dieses Gesetz soll auf Grund von Wirtschaftsberichten ermittelt worden sein. In den erwähnten Schriften wird es an Beispielen von Dürre Jahren und strengen Wintern näher erläutert. Um das Tempo zu veranschaulichen, in welchem die Verlegung vor sich gehen soll, sei angeführt, daß nach einer von Krebs wiedergegebenen Reihe, die offenbar besonders beweiskräftig

sein soll, eine 1884/85 im afrikanischen Oasengebiet und in Palästina aufgetretene Dürre sich langsam nordwärts verlagert hat, bis sie sich 1890/91 in einem trocknen und strengen Winter in Mitteleuropa, Nordrußland und Südfinnland auswirkte. In einem zweiten Beispiel wird die Winterstrenge 1918/19 in Mitteleuropa zurückverfolgt bis auf nachwinterliche Strenge 1914/15 in Spanien. In den Einzelprognosen stützt sich Krebs häufig auf die Angaben der Wetterkarten des Italienischen Zentralbüros in Rom. Die in Italien aufgetretenen Witterungsanomalien sollen nach Verlauf von rund einem Jahre in Deutschland zu erwarten sein.

Im Jahrgang 1891 und 1894 der Meteorologischen Zeitschrift hat Krebs dieses Verlegungsgesetz an dem Auftreten der Dürren in China nachweisen wollen. Damals sah sich E. Brückner<sup>1)</sup> zu folgender Feststellung veranlaßt: Die Hypothese des Herrn Krebs steht vollkommen in der Luft; sie beruht nur auf einer willkürlichen Gruppierung von Tatsachen. In Gebieten, wo Dürren so häufig auftreten, wie in China, lassen sich eben alle möglichen »Verlegungen« konstruieren.

5) Der Zickzackkurs der Niederschläge. Dieses angebliche Gesetz wird hauptsächlich zur Begründung der Prognosen größerer Zeiträume z. B. des Jahres herangezogen, und mit seiner Hilfe wird auf den Niederschlagscharakter, ob nasser oder trockner, geschlossen. Es soll in einer Reihe nachgewiesen worden sein, in der von 20 bis 44 gut verteilten Stationen Mitteleuropas der Prozentsatz der Unternormalität der Niederschläge dargestellt wurde; was darunter zu verstehen ist, geht nicht klar aus den Krebs'schen Ausführungen hervor. Jedenfalls ist eine Zahlenreihe berechnet worden, in welcher die Zahl 50 der normalen Niederschlagshöhe und die höheren Zahlen den zu trocknen, die kleineren Zahlen den zu nassen Jahren entsprechen sollen. Das Niederschlagsjahr ist von September bis August gerechnet worden. Von 1904/05 bis 1916/17 ließ die Reihe eine auffallende Regelmäßigkeit erkennen, indem die Werte sich zu einer Zickzacklinie anordneten, in der sich trockene und nasse Jahre regelmäßig folgten. Mit 1917/18 schien dieser Zickzackkurs beendet zu sein. Krebs kündigte Ende 1918 eine grundlegende Änderung des Witterungsganges über Mitteleuropa seit dem vorhergehenden Jahrzehnt an. Diese Prognose scheint er später korrigiert zu haben, denn in der Jahresprognose für 1923 ist von einem neuen Zickzackkurs die Rede, der sich vom Jahre 1919 an gezeigt haben soll.

Dieses sind die Hauptpunkte, die Krebs angeblich bei der Aufstellung seiner Prognose berücksichtigt. Zeitweise zieht er daneben noch andere Argumente heran, wie z. B. die Brücknersche Periode, die Akustik der Atmosphäre. All diese Faktoren sollen sich zu einer Gesamtwirkung vereinigen, nur wird an keiner Stelle gesagt, in welchem Grade die einzelnen in Erscheinung treten. Eine richtige wissenschaftliche Nachprüfung der einzelnen Gesetze ist auch nicht möglich, denn von ihnen wird nur das Ergebnis angegeben; zu einer vollständigen Veröffentlichung der Unterlagen hat sich Krebs noch nicht verstehen können.

<sup>1)</sup> Met. Zeitschrift 1894 S. 400.

Ein Gesamturteil läßt sich aber sehr wohl dadurch fällen, daß man die Gültigkeit der Prognosen nachprüft. Sollten sich diese als richtig erweisen oder wenigstens eine beachtenswerte Trefferzahl ergeben, dann könnte man daraus rückwärts schließen, daß die Grundlagen richtig sind. Diese Nachprüfung ist von mir vorgenommen worden, und in den nachstehenden Ausführungen wird über das Ergebnis berichtet. Die Kritik war nicht ganz leicht, denn die Knebsschen Prognosen sind häufig recht unklar abgefaßt, und es macht Schwierigkeiten, sie aus dem Beiwerk der übrigen Mitteilungen, durch die sie eingeleitet werden, herauszuschälen.

Diese Vorhersagen, auch »Gutachten« genannt, liegen für die einzelnen Wochen, die Monate, die Vierteljahrsabschnitte und für das ganze Jahr vor. Von den Wochenprognosen sind mir zwei Ausführungen bekannt geworden. Die einen werden als »Weltwettergutachten« bezeichnet und erscheinen rund 10–14 Tage vor dem Gültigkeitstermin. Die anderen tragen die Überschrift »Witterung und Witterungsaussichten«, erscheinen 8–10 Tage vor dem Beginn der Berichtswoche und weisen zeitweise Abweichungen den »Weltwettergutachten« gegenüber auf. Diese Gutachten, vor allem die für das Jahr und für das Vierteljahr sind recht umfangreich. Sie umfassen häufig eine engbeschriebene Folioseite und beschäftigen sich zunächst ausführlich mit den Theorien des Prognosenstellers. Ihre Unfehlbarkeit wird dem Leser durch das behauptete Eintreffen früherer Prognosen immer wieder vorgeführt. Daneben werden Zuschriften aus dem Leserkreise, natürlich nur zustimmender Art gebracht, die vorberechneten Störungen werden angegeben, kurze Betrachtungen über die etwaige gegenseitige Beeinflussung derselben eingeflochten und schließlich meist ganz kurz das zu erwartende Wetter skizziert. Nachdruck ist verboten, ich muß es mir daher versagen, hier einige Proben mitzutellen.

Zum Teil tritt Krebs mit dem Publikum in unmittelbare Verbindung, indem man auf die Prognosen abonnieren kann. Mir liegen die Wetterberichte in hektographierten Exemplaren und auch als Druckschriften vor, die dem Abonnenten zugeschickt werden. Daneben sind, wie mir gleichfalls vorliegende Zeitungsausschnitte beweisen, die Prognosen in Zeitungen, vermutlich kleineren Provinzzeitungen, abgedruckt worden. Zeitweise findet man sie auch im Wochenblatte des städtischen Lebensmittelamtes in Altona, in der Zeitschrift der »Motorwagen«, ferner in der Zeitschrift »Der Weltmarkt«, die sich als Organ für Einkäufer in Industrie, Bergbau, Reederei, Schiffbau, Handel und Export, Zentraleuropäische Verkehrs-, Werbe- und Exportzeitschrift bezeichnet.

Der Nachprüfung standen 50 Wochengutachten, 12 Monatsgutachten, die Vierteljahrgutachten für den Sommer 1923 und den Winter 1923/24, schließlich das Jahrgutachten 1923 zur Verfügung. Von den Wochengutachten habe ich stets das zeitlich letzte Gutachten benutzt, das also mit kürzerer Geltungsdauer gegeben wurde. Die Prognosen gelten für Mitteleuropa, manchmal wird Deutschland besonders genannt. Gelegentlich werden auch Voraussagen für andere Erdstellen, z. B. Südamerika gegeben. Eine Prognose hat dann natürlich nur Wert, wenn sie für eine bestimmte Gegend nachgeprüft werden kann. Praktisch hat es keinen Sinn, eine Prognose für Mitteleuropa zu geben, denn nur in den allerseltensten Fällen ist der Witterungscharakter über einem so ausgedehnten Gebiet gleichmäßig. Die Methode, die die Verfasser langfristiger Prognosen

häufig befolgen, und die darin besteht, daß sie aus der verschiedenartigen Witterung eines großen Gebietes sich das für ihre Prognose zutreffende Wetter aussuchen und auf diese Weise andauernd Treffer erzielt haben wollen, muß unbedingt als irreführend abgelehnt werden.

Das Material für die Nachprüfung lieferten mir die Originalberichte der meteorologischen Stationen aus Norddeutschland, ferner die bekannten Wochen- und Monatsberichte der meteorologischen Anstalten. Bei den Wochenprognosen wählte ich 3 Grade der Beurteilung: voll zutreffend, teilweise zutreffend und falsch. Es sei zugegeben, daß bei Verteilung dieser Zensuren eine gewisse persönliche Auffassung wegen der schon erwähnten unklaren Ausdrucksweise des Prognosenstellers mit unterläuft. Dadurch, daß ich aber zunächst den ganzen Jahrgang durchstudierte, glaube ich mich doch gut in die Krebsche Ausdrucksweise hineingelesen zu haben. Bei der Prüfung der 50 Wochenprognosen ergab sich das folgende Ergebnis:

voll zutreffend	teilweise zutreffend	falsch
8	14	28

Zu diesen Zahlen ist noch folgendes zu bemerken: Bei drei Prognosen gibt Krebs zwei Möglichkeiten der Wetterentwicklung an, je nachdem die einen oder die anderen Störungen die Oberhand bekommen. Von diesen beiden Möglichkeiten ist eine eingetroffen und als Volltreffer angerechnet worden, obgleich eigentlich gar keine bestimmte Prognose vorlag. Schwer ist es auch, solche nichtssagenden Prognosen, wie z. B. die für die Woche vom 30. Dez. 23 bis 5. Januar 24 zu beurteilen, die nur besonders ruhiges Wetter mit Steigerung der Nebelneigung um die Jahreswende voraussagte. Von der für eine Prognose um diese Jahreszeit sehr wichtigen Temperatur, ob Kälte oder mildes Wetter, wird gar nichts gesagt. Verhältnismäßig häufig findet sich der Ausdruck »Neigung«, z. B. zu Sturm oder Regen, oder es wird von zunehmender oder abnehmender Neigung zu irgend einem Witterungscharakter gesprochen. In verstecktem Sinne sind darin auch zwei Möglichkeiten enthalten. Tritt das Ereignis ein, so beansprucht dies der Prognosensteller als Treffer, bleibt es aus, dann gilt die Prognose auch als Treffer, weil die angesagte »Neigung« nicht unbedingt den Eintritt der betreffenden Witterungsart in sich schließt. Jedenfalls haben diese verschiedenen Momente dazu beigetragen, daß die Zahlen für die Volltreffer und teilweise zutreffenden Prognosen in einem für Krebs günstigen Sinne beeinflußt worden sind.

Die Treffsicherheit der Voraussagen wird am schärfsten nachgeprüft, wenn festgestellt wird, ob sie den Eintritt besonderer Witterungsperioden, d. h. der Witterungsumschläge, richtig erkannt haben. Diese Methode ist auch von mir bei den Krebschen Prognosen angewandt worden. Aus dem Jahre 1923 ließen sich zwölf bemerkenswerte Tage bestimmen, an denen eine Kälte- oder Hitze-welle einsetzte, eine Regen- oder Trockenperiode ihren Anfang oder ihr Ende nahm. Das Ergebnis war folgendes: Die Krebschen Prognosen versagten in 7 Fällen vollständig, da meistens der entgegengesetzte Witterungsverlauf angesagt worden war, in 2 Fällen wurde nichts besonderes vorhergesagt, in einem Falle konnte man eine gewisse Andeutung des Witterungsumschwunges herauslesen, und nur 2 Fälle waren als Treffer zu bezeichnen. Es wurde versucht,

auch umgekehrt festzustellen, wie häufig sich die von Krebs angesagten Änderungen im Witterungscharakter mit den Tatsachen in Einklang bringen ließen. Diese Absicht scheiterte aber an der erwähnten Unklarheit des Ausdrucks. Vor allem war es zweifelhaft, wie man hier den Ausdruck »Neigung« bewerten sollte.

Wenden wir uns nun der Kritik der Monatsprognosen zu. Sie wurden meistens 3 Wochen, zeitweise aber auch 4 Wochen vor Beginn des Berichtmonats gegeben. Sie sind im Ausdruck ebenso unklar wie die Wochenprognosen. Die Kritik ergab, daß von 12 Monatsprognosen sechs unbedingt die Zensur »falsch« erhalten müssen. Darunter ist der Juni 1923, dessen besonders anormale Verhältnisse gar nicht erkannt worden waren. Für Norddeutschland war dieser Monat, nach der bis 1756 zurückreichenden Berliner Reihe der bisher überhaupt kälteste Juni. Im gesamten Deutschland lagen die Temperaturen damals um mehr als  $4^{\circ}$  unter dem langjährigen Durchschnitt. Als eingetroffen könnte man schließlich die März- und die Septemberprognose bezeichnen. Letztere spricht hauptsächlich von zunehmender Temperatur mit Gegensätzen, dann von einer Hitzeperiode im zweiten Septemberdrittel und von früher Neigung zu Herbstnebeln. Ich glaube aber, jeder Meteorologe, der die mittlere Kurve des jährlichen Temperaturverlaufs für Deutschland kennt, wird ohne weitere Unterlage eine ähnliche Prognose für den September stellen, in der die bekannte Erwärmung von Mitte bis Ende des Monats (Altweibersommer) angesagt wird.\* Da nachweisbar der Wärmerückfall in dieser Zeit nur in einem Fünftel der Fälle ausgeblieben ist<sup>1)</sup>, kann man ohne Mühe 80 % Treffer für die langfristige Septemberprognose erzielen. Die Prognosen der noch übrigen vier Monate sind entweder unentschieden oder nur zum ganz geringen Teil zutreffend gewesen.

Bei der Kritik der Vierteljahrsgutachten kann ich natürlich nicht zu einem abschließenden Urteil kommen, da mir zu wenig Material zur Verfügung steht. Ich kenne nur die Vorhersage für den Sommer 1923 und den Winter 1923/24. Die Prognose für den Hochsommer lautete recht diplomatisch ausgedrückt auf »einen Einschlag von erheblicher Wärme«. Diese sollte vornehmlich in den sonnigen Tagesstunden zur Geltung kommen. Tatsächlich hatten wir den bereits erwähnten ganz außerordentlich zu kühlen Juni, einen nur in der ersten Hälfte heißen und trockenen, sonst aber auch kühlen und veränderlichen Juli (im Mittel teilweise bis zu  $2.5^{\circ}$  zu warm) und einen im allgemeinen zu kühlen August. Für den Winter 1923/24 hatte Krebs mildes und an Niederschlägen ungefähr normales Wetter in Aussicht gestellt. Der langanhaltende Winter mit seiner außergewöhnlich großen Zahl von Frost- und Eistagen hat diese Prognose auf das augenfälligste widerlegt.

Auf eine kritische Besprechung des Jahresgutachtens 1923 möchte ich nicht eingehen. Die in ihm gemachten Angaben lassen sich mit den später ausgegebenen Vierteljahrs- und Monatsprognosen nicht immer in Einklang bringen. Krebs hatte scheinbar schon selbst Korrekturen vornehmen müssen, z. B. sollte nach der Jahresprognose ein kühler Sommer, nach dem vorhin mitgeteilten Sommergutachten dagegen ein warmer Sommer eintreten.

<sup>1)</sup> A. Lehmann, Altweibersommer S. 33. Diss. Berlin 1911.

Faßt man die vorstehenden Ausführungen zu einem Gesamturteil über die Krebschen Prognosen zusammen, so muß man feststellen, daß der tatsächliche Verlauf der Witterung sie nur in verschwindend wenigen Fällen bestätigt hat. Diese Vorhersagen müssen daher als wertlos für das praktische Leben bezeichnet werden. Dies ist ein ähnliches Ergebnis, wie es kürzlich G. Schwalbe<sup>1)</sup> bei einer Nachprüfung der Hinselmanschen Prognosen auf Grund der Mondstellungen gefunden hat. Die außerordentlich geringe Trefferzahl bedeutet daneben eine kräftige Erschütterung der angeblichen Gesetze und Tatsachen, auf denen Krebs seine Vorhersagen aufbaut.

## Absolute Strahlungsmessungen in der freien Atmosphäre.

Von W. Marten.

Die ersten einwandfreien Strahlungsmessungen in der freien Atmosphäre sind meines Wissens von A. Coym<sup>2)</sup> mit dem bewährten absoluten Kompensationspyrheliometer von Ångström ausgeführt. Messungen mit diesem Instrument im Ballon wurden erst dadurch möglich, daß es Coym durch Zusammenarbeit mit der Firma Siemens & Halske gelang, ein sehr empfindliches Mikrovoltmeter mit Achsenlagerung für den Thermostromkreis zu konstruieren, das auch unter den erschwerten Arbeitsbedingungen im Ballon allen Anforderungen entsprach. Die beiden von Coym mitgeteilten Meßsätze der ersten Orientierungsfahrt stimmen in sich gut überein und stehen mit den auf Bergstationen gewonnenen Messungen in gleicher Höhe in genügender Übereinstimmung. Nach der von Coym ausgearbeiteten Methode ist dann ohne nennenswerte Abänderungen verschiedentlich von A. Peppler und K. Stuchtey<sup>3)</sup> auf Hochfahrten gemessen worden.

Leider zeigen diese Messungen in sich keine genügende Übereinstimmung, die Werte bei Exposition rechts und links weichen häufig stark von einander ab. Die gemessenen Werte überschreiten zum Teil 2 Gramm-Kalorien, noch dazu bei den niedrigen Sonnenhöhen im Herbst. Das sind Beträge, die nach den Messungen auf Bergstationen und auch nach den Solarkonstantenbestimmungen aus dem wirklichen Rahmen erheblich herausfallen. Nach diesen nicht befriedigenden Erfahrungen scheint es doch sehr schwierig zu sein, mit der Kompensationsmethode vertrauenswürdige Werte im Freiballon zu erhalten. Wer vertraut mit derartigen Messungen ist, wird das auch verständlich finden, denn die vielen Nebenapparate bei dieser Methode erfordern schon auf festen Stationen einen geschulten und geschickten Beobachter, wenn alles

<sup>1)</sup> Landwirtschaftliche Jahrbücher 58. Bd. S. 749—757, 1923.

<sup>2)</sup> A. Coym, Über die absolute Messung der Intensität der Sonnenstrahlung im Freiballon. Ergeb. d. Arb. d. Preuß. Aeron. Obs. Lindenberg III. Bd. 1908.

<sup>3)</sup> A. Peppler u. K. Stuchtey, Absolute Messungen der Sonnenstrahlung auf Hochfahrten in den Jahren 1912 und 1913. Ergeb. d. Arb. d. Preuß. Aeronaut. Obs. Lindenberg IX. Bd. 1913.

klappen soll. In dieser Erkenntnis sah ich mich nach einer handlicheren Meßmethode für den Freiballon um. In jahrelanger Arbeit ist es mir dann gelungen, das Michelsonsche Bimetallaktinometer so zu verbessern, daß es auch im Ballon brauchbare Werte in kurzer Zeit zu liefern imstande ist. Die erste Erprobung dieses verbesserten Instrumentes erfolgte noch vor Ausbruch des Weltkrieges auf einer wissenschaftlichen Fahrt des Berl. Ver. f. L., die ich gemeinsam mit Herrn Geheimrat Siring als Führer und Dr. Brückmann als Mitbeobachter zu diesem Zweck unternahm. Die Ausprobierung des Apparates ergab ein recht zufriedenstellendes Resultat, aber der Ausbruch des Weltkrieges verhinderte die Durchführung eines umfassenden Arbeitsprogramms, das sich insbesondere als Ziel steckte, die Schwächung der der Erde zugestrahlten Sonnenenergie in den einzelnen Schichten der Atmosphäre messend zu verfolgen. Die Lösung dieser Frage erschien mir vom meteorologischen Standpunkt am dringlichsten und lohnendsten, jedenfalls lohnender als die Bestimmung der Solarkonstanten. Für die Durchführung dieser Aufgabe erschien es zweckmäßig, gleichzeitig in zwei in verschiedenen Höhen fliegenden Ballonen zu beobachten. So konnte man nach Gefallen den Höhenunterschied zwischen den beiden Beobachtern verändern und den schwächenden Einfluß verschiedener Schichtdicken auf die Strahlung bestimmen. In Verbindung damit ließen sich dann noch die gleichzeitigen Beobachtungen am Observatorium in Potsdam als Basismessungen heranziehen. Bei der Ausführung der Messungen sollte die Wirkung von Dunst- und Inversionsschichten besonders sorgfältig festgelegt werden. Selbstverständlich war eine größere Anzahl von Fahrten bei möglichst verschiedenen Strahlungswetterlagen geplant, um den Einfluß der verschiedenen Wetterlagen und Jahreszeiten beurteilen zu können. Die Deutung der Strahlungsmessungen erforderte nebenher gute Beobachtungen des Luftdruckes, der Temperatur und Feuchtigkeit, des Staubes und der Inversionen. Durch die ungünstigen Verhältnisse der Nachkriegszeit ist die Ausführung dieser Pläne in ihren Anfängen stecken geblieben, denn es konnte nur die Fahrt am 18. März 1921 ausgeführt werden. Da keine Aussicht besteht, die Fahrten in absehbarer Zeit wieder aufzunehmen, möchte ich doch zeigen, daß man auf dem angewandten Wege das für die Meteorologie so wichtige Problem der Schwächung der Sonnenstrahlung in den einzelnen Atmosphärenschichten einer Lösung näher bringen kann. Aber abgesehen davon, kommt bei der sehr spärlichen Anzahl von Sonnenstrahlungsmessungen in der freien Atmosphäre jedem neuen verlässlichen Einzelwert schon erhöhte Bedeutung zu.

Die Auswahl des Fahrttages erforderte besondere Sorgfalt, weil einwandfreie Messungen nur bei völlig wolkenfreier Sonne zu erzielen waren. Da die Vorbereitungen zur Fahrt unter den damals schwierigen Verhältnissen 2 Tage in Anspruch nahmen, war die prognostische Aufgabe keineswegs leicht. Am 16. März überzog ein breites Band hohen Luftdrucks Mitteleuropa, mit Kernen in Rußland und Spanien; über dem nordatlantischen Ozean lag ein ausgedehntes Tiefdruckgebiet, dessen Randgebiete zeitweise Trübungen bis zur Nordseeküste verursachten. Die große Wetterlage erwies sich jedoch als so stabil, daß man die Fahrt mit einigem Vertrauen auf den 18. März 1921 ansetzen konnte.

Am Morgen des Aufstiegtages lag bei schwachen südöstlichen Bodenwinden dichter Dunst, durchmischt mit dem Rauch des Industriegebietes, über dem Startplatz bei Bitterfeld. Die an den vorangegangenen Tagen ziemlich

stabile Hochdruckwetterlage war im Schwinden, vom Westen nahte eine V-förmige Tiefdruckfurche als südwestliches Randgebilde der Hauptdepression zwischen England und Island heran. Der Aufstiegsort befand sich also in Front vor der Aufgleitfläche, die Eintrübung begann aber erst am Spätnachmittag, so daß die Strahlungsmessungen ungestört von Wolken in dieser Übergangswetterlage vor sich gehen konnten. Über den äußeren Fahrtverlauf der beiden Ballone »Glückab« (Führer Ingenieur Weyhmann, Beobachter Prof. Marten u. Dr. Everling) und »Heldendank« (Führer Dr. Elias, Beobachter Prof. Brückmann) habe ich bereits gemeinsam mit Herrn Prof. Brückmann<sup>1)</sup> berichtet, ich kann mich daher hier auf die wissenschaftlichen Ergebnisse beschränken.

Das Instrumentarium. Die Strahlungsmessungen wurden mit zwei Bimetallaktinometern nach Michelsonschem Prinzip ausgeführt, die Herr Mechaniker Schulze in Potsdam nach meinen Angaben gebaut und in dankenswerter Weise für die Fahrten geliehen hatte. Die wichtigsten Verbesserungen gegenüber dem russischen Typ bestanden in der Einführung eines Kugelgelenks in den Bimetallträger, Anbringung einer Temperaturschraube, die mit Hilfe einer Federbuchse die Marke in das Gesichtsfeld des Mikroskops brachte und die nicht unerhebliche Abhängigkeit des Skalenwertes von der Temperatur zu berücksichtigen gestattete. Ferner wurde der Meßstreifen von dem Aluminiumspiegel entlastet und dafür das freie Ende mit einem sehr leichten Quarzfadensystem versehen,

Tab. 1.  
Strahlungsmessungen im Ballon »Heldendank« am 18. März 1921.  
Beobachter Brückmann.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wahre Ortszeit	Sonnenhöhe °	Intensität der Sonnenstrahlung g/kal.	Abweichung in % vom Mittelwert	Intensität im Rot g/kal.	Verhältnis R/W %	Höhe über dem Meere m	Luftdruck mm	Bemerkungen
8 <sup>37</sup> a	21.3	0.582	± 0.7	0.401	68.9	75	762	
9 <sup>6</sup> a	24.9	0.638	± 0.7	0.418	66.0	75	762	
9 <sup>45</sup> a	29.3	0.985	± 1.5	0.592	60.1	200	750	
10 <sup>2</sup> a	31.0	1.100	± 1.9	0.593	54.0	460	728	
10 <sup>44</sup> a	34.3	1.391	± 1.0	0.718	51.6	1460	643	
11 <sup>12</sup> a	35.7	1.451	± 0.3	0.758	52.3	1890	608	
11 <sup>38</sup> a	36.5	1.604	± 0.1	0.834	51.9	2440	567	
0 <sup>18</sup> p	37.0	1.607	± 1.5	0.836	52.0	2970	530	
0 <sup>34</sup> p	36.8	1.579	± 1.3	0.834	52.5	3000	528	
1 <sup>7</sup> p	35.4	1.614	± 1.0	0.856	53.1	3550	493	
1 <sup>41</sup> p	33.3	1.598	± 0.8	0.840	52.5	3650	486	
2 <sup>18</sup> p	30.1	1.624*	—	0.846	51.9	4070	460	*) keine Doppelmessung und gestört
2 <sup>45</sup> p	27.2	1.623	± 0.1	0.865	53.3	4050	461	
3 <sup>15</sup> p	23.7	1.552	± 0.9	0.840	54.1	3980	465	
3 <sup>22</sup> p	21.4	1.441	± 4.2	0.802	55.6	3120	518	
3 <sup>44</sup> p	19.8	1.411	± 0.3	0.769	54.5	2760	540	
3 <sup>55</sup> p	18.2	1.333	± 1.9	0.740	55.5	2450	566	
4 <sup>36</sup> p	12.4	0.679	± 2.8	0.447	65.8	1300	656	

<sup>1)</sup> W. Marten u. W. Brückmann, Strahlungsmessungen in zwei Ballonen. Luftfahrt, Aprilheft 1921, S. 27.

dessen Querstück als Marke diene. Durch Reflexion an einem im Kupferkörper befestigten Metallspiegelchen wurde die Skala im Okular des Mikroskops beleuchtet und die Marke abgebildet. Diese Entlastung hatte eine wesentliche Verbesserung der Meßeigenschaften des Bimetallstreifens zur Folge. Um den Faden auch bei den extremsten Temperaturen scharf sichtbar zu machen, konnte das ganze Mikroskop durch eine Schraube etwas vor- und rückwärts verschoben werden. Durch Anbringung einer Revolverscheibe ließen sich Filtergläser in den Strahlengang einschalten, die die Messung von Teilstrahlungen bequem und leicht ermöglichten. Auf den beiden Fahrten ist aber nur das bewährte Rotfilter Schott F 4512 benutzt worden, das die langwellige Strahlung etwa von Wellenlänge  $600 \mu\mu$  durchläßt. Zu den obengenannten Verbesserungen kamen noch kleinere Vervollkommnungen in der Optik, bei der Visier- vorrichtung usw., die aber das Arbeiten mit dem Instrument im Ballon erheblich erleichterten. Beide Instrumente wurden von mir vor der Fahrt sorgfältig nach der absoluten pyrhelimetrischen Skala von Abbot »Smithsonian Revised Pyrheliometry of 1913« geeicht. Erneute Eichungen nach der Fahrt ergaben, daß der Transport und die Stöße bei der Landung die Eichwerte nicht geändert hatten. Die Montierung der Instrumente im Ballon erfolgte in geradezu primitiver Weise. Über die beiden Schmalseiten des Ballonkorbes wurde ein etwa 10 cm breites Brett gelegt und mit Klammern an die Bordwände unverrückbar befestigt. Zwei Bretter waren nötig, weil der Ballon fortwährend rotiert und das

Tab. 2.  
Strahlungsmessungen im Ballon »Glückab« am 18. März 1921.  
Beobachter Marten.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wahre Ortszeit	Sonnenhöhe 0	Intensität der Sonnenstrahlung g/kal.	Abweichung vom Mittelwert %	Intensität im Rot g/kal.	Verhältnis R/W %	Höhe über dem Meere m	Luftdruck mm	Bemerkungen
8 <sup>46</sup> a	22.6	0.611	± 1.9	0.400	65.5	75	762	Wolkenlos, ∞ <sup>2</sup> .
10 <sup>13</sup> a	32.0	1.176	± 0.4	0.662	56.4	460	728	Ballon schwimmt auf der starken Dunstschicht in ca. 400 m.
10 <sup>40</sup> a	34.0	1.114	± 1.3	0.608	54.6	400	732	Dessau im ∞ schwach gesichtet.
10 <sup>59</sup> a	35.1	1.122	± 1.1	0.613	54.4	400	732	
11 <sup>42</sup> a	36.7	1.356	± 0.3	0.740	54.6	1580	634	Eine zweite Dunstgrenze in ca. 2100 m. Wolkenlos, schwacher Dunst, es bilden sich schwache cu-Köpfe i. SW u. N in der Sperrschicht 2100 m.
o <sup>1</sup> p	37.0	1.379	± 1.4	0.736	53.4	1680	626	
o <sup>19</sup> p	36.9	1.546	± 1.0	0.789	51.0	2020	599	
o <sup>35</sup> p	36.8	1.547	± 0.8	0.797	51.6	2020	599	
1 <sup>19</sup> p	35.0	1.534	± 0.7	0.802	52.3	2100	592	
1 <sup>28</sup> p	34.4	1.544	± 0.1	0.820	53.2	2240	582	cu-Bildung wird stärker, im E wolkenlos.
1 <sup>40</sup> p	33.5	1.541	± 0.4	0.823	53.4	2360	573	
2 <sup>18</sup> p	30.3	1.584	± 0.3	0.836	52.5	3360	504	
2 <sup>36</sup> p	28.4	1.604	± 0.3	0.876	54.6	3680	484	Letzte Messung über der Dunstschicht in 2100 m Höhe. Messung nach Landung nicht möglich, weil ☉ nicht wolkenfrei.
3 <sup>6</sup> p	24.9	1.502	± 1.1	0.840	55.9	2420	569	

Instrument je nach der Rotationsphase umgesetzt werden mußte, um die im Süden stehende Sonne anvisieren zu können. Etwas entfernt von den Enden der Bretter waren etwa in der Mittellinie Löcher eingebohrt, in die das Tragegerüst des Instruments ohne Fußschraube grade hineinpaßte. Der Apparat ruhte alsdann mit seiner ebenen Metallplatte, auf der er montiert ist, unter dem Druck des Eigengewichts fest auf dem Brett, ließ sich seitwärts nicht verschieben, aber im Loch mit der Hand leicht azimutal drehen. Die Messung ging so vor sich, daß man zunächst die Ruhelage ablas, dann die Sonne anvisierte und den Meßstreifen exponierte. Für richtige Anvisierung sorgte man durch Nachdrehen mit der Hand etwa 20 Sekunden lang in dem Tempo, wie der Ballon rotierte. Kurz vor dem Ablesen des Anschlags drehte man den Lichtpunkt etwas im entgegengesetzten Sinne der Rotation des Ballons heraus und ließ dann den Lichtpunkt in den Visierpunkt wandern. In diesem Augenblick wurde im Mikroskop der Auschlag abgelesen, die Klappe geschlossen und nach  $\frac{1}{2}$  Minute erneut die Ruhelage bestimmt. Um eine gute Kontrolle der Werte zu haben, wurden unabhängig von einander Doppelmessungen der Gesamtstrahlung gemacht und dazwischen eine Messung mit dem Rotfilter eingeschoben. Die Durchführung eines solchen Messungssatzes nahm etwa 5 Minuten in Anspruch. Das Ergebnis der Messungen für die beiden Ballone »Heldendank«, »Glück ab« und die Basisstation Potsdam habe ich den Tabellen 1, 2 und 3 zusammengestellt.

Tab. 3.  
Strahlungsmessungen am Meteor. Observatorium in Potsdam in  
106 m über dem Meere am 18. März 1921.

1	2	3	4	5	6	7	8
Wahre Ortszeit	Sonnenhöhe °	Intensität der Sonnenstrahlung g/kal.	Abweichung vom Mittel ‰	Intensität im Rot g/kal.	Verhältnis R/W ‰	Luftdruck mm	Bemerkungen
8 <sup>29</sup> a	20.7	0.693	± 0.0	0.446	64.3	762.3	Bewölkung 0, ∞ <sup>2</sup> , Sicht 3-4 km.
8 <sup>47</sup> a	23.0	0.761	± 0.1	0.480	63.0	762.3	
9 <sup>9</sup> a	25.6	0.775	± 0.0	0.482	62.1	762.2	
9 <sup>30</sup> a	28.0	0.846	± 0.1	0.508	60.1	762.2	
9 <sup>52</sup> a	30.2	0.876	± 0.2	0.524	59.9	762.1	Sicht etwa 5 km.
10 <sup>16</sup> a	32.2	0.916	± 0.0	0.552	60.4	762.0	
10 <sup>41</sup> a	33.9	0.967	± 0.0	0.563	58.2	761.8	
11 <sup>9</sup> a	35.5	1.025	± 0.0	0.598	58.3	761.6	Sicht ein wenig gebessert.
11 <sup>36</sup> a	36.3	1.066	± 0.1	0.599	56.9	761.4	
11 <sup>56</sup> a	36.5	1.063	± 0.0	0.597	56.3	761.2	Bewölkung 0, ∞ <sup>1</sup> , Sicht 5-7 km.
0 <sup>20</sup> p	36.5	0.994	± 0.1	0.565	56.9	761.0	
0 <sup>40</sup> p	36.0	0.933	± 0.1	0.542	58.1	760.7	
1 <sup>8</sup> p	34.7	0.927	± 0.1	0.545	58.7	760.4	Bildung von cu i. SW, ∞ <sup>1</sup> .
1 <sup>46</sup> p	32.2	0.931	± 0.0	0.549	59.1	760.1	
2 <sup>8</sup> p	30.3	0.966	± 0.2	0.581	60.2	759.9	
2 <sup>23</sup> p	27.7	0.826	± 0.1	0.500	60.5	759.8	
2 <sup>57</sup> p	25.0	0.740	± 0.1	0.469	63.3	759.7	Bewölkung 1' cu, ∞, Wasserdunstwolken.
3 <sup>28</sup> p	19.9	0.569	± 0.4	0.390	68.4	759.6	Bewölkung 2', in großen Wolkenlücken gemessen, bis 4 $\frac{1}{2}$ P.
4 <sup>47</sup> p	10.2	0.298	± 0.3	0.229	75.7	759.4	☉ meist von cu-Wolken verdeckt, Letzte Messung bei Bewölkung 2' cu, ☉ frei, ∞ <sup>1</sup> .

Zu den Tabellen ist zu bemerken, daß die Zeiten in Spalte 1 sich auf die Zeitmitte des Messungssatzes, also auf die Rotmessung beziehen. Die Intensitäten der Spalte 3 sind das Mittel aus der Anfangs- und Endmessung des Satzes, die etwa 3 Minuten auseinanderlagen. Die prozentischen Abweichungen der Spalte 4 geben die Differenzen dieser beiden Messungen von ihrem Mittelwert in Prozenten des Mittelwerts. Das Verhältnis R/W in Spalte 6 besagt, daß die darin enthaltenen Prozentzahlen den Rotanteil der Gesamtstrahlung angeben. Leider sind die Prozentzahlen der drei Rotfilter nicht streng unter einander vergleichbar, denn es hat sich herausgestellt, daß die Durchlässigkeit der Gläser nur angenähert gleich ist, auch wenn sie von derselben Glassorte sind. Vergleichsmessungen der drei Filter lassen sich leider nicht mehr nachholen.

Um die Strahlungsmessungen und die daraus abzuleitende Absorption in den einzelnen Schichten richtig deuten zu können, sind in Tabelle 4 die meteorologischen Beobachtungen des Ballons »Glück ab« beigegeben. Um

Tab. 4. Meteorologische Beobachtungen im Ballon »Glück ab«.  
Beobachter Dr. Everling.

Höhe über dem Meere m	Trocknes Thermometer	Feuchtes Thermometer	Absolute Feuchtigkeit	Relative Feuchtigkeit %	Anzahl der Messungen	Windrichtung	Bemerkungen
75	4.6	2.9	4.8	75	1	SE	Wolkenlos, $\infty^2$ .
300	12.6	6.6	3.9	36	8	S	1. Dunstgrenze zwischen 300 u. 400 m. Schwimmlage des Ballons.
400	11.9	5.7	3.9	38	3		
1350	3.6	0.0	3.1	51	2	SW	2. Dunstgrenze, 2. Schwimmschicht.
1500	2.0	— 0.3	3.5	66	3	SW	
1580	1.1	— 0.4	3.9	79	1		
1820 *	0.3	— 2.0 $\xi$	3.0	63	1	SW	
1920	— 0.8	— 3.4 $\xi$	2.4	56	5		
2010	— 2.5	— 3.8 $\xi$	2.8	73	6	SW	3. Dunstgrenze.
2030 *	— 1.8	— 3.2 $\xi$	3.0	74	1		
2040	— 2.0	— 4.4 $\xi$	2.2	57	2		Cu-Köpfe auf der Schicht 1. N u. S.
2100	— 3.1	— 5.2 $\xi$	2.2	59	1		
2170	— 3.7	— 6.8 $\xi$	1.4	40	4	SW	Scharfe Dunstgrenze, ci-st W, SW.
2180 *	— 3.2	— 4.7 $\xi$	2.5	72	2		
2230	— 3.4	— 6.9 $\xi$	1.2	35	3		
2340 *	— 3.5	— 6.2 $\xi$	1.7	48	4	SW	Beim Abstieg 3. Dunstgrenze beim Aufstieg wieder erreicht.
2360	— 2.3	— 7.2 $\xi$	0.67	17	1		Cu nehmen zu, sind sichtbar von SE über S bis N, von S bis W ci.
2990	— 5.5	— 10.4 $\xi$	0.21	7	5		
3160	— 7.2	— 10.7 $\xi$	0.65	24	2	SSW	Starke Dunstgrenze, cu bildet sich im SE.
3300	— 7.5	— 11.6 $\xi$	0.36	14	2		
3410	— 8.4	— 12.6 $\xi$	0.18	8	2		
3520	— 9.5	— 13.4 $\xi$	0.18	8	4		
3600	— 9.8	— 13.6 $\xi$	0.21	9	1	SSW	
3780 <sup>1</sup>	— 11.0	— 13.9 $\xi$	0.48	24	1		
3840 <sup>1*</sup>	— 11.1	— 14.9 $\xi$	0.06	3	1		Nach der Landung um 4 <sup>P</sup> Psychrometer 16.3, —8.5, Abs. F. 44, R. F. 32 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> .
3960 <sup>1</sup>	— 12.0	— 15.4 $\xi$	0.23	13	1		

\* Abstiegswerte.

<sup>1</sup> Messungen im Ballon »Heldendank«.

Platz zu sparen, beschränke ich mich auf die Angaben dieser Daten. Sie lagen in besonders großer Anzahl vor, weil in Herrn Dr. Everling ein zweiter Beobachter im Korbe war. Messungen in derselbe Höhe habe ich zu Gruppenwerte zusammengefaßt. Für die Höhe über 3600 m sind die Beobachtungen des Ballons »Heldendank« herangezogen. Durch Stichproben habe ich mich davon überzeugt, daß die Angaben beider Ballone in guter Übereinstimmung sind.

Eine erschöpfende Bearbeitung und Diskussion der Meßergebnisse dieser Einzelfahrt ist nicht beabsichtigt. Die Einzeldaten sind als Bausteine anzusehen, die erst dann eine richtige Verwertung finden können, wenn noch mehr Material zusammengetragen ist. Nur so viel mag zunächst gesagt werden, daß alle Messungen in den beiden Ballonen sich gut in das bisher bekannte Gesamtbild einfügen. Die zuverlässigsten Messungen auf Bergstationen in gleichen Höhen und Sonnenhöhen zeigen angenähert dieselbe Größenordnung. Zum Vergleich will ich die Messungen von Ängström auf dem Pic de Teyde auf Teneriffa und von T. Okada u. Y. Yoshida auf dem Mount Fuji in Japan, die sämtlich mit Ängströms ausgezeichnetem Kompensationspyrheliometer gewonnen sind, hierher setzen. Die Angaben nach Ängström sind auf Abbots Skala durch Erhöhung um 3.5 % reduziert.

Ort	Höhe m	Sonnen- höhe °	Intensität g/kal.	Absolute Feuchtig- keit mm	Relative Feuchtig- keit %
Pic de Teyde . . . .	3683	30.2	1.55	1.7	27
Mount Fuji . . . . .	3726	33.2	1.52	—	—
Ballon »Glückab« . .	3680	28.4	1.60	0.2	8
Ballon »Heldendank«	3650	33.3	1.60	0.2	8

Die geringeren Werte auf dem Pic und auf dem Mount Fuji erklären sich durch den erhöhten Wasserdampfgehalt im Sommer, durch die verschiedene Sonnenentfernung und den Breitenunterschied. Ich lasse nun noch einige rohe Angaben über die Absorptionsbeträge in den einzelnen Schichten bei bestimmten Sonnenhöhen folgen. Genaue Vergleichen lassen sich erst durch langwierige Reduktionen unter Verwendung der Bouguerschen Formel anstellen. Hierbei sind zwei Variable, Änderung der Meereshöhe und des Sonnenortes zu berücksichtigen, wodurch eine Bearbeitung sehr kompliziert wird.

Die gleichzeitigen Werte von Bitterfeld und Potsdam vor der Fahrt unterscheiden sich erheblich. In den niedrigen Werten von Bitterfeld kommt die geringere Höhe und die starke Verschmutzung der Atmosphäre durch das Industriegebiet zum Ausdruck. Die andern Zahlen mögen für sich sprechen, sie sollen nur einen rohen Überblick über die Absorptionsverhältnisse des Meßtages in den einzelnen Schichten der Atmosphäre geben. Bei der Bewertung dieser Angaben ist zu berücksichtigen, daß die Absorption an diesem Tage in den untersten Schichten wegen starken Dunstes abnorm groß gewesen ist. Die Sichtweite in Potsdam betrug 3—5 km. Über die meteorologischen Verhältnisse gibt die Tabelle 4 nähere Auskunft. Nach diesen Daten lagerte dicht auf dem Erdboden eine Strahlungsinversion mit tieferen Temperaturen am Boden (5°) und mit der Höhe wachsenden Temperaturen und abnehmenden

Feuchtigkeiten bis etwa 350 m (12.6°). Von 350 bis 2170 m nahm die Temperatur mit gleichmäßig starkem Gefälle von 0.88 pro 100 m ab. Eine zweite gut ausgeprägte Inversion folgte von 2170—2360 m mit Zunahme der Temperatur von -3.7 bis -2.3°. Von 2360—3960 nahm die Temperatur wieder mit einem nahezu gleichmäßigen Gefälle von 0.61° p. 100 Meter ab. 4 Dunstgrenzen waren einwandfrei zu beobachten. Zwei fielen mit den Inversionen in rund 350 und 2200 m zusammen. Die beiden andern in 1350 und 3000 m sind in der Zustandskurve der Temperatur gar nicht oder nur ganz schwach erkennbar. Die Zustandskurven der Feuchtigkeit bestätigen aber zweifellos den Augenbefund, so daß auch diese Dunstgrenzen bei der Deutung der Ergebnisse zu beachten sind. Besonders charakteristisch für den Messungstag war die außergewöhnliche Trockenheit über der zweiten Inversionsschicht in 2200 m. Die absolute Feuchtigkeit betrug in den Höhen von 3000 und 3500 m nur rund 0.2 mm und die relative Feuchtigkeit sank unter 10 %. Diese Ausführungen mögen für einen ersten Überblick genügen, zumal dieser Aufsatz in erster Linie ja nur bezweckt, die Mittel und Wege anzugeben, wie man mit Aussicht auf Erfolg das Problem der Schwächung der Sonnenstrahlung in den einzelnen Atmosphärenschichten zweckmäßig angreifen kann. Ballonmessungen sind bei Verfolgung dieser Ziele, das möchte ich besonders hervorheben, den Messungen auf Bergstationen weit überlegen, weil die beweglichen Ballone sich bei der Durchmessung der Atmosphäre mit Leichtigkeit den individuellen Schichtungen der jeweiligen Wetterlage anpassen können.

Ort	Höhe	Sonnenhöhe	Intensität g/kal.	Rotintensität g/kal.
Potsdam . . . . .	106	22.6 a. m	0.75	0.47
Bitterfeld . . . . .	75	22.6	0.61	0.40
Potsdam . . . . .	106	34.0 a. m	0.97	0.56
Glückab . . . . .	400	34.0	1.11	0.61
Heldendank . . . . .	1460	34.3	1.39	0.72
» . . . . .	106	36.5 p. m	1.06	0.60
» . . . . .	2020	36.8	1.55	0.79
» . . . . .	2980	36.9	1.59	0.83
» . . . . .	106	30.3 p. m	0.97	0.58
» . . . . .	3360	30.3	1.58	0.88
» . . . . .	4070	30.1	1.62	—
» . . . . .	106	25.0	0.74	0.47
» . . . . .	2420	24.9	1.50	0.84
» . . . . .	4000	25.0	1.58	0.85
Potsdam . . . . .	106	19.9	0.57	0.39
Heldendank . . . . .	2760	19.8	1.41	0.77

Gerade die besonders interessanten Inversionsschichten lassen sich in ihrer Wirkung gut bestimmen, weil ihre Begrenzungsflächen Schwimmschichten für den Ballon bilden, auf denen der Führer seinen Ballon leicht halten kann.

Nach den bisherigen Erfahrungen ist es zweckmäßig, den ersten Ballon mit Sauerstoffapparaten auszurüsten und nach einigen orientierenden Messungen in den unteren Schichten, bald in möglichst große Höhen hinaufzuschicken. Den

zweiten Ballon läßt man die tieferen Schichten in kleinen Stufen durchfahren und gründlich durchmessen. Außerdem sollte man für nahezu gleichzeitige Messungen symmetrisch zum höchsten Sonnenstand Sorge tragen. Die größte Höhe des ersten Ballons muß vor dem wahren Mittag erreicht werden. Die beiden Bimetallaktinometer haben sich noch über Erwarten gut bewährt. Ihre Handhabung macht im Ballon keine großen Schwierigkeiten, so daß ein einzelner Beobachter ohne Hilfe Messungen erreichen kann, deren Genauigkeit sich etwa in den  $\mp 1\frac{1}{2}\%$  bewegt. Die lästige Fadenwanderung ist im Ballon nicht so groß, weil jegliche Luftbewegung fehlt und die Abnahme der Temperatur des Kupferkörpers durch stärkere Bestrahlung mit der Höhe wettgemacht wird.

Die Fahrten bildeten einen Teil des wissenschaftlichen Programms der wissenschaftlichen Kommission des Berl. Ver. f. Luftschiffahrt und zum Schluß verbleibt mir noch die angenehme Pflicht, dem Verein für Übernahme der Kosten zu danken. Hr. Geheimrat Süring, als Vorsitzender dieser Kommission, hat weder Zeit noch Mühe gescheut, um den hier entwickelten Plan verwirklichen zu helfen. Mein früherer Kollege Prof. Brückmann, jetzt in Zürich, hat alle Mühen der Organisation mit mir redlich geteilt und die Messungen in dem Ballon Heldendank übernommen. Ich bin daher diesen beiden Herren ganz besonders zu Dank verpflichtet. Schließlich danke ich auch noch den Herren Ingenieur Weyhmann und Dr. Elias für die verständnisvolle Ballonführung, sowie Hrn. Dr. Everling für die Übernahme der meteorologischen Beobachtungen im Ballon Glück ab.

## Eine Ergänzung zum Tesdorpf'schen magnetischen Reise-Theodoliten.

Von O. Venske.

Hinsichtlich der Beobachtungen besteht eine der Hauptaufgaben eines erdmagnetischen Observatoriums in der Verfolgung des zeitlichen Verlaufes der erdmagnetischen Kraft am Orte des Observatoriums selbst und in der Feststellung ihrer Verteilung in der näheren oder weiteren Umgebung desselben. Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch Messung der Variationen mittels Variometern und die Beobachtung von Lokaldifferenzen mittels magnetischer Reiseapparaten. In beiden Fällen wird die Rückführung der gefundenen Werte auf absolutes Maß durch Anschluß an einen möglichst genauen Stationstheodoliten vollzogen. Der Stationstheodolit seinerseits kann entweder in sich oder durch Vergleichung mit einem anderen absoluten Theodoliten geeicht sein.

Nun ist die Eichung eines magnetischen Theodoliten in sich, d. h. die unmittelbare Bestimmung seiner Konstanten in absolutem Maße durch Rückgang auf die Grundeinheiten von Länge, Masse und Zeit ein sehr langwieriges Unternehmen und erfordert neben einem hohen Maß von Sachkenntnis einen solchen Aufwand von instrumentellen Hilfsmitteln, daß sie nur an wenigen Stellen ausführbar ist. Auch scheint dabei nach sorgfältiger Abwägung aller eingehenden

Fehlerquellen gegenwärtig kaum eine Genauigkeit erzielbar zu sein, die 1 auf 6000 übersteigt. Man ersieht hieraus, daß, so notwendig eine möglichst exakte Beziehung auf die Grundeinheiten auch sein mag, zurzeit auf diesem Wege zu einem einheitlichen Maßsystem für erdmagnetische Messungen nicht zu gelangen ist. Hr. L. A. Bauer hat daher vorgeschlagen, durch Vergleiche des großen Wild-Edelmann'schen Theodoliten des Cheltenham-Observatoriums der Coast and Geodetic-Survey mit den Normalinstrumenten der hauptsächlichsten europäischen Observatorien das mittlere Wertenniveau der letzteren auf jenen zu übertragen und den so gewonnenen »internationalen Standard« als maßgebend für alle erdmagnetischen Messungen festzusetzen<sup>1)</sup>. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß dieser Vorschlag, zumal wenn er noch durch die Forderung eines häufigen Vergleichs der Normalinstrumente untereinander ergänzt wird, viel zur Vereinheitlichung der Ergebnisse der erdmagnetischen Messungen beitragen kann.

Sollen solche Vergleiche brauchbar sein, so müssen sie eine höhere Genauigkeit gewähren, als sie die gewöhnlichen Reisetheodolite zu erreichen gestatten. Während bei diesen eine Genauigkeit in der Deklinations- und Inklinationsbestimmung von 2' und eine solche in der Bestimmung der Horizontalintensität von 1 auf 2000 als ausreichend zu erachten ist, muß für die internationalen Vergleiche der Hauptinstrumente der magnetischen Observatorien untereinander eine weit höhere Präzision gefordert werden. Man wird verlangen müssen, daß die Vergleiche von Deklination und Inklination die halbe Minute, und die der Horizontalintensität den 10000sten Teil des relativ gemessenen Wertes richtig ergeben. Dieser Forderung genügen von den bisher erdachten Instrumententypen, soweit es sich übersehen läßt, vornehmlich zwei, nämlich das Reiseinstrument der Carnegie Institution Washington und für die horizontalen Komponenten der Reisetheodolit von Tesdorpf, Stuttgart, der neuerdings von F. Sartorius, vereinigte Werkstätten Göttingen, angefertigt wird. Ausdrücklich zu bemerken ist aber, daß bei diesem Instrument der Aufsatz mit Fadenaufhängung zur Benutzung kommen muß. Letzterer wird in zwei Formen hergestellt, nämlich in der ursprünglichen Tesdorpf'schen von F. Sartorius und in einer durch Anbringung wichtiger Korrektioneinrichtungen verbesserten Form<sup>2)</sup>, früher von der Firma Otto Toepfer & Sohn, Potsdam, jetzt von den Askaniawerken Berlin-Friedenau. In Verbindung mit dem Toepfer'schen Aufsatz gibt das Tesdorpf'sche Reiseinstrument bei Deklinationsbestimmungen eine Genauigkeit von 0'.1—0'.2, bei Bestimmungen der Horizontalintensität eine solche von über 1 auf 10000. Ein Nachteil des Tesdorpf'schen Instrumentes bestand bis vor kurzem darin, daß ihm zur Messung der Inklination nur ein Nadelinklinatorium beigegeben wurde.

Es ist bekannt, daß das Nadelinklinatorium selbst bei sachgemäßer Behandlung Werte der Inklination gibt, die um mehrere Minuten fehlerhaft sein können. Dabei haben diese Fehler zufälligen Charakter, insofern sie in unberechenbarer Weise von der gerade herrschenden Inklination abhängen, so daß es unmöglich ist, aus den auf einer Normalstation beobachteten Korrekturen auf die Korrekturen an Zwischenstationen zu schließen. Auch das bekannte

<sup>1)</sup> L. A. Bauer, *Terrestrial Magnetism*, Vol. XII. 1907, S. 161.

<sup>2)</sup> Venske, *Vergleichende erdmagnetische Messungen in Potsdam und Wilhelmshaven*. Tätigkeitsbericht des Königl. Preuß. Meteorolog. Instituts v. J. 1910. Berlin 1911, S. 142.

Verfahren, die Inklination aus Beobachtungen in verschiedenen Azimuten zu bestimmen, bietet, soweit die Erfahrungen früherer Beobachter reichen, keine Gewähr für eine erhebliche Besserung in den Ergebnissen<sup>1)</sup>. Die Ursache für das wenig befriedigende Verhalten des Nadelinklinatoriums ist eben darin zu suchen, daß weder Achse noch Pfanne der Nadel die vorausgesetzte geometrische Gestalt besitzen. Statt zylindrisch wird man sich die erstere als unregelmäßig polygonal und die letztere anstatt eben als wellig vorzustellen haben. Dabei wird sich die einmal vorhandene Form durch Feuchtigkeit, Staub oder Rost immer wieder verändern. Daß derartige Einflüsse vorhanden sind, davon legt schon die einfache Wahrnehmung Zeugnis ab, die man bei Beobachtungen mit dem Nadelinklinatorium öfters machen kann, daß die Nadel eine doppelte Gleichgewichtslage besitzt. Es erscheint hiernach zweifelhaft, ob es jemals gelingen könnte, die Konstruktion des Nadelinklinatoriums so zu verbessern, daß es genau zu messen gestattet.

Die Sartorius-Werke in Göttingen sind nun dem bezeichneten Mangel des Tesdorpf'schen magnetischen Reise-Theodoliten, der eine Einschränkung seiner Verwendbarkeit bedeutete, begegnet, indem sie nach meinen Angaben einen Mascart-Wild'schen Erdinduktor hergestellt haben, welcher sich als Aufsatz auf dem Unterbau des Theodoliten befestigen läßt. Dieser Induktor wiegt nur 2.3 kg und dürfte den kleinsten überhaupt je angefertigten Erdinduktor darstellen. Bei seiner Konstruktion ist von Magnalium ausgiebiger Gebrauch gemacht worden. Es bestehen das Stativ, der Inklinations-Ring mit H-förmigem Querschnitt und der Spulenträger aus dieser Legierung. Letzterer hat einen äußeren Durchmesser von 6 cm und eine Breite von 4 cm und ist bewickelt mit 4944 Windungen eines 0.3 mm dicken Kupferdrahtes, der einen Widerstand von 110  $\Omega$  besitzt. Der Spulenträger ist in einen rechteckigen Rahmen aus Messing gefaßt, der zwei einander diametral gegenüberstehende Ansätze besitzt, welche die Drehungsachse der Spule bilden. Der eine dieser Ansätze trägt den Kommutator, welcher unverstellbar ist und von dem der Strom durch zwei geschlitzte Lamellen den Anschlußklemmen des Inklinationsringes zugeführt wird, der andere ein konisches Zahnrad, welches, mittels Kurbelgetriebes und biegsamer Welle, durch ein zweites solches Zahnrad, das in einem der horizontalen Zapfen des Inklinationsringes gelagert ist, in Drehung versetzt werden kann. Dieser Zapfen trägt noch einen klemmbaren Arm zur Feinverstellung mittels einer Mikrometerschraube. An dem zweiten horizontalen Zapfen des Inklinationsringes ist ein in  $\frac{1}{3}^\circ$  geteilter 5 cm im Radius messender Teilkreis befestigt, dessen Stellung mittels Lupen an zwei Nonien auf Minuten genau abgelesen wird, während die halben Minuten noch zu schätzen sind. Zwei Verstärkungen des Inklinationsringes, welche um  $90^\circ$  von den Zapfen abstehen, dienen als Muttern für zwei feine durch Gegenmutter gesicherte Schrauben, deren Spitzen in ihnen genau entsprechende Vertiefungen der Spulenchse hineingreifen. Als Nebenapparate sind vorhanden eine Reiterlibelle und ein Setzkompaß mit hochkant stehender Nadel zur Horizontierung und Ausrichtung des Inklinationsringes.

Als Vorteil der geschilderten Anordnung ist die Spitzenlagerung der Spule, die Möglichkeit der Beobachtung in jeder ihrer Lagen und die Gewinnung eines festen Stützpunktes für die biegsame Welle zu betrachten.

<sup>1)</sup> Vergl. Kupffer, Observations Magnetiques. St. Petersburg. 1837.

Zur Strommessung ist ein kleines Permanent-Magnet-Saiten-Galvanometer von Edelman, München, vorgesehen. Zwar hat sich der mitgelieferte Goldfaden von 0.008 mm Dicke wegen seiner zu unsicheren Ruhelage nicht bewährt, desto geeigneter aber erwies sich als strommessendes Organ ein 0.003 mm starker Platinfaden, der sich durch äußerst schnelle und sichere Einstellung auszeichnete. Nur war zu beachten, daß er beim Transport gespannt bleiben mußte und bei der Messung mit dem Magneten in leitende Verbindung zu setzen war. Ein Nachteil, der diesem Strommesser anhaftet, ist sein bedeutendes Streufeld. Nach meinen Versuchen ist dasselbe dadurch zu charakterisieren, daß in 23 cm Entfernung aus erster Hauptlage gerade das horizontale Erdfeld aufgewogen wird. Stellt man also das Instrument so in den magnetischen Meridian des Induktors, daß die Kraftlinien am Orte desselben senkrecht zur Meridianebene verlaufen, so erhält man aus 1.5 m Entfernung nur noch eine Kraftwirkung von 33  $\gamma$ , die aber leicht durch Abschirmung auf die Hälfte ihres Betrages zu vermindern ist. Die Meridianverlegung beträgt dann 3' und die Versetzung der Inklinationsrichtung  $-0'.0003^1)$ , mithin verschwindend wenig. Dieses Ergebnis ist von Wichtigkeit, denn es zeigt, daß in Fällen, wo kein Gehilfe zum Drehen der Spule zur Verfügung steht, dies auch vom Beobachter selbst besorgt werden kann, wofür er zwischen biegsame Welle und Kurbel ein etwa 1 m langes ausgerichtetes Stück eines 2 mm starken Messingdrahtes einschaltet, das dann allerdings leicht gestützt werden muß.

Es konnte zweifelhaft sein, ob ein Instrument, das in seinem Aufbau und in seinen Abmessungen so stark von den bisher vorhandenen Typen abwich, brauchbar sein würde. Ich mußte es daher dankbar begrüßen, daß mir durch die Freundlichkeit der Herren Azpiazu und Gil Gelegenheit geboten wurde, mit dem ersten Exemplar seiner Art einige Beobachtungen anzustellen. Die vorläufige Durchsicht des Instrumentes bezog sich zunächst auf die für die reine Winkelmessung wichtigen Eigenschaften, also auf die Beschaffenheit des Teilkreises, die Orientierung der Spulenaxe senkrecht zur horizontalen Drehungsachse des Inklinationsringes, sowie die der letzteren senkrecht zur vertikalen Drehungsachse des Unterbaues des Theodoliten, und ergab ein zufriedenstellendes Ergebnis. Auch die weitere Prüfung befriedigte. Weder zeigte sich am Kommutator eine störende thermoelektrische Kraft, noch war bei der Drehung der Kurbel ein auf den Inklinationsring ausgeübtes Kippmoment zu bemerken. Übereinstimmend damit ergaben die Beobachtungen, daß die Einstellungen der Spule bei Drehungen im positiven und negativen Sinne einander gleich waren.

Die in der folgenden Zusammenstellung enthaltenen Inklinationsmessungen haben sämtlich im Absoluten Hause des Potsdamer Observatoriums stattgefunden. Als strommessendes Instrument diente bei den beiden ersten ein astatiches Spiegelgalvanometer von O. Plath, Potsdam, bei den übrigen das zu dem Induktor gehörende Saitengalvanometer von Edelman, München. Um konstantere Einstellungen zu bekommen, wurde die Spule vor der eigentlichen Messung, wie es sich auch sonst empfiehlt, eine Minute lang in Drehung erhalten. Beobachtet wurde überwiegend bei »Kommutator unten«, da die Einstellungen bei »Kommutator oben« weniger zuverlässig waren. Zwischen den beiden Lagen »Kreis Ost« und »Kreis West« war ein Unterschied in der beobachteten Inklination nicht mit Sicherheit festzustellen.

<sup>1)</sup> Gültig für mittlere Breiten.

In der Tabelle befindet sich für die Inklination, reduziert auf die Normalstände des Kontrollsystems, unter »beob.« der Wert, den die Beobachtung mit dem neuen Reiseinduktor ergab, und unter »berechnet« der, welcher aus den

Vergleichende Messungen der Inklination mit kleinem Reise-Erdinduktor von F. Sartorius, Göttingen.

Datum	G. Zeit	Inklination		
		beob.	berechnet	Korrektion
1922 Februar 1	0 <sup>37</sup> p— 1 <sup>10</sup> p	66 <sup>0</sup> 41.4	66 <sup>0</sup> 38.2	— 3.2
» 2	1 <sup>1</sup> p— 1 <sup>31</sup> p	40.6	38.2	— 2.4
» 13	10 <sup>36</sup> a— 11 <sup>6</sup> a	40.4	38.2	— 2.2
März 13	11 <sup>40</sup> a— 0 <sup>55</sup> p	41.8	38.3	— 3.5
» 17	0 <sup>20</sup> p— 1 <sup>19</sup> p	41.9	38.3	— 3.6

Ablesungen an den Kurven des Potsdamer Magnetographen folgte. Wie ersichtlich, gibt der Reiseinduktor die Inklination um 3' zu groß an. Man kann hierfür einen Eisengehalt des Stativs verantwortlich machen. Ein solcher muß bei den kleinen Abmessungen besonders stark in die Erscheinung treten.

Ferner ergibt sich formell, daß der mittlere Fehler einer Inklinationsbestimmung mit dem Reiseinduktor 0'.6 beträgt. In Erwägung aber des Umstandes, daß die Inklination den Aufzeichnungen des Magnetographen nur bis auf etwa 0'.2 genau zu entnehmen ist, wird die erreichbare Genauigkeit einer Messung der Inklination mit dem neuen Instrument auf rd. eine halbe Minute zu veranschlagen sein. Dies Ergebnis erscheint nicht ungünstig. Denn die großen Erdinduktoren gewähren auch keine höhere Genauigkeit als eine solche von 0'.1 bis 0'.2.

Bei den mitgeteilten Beobachtungen erkannte ich, daß das neue Instrument hauptsächlich nach zwei Richtungen verbesserungsfähig ist. Einmal könnte die Spule aus noch dünnerem Drahte hergestellt werden, als es geschehen ist. Ferner wäre eine vollkommeneren Spulenlagerung anzustreben. Dies kann so geschehen, daß die Spitzenschrauben aus Hartbronze angefertigt werden und in zwei geeignet ausgearbeitete und in die Enden der Spulenachse eingelassene Quarzlager eingreifen. Sie könnten ferner stärker gesichert werden, indem sie zwei Gegenmuttern erhielten, und die Verstärkungen des Inklinationsringes, in denen sie ihren Sitz haben, mit einer Messingfütterung ausgekleidet würden.

Nach dem Vorhergehenden ist der beschriebene Erdinduktor, der als Ergänzung des Tesdorpf'schen Reisetheodoliten für die Inklinationsmessung gedacht ist, in den Fällen an seinem Platze, wo es bei größerer Genauigkeit auf möglichste Handlichkeit ankommt, also bei Vergleichen zwischen den magnetischen Observatorien als solchen und bei Messungen auf Säkularstationen der Landesaufnahme. Namentlich im letzteren Falle dürfte er sich wegen der geringen Ansprüche, die das Saitengalvanometer an die Aufstellung macht und wegen der weitgehenden Unabhängigkeit desselben von Störungen als nützlich erweisen. Damit wird das Anwendungsgebiet des Nadelinklinatoriums auf diejenigen Vermessungsarbeiten zweiter Ordnung der Landesaufnahme beschränkt, bei denen es weniger auf Feststellung einzelner Werte als auf Erkundung des allgemeinen Verlaufes der isomagnetischen Linien ankommt.

### Zusammenfassung.

Es wird ein dem Tesdorpf'schen Reisetheodoliten angepaßtes Aggregat, bestehend aus Erdinduktor und Saitengalvanometer, beschrieben und seine Leistungsfähigkeit dargelegt. Schließlich wird auf die Verwendbarkeit desselben hingewiesen.

## Zur täglichen Luftdruckschwankung im Südpolargebiet.

Von J. Bartels.

Inhalt: 1. Das Beobachtungsmaterial. 2. Die Berechnungsmethode (Gewichtsmethode). 3. Vergleich der nach der üblichen und nach der Gewichtsmethode erhaltenen Gänge. 4. Möglichkeit systematischer Fälschungen (Ofenheizung, Meereszeiten). 5. Die komplexe Schwankung. 6. Die 24stündige harmonische Welle. 7. Die 12stündige harmonische Welle: a) Reduktion wegen der Meereszeiten. b) Die Polschwingung. 8. Die 8stündige harmonische Welle. — Zusammenfassung. Literatur.

Die tägliche Luftdruckschwankung in den polaren Gebieten ist mehrfach untersucht worden. Den Anstoß dazu gab der Nachweis der nach Weltzeit ablaufenden halbtägigen »Polschwingung« in Richtung der Meridiane. Auch vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zu dieser Frage enthalten; darüber hinaus sollen aber auch die komplexe Luftdruckschwankung an einzelnen Südpolarstationen und ihre 24- und 8-stündigen Komponenten behandelt werden. Über letztere war bisher nur wenig bekannt; man hielt sie allgemein wegen der kurzen Beobachtungszeiten mit Recht für zu unsicher. Mit Hilfe eines neuen Rechenverfahrens habe ich für zwei Stationen: die Winterstation des »Gauß« 1902—1903 und Framheim (Überwinterungsstation Roald Amundsens 1911—1912, südlichste feste meteorologische Station der Erde) wesentlich verbesserte Resultate abgeleitet, die die wertvollen Beobachtungsreihen auch für die Untersuchung der ganz- und dritteltägigen Schwankung verwendbar machen.

### 1. Beobachtungsmaterial.

Winterstation des »Gauß«:  $66^{\circ} 2' 9''$  S,  $89^{\circ} 38'.0$  E. Februar 1902 bis Februar 1903. Literatur (16)<sup>1)</sup>. Barograph Fueß, 7tägiger Umlauf. Durchschnittliche Abweichung von gleichzeitiger direkter Augenablesung am Quecksilber-Barometer  $\pm 0.2-0.3$  mm.

Framheim:  $78^{\circ} 38'$  S,  $163^{\circ} 37'$  W. April 1911 bis Januar 1912. Literatur (17). Barograph Richard, kleines Modell; 7tägiger Umlauf; Ordinate 1 mm  $\infty$  1 mm, Abszisse 2 Stunden  $\infty$  3 mm.

Snow Hill:  $64^{\circ} 21' 54''$  S,  $56^{\circ} 59' 45''$  W. März 1902 bis November 1903. Literatur (6).

Kerguelen:  $49^{\circ} 25' 11''$  S,  $69^{\circ} 53'.3$  E. Januar 1902 bis Februar 1903. Literatur (16). Barograph Fueß.

Andere Stationen in Tabelle 6.

<sup>1)</sup> Die kursiv gesetzten Zahlen verweisen auf das Literaturverzeichnis am Schluß.

## 2. Die Berechnungsmethode (Gewichtsmethode).

Es ist im allgemeinen nicht üblich, die tägliche Luftdruckschwankung für Stationen in höheren Breiten aus einjährigen Reihen abzuleiten, weil dabei die großen unperiodischen Schwankungen nur ungenügend eliminiert werden. An der Gauß-Station betrug z. B. im Jahresmittel die mittlere unperiodische tägliche Amplitude des Luftdrucks 6.25 mm, die mittlere periodische Amplitude dagegen 0.26 mm, also nur  $\frac{1}{24}$  der unperiodischen; es ist deshalb von vornherein anzunehmen, daß die Monatsmittel des täglichen Ganges noch stark gefälscht sein werden. Das zeigt schon eine rohe Überschlagsrechnung, ähnlich wie sie Chapman (8) bei der Berechnung mondtäglicher Luftdruckgänge anwandte: Schätzt man bei einer mittleren unperiodischen Amplitude von 6 mm die mittlere (quadratisch berechnete) Abweichung eines Stundenwertes vom Tagesmittel auf  $\sqrt{3} = 1.7$  mm (einem linearen Gange entsprechend), so müßte diese im Mittel von 30 Tagen sich erst auf  $1.7 : \sqrt{30} = 0.31$  mm reduzieren; der im Durchschnitt verbleibende Rest der unperiodischen Schwankung würde also die periodische Schwankung ganz verdecken. Die sogenannte Lamontsche Korrektion (10, S. 772 f.), durch die der fortschreitende Gang eliminiert wird, kann starke Krümmungen nicht ausmerzen, so daß z. B. eine Mittags vorbeiziehende Depression von 12 mm Tiefe im Monatsmittel des täglichen Ganges noch als Beule von 0.40 mm erscheint. Dadurch werden die Gänge derartig entstellt, daß die Lage der Extreme beinahe regellos von Monat zu Monat schwankt.

Ich habe die Gewichtsmethode, bei der die Mängel der gewöhnlichen Mittelbildung vermieden werden, bereits an anderer Stelle kurz beschrieben (4, S. 156 f., f), g)). Es sei deshalb nur der einfache Grundgedanke durch eine Analogie verdeutlicht: Wird z. B. in der Geodäsie ein Winkel mehrfach gemessen, etwa mit verschiedenen Instrumenten oder von verschiedenen Beobachtern, so wird bei jedem Beobachtungssatz  $v$  für den Winkel ein Wert  $w_v$  gewonnen, dessen Unsicherheit zahlenmäßig durch den mittleren Fehler  $m_v$  ausgedrückt wird. Will man nun alle Beobachtungen benutzen, um den wahrscheinlichsten Wert  $W$  des Winkels zu ermitteln, so wird man nicht einfach das gewöhnliche arithmetische Mittel der  $w_v$  bilden, sondern wird versuchen, die durch einen kleineren mittleren Fehler  $m_v$  als zuverlässiger gekennzeichneten Werte  $w_v$  stärker zu berücksichtigen. Das geschieht nach der Theorie der Beobachtungsfehler am besten, wenn man jedem Werte  $w_v$  ein Gewicht

$$p_v = \frac{\mu^2}{m_v^2} \cdot \dots \dots \dots (1)$$

erteilt, wobei  $\mu$  eine beliebige Konstante ist, und setzt:

$$W = \frac{\sum p_v w_v}{\sum p_v} \cdot \dots \dots \dots (2).$$

Das Gewicht des Mittels  $W$  ist dann  $P = \sum p_v$ , und sein mittlerer Fehler ergibt sich aus

$$P = \frac{\mu^2}{M^2} \quad \text{zu} \quad M = \frac{\mu}{\sqrt{P}} \cdot \dots \dots \dots (3).$$

Übertragen wir diese Überlegung auf die Berechnung der täglichen Luftdruckschwankung: jeder Tag mit seinen 24 Stundenwerten liefert einen Wert  $w_v$  für den periodischen täglichen Gang, der durch die Überlagerung des unperiodischen Ganges mit einem großen »Fehler«  $m_v$  behaftet ist. Es war zunächst

zu überlegen, was als »mittlerer Fehler  $m_v$ « anzusetzen wäre; natürlich mußte dieses an sich willkürliche Maß so definiert werden, daß bei der praktischen Durchführung jeder Tag völlig objektiv bewertet werden konnte. Aus verschiedenen Gründen wurde  $m_v$  gleich dem quadratisch gebildeten Mittel der Differenzen der aufeinanderfolgenden, vom fortschreitenden Gang befreiten Stundenwerte gesetzt. Berechnet man daraus die Gewichte  $p_v$  und mit deren Hilfe das Monatsmittel, so gibt das Gewicht  $P = \sum p_v$  des Monatsmittels die im mittleren täglichen Gang zu erwartende mittlere Änderung  $M_e$  von Stunde zu Stunde. Berechnet man weiter aus dem erhaltenen mittleren täglichen Gang die wirkliche mittlere Änderung  $M_w$  von Stunde zu Stunde, so gibt ein Vergleich von  $M_e$  und  $M_w$  ein Urteil darüber, wie weit die Hypothese zutrifft, daß die stündlichen Änderungen an den einzelnen Tagen sich wie zufällige Fehler verhalten, also das Fehlerfortpflanzungsgesetz befolgen; ein Überschuß von  $M_w$  über  $M_e$  wird »systematische Fehler«, d. h. einen periodischen täglichen Gang andeuten. Ich habe deshalb die Größe

$$J = 100 \cdot \frac{M_w - M_e}{M_e} \dots \dots \dots (4),$$

den prozentischen Überschuß von  $M_w$  über  $M_e$ , als »Periodenindex« bezeichnet; positives Vorzeichen deutet auf eine reelle Periode. — Inbezug auf weitere Einzelheiten, insbesondere die Klasseneinteilung der Gewichte und die Notwendigkeit einer mehrfachen Berechnung mit verschiedenen Tagesanfängen vergleiche man die Dissertation.

Die Methode wurde auf die Beobachtungen an der Winterstation des »Gauß« und zu Framheim angewandt. Die Monatsmittel der Gänge wurden zum Schluß, unter Berücksichtigung ihrer Gewichte, von Monat zu Monat nach der Formel

$$\bar{b} = \frac{p_1 a + 2 p_2 b + p_3 c}{p_1 + 2 p_2 + p_3} \dots \dots \dots (5)$$

ausgeglichen, die der üblichen  $(a + 2b + c) : 4$  nachgebildet ist; innerhalb der Gänge selbst, also von Stunde zu Stunde, wurde dagegen nicht ausgeglichen, um nicht abzuflachen.

### 3. Vergleich der nach der üblichen und nach der Gewichtsmethode erhaltenen Gänge.

Bevor auf die Ergebnisse der Rechnung sachlich näher eingegangen werden soll, seien sie kurz in methodischer Hinsicht untersucht. Es stehen dazu für jeden Monat folgende vier Arten von täglichen Gängen zur Verfügung:

- a) die nach der Gewichtsmethode berechneten, noch unausgeglichenen,
- b) die aus den Gängen a) durch Ausgleichung nach Formel (5) hervorgehenden,
- c) die üblichen Gänge, die nur mit der Lamontschen Korrektur versehen sind; sie sind aus den in 1) angegebenen Werken entnommen,
- d) die Differenzgänge, entstanden durch Subtraktion der Gänge b) von den Gängen c).

In dieser Arbeit seien nur die endgültigen Gänge b) gegeben (vergl. später Tabelle 2—4); eine ausführliche Gegenüberstellung der vier Arten von Gängen mit Einschluß der harmonischen Analyse findet sich in der Dissertation

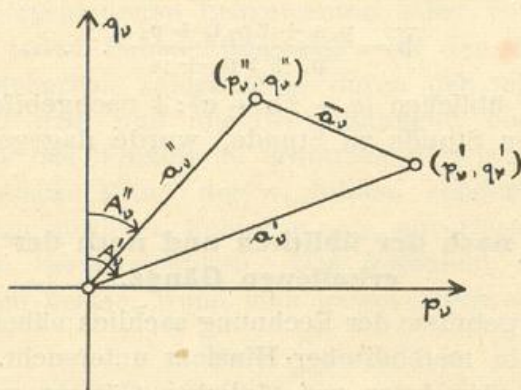
(2, Tab. 1—6, 8). Hier seien in Tabelle 1 nur gewisse charakteristische Mittelwerte gegeben. Zu erklären bleibt noch der »Zusammenhangsindex  $Z$ «, eine nur für diesen methodischen Zweck eingeführte Hilfsgröße: Man bilde die Differenzen der Gänge aufeinanderfolgender Monate (»Zwischen-Monatsgänge«, nicht zu verwechseln mit den Gängen  $d$ ) und berechne für sie und für die Monatsgänge selbst den Durchschnitt der absolut genommenen Abweichungen vom Mittel (»mittlere Ordinate«, wie sie Hann stets angab, z. B. 13, S. 465 ff.). Der Quotient der mittleren Ordinaten  $O_{zw}$  der Zwischenmonatsgänge und  $O_m$  der Monatsgänge ist der Zusammenhangsindex  $Z = O_{zw} : O_m$ . Je größer er ist, um so unregelmäßiger verlaufen die täglichen Luftdruckgänge, was einen größeren Anteil entstellender unperiodischer Schwankungen vermuten läßt. Bei der Anwendung auf harmonische Komponenten wird die Bestimmung von  $Z$  besonders bequem auf graphischem Wege: Die Amplituden der Zwischenmonatsgänge sind im Vektordiagramm der betreffenden Welle einfach gleich den Verbindungsstrecken der Punkte, die die Monatsgänge darstellen, wie leicht einzusehen. (Über das Vektordiagramm vergl. 4, auch Abschnitt 7b) vorliegender Arbeit.) Es läßt sich zeigen, daß der Wert von  $Z$ , der nach Definition zwischen 0 und 2 liegt, bei rein zufälliger Anordnung der Gänge den Wert  $\frac{4}{\pi} = 1.27$  übersteigt;

$$Z < 1.27 \dots \dots \dots (6)$$

deutet also im allgemeinen auf eine systematische tagesperiodische Schwankung, die sich von Monat zu Monat nur wenig ändert.

Beweis: Die  $\frac{1}{\nu}$ -tägige Schwankung sei in der Hannschen Bezeichnung dargestellt durch

$$p_\nu \cos \nu t + q_\nu \sin \nu t = a_\nu \sin(\nu t + A_\nu) \dots \dots \dots (7)$$



wo  $t$  von Mitternacht zu Mitternacht von  $0-360^\circ$  wächst. Die Komponenten zweier aufeinanderfolgender Monate seien  $(p'_\nu, q'_\nu)$  und  $(p''_\nu, q''_\nu)$ ; die Differenz (der Zwischenmonatsgang) hat demnach die Komponenten  $(p''_\nu - p'_\nu, q''_\nu - q'_\nu)$ , und die harmonische Amplitude wird (vergl. die Figur; wir lassen den Index  $\nu$  fort):

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{a'^2 + a''^2 - 2 a' a'' \cos(A' - A'')} = \sqrt{(a' - a'')^2 + 2 a' a'' (1 - \cos(A' - A''))} \\ &= \sqrt{(a' - a'')^2 + 4 a' a'' \sin^2 [1/2(A' - A'')]} \end{aligned}$$

Nehmen wir  $a' = a'' = a$  an, d. h. daß die Amplituden der Gänge in jedem Monat dieselben sind, so folgt:

$$a = 2 a \left| \sin \frac{A' - A''}{2} \right| = 2 a \sin \frac{|A' - A''|}{2}$$

Für eine völlig ungeordnete Verteilung der Punkte  $(p, q)$ , die ja alle auf dem Kreise mit dem Radius  $a$  liegen, können wir nun einen Mittelwert für  $a$  berechnen. Die Regellosigkeit käme darin zum Ausdruck, daß  $\alpha = |A' - A''|$  alle Werte zwischen 0 und  $2\pi$  mit gleicher Wahrscheinlichkeit annehmen würde; der Mittelwert von  $a$  wäre also

$$\bar{a}_m = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} 2a \sin \frac{\alpha}{2} d\alpha = \frac{4a}{\pi},$$

und damit

$$z_m = \frac{4}{\pi} = 1.27.$$

Es ist leicht einzusehen, daß für  $a' \neq a''$   $\bar{a}$  und damit auch  $Z$  größer werden muß. Denn ist  $a' = a + \varepsilon$ ,  $a'' = a - \varepsilon$ , so wird  $\bar{a}^2 = (a + \varepsilon)^2 + (a - \varepsilon)^2 - 2(a + \varepsilon)(a - \varepsilon) \cos(A' - A'') = 2a^2 - 2a^2 \cos(A' - A'') + 2\varepsilon^2(1 - \cos(A' - A''))$ , also für  $\varepsilon \neq 0$  größer als für  $a' = a'' = a$ . Bei völlig regelloser Verteilung der Punkte  $(p, q)$  über die Ebene ist mithin anzunehmen, daß  $Z$  zwischen 1.27 und 2 liegt, w. z. b. w. — Man muß sich jedoch daran erinnern, daß es sich hier um Mittelwerte von  $Z$  gehandelt hat; in Einzelfällen kann auch bei ungeordneter Verteilung  $Z$  unter 1.27 liegen. Im allgemeinen wird man aber — namentlich bei einer größeren Anzahl von Monaten — eine Verkleinerung von  $Z$  der Existenz einer physikalisch reellen Periode zuschreiben, die sich im Laufe des Jahres nur allmählich ändert.

Tabelle 1 (S. 106) zeigt deutlich die Überlegenheit der Gewichtsmethode über die übliche Methode. Zeile 1 spricht für sich. In Zeile 2 fällt auf, wie stark die Gewichtsmethode die mittleren Ordinaten reduziert, offenbar wegen der vollkommeneren Elimination der unperiodischen Schwankungen. Der durch die Gänge d) dargestellte Rest dieses unperiodischen Anteils in den üblichen Gängen e) ist größer als die gesuchte periodische Schwankung, für die in den ausgeglichenen Gängen b) die beste Annäherung vorliegt. Zeile 3) zeigt, daß namentlich die 24stündige Welle bei dem üblichen Verfahren sehr stark durch unperiodische Einflüsse entstellt ist, wie auch schon an anderer Stelle nachgewiesen wurde (5, S. 57, Anmerk. 1). Selbst im Jahresmittel ergibt die übliche Methode noch eine mindestens doppelt so große Amplitude  $a_1$  als wirklich vorhanden. — Die Zusammenhangsindizes (Zeile 4) zeigen, daß die Verringerung der mittleren Ordinaten durch die Gewichtsmethode tatsächlich nur den unperiodischen Anteil betrifft, da die Restgänge d) die größten Werte haben, während  $Z$  bei a) gegenüber e) verkleinert wird, und zwar unter den theoretischen Grenzwert 1.27; die weitere Verkleinerung bei b) ist natürlich wegen der vorherigen Ausgleichung nicht beweiskräftig. Nur die 8stündige Schwankung scheint nicht reell zu sein, oder vorsichtiger ausgedrückt: Bei der 8stündigen Schwankung überwiegt der unperiodische Anteil noch den vielleicht vorhandenen periodischen Anteil<sup>1)</sup>.

H. Mohn (17. S. 27) versuchte den Fehler der nach der üblichen Methode berechneten Gänge für Framheim auf folgende Weise abzuschätzen: Er berechnete die beiden ersten Komponenten der harmonischen Reihe und verglich den aus diesen allein aufgebauten

<sup>1)</sup> Anschaulich: Der Einfluß der Beobachtungsdauer besteht darin, daß bei zunehmender Länge auch die feinsten Züge des periodischen Ganges immer klarer aus der dicken Polsterung durch die unperiodischen Schwankungen hervortreten; die Gewichtsmethode hat dieselbe Wirkung, indem sie die Tage mit den stärksten unperiodischen Störungen praktisch abdrückt.

täglichen Gang mit dem ursprünglichen. Er fand so den »mittleren Fehler« eines monatlichen Stundenmittels zu  $\pm 0.034$  mm. Natürlich ist dieser Wert viel zu klein, denn er ist nur ein Maß dafür, wie weit der ursprüngliche Gang durch eine harmonische Reihe angenähert werden kann. Diese Frage ist aber ganz unabhängig davon, ob der gefundene Gang den tagesperiodischen mehr oder weniger rein enthält: im Gegenteil: gerade die von uns unter d)

Tabelle 1.  
Zur Kritik der verschiedenen Berechnungsmethoden.

	Gauß-Station				Framheim			
	a) Gew.- Meth.	b) Gew.- Meth. aus- gegl.	c) Übliche Meth.	d) Differ. c) - b)	a) Gew.- Meth.	b) Gew.- Meth. aus- gegl.	c) Übliche Meth.	d) Differ. c) - b)
1 Zahl der Stunden, deren Abweichungen vom Mittel in allen Monaten gleiches Vorzeichen haben . . . . .	2	4	0	0	4	12	3	0
2 Mittlere Ordinaten des komplexen Ganges in $\frac{1}{1000}$ mm								
Monate . . . . .	71	54	125	102	60	55	96	66
Jahreszeiten . . . . .	54	—	90	52	56	—	90	50
Jahr . . . . .	70	—	70	40	50	—	70	30
3 Mittelwerte der Amplituden der harmonischen Komponenten in $\frac{1}{1000}$ mm								
24 stündig { Monate . . . . .	94	69	188	159	78	72	129	83
{ Jahreszeiten . . . . .	74	—	130	84	71	—	120	74
{ Jahr . . . . .	48	—	105	66	61	—	100	45
12 stündig { Monate . . . . .	42	37	51	29	63	62	76	38
{ Jahreszeiten . . . . .	35	—	46	17	64	—	73	30
{ Jahr . . . . .	35	—	43	12	64	—	69	15
8 stündig { Monate . . . . .	19	12	25	20	16	13	—	—
{ Jahreszeiten . . . . .	11	—	19	11	14	—	—	—
{ Jahr . . . . .	8	—	15	8	11	—	—	—
4 Zusammenhangsindizes Z								
Komplexer Gang . . . . .	1.15	0.58	1.38	1.57	0.85	0.39	1.05	1.47
Harmonische Komponenten { 24 stündig . . . . .	1.19	0.63	1.41	1.54	0.72	0.44	1.00	1.38
{ 12 stündig . . . . .	0.96	0.40	1.01	1.44	0.43	0.17	0.84	1.55
{ 8 stündig . . . . .	1.62	0.74	1.35	1.41	1.44	0.64	—	—

Langjährige Reihen zum Vergleich<sup>1)</sup>

	Batavia (40 Jahre)			Paris (25 Jahre)				
	Kom- plex	Harmonische Kompon.		Kom- plex	Harmonische Kompon.			
		24 stdg.	12 stdg.		8 stdg.	24 stdg.	12 stdg.	8 stdg.
Zusammenhangsindizes . . . . .	0.089	0.107	0.065	0.48	0.225	0.33	0.140	0.52

<sup>1)</sup> Ausgangsdaten bei Hann (13, 14, 15).

gefundenen, den unperiodischen Anteil enthaltenden Gänge nähern sich am meisten der Sinusform. (Vergl. das in 4, S. 154 über die trägerischen »glatten Gänge« Gesagte.) In der Tat weichen ja auch die nach der Gewichtsmethode berechneten Gänge a) erheblich von denen Mohns (c) ab.

#### 4. Möglichkeit systematischer Fälschungen (Ofenheizung, Meereszeiten).

Ich möchte noch auf zwei störende Einflüsse aufmerksam machen, die systematischer Natur sind und infolgedessen auch durch die Gewichtsmethode nicht ausgemerzt werden können. Der erste beruht darauf, daß im Zusammenhang mit den Lebensgewohnheiten des Beobachters (Ofenheizung) die Temperatur des Raumes, in dem der Barograph steht, tagesperiodisch schwanken wird. Hat nun der Barograph eine größere unbekannte oder nicht berücksichtigte Temperatur-Korrektur, so wird der tagesperiodische Luftdruckgang im Monatsmittel systematisch gefälscht erscheinen. Auf diese Möglichkeit wies W. Meinardus bei der Bearbeitung der Ergebnisse der Kerguelen-Station 1902–1903 hin (16, Band III, S. 354 f.). Der Barograph hatte dort einen Temperatur-Koeffizienten von  $-0,05 \text{ mm/}^\circ \text{ Celsius}$ , wodurch bei Nicht-Berücksichtigung aus einer Temperatur-Amplitude von  $5^\circ$  schon ein Luftdruckgang von  $0,25 \text{ mm}$  Amplitude vorgetäuscht wurde, also ungefähr ebensoviel, wie der reelle tagesperiodische Gang ausmacht. Auch G. C. Simpson (19, S. 6) erwähnt den Temperatureinfluß. Noch skeptischer war E. Barkow, der auf Grund seiner Erfahrungen auf der »Deutschland«-Expedition alle Barographenaufzeichnungen der Expeditionen für nahezu unbrauchbar zur Bestimmung des täglichen Ganges hielt (nach mündlicher Mitteilung). Daß große Temperaturschwankungen selbst bei stündlichen Augenablesungen des Barometers gefährlich werden können, zeigen die Erfahrungen in Batavia<sup>1)</sup>. A. Crichton Mitchell (Quart-Journ. R. Met. Soc. London, Vol. 50, 1924, S. 135) stellte fest, daß die Luftdruck-Registrierungen in Castle O'er wegen ungenügender Temperatur-Kompensation ganz unzuverlässige tägliche Gänge geben. Hier stand ein Barograph Richard auf einem Kaminsims!

Wie aus den weiter unten mitgeteilten Gängen für die Gauß-Station und Framheim hervorgeht, beseitigt die Regelmäßigkeit der Gänge, insbesondere der zwölfstündigen Schwankung, an beiden Stationen jeden Verdacht einer Fälschung der angedeuteten Art.

Ein zweiter Einfluß könnte von den sonnentägigen Komponenten der Meereszeiten ausgeübt werden, die den Barographen an Bord eines Schiffes die tagesperiodische Änderung seiner Höhe anzeigen lassen. Ich habe darauf an anderer Stelle hingewiesen (3) und gezeigt, daß z. B. die französischen Beobachtungen in Port Charcot (Petermanns-Insel) dadurch beeinflusst wurden. Für Framheim kommen derartige Bedenken wohl nicht in Frage; wegen der Gauß-Station vergl. Abschnitt 7a.

Weniger schädlich scheint mir eine etwas ungenaue Zeitbestimmung (Simpson, 19, S. 6), wie sie bei den Barographen mit wöchentlichem Umlauf unvermeidlich ist, denn sie wirkt wohl hauptsächlich unsystematisch. Indirekt wird das durch Konstanz der Phasenzeit der Halbtagswelle bewiesen.

<sup>1)</sup> Obs. Roy. Met. and Magn. Obs. Batavia 1915, pag. VIII. Das Thermometer zeigt nicht genau die Temperatur des Quecksilbers an, sodaß sich ein anderer periodischer Luftdruckgang ergibt, seitdem das Barometer im Seismographenraum vor Temperaturschwankungen geschützt hängt. Eine Temperaturamplitude von über  $5^\circ$  hatte in den vorangehenden Jahren den Luftdruckgang um mehrere Hundertstel Millimeter entstellt.

### 5. Die komplexe Luftdruckschwankung.

Die nachstehenden Tabellen enthalten den nach der Gewichtsmethode berechneten, von Monat zu Monat entsprechend Formel (5) ausgeglichenen täglichen Gang (Gänge b) in der Bezeichnung von Abschnitt 3). Die entsprechenden Isoplethendiagramme, deren Zeichnung durch den kleinen Zusammenhangsindex ermöglicht wurde, müssen hier leider unterdrückt werden; es ist versucht worden, durch den kleinen Druck der negativen Abweichungen einen isoplethenartigen Eindruck hervorzurufen.

Tabelle 2. Täglicher Gang  
des Luftdrucks an der Winterstation des »Gauß« 1902—1903  
in Abweichungen vom Mittel.

$\varphi = 66^{\circ} 2' 9''$  S,  $\lambda = 89^{\circ} 38'.0$  E.

Einheit:  $\frac{1}{100}$  mm Quecksilber.

	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	He	Wi	Fr	So	Jahr
1 <sup>a</sup>	-5	-3	-4	-5	-8	-9	-8	-6	-8	-11	-10	-9	-3	-7	-6	-13	-7
2	-8	-3	-2	-7	-10	-12	-9	-6	-8	-12	-11	-10	-3	-11	-6	-13	-8
3	-10	-5	-2	-7	-12	-13	-8	-2	-4	-8	-8	-11	-4	-12	-2	-11	-7
4	-8	-6	-1	-2	-10	-14	-6	1	-1	-4	-3	-5	-5	-10	0	-6	-5
5	-5	-4	0	-2	-9	-10	-1	5	1	0	-2	-3	-2	-8	5	-5	-2
6	-2	-1	2	-1	-9	-11	3	10	5	1	3	2	0	-9	8	0	-0
7	5	8	7	-1	-7	-6	7	13	9	5	5	4	8	-7	11	3	4
8	2	4	4	-5	-10	-4	7	12	12	9	7	5	3	-8	12	8	4
9	3	6	5	-5	-9	-3	8	11	9	7	7	4	4	-7	9	7	3
10	2	4	4	-1	-2	3	5	6	7	7	7	4	2	-0	6	8	4
11	2	3	0	-4	-1	3	3	3	4	4	4	4	2	-1	2	5	2
Mtg	-1	-2	-3	-5	-5	-3	-1	3	7	5	2	1	-2	-3	3	3	0
1 <sup>p</sup>	-2	-5	-6	-3	-3	-4	-2	3	7	2	2	0	-4	-2	3	3	-0
2	2	-2	-2	-0	1	-2	-2	3	9	13	9	6	-1	0	2	12	3
3	6	1	-2	1	8	8	3	1	4	8	8	9	1	5	2	10	4
4	2	-4	-4	4	10	7	1	-2	0	5	5	4	-3	8	-2	8	3
5	5	1	2	10	16	13	3	-2	1	6	6	6	1	15	-2	8	6
6	6	4	4	11	16	14	5	-2	-2	2	5	5	3	15	-2	6	6
7	5	4	2	6	11	13	5	-3	-3	1	2	2	3	11	-2	3	4
8	3	1	-0	7	12	13	3	-4	-5	-2	-2	-1	1	12	-3	-2	2
9	6	6	3	8	11	10	-2	-8	-8	-8	-8	-1	6	11	-6	-8	1
10	2	1	-2	2	7	7	-2	-7	-8	-8	-7	-3	1	6	-6	-7	-2
11	-2	-3	-3	1	4	2	-6	-9	-9	-10	-9	-5	-2	2	-7	-9	-4
Mn	-4	-4	-4	-3	-3	-4	-9	-10	-9	-9	-10	-7	-3	-3	-9	-10	-6
M. O.	4	4	3	4	8	8	4	6	6	7	6	5	3	7	5	7	7
J	33	61	18	11	29	28	1	14	24	70	27	25	50	25	11	57	88

Negative Abweichungen vom Mittel sind klein gedruckt. M. O. = Mittlere Ordinate, J = Perioden-Index (§ 2). Römische Zahlen für die Monate. Jahreszeiten südhemisphärisch, z. B. Winter = VI, VII, VIII usw. Mittlere Ortszeit.

Gauß-Station: In allen Monaten nachts von  $11\frac{3}{4}$ p— $3\frac{3}{4}$ a negative Abweichungen vom Tagesmittel. Tagsüber in den hellen Jahreszeiten stets positive Abweichungen, im Winter jedoch nur von 2p—11p. Deutliche (auch im Winter erkennbare) Einschnürung unter Mittag, die von Februar bis September bis zu 0.05 mm unter das Mittel hinabgeht und eine Doppelschwankung verrät, die in mehreren Monaten und auch im Jahresmittel sogar im Vorzeichen der Abweichungen erkennbar wird.

Framheim: Regelmäßigeres Bild als bei der Gauß-Station. Ganz anderer Typus: Vormittags 4<sup>a</sup>–10<sup>a</sup> negativ, nachmittags und nachts meist positiv; Maximum zwischen 2<sup>p</sup> und 3<sup>p</sup>. Die schwache negative Abweichung um 7<sup>p</sup> ruft den Eindruck einer doppelten Schwankung hervor, der auch durch eine kräftige und regelmäßige eintägige Welle in den Monaten November, Dezember, Januar nicht verwischt wird.

Tab. 3. Täglicher Gang des Luftdrucks zu Framheim 1911–12 in Abweichungen vom Mittel.

$\varphi = 78^{\circ} 38' S, 163^{\circ} 37' W.$

Einheit:  $\frac{1}{100}$  mm Quecksilber.

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	He	Wi	Fr	So	Jahr	
1 <sup>a</sup>	7	10	<b>9</b>	3	2	5	3	<b>1</b>	<b>1</b>	0	8	5	4	1	4	1 <sup>a</sup>
2	2	7	<b>8</b>	3	2	4	3	<b>1</b>	<b>1</b>	0	4	4	3	<b>1</b>	3	2
3	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	3	2	<b>1</b>	-1	-1	-1	-0	2	4	-0	-0	2	3
4	-5	-1	0	-1	-2	-6	-7	-6	-6	-6	-4	0	-6	-7	-4	4
5	-13	-8	-3	-2	-4	-9	-14	-12	-9	-8	-11	-2	-13	-8	-8	5
6	<b>-17</b>	<b>-12</b>	<b>-8</b>	<b>-6</b>	<b>-8</b>	<b>-12</b>	<b>-16</b>	<b>-16</b>	<b>-13</b>	<b>-12</b>	<b>-15</b>	-7	<b>-15</b>	<b>-12</b>	<b>-12</b>	6
7	-14	-10	-5	-0	-1	-6	-9	-13	-12	-11	-12	-1	-11	-11	-9	7
8	-13	-12	<b>-10</b>	<b>-7</b>	-10	-13	-10	-10	-9	-7	-12	-8	-13	-7	-10	8
9	-14	<b>-13</b>	<b>-10</b>	<b>-7</b>	<b>-12</b>	<b>-18</b>	-14	-9	-7	-5	-13	<b>-9</b>	-14	-6	-10	9
10	-13	-11	-6	-1	-4	-7	-7	-6	-6	-5	-13	-3	-7	-6	-7	10
11	-0	-2	-2	2	3	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	0	0	-1	1	0	0	0	11
Mtg	-2	-5	-5	-0	2	2	2	5	8	9	-3	-1	2	10	2	Mtg
1 <sup>p</sup>	2	-2	-4	0	3	5	9	14	15	14	1	-1	9	15	6	1 <sup>p</sup>
2	11	5	1	3	4	5	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	9	2	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	2
3	<b>14</b>	8	4	<b>5</b>	5	5	12	17	16	16	<b>12</b>	5	12	16	<b>11</b>	3
4	10	8	4	4	<b>6</b>	5	7	8	8	8	10	5	7	8	8	4
5	6	5	3	3	5	5	4	3	3	5	5	4	5	4	4	5
6	1	-0	-1	-2	-1	2	3	3	3	0	-2	0	-2	4	-1	6
7	1	0	-3	<b>-7</b>	-5	-2	-1	0	-2	-6	0	-5	-1	-4	-2	7
8	3	1	-0	-4	-4	1	2	1	-1	-5	2	-2	1	-3	-0	8
9	3	1	2	0	1	2	1	-1	-1	-1	1	2	1	-1	1	9
10	7	7	6	3	3	5	3	-1	-3	-3	7	5	3	-3	3	10
11	13	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	2	3	3	-1	-2	-1	<b>12</b>	<b>6</b>	2	-1	5	11
Mn	10	10	7	2	2	<b>6</b>	4	0	-1	-2	10	3	4	-2	4	Mn
M. O.	8	6	5	3	4	5	6	6	6	6	7	4	6	6	5	M. O.
J	63	67	36	39	55	63	75	88	86	64	61	53	71	73	160	J

Vergl. Bemerkungen zu Tab. 2.

### 6. Die 24stündige harmonische Welle.

Gauß-Station: In den 4 Jahreszeiten liegt  $A_1$  zwischen  $182^{\circ}$  und  $308^{\circ}$ , d. h. das Maximum zwischen 9<sup>a</sup>.4 (Frühling) und 5<sup>p</sup>.8 (Winter). Im Jahresmittel ist  $A_1 = 240^{\circ}$ ; Max. 2<sup>p</sup>.0. —  $a_1$  ist am größten im Winter (Heizung?!; 0.110 mm) und Sommer (0.102 mm), am kleinsten im Herbst (0.011 mm); im Jahresmittel ist  $a_1 = 0.048$  mm (statt 0.105 mm, wie nach der üblichen Mittelbildung). — Der Zusammenhangsindex (Tabelle 1) ist auch für die Gewichtsmethode noch verhältnismäßig groß:  $Z = 1.15$ , sodaß den einzelnen Monatswerten noch immer nicht zuviel Zutrauen geschenkt werden darf. (Tab. 4, S. 111.)

Nehmen wir mit Hann (13, S. 379, 381) die lokale Bedingtheit der ganztägigen Druckschwankung in höheren Breiten als gesichert an, so erscheint ein Vergleich mit anderen Stationen von Interesse. Die bei der Gauß-Station

vorherrschende Lage von  $A_1$  im dritten Quadranten ist bei den von Hann betrachteten Orten verhältnismäßig selten; nur 6% aller Stationen fallen darunter (13, S. 416). Die Stationen mit ähnlicher Phasenzeit seien hier angeführt, und zwar in der Reihenfolge, wie sie Hann in seiner zitierten Arbeit bringt.

	Breite	Zeit	$a_1$ ( $\frac{1}{1000}$ mm)	$A_1$
Ozeane . . . . .	37°	Jahr	126	254 <sup>0</sup>
Europäisches Nordmeer . . . . .	62°—80° N	VII—VIII	216 <sup>1)</sup>	207
Jan Mayen . . . . .	71° N	Sommer	88	207
		Winter	71	268
		Jahr	63	234
Mittelmeer und Adria . . . . .	37°—42.5 N	Sommer	219—444	280—287
[Kerguelen <sup>2)</sup> . . . . .	49° S	Jahr	113	256 ]
Insel Jersey . . . . .	49° N	Jahr	59	243
Falmouth . . . . .	50° N	Jahr	120	224
San Fernando (Spanien) . . . . .	36 $\frac{1}{2}$ ° N	Jahr	112	253
Petersburg . . . . .	60° N	Jahr	33	237
Helsingfors . . . . .	60° N	Jahr	87	217

Diese Liste, die nur mit Rücksicht auf übereinstimmendes  $A_1$  ausgewählt ist, enthält nur rein ozeanische und Küstenstationen<sup>3)</sup>. Abgesehen von der absoluten Größe ist die Übereinstimmung wohl am deutlichsten mit der von Hann als «Westküste Europas; rein maritime Lage» bezeichneten Stationsgruppe San Fernando, Falmouth, Valentia, bei der, ebenso wie bei Petersburg, auch der Rückgang von  $A_1$  im Winter zu beobachten ist (13, S. 432; 14, S. 364). Wir können demnach zusammenfassen: Die ganztägige Luftdruckschwankung an der Gauß-Station zeigt rein maritimen Charakter, wie ja auch der Lage des Schiffes entspricht.

Framheim:  $A_1$  schwankt in den 4 Jahreszeiten in ähnlichem Sinne wie an der Gauß-Station zwischen 134° und 215°, d. h. das Maximum zwischen 3<sup>p</sup>.7 (Sommer) und 9<sup>p</sup>.0 (Winter); im Jahresmittel ist  $A_1 = 175^\circ$  (Max. 6<sup>p</sup>.4, also 4<sup>h</sup>.4 später als an der Gauß-Station). — Die Amplitude  $a_1$  ist am kleinsten im Winter (0.033 mm), in den übrigen Jahreszeiten annähernd gleich groß (0.077—0.090 mm). Das Jahresmittel  $a_1 = 0.061$  mm ist größer als an der über 12° nördlicher gelegenen Gauß-Station mit 0.048 mm. (Bei der üblichen Lamontschen Methode — Gänge c) — kehrte die unperiodische Schwankung das Verhältnis

<sup>1)</sup> Wohl durch unperiodische Einflüsse vergrößert, nicht, wie Hann meint (13, S. 388), durch die Einwirkung der südlichen oder der Küsten-Stationen.

<sup>2)</sup> Eine Zusammenstellung von W. Meinardus (16, Band III, S. 356) zeigt die schärfsten Widersprüche zwischen den Resultaten der einzelnen Expeditionen auf Kerguelen, was mit Recht auf die großen unperiodischen Schwankungen zurückgeführt wird. Nach den Beobachtungen der Deutschen Südpolar-Expedition ist z. B.  $a_1 = 0.213$  mm,  $A_1 = 137^\circ$ ! Die Kerguelen-Station mit der »ungewöhnlich raschen Aufeinanderfolge hoher Wellenberge und -täler des Luftdrucks« (Meinardus, 16, S. 360) ist wohl eine der ungünstigsten Stationen für die Berechnung der tägl. Luftdruckschwankung.

<sup>3)</sup> In der großen Hannschen Tabelle (13, S. 413 ff.) stören gerade in unserem Falle zwei Druckfehler: Es muß offenbar heißen für  $A_1$ : bei Kimberley (28° 42' S.) 356<sup>0</sup>.7 statt 256<sup>0</sup>.7 (Meteor. Zeitschr. 1915, S. 371); bei S. Paul (44° 58' N) 353<sup>0</sup>.2 statt 253<sup>0</sup>.2 (14, S. 360: »Minnesota«).

gerade um: 0.100:0.105 mm). — Die größere Regelmäßigkeit der Druckschwankung in Framheim zeigt sich auch an dem kleineren Zusammenhangsindex:  $Z = 0.72$  (Tabelle 1).

Tab. 4. Harmonische Analyse der täglichen Luftdruckschwankung.

$$\sum_{\nu=1}^3 (p_{\nu} \cos \nu t + q_{\nu} \sin \nu t) = \sum_{\nu=1}^3 a_{\nu} \sin (\nu t + A_{\nu}).$$

Epoche: Mitternacht nach mittlerer Ortszeit. Einheit:  $1/1000$  mm Quecksilberdruck.

Monat	$p_1$	$q_1$	$p_2^1)$	$q_2^1)$	$p_3$	$q_3$	$a_1$	$A_1$	$a_2^1)$	$A_2^1)$	$a_3$	$A_3$
Winterstation des »Gauß« 1902—03												
März . . .	-29	-38	-20	-33	+14	-6	48	<sup>0</sup> 218	39	<sup>0</sup> 221	16	<sup>0</sup> 114
April . . .	-15	-5	-18	-41	+9	+8	16	251	45	203	12	50
Mai . . .	-9	+11	-29	-27	+5	+9	14	319	39	227	10	28
Juni . . .	+6	-56	-36	-14	-2	-4	57	174	39	249	4	203
Juli . . .	-0	-120	-29	-21	+4	+0	120	180	37	234	4	89
August . . .	-17	-109	-24	-48	+6	+12	110	189	54	206	13	28
September . . .	-47	-5	-40	-37	+10	+4	47	264	55	227	10	67
Oktober . . .	-64	+54	-33	-13	+6	-9	83	310	35	249	11	147
November . . .	-84	+31	-17	-5	+7	-10	90	290	18	253	13	146
Dezember . . .	-91	-6	-29	-3	+13	-6	91	266	29	263	16	116
Januar . . .	-82	-8	-34	-5	+14	-0	83	264	35	261	14	92
Februar . . .	-61	-23	-27	-16	+16	-10	65	250	31	240	19	121
Herbst . . .	-11	-4	-18	-32	+7	-1	11	248	37	208	7	95
Winter . . .	-5	-110	-27	-29	-0	+5	110	182	39	223	5	354
Frühling . . .	-57	+45	-29	-15	+5	-10	72	308	33	243	11	154
Sommer . . .	-98	-26	-31	-8	+20	-0	102	255	32	255	20	91
Jahr . . .	-41	-23	-28	-20	+8	-0	48	240	35	234	8	93

Framheim 1911—12

April . . .	+34	-96	+55	+47	+20	-12	133	<sup>0</sup> 165	72	<sup>0</sup> 50	23	<sup>0</sup> 120
Mai . . .	+54	-61	+41	+48	+19	-0	82	138	63	40	19	91
Juni . . .	+53	-30	+30	+34	+13	+2	61	120	45	41	13	83
Juli . . .	+9	-14	+27	+27	+11	-6	17	148	38	44	13	120
August . . .	+4	-33	+28	+36	+2	-8	33	173	43	38	8	165
September . . .	+21	-64	+42	+37	-2	-4	68	162	57	48	4	201
Oktober . . .	-4	-82	+51	+44	+6	-8	83	183	67	49	10	143
November . . .	-44	-84	+50	+58	-3	-10	91	202	77	41	10	200
Dezember . . .	-44	-69	+49	+60	-4	-14	82	213	77	39	15	196
Januar . . .	-47	-57	+50	+59	+4	-17	74	219	77	40	18	168
Herbst . . .	+39	-81	+50	+49	+23	-10	90	154	70	46	25	113
Winter . . .	+24	-23	+25	+29	+9	-6	33	134	39	41	11	124
Frühling . . .	-1	-84	+49	+52	+2	-5	84	181	71	44	6	159
Sommer . . .	-44	-62	+50	+59	-0	-16	77	215	77	40	16	181
Jahr . . .	+6	-60	+42	+48	+5	-10	61	175	64	42	11	152

1) Werte nach den Barogrammen; die endgültigen, wegen der Meereszeiten korrigierten Werte für die Gauß-Station vergl. Tab. 5.

Aus der Hannschen Abhandlung (13) seien wieder die Orte mit ähnlicher Phasenzeit aufgeführt (aus der vorigen Liste kämen noch die 2. und 3. Station in Frage):

	Breite	Zeit	$a_1$ ( $\frac{1}{1000}$ mm)	$A_1$
Weddell-See (Scotia). . . . .	64° S	Sommer	140	168°
Süd-Orkneys . . . . .	61° S	Jahr	84	179
Ponta Delgada . . . . .	38° N	XI—II	43	80
		V—VIII	141	195
		Jahr	60	179
Amsterdam . . . . .	52° N	Jahr	107	176
Dublin . . . . .	53 $\frac{1}{2}$ ° N	Jahr	10	151
Glasgow . . . . .	56° N	Jahr	111	165 <sup>1)</sup>
Aberdeen . . . . .	57° N	Jahr	93	165 <sup>1)</sup>

Auch diese Orte sind maritim, wenn auch nicht so ausgesprochen wie die der Gauß-Station entsprechenden. Vielleicht kann man — analog der Bemerkung von Hann über Ponta Delgada (13, S. 401) — folgendes sagen: Die ganztägige Luftdruckschwankung zu Framheim zeigt maritimen Charakter; dieser ist jedoch im Winter weniger ausgeprägt als im Sommer. Der Grund dafür könnte in der stärkeren Eisbedeckung des angrenzenden Roßmeeres in der kalten Jahreszeit gesucht werden. Übrigens zeigt Petersburg dieselbe Erscheinung (14, S. 364).

Zum Vergleich seien diejenigen beiden Südpolar-Stationen herangezogen, die ähnlich lange Reihen aufweisen, wenn auch deren nach der üblichen Methode berechneten Gänge nicht denselben Grad der Sicherheit erreichen wie die zuletzt behandelten; Lage in Tabelle 6.

Mac-Murdo-Sund (20): Die Jahreszeitenwerte sind nicht direkt vergleichbar, weil Simpson sie dem Sonnenstande anpaßt, also z. B. den Sommer von November bis Januar rechnet (statt von Dezember bis Februar). Immerhin läßt sich daraus erkennen, daß die Größenordnung und sogar der jährliche Gang der Amplituden und Phasenzeiten dieselben sind wie bei Framheim. Der soeben erklärte Rückgang von  $A_1$  im Winter ist hier noch schärfer ausgeprägt (von 248° im Sommer auf 113° im Winter). Jahresmittel:  $A_1 = 204^\circ$  (Max. 4<sup>p.4</sup>),  $a_1 = 0.051$  mm.

Snow Hill (6): Abweichend: Jahresmittel  $a_1 = 0.083$  mm,  $A_1 = 128^\circ$  (Max. 9<sup>p.5</sup>); tagsüber unter, nachts über dem Mittel, also »kontinental«. Jedoch sehr große jahreszeitliche Unterschiede, die offenbar unperiodischer Natur sind, wie an den beiden ganz entgegengesetzten Wintern 1902 und 1903 zu ersehen; daher Zweifel an der Realität berechtigt.<sup>2)</sup>

## 7. Die 12stündige harmonische Welle.

a) **Reduktion wegen der Meereszeiten.** Kurz vor Abschluß dieser Arbeit wurden mir die Ergebnisse der harmonischen Analyse der Meereszeiten an der Gauß-Station bekannt<sup>3)</sup>; es war mir deshalb noch möglich, die Luftdruckschwankung entsprechend zu korrigieren. Die reinen Mondtiden ( $M_2$ ,  $N_2$ ,  $O_1$ ,  $Q_1$ )

<sup>1)</sup> Aber jährlicher Gang von  $A_1$  entgegengesetzt!

<sup>2)</sup> Von der planetarischen ganztägigen Welle, die R. Spitaler behauptete, habe ich natürlich nichts gefunden (Annalen der Hydrographie, Bd. 49, 1921, S. 230—31; Erwidernungen Bd. 50, 1922, S. 22—26, 322—330).

<sup>3)</sup> Für die freundliche Mitteilung der noch unveröffentlichten Daten (die im Expeditions-werk erscheinen werden) bin ich Herrn Dr. K. Hessen (Wilhelmshaven) zu herzlichem Dank verpflichtet.

kommen nicht in Betracht, da sie sich im Monatsmittel bis auf einen unwesentlichen Rest wegheben. Ferner wurde auf eine Reduktion der 24stündigen Welle verzichtet, da die Korrektur im Vergleich zur Unsicherheit der 24stündigen Luftdruckwelle nur unwesentlich ist;  $K_1$ , die eintägige Mondsonnentide, hat nur 16 cm Amplitude, entsprechend einer Luftdruckamplitude von 0.016 mm, und die für das Jahresmittel allein in Betracht kommende Sonnentide  $P_1$  hat gar nur 6 cm Amplitude ( $\sim 0.006$  mm). Zu berücksichtigen sind also nur  $S_2$  und  $K_2$ , für die nach K. Hessen gilt:

Formel für den Wasserstand  $h_t$  zur Sonnenstunde  $t$ , am 27. Juni 1902 0<sup>h</sup> mittags mittlerer Ortszeit beginnend, bezogen auf mittleres Meeresniveau:

$$S_2 \text{ Halbtägige Hauptsonnentide } h_t = 12 \text{ cm} \cdot \cos(30^\circ.0000 \cdot t - 101^\circ),$$

$$K_2 \text{ Halbtägige Mondsonnentide } h_t = 2.5 \text{ cm} \cdot \cos(30^\circ.0821 \cdot t - 251^\circ).$$

Die Phase von  $K_2$  wurde jeweils für die Monatsmitte berechnet; die Abflachung der Amplitude wurde berücksichtigt, indem diese zu rund 2 cm angenommen wurde. Dann wurden  $S_2$  und  $K_2$  in der Form  $a_2 \cdot \cos 30^\circ.t + b_2 \cdot \sin 30^\circ.t$  für jeden Monat zusammengefaßt; diese Werte in Millimeter Höhe, durch die Zahlen  $f$  in der ersten Spalte von Tabelle 5 dividiert, geben die Korrekturen  $\Delta p_2$  und  $\Delta q_2$  in  $1/1000$  mm Druck, die zu den Komponenten  $p_2, q_2$  der halbtägigen Druckschwankung hinzuzufügen sind. Die  $f$  bedeuten dabei die barometrische Höhenstufe, d. h. die einer Druckdifferenz von 1 mm entsprechende Höhendifferenz in Metern; sie sind nach der üblichen Formel (Hann, 10, S. 172) aus den von W. Meinardus (16) mitgeteilten Monatsmitteln von Druck und Temperatur berechnet.

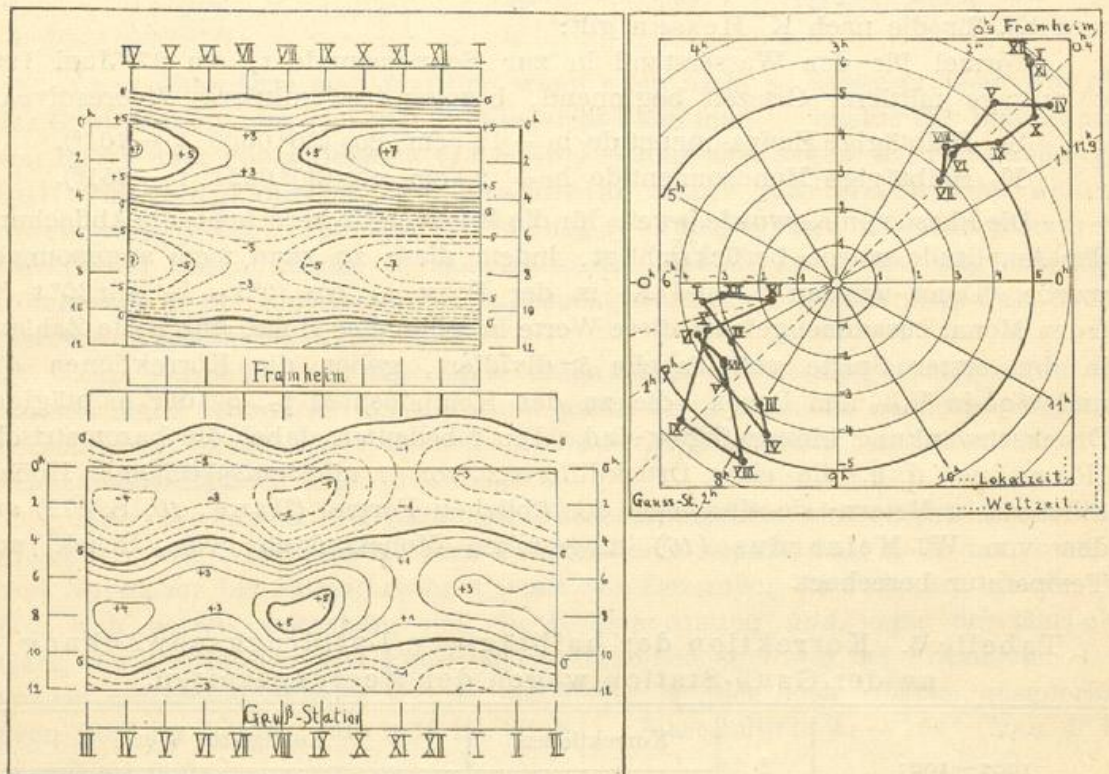
Tabelle 5. Korrektur der halbtägigen Luftdruckschwankung an der Gauß-Station wegen der Meereszeiten.

1902—1903	f	Korrekturen		Korrigierte Werte			
		$\Delta p_2$	$\Delta q_2$	$p_2$	$q_2$	$a_2$	$A_2$
		$1/1000$ mm		$1/1000$ mm			
März . . . . .	10.5	— 2	+ 13	— 22	— 20	30	228 <sup>0</sup>
April . . . . .	10.2	0	+ 13	— 18	— 28	33	213
Mai . . . . .	10.3	0	+ 11	— 29	— 16	33	241
Juni . . . . .	10.1	— 2	+ 10	— 38	— 4	38	264
Juli . . . . .	10.1	— 4	+ 11	— 33	— 10	35	253
August . . . . .	10.0	— 4	+ 13	— 28	— 35	46	219
September . . . . .	10.1	— 2	+ 14	— 42	— 23	48	241
Oktober . . . . .	10.3	0	+ 12	— 33	— 1	33	268
November . . . . .	10.5	0	+ 10	— 17	+ 5	18	286
Dezember . . . . .	10.8	— 2	+ 9	— 31	+ 6	32	281
Januar . . . . .	10.8	— 4	+ 10	— 38	+ 5	38	277
Februar . . . . .	10.7	— 4	+ 12	— 31	— 4	31	263
Herbst . . . . .				— 23	— 21	31	228
Winter . . . . .				— 33	— 16	37	244
Frühling . . . . .				— 31	— 6	32	259
Sommer . . . . .				— 33	+ 2	33	273
Jahr . . . . .				— 30	— 10	32	252

Das Ergebnis ist: Die Amplitude  $a_2$  wird von 0.035 auf 0.032 mm verringert; das Maximum tritt früher ein, um 6<sup>h</sup>.6 Ortszeit statt um 7<sup>h</sup>.2. Beides ist auch

anschaulich klar, da nach  $S_2$  Hochwasser (und damit eine Druckverminderung) um  $3^h.4$  eintritt, wodurch das Maximum verspätet registriert wurde.

**b) Die Polschwingung.** Schon aus den kleinen Zusammenhangsindizes (Tabelle 1) geht hervor, wieviel regelmäßiger die 12stündige Welle sich im Vergleich zur 24stündigen Welle von Monat zu Monat ändert. Noch deutlicher zeigt sich das in der beigegebenen Figur.<sup>1)</sup>



Zwei Darstellungen der Veränderung der halbtägigen Luftdruckschwankung im Laufe des Jahres an der Gauß-Station und zu Framheim.

Links: Isoplethendiagramm. Isoplethen im Abstände von 0.01 mm; negative Abweichungen gestrichelt. Mittlere Ortszeit. Entsprechende Monate sind übereinander gezeichnet.

Rechts: Vektordiagramm ( $p_2, q_2$  als rechtwinklige Koordinaten). Einheit: 0.01 mm. Die Punkte mit den römischen Ziffern bedeuten die Monatswerte, die Zahlen am inneren Rand die Zeit des Maximums nach mittlerer Ortszeit, am äußeren Rand nach Greenwichzeit.

In den Isoplethendiagrammen veranschaulicht die Nulllinie die Schwankungen der Phasenzeit; diese verändert sich im Laufe des Jahres bei der Gauß-Station um höchstens  $60^\circ \sim 2$  Stunden, bei Framheim sogar nur um  $12^\circ \sim 24$  Minuten. Aus beiden Darstellungen geht hervor, daß die Phasenzeiten bei beiden Stationen nach Ortszeit fast entgegengesetzt sind, nach Greenwichzeit dagegen überraschend gut zusammenfallen. (Maxima im Jahresmittel nach Ortszeit Gauß-

<sup>1)</sup> Die Figur war für die Gauß-Station noch auf Grund der unreduzierten Daten aus Tabelle 4 gezeichnet. Das ist aber hier belanglos, da die Figur vor allem den jährlichen Verlauf veranschaulichen soll und die Korrektur im Jahre fast konstant ist. Sonst sind im Text überall die reduzierten Werte aus Tabelle 5 benutzt.

Station 6<sup>h.6</sup>, Framheim 1<sup>h.6</sup><sup>1)</sup>, nach Greenwichzeit Gauß-Station 0<sup>h.6</sup>, Framheim 0<sup>h.5</sup>, also nur 6 Minuten Differenz!). Diese gute Übereinstimmung wurde durch die Korrektur wegen der Meereszeiten erreicht, ein Beweis für die Richtigkeit des Grundgedankens; denn nach den unreduzierten Werten tritt an der Gauß-Station das Maximum erst um 1<sup>h.2</sup> Greenwichzeit ein. — Die Amplitude  $a_2$  ist in dem fast 13° südlicher gelegenen Framheim mit 0.064 mm doppelt so groß als an der Gauß-Station mit 0.032 mm.

Der jetzige Stand unserer Vorstellungen über die halbtägige Luftdruckschwankung in den polaren Gebieten ist kurz folgender: Nachdem Ad. Schmidt 1890 (18) aus theoretischen Gründen und W. Greely (9) bei der Bearbeitung der Beobachtungen der Lady Franklin Bay-Expedition 1881–83 die Existenz einer halbtägigen Luftdruckschwankung in Richtung der Meridiane wahrscheinlich gemacht hatten, gelang es E. Alt 1909 (1), aus den Beobachtungen von 19 Stationen nördlich von 70° Breite die Vorstellung der »Pol«- und »Margules«-Schwingung als Komponenten der halbtägigen Luftdruckschwankung völlig zu sichern; die Einwände Börnsteins (7) sind wohl nicht stichhaltig. Neuerdings hat G. C. Simpson (19) das Problem wieder aufgegriffen, und zwar im Zusammenhang mit der Bearbeitung der Beobachtungen im Mac-Murdo-Sund, die er bei der letzten Expedition Scotts 1910–1913 anstellte. Eine eingehende Untersuchung der Daten über die halbtägige Luftdruckschwankung auf der Nordhalbkugel ergibt: Die beobachtete Schwankung ist zusammengesetzt aus zwei verschiedenen Schwingungen, der bekannten, nach Lokalzeit  $x$  (in Winkelmaß) erfolgenden »Äquatorschwingung« (von Alt »Margules«-Schwingung« genannt) längs der Parallelkreise:

$$b \cdot \sin(2x + B)$$

und einer nach Universal-(Greenwich-)Zeit  $X = x - \lambda$  ( $\lambda$  = östliche Länge) ablaufenden »Polschwingung« längs der Meridiane:

$$c \cdot \sin(2x - 2\lambda + C).$$

Die Konstanten sind ( $\varphi$  = Breite):

$$b = 0.937 \cdot \cos^3 \varphi; \quad B = 154^\circ (\sim \text{Max. der Margulesschwingung um } 9^{\text{h.9}} \text{ Ortszeit}),$$

$$c = 0.137 \cdot (\sin^2 \varphi - 1/3); \quad C = 105^\circ (\sim \text{Max. d. Polschwingung um } 11^{\text{h.5}} \text{ Greenwichzeit}).$$

Die daraus berechneten theoretischen Gänge stimmen gut mit den beobachteten überein, wie zwei anschauliche Karten beweisen; die eine, von G. C. Simpson (19), enthält die »Vektorlinien«<sup>2)</sup> der halbtägigen Schwankung, die zweite, von F. J. W. Whipple (21), die Isochronen der Maxima. — Mit

<sup>1)</sup> Wenn hier immer vom »Jahresmittel« Framheim die Rede ist, so wird stillschweigend angenommen, daß die beiden fehlenden Monate Februar und März nicht zu sehr vom Durchschnitt der übrigen 10 Monate abweichen. Ein Vergleich mit den anderen Südpolarstationen (Mac-Murdo-Sund, Snow Hill, Gauß-Station) zeigt, daß diese Annahme berechtigt ist.

<sup>2)</sup> F. J. W. Whipple (21) deutet die Vektorlinien anschaulich so: Legt man eine kleine Uhr mit der XII nach oben auf die Karte und stellt den Stundenzeiger tangential zu den Vektorlinien, so zeigt sie überall die Stunde maximalen Druckes nach Ortszeit. — Da das erste Maximum der 1/2-tägigen Welle mit der Phase  $A_2$  um  $[(90 - A_2) : 30]$  Uhr eintritt, so erreicht man das, wenn man, entgegen dem üblichen Schema, im Vektordiagramm  $p_2$  nach oben,  $q_2$  nach rechts abträgt. In unserer Figur ist dagegen ein gewöhnliches Koordinatensystem ( $p_2$  nach rechts,  $q_2$  nach oben) angewandt; ich möchte es beibehalten, da bei  $v \neq 2$  sowieso die besprochene Möglichkeit der Deutung aufhört.

diesen Koeffizienten, die aus Werten von der Nordhalbkugel abgeleitet sind, berechnete Simpson (20, S. 183) die Konstanten für 6 Südpolarstationen; diese stimmen jedoch mit den Beobachtungen nur hinsichtlich der Phasenzeit überein, während die Amplituden zu groß errechnet werden. Im Anschluß an die Simpsonschen Tabellen seien hier die Werte wiedergegeben in Tabelle 6, ergänzt durch die verbesserten Werte für Framheim und die Gauß-Station, sowie einige südamerikanische Stationen (letztere nach Hann, 11, 12).

Tab. 6. Konstanten der halbtägigen Luftdruckschwankung an einigen Südpolarstationen.

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	Breite		Länge		Meereshöhe	Zahl der Jahre	Maxima		a <sub>2</sub>		A <sub>2</sub>		Quo- tient a <sub>2</sub> ber. beob.	Diffe- renz A <sub>2</sub> ber. minus beob. in Std.										
							Lokal- zeit	Green- wich- Zeit	ber. 1/1000	beob. mm	ber.	beob.												
	0	0	m																					
1	Framheim . .	78.6 S	163.6 W	0 <sup>1)</sup>	1	h	h	87	64	78	42	1.4	+1.2											
2	Mc Murdo-Sund	77.6 S	166.5 E	0 <sup>1)</sup>	4	10.3	11.2	94	51	134	141	1.8	-0.2											
3	Belgica . . .	70.6 S	86.4 W	0	1	4.8	10.6	64	38	251	307	1.7	-1.9											
4	Gauß-Station .	66.0 S	89.6 E	0 <sup>1)</sup>	1	6.6	12.6	54	32	226	252	1.7	-0.9											
5	Snow Hill . .	64.4 S	57.0 W	0?	1 <sup>1/2</sup>	8.5	12.3	120	36	184	194	3.3	-0.3											
6	Laurie-Inland .	60.7 S	44.6 W	?	7	8.9	11.9	158	84	168	183	1.9	-0.5											
7	Kap Horn . .	55.5 S	68.1 W	12	?	8.7	13.2	180	94	169	188	1.9	-0.6											
8	Südgeorgien .	54.5 S <sup>2)</sup>	36.6 W	6	1	9.6	12.0	225	214	159	161	1.1	-0.1											
9	Punta Arenas .	53.2 S	70.9 W	5	2	8.5	13.2	202	166	166	204	1.2	-1.3											
10	Falklandsinseln	51.7 S	57.7 W	16	3	9.3	13.1	241	160	163	171	1.5	-0.3											

1) Höhe des Barometers einige Meter über dem Meeresspiegel; auf 0 reduziert. Beobachtungswerte sind wegen der Meereszeiten korrigiert.

2) Bei G. C. Simpson ist zweimal (20, S. 182 u. 183) für Südgeorgien  $\varphi = 60.5$  S angegeben, gerechnet ist jedoch mit dem richtigen Wert  $54.5$  S.

Die Daten reichen nicht aus, um bessere Konstanten für die Simpsonsche Formel zu berechnen, namentlich wegen der ziemlich ungünstigen Verteilung der Stationen. Denn in den beiden zur Trennung von Pol- und Äquator-schwingung besonders geeigneten Polquadranten zwischen den Meridianen  $21^\circ$ — $111^\circ$  E und  $69^\circ$ — $159^\circ$  W, wo die Phasenzeiten beider Anteile um mehr als 3 Stunden differieren, liegen nur 3 Stationen (Nr. 3, 4 und 9 der Tabelle 6). Nur soviel scheint sicher, daß die Amplitude der Margulesschwungung am Rande der Antarktis viel rascher abzunehmen scheint, als es der angenommenen Proportionalität mit  $\cos^3 \varphi$  entspricht. Überhaupt bedeutet die Berücksichtigung der Margules-schwungung bei obigen 10 Stationen keine Verbesserung; nimmt man nur die Polschwingung an mit dem Maximum um  $12^h.3$  (Mittel aus Spalte 6 von Tabelle 6, entspricht  $C = 81^\circ$ ), so ist die durchschnittliche Abweichung nach Spalte 6 nur 0.7 Stunden, während Spalte 12 bei Einbeziehung der Margules-schwungung ebenfalls eine durchschnittliche, aber sehr einseitige, Abweichung von 0.7 Stunden ergibt. Die Annahme dieser Phasenzeit der Polschwingung  $C = 81^\circ \sim 12^h.3$  Maximum empfiehlt sich dadurch, daß sie den Beobachtungen von Framheim und der Gauß-Station besser genügt als  $C = 105^\circ$ ; dagegen spricht zweierlei: erstens, daß es unbefriedigend ist, für Nord- und Südpolargebiet verschiedene Phasenzeiten anzusetzen, zweitens, daß die Uebereinstimmung mit

Mac Murdo-Sund weniger gut wird<sup>1)</sup>; doch könnte man die zuletzt erwähnte Tatsache auf lokale Einflüsse zurückführen, wie sie für z. B. Potsdam nachgewiesen sind (5), denn im Winter, wo diese zurücktreten dürften, wird die Phasenzeit im Mac Murdo-Sund günstiger:  $A_2 = 116^\circ \sim \text{Max. } 12^{\text{h}}.0$  Greenwichzeit.

Bisher haben wir uns nur mit den Jahresmitteln beschäftigt; man muß nun bedenken, daß der jährliche Verlauf sich ebenfalls aus dem der beiden Schwingungen zusammensetzt. Der jährliche Gang der Margulesschwungung ist nach Hann (14) charakterisiert durch zwei Äquinoktialmaxima von  $a_2$ . Der jährliche Gang der Polschwungung im Südpolargebiet scheint am besten durch Framheim wegen seiner hohen Breite repräsentiert zu werden; er zeigt ein ausgeprägtes Winterminimum im Juli, das zeitlich mit dem Hauptminimum der Margulesschwungung beim Aphelstand der Erde zusammenfällt. Am Vektordiagramm ist besonders deutlich zu sehen, wie zur Zeit der Äquinoktien die stärker werdende Margulesschwungung die Schwingungsvektoren an der Gauß-Station zu sich hinüberzieht (die Maxima treten später ein).

### 8. Die 8-stündige harmonische Welle.

Die großen Zusammenhangsindizes (Tabelle 1) für die Gauß-Station und Framheim lassen vermuten, daß eine dritteltägige Schwankung jedenfalls noch weit kleinere Amplituden haben muß, als in Tabelle 4 berechnet, falls sie überhaupt vorhanden ist. Auch im Mac Murdo Sund ist sie kaum angedeutet (20, S. 179) mit  $Z = 1.25$ .

Um so bemerkenswerter ist es, daß schon Snow Hill an der planetarischen dritteltägigen Schwankung teilnimmt, wie sie Hann erkannt hat<sup>2)</sup>.

Tabelle 7.

Dritteltägige Luftdruckschwankung: Snow Hill und Kerguelen.

Einheit:  $\frac{1}{1000}$  mm.

Monat	Snow Hill				Kerguelen			
	$p_3$	$q_3$	$a_3$	$A_3$	$p_3$	$q_3$	$a_3$	$A_3$
Januar . . .	+ 4	- 46	46	176	+ 4	- 72	72	177
Februar . . .	+ 5	- 11	12	155	+ 7	- 32	33	168
März . . .	+ 4	+ 30	30	8	- 1	- 55	55	181
April . . .	+ 7	+ 43	44	9	- 3	+ 52	52	- 4
Mai . . .	- 17	+ 61	64	- 15	+ 1	+ 34	34	2
Juni . . .	- 34	+ 65	73	- 28	- 31	+ 128	132	- 14
Juli . . .	- 34	+ 71	79	- 25	+ 4	+ 69	69	3
August . . .	- 8	+ 57	58	- 8	+ 2	+ 109	109	1
September . . .	- 8	+ 29	30	- 15	+ 13	+ 6	14	65
Oktober . . .	- 10	- 13	16	218	- 13	+ 18	22	- 35
November . . .	- 10	- 18	21	208	+ 28	- 6	29	102
Dezember . . .	- 1	- 13	13	186	+ 16	- 43	46	160
Jahr . . .	- 9	+ 21	23	- 22	+ 2	+ 18	18	7

<sup>1)</sup> Die Belgica-Drift ist wegen des in Abschnitt 4 besprochenen möglichen Einflusses der Meereszeiten weniger zuverlässig.

<sup>2)</sup> Bodman (6, 2. Liefg., S. 29) glaubte mit Rücksicht auf die Kürze der Beobachtungszeit bei der harmonischen Analyse nicht weiter als bis zum zweiten Gliede gehen zu dürfen; aber gerade das Gegenteil ist richtig: die großen unperiodischen Schwankungen entstellen die 24-stündige Periode weit mehr als die kurzen. Vergleiche oben, Tabelle 1, Zeile 3.

Tabelle 7 zeigt deutlich das charakteristische Umschlagen der Phasenzeit vom Sommer zum Winter. Auch die Lage des Hauptmaximums von  $a_3$  im Winter und das sekundäre Maximum im Januar stimmen mit den anderen Orten der Südhalbkugel überein. Die Regelmäßigkeit der 8-stündigen Schwankung zeigt sich auch in dem kleinen Zusammenhangsindex  $Z = 0.60$ ; übrigens ist sie im Winter ganz deutlich schon in der komplexen Schwankung ausgeprägt (6, Tafel 2). Die Kerguelen-Station verhält sich ganz ähnlich wie Snow Hill. — Die Übereinstimmung mit weiter äquatorwärts gelegenen Stationen (letztere nach Hann, 15, S. 7) zeigt folgende Übersicht:

	Südliche Breite	$A_3$		$a_3$ ( $1/1000$ mm)		Erstes Maximum	
		XI—II	V—VII	XI—II	V—VII	XI—II	V—VII
	0	0	0			h	h
Snow Hill . . . . .	64.4	182	—23	23	72	6.0a	2.5a
Kerguelen . . . . .	49.4	162	—6	40	78	6.4	2.1
Verschiedene Stationen .	36.1	177	+4	100	143	6.1	1.9
	27.2	172	+1	107	150	6.2	2.0

Die von Hann (15, S. 8) für die Nordhalbkugel abgeleitete Verspätung der Phasenzeit um  $1/2$  Stunde in höheren Breiten macht sich demnach auf der Südhalbkugel nur im Winter bemerkbar.

### Zusammenfassung.

Es wird ein Verfahren beschrieben, das es ermöglicht, auch kurze Beobachtungsreihen in höheren Breiten zur Ableitung der täglichen Luftdruckschwankung zu verwenden. Dieses wird auf zwei Südpolar-Stationen: Gauß-Station und Framheim angewandt, und die Ergebnisse werden mit denen des üblichen Verfahrens verglichen. Die Untersuchung zweier systematischer Fehler führt zu folgenden Regeln, die von künftigen Expeditionen beachtet werden sollten: 1. Der Barograph ist vor Temperaturschwankungen sorgfältig zu schützen. 2. Tägliche Luftdruckgänge von Schiffsstationen sind unbrauchbar, wenn nicht gleichzeitige Gezeitenregistrierungen vorliegen. Die ganztägige Welle an beiden Stationen zeigt maritimen Charakter. Für die planetarischen, nach Ortszeit ablaufenden halb- und dritteltägigen Wellen scheint der Rand der Antarktis eine scharfe Grenze zu bilden; die letztere wird noch für Snow Hill (Grahamland) und Kerguelen nachgewiesen. Die halbtägige Polschwingung tritt deutlich hervor; durch die Reduktion der Beobachtungen an der Gauß-Station wegen der Gezeiten wird völlige Übereinstimmung in Phase mit Framheim erzielt. Das Maximum der Polschwingung scheint im Südpolargebiet um  $0^h.3$  Greenwichzeit einzutreten, gegen  $11^h.5$  (Simpson) am Nordpol. Die Polschwingung zeigt ein ausgesprochenes Minimum der Amplitude im Winter (Juli).

## Literatur.

1. E. Alt, »Die Doppeloszillation des Barometers, insbesondere im arktischen Gebiete«. Meteor. Zeitschr. Bd. 26, 1909, S. 145—164.
2. J. Bartels, »Neue Meth. zur Berechnung und Darstellung der tägl. Luftdruckschwankung bei starken unperiodischen Störungen«. Inaug.-Dissert. Göttingen 1922 (Referent: W. Meinardus; zwei Exemplare bei der Preuß. Staatsbibl. Berlin).
3. J. Bartels, »Zur halbtäg. Luftdruckschw. im Südpolargebiet«. Annalen d. Hydrogr., Bd. 50, 1922, S. 260—61.
4. — »Zur Berechnung der tägl. Luftdruckschwankung«. Ann. d. Hydr., Bd. 51, 1923, S. 153—160.
5. — »Der lokale Anteil in der täglichen Luftdruckschwankung«. Beitr. z. Physik d. freien Atmosphäre, Bd. 11, 1923, S. 51—60.
6. G. Bodman, »Wis. Ergebn. d. Schwedischen Südpolar-Exp. 1901—03« (hergg. v. O. Nordenskiöld), Bd. II, Meteorologie, Stockholm 1910. — Tabellen, 2. Liefg., S. 2—43, 350—51; Diskussion: 4. Liefg., S. 22—30.
7. Börnstein, »Bemerk. über d. halbtäg. Luftdruckschw. im arkt. Gebiete«. Meteor. Zeitschr. Bd. 26, 1909, S. 519—521.
8. S. Chapman, »An Example of the Determ. of a Minute Periodic Variation«. Monthly Notices of the Roy. Astr. Soc., Vol. 78, London 1918, S. 635—638.
9. W. Greeley, »Die meteor. Ergebn. d. Lady Franklin Bay-Exp. 1881—83«. Ref. (Hann) Meteor. Zeitschr. Bd. 7, 1890, S. 1—18.
10. J. Hann, »Lehrb. d. Meteor.« III. Aufl., Leipzig 1915.
11. — »Met. Erg. d. Schott. Antarkt. Exp.« Meteor. Zeitschr. Bd. 25, 1908, S. 533.
12. — »Der tägl. Gang d. Luftdrucks a. d. Südspitze v. Südamerika«. Meteor. Zeitschr. Bd. 32, 1915, S. 421—423.
13. — »Die ganztägige Luftdruckschw. . . .«. Sitz.-Ber. der Wiener Ak., Math.-nat. Kl., Abt. IIa, Bd. 128, 1919, S. 379—506.
14. — »Die jährl. Periode d. halbtäg. Luftdruckschw.« Ebenda, Bd. 127, 1918, S. 263—365.
15. — »Unters. über d. tägl. Osz. d. Bar. III: Die dritteltäg. Luftdruckschw.« Denkschr. d. Wiener Ak., math.-nat. Kl., Bd. 95, 1918, S. 1—64. Ref. Met. Z. 1917, S. 185.
16. W. Meinardus, »Deutsche Südpolar-Expedition 1902—03« (hergg. v. E. v. Drygalski). Tabellen: Bd. IV; Diskussion: Bd. III, S. 22—30, 355—56.
17. H. Mohn, »Der Luftdruck zu Framheim u. seine tägl. Periode«. Videnskabselsk. Skrifter, I, Mat.-Nat. Kl. 1916, Nr. 3 (30 S.). Kristiania 1916. Ref. Met. Z. 1917, S. 328.
18. Ad. Schmidt, »Über d. doppelte tägl. Oszill. d. Barom.« Meteor. Zeitschr. Bd. 7, 1890, S. 182—185.
19. G. C. Simpson, »The Twelve-Hourly Barometer Oscillation«. Quart. Journ. of the Roy. Met. Soc., Vol. 44, 1918, S. 1—19.
20. — »Brit. Antart. Exped. 1910—1913, Meteorology, Vol. I«. Calcutta 1919. (Referat von E. Barkow: Ann. d. Hydr. Bd. 49, 1921, S. 307. S. 347—48.)
21. F. J. W. Whipple, »A Note on the Propagation of the Semi-Diurnal Pressure Wave«. Quart. Journ. of the Roy. Met. Soc., Vol. 44, 1918, S. 20—22.

## Das Weberphotometer des Potsdamer Observatoriums und seine Verwendung zur selektiven Strahlungsmessung.

Von W. Kühl.

Bei der Einrichtung photometrischer Messungen in Potsdam im Jahre 1913 war von vornherein beabsichtigt, nicht nur mit anderen ähnlichen Messungsreihen klimatologisch mehr oder minder gut vergleichbare und für praktische, insbesondere hygienische und therapeutische Zwecke verwendbare Zahlen zu gewinnen, sondern physikalisch möglichst exakt definierte Werte anzustreben. Entgegen der vielfach verbreiteten und früher auch von mir geteilten Meinung, daß es theoretisch überhaupt nicht angängig sei, den subjektiven Lichteindruck für eine exakte Messung zu benutzen, war ich, als ich mich näher mit diesen Dingen zu befassen hatte, zu der Überzeugung gekommen, daß es wohl möglich sei, auf diesem Wege für das sichtbare Spektralgebiet selektive Strahlungswerte zu erhalten, in gleicher Weise und mit nicht viel geringerer Genauigkeit, wie sie die photoelektrischen Zellen für den kurzwelligen Teil des Spektrums liefern, und wie sie für andere Gebiete das Aktinometer mit vorgeschalteten Filtern geben soll. Die theoretischen Probleme sollen hier nur soweit unbedingt nötig berührt werden; im wesentlichen handelt es sich darum, festzustellen, mit welcher Genauigkeit mit dem Weberphotometer, insbesondere in der in Potsdam benutzten Form, die Intensität der sichtbaren Strahlung gemessen werden kann, und nach welcher Richtung hin etwa noch Verbesserungen möglich und erstrebenswert sind. In diesem Sinne ist vorliegender Beitrag ein Gegenstück zu dem von mir im vorigen Tätigkeitsbericht veröffentlichten über die photoelektrischen Zellen.<sup>1)</sup> Die sachlichen Ergebnisse werden an anderer Stelle mitgeteilt werden.

Die allgemeine Einrichtung des Photometers nach Leonhard Weber kann als bekannt vorausgesetzt werden. Von zwei durch einen Lummer-Brodhun-Würfel im Gesichtsfeld vereinigten Milchglasplatten wird die eine von der zu messenden Lichtquelle beleuchtet, die andere von der Vergleichslichtquelle aus meßbar veränderlicher Entfernung  $r$ . Die Beleuchtung der ersten Scheibe kann durch vorgeschaltete weitere Milchglasplatten stufenweise geschwächt werden. Im Okular des Instruments befindet sich ein Schieber mit verschiedenen Farbgläsern, die als selektive Filter dienen und eine Messung auch dann ermöglichen, wenn der Farbunterschied der Felder bei spektral verschiedenen Beleuchtungen den Eindruck der Gleichheit ohne Filter nicht mehr zustande kommen läßt. Das ist bei Weber ihr Hauptzweck; er hat nur zwei Gläser, ein rotes und ein blaugrünes, angeordnet und erstrebt die Bestimmung einer nur physiologisch (als das Vielfache derjenigen Beleuchtung, bei der man noch eine feine Teilung erkennen kann) definierten »Helligkeit«,  $H$  weiß, die nach der Formel  $H \text{ weiß} = H \text{ rot} \times f (H \text{ grün} : H \text{ rot})$  berechnet wird, in der  $f$  eine genau genommen für jedes Farbfilterpaar besonders zu bestimmende Funktion bedeutet. Es war

<sup>1)</sup> Erfahrungen und Versuche mit den Photozellen des Potsdamer Observatoriums. Tät.-Ber. 1917—19, S. 101—111.

naheliegend, das noch dazu schlecht definierte Blaugrün durch zwei verschiedene Filter zu ersetzen, um so die »Farbe« des Lichts im trichromatischen System festzulegen, und als gegebene Filter erschienen die von Schott in Jena erzeugten Farbgläser, deren spektrale Durchlässigkeit katalogmäßig gegeben ist. Gewählt wurden Scheiben von 1 mm Dicke von F 4512 (rot), F 4930 (grün) und F 3873 (blau). Als Vergleichslichtquelle benutzt Weber ein Benzinlämpchen, das aus unten zu erörternden Gründen durch eine helle elektrische Lampe ersetzt wurde. Als hellste brauchbare Lampe, die in die ziemlich enge Lichtkammer des Photometers hineinging, fand sich eine Wotan-Automobil-Scheinwerferlampe, die bei 10 Volt und 1.5 Amp. ein etwa 25 mal so helles und wesentlich weißeres Licht lieferte, als die Benzinkerze. Die Stromstärke wurde mit einem Vorschaltwiderstand auf  $1.500 \pm 0.002$  Amp. nach einem guten Drehspul-Zeigergalvanometer einreguliert. Durch ein unmittelbar vor diese Lampe gesetztes helles Blauglas gelang es, das Vergleichsfeld scheinbar fast gleichfarbig mit dem vom Tageslicht (Sonne + Himmel) beleuchteten Felde zu machen, sodaß nunmehr auch eine Messung in weiß, d. h. ohne Farbfilter, ohne Schwierigkeit möglich war. Über die theoretische und praktische Bedeutung dieser Anordnung für die Meßgenauigkeit ist unten näheres zu sagen. Die wegen etwaiger Änderungen des Lämpchens häufig (später etwa monatlich) wiederholten Eichungen erfolgten nicht mit der Hefnerkerze direkt, sondern mit einer 25kerzigen Glühlampe, die ihrerseits einige Male sehr sorgfältig durch Messung in den 3 Farbbereichen und in weiß in Potsdam an die Hefnerkerze angeschlossen, außerdem an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geeicht wurde. Die zur Schwächung des Sonnenlichts vorgeschalteten Milchglasplatten wurden auf ihre Konstanten durch gründliche Messungen nicht nur in weiß, sondern auch mit Farbfiltern untersucht, wobei sich herausstellte, daß selbst bei recht weiß erscheinenden Platten die Durchlässigkeit für die verschiedenen Wellenlängen merklich verschieden ist. Das Gleiche gilt von der großen matten Milchglasplatte, die zur Bestimmung der Ortshelligkeit in das Dach der Photometerhütte horizontal eingelassen war. Die laufenden Beobachtungen bestanden in Messungen der Helligkeit dieser Platte, die einmal »frei« von Sonne und Himmel, das andere Mal durch Abschirmung der Sonne »beschattet« nur vom Himmel (ausschließlich eines mit etwa  $5^\circ$  Radius die Sonne umgebenden Teils) beleuchtet wurde. Die Sonnenstrahlung berechnet sich dann als Differenz der beiden Messungen, dividiert mit dem Sinus der Sonnenhöhe. Auf den hierbei etwa entstehenden Fehler soll hier nicht weiter eingegangen werden, und im folgenden eine Messung, bei der das Photometer auf die Sonne selbst gerichtet und der Himmel durch einen passenden Tubus abgeblendet wird, angenommen werden. Sie ist mit dem Instrument ohne weiteres möglich und nur wegen der dabei zu befürchtenden Blendung des Auges durch direktes Sonnenlicht unbequemer als die Messung in der Hütte.

Um nun die Art und Genauigkeit der Strahlungsmessung mit einem solchen Instrument zu untersuchen, müssen wir kurz auf die Theorie eingehen. Bezeichne ich mit  $F(\lambda)$  die Energie der zu messenden Strahlung im Bereich von  $\lambda$  bis  $\lambda + \delta\lambda$ , mit  $F^v(\lambda)$  die entsprechende Energie der Vergleichslichtquelle, mit  $\varphi^0(\lambda)$  die Helligkeitsempfindlichkeit des Auges ohne Filter für diese Wellenlänge, mit  $T^1(\lambda)$ ,  $T^2(\lambda)$  ... die zugehörigen Transmissionskoeffizienten der

Farbfilter und setzen  $\varphi^1(\lambda) = \varphi^0(\lambda) \times T^1(\lambda)$  (Empfindlichkeit des Auges mit Filter 1) usw., so ergibt jede photometrische Messung eine Zahl  $n$  in der Gleichung

$$\int_a^b F(\lambda) \varphi^0(\lambda) d\lambda = n_0 \int_a^b F'(\lambda) \varphi^0(\lambda) d\lambda$$

oder

$$\int_a^b F(\lambda) \varphi^1(\lambda) d\lambda = n_1 \int_a^b F'(\lambda) \varphi^1(\lambda) d\lambda$$

usw. (a und b sind den Grenzen der Augenempfindlichkeit entsprechend, etwa  $\lambda = a = 380 \mu\mu$ ,  $\lambda = b = 800 \mu\mu$  zu wählen).

Es ist zunächst ersichtlich, daß die in  $\varphi^0$  enthaltene grundsätzlich unbestimmbare multiplikative Konstante, die die Stärke des Sehreizes angibt, überall herausfällt. Man kann also rechnerisch stets das Maximum von  $\varphi^0$  beliebig wählen, es sei in folgende stets  $\text{Max. } \varphi^0(\lambda) = \text{Max. } \varphi^1(\lambda) = \dots = 1$  gesetzt. Im übrigen, d. h. der Form nach, muß  $\varphi^0$  bekannt sein, ebenso  $F$ ,  $T^1$ ,  $T^2$ ,  $T^3$ . Das ist nun der wunde Punkt. Über die spektrale Empfindlichkeit des Auges liegen eine ganze Reihe Untersuchungen vor, ich benutze die neuere Zusammenstellung und Ausgleichung von Hennig<sup>1)</sup>, habe aber die Werte an den beiden Enden

Tab. 1.

Als normal angenommene Augenempfindlichkeit  $\varphi_0$ , Transmissionskoeffizienten der benutzten Filtergläser  $T_1$  (rot),  $T_2$  (grün),  $T_3$  (blau) und Empfindlichkeit mit Filter  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ , sowie um  $20 \mu\mu$  in  $\lambda$  verschobene Empfindlichkeit  $\varphi_0^*$ , und dementsprechende  $\varphi_1^*$ ,  $\varphi_2^*$ ,  $\varphi_3^*$ .

*Kursivzahlen* interpoliert und unsicher.

$\lambda$ $\mu\mu$	$\varphi_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$	$\varphi_0^*$	$\varphi_1^*$	$\varphi_2^*$	$\varphi_3^*$
380	0.005			<i>0.363</i>			0.016	0.012			0.022
400	0.012			<i>0.372</i>			0.039	0.023			0.043
420	0.023			<i>0.380</i>			0.077	0.058		<i>0.002</i>	0.110
440	0.058		<i>0.033</i>	<i>0.389</i>		0.003	0.199	0.144		0.008	0.281
460	0.144		0.107	0.398		0.026	0.505	0.259	0.002	0.048	0.516
480	0.259	<i>0.003</i>	0.355	0.359	0.003	0.152	0.819	0.452	0.011	0.277	0.813
500	0.452	<i>0.006</i>	0.525	0.246	0.012	0.394	0.977	0.755	0.038	0.686	0.929
520	0.755	<i>0.013</i>	0.490	0.089	0.041	0.614	0.650	0.968	0.097	0.820	0.474
540	0.968	<i>0.025</i>	0.576	0.050	0.104	0.935	0.428	0.984	0.196	0.991	0.247
560	0.984	0.052	0.569	0.039	0.219	0.929	0.337	0.843	0.350	0.830	0.164
580	0.843	0.117	0.468	0.022	0.423	0.654	0.166	0.625	0.583	0.506	0.070
600	0.625	0.263	0.313	<i>0.013</i>	0.701	0.324	0.069	0.402	0.840	0.217	0.025
620	0.402	0.563	0.204	<i>0.006</i>	0.964	0.136	0.022	0.222	0.992	0.078	0.007
640	0.222	0.861	0.143	<i>0.003</i>	0.817	0.053	0.006	0.090	0.616	0.022	0.001
660	0.090	<i>0.955</i>	0.106	<i>0.002</i>	0.367	0.016	0.001	0.037	0.280	0.007	
680	0.037	<i>0.966</i>	<i>0.081</i>	<i>0.001</i>	0.152	0.005		0.016	0.123	0.002	
700	0.016	<i>0.974</i>	<i>0.063</i>		0.067			0.008	0.085		
720	0.008	<i>0.978</i>			0.035			0.003	0.026		
740	0.003	<i>0.978</i>			0.014			0.001	0.008		
760	0.001	<i>0.978</i>			0.006						

<sup>1)</sup> Hennig, Photometrische Helligkeit schwarzer Körper. Jahrb. für Radioaktivität und Elektronik 16, Nr. 1.

der Kurven etwas nach den von ihm nicht berücksichtigten andersartigen Messungen von Exner<sup>1)</sup> abgeändert (s Tab. 1). Das sind aber bestenfalls nur Normalwerte. Es kommen zweifellos bei verschiedenen Beobachtern Abweichungen vor, über deren mögliche Größe wir noch wenig wissen; ja auch bei demselben Beobachter kann die Funktion  $\varphi$  wohl merklich ihre Form ändern. Wir wissen sogar, daß sie es unter einer Bedingung regelmäßig tut, nämlich daß sie sich bei sehr geringen Helligkeiten nach der kurzwelligen Seite verschiebt (Purkinjesches Phänomen). Es wird also vor allem rätlich sein, geringe Helligkeiten möglichst zu vermeiden — da wir bei Sonnenmessungen stets mit einer Überfülle von Licht zu tun haben, ist das hier nicht schwer; ferner aber muß man die Messungsbedingungen so einrichten, daß kleine Änderungen von  $\varphi$  möglichst wenig ausmachen, und muß sich Klarheit darüber verschaffen, wie groß der Fehler bei plausiblen Annahmen der Schwankung von  $\varphi$  werden kann. Versuchen wir zunächst letzteres, wobei wir vor der Hand annehmen wollen, daß alle anderen Größen fehlerfrei gegeben seien, und auch die Funktion F,

Tab. 2.

## Energiespektrum verschiedener Strahlungsquellen.

$S_{6000}$  = schwarze Strahlung bei 6000° abs.,  $S_{2000}$  entsprechen,  $S_{\text{blau}}$  = 2000°-Strahler mit Blauglas der Photometerlampe, H-K. = Hefnerkerze nach Ångström.

$\lambda$ $\mu\mu$	$S_{6000}$ 10 000 $\times$	$S_{2000}$	$S_{\text{blau}}$	H-K = $S_{1820}$
400	2.095	0.140	0.065	0.025
450	2.260	0.561	0.352	0.115
500	2.261	1.637	1.300	0.391
550	2.163	3.715	1.928	0.516
600	2.010	7.127	2.307	2.140
650	1.828	11.93	1.820	3.942
700	1.640	18.10	1.360	6.410

abgesehen von der durch die Gleichung bestimmten multiplikativen Konstanten, bekannt sei. Gewisse Annahmen über F muß man überhaupt machen, wenn man die Gleichung deuten will; sie sind aber bei unserer Aufgabe auch immer durch die Natur der zu untersuchenden Strahlung nahegelegt. Wir können die Sonnenstrahlung sicher ohne große Fehler als ähnlich der schwarzen Strahlung von 6000° absolut annehmen, und die Schwächungen durch verschiedene absorbierende und trübende Medien in der Atmosphäre, denen unsere Untersuchung ja eigentlich gilt, können zunächst auch als einfache, vielleicht sogar in erster Näherung im sichtbaren Gebiet lineare Funktionen von  $\lambda$  angesetzt werden. Prüfen wir einmal, wie die Messung der Strahlung eines 6000°-Körpers ausfallen würde, wenn wir als Vergleichslichtquelle einmal eine Lampe von 2000°, das andre Mal dieselbe mit vorgeschaltetem Blauglas, wie im Potsdamer Photometer, benutzen, und wenn wir dann für  $\varphi$  einmal die in Tab. 1 gegebene Form annehmen, das andere Mal diese Kurve um 20  $\mu\mu$  nach kleinen Wellen verschieben. Eine solche Änderung ist größer, als sie bei nicht farbenblinden Beobachtern im Tageslichtsehen wahrscheinlich ist, sie ist aber kleiner, als die

<sup>1)</sup> Fr. Exner, Versuche und Bemerkungen zur Farbenlehre. Wien. Ber. 127, S. 1829

Purkinje-Verschiebung. Durch diese Verschiebung deformieren sich die Funktionen  $\varphi^1, \varphi^2, \varphi^3$ ; die »verschobenen« Werte seien mit  $\varphi^{0*}, \varphi^{1*}, \varphi^{2*}, \varphi^{3*}$  bezeichnet. Tabelle 3 gibt die Ergebnisse der numerischen Integration durch

Tab. 3.

Theoretische Helligkeiten für die verschiedenen Strahler, beobachtet mit normalem und um  $20 \mu\mu$  in Empfindlichkeit verschobenem Auge, ohne und mit Filter.

		$\frac{S_{6000}}{10\ 000 \times}$	$S_{2000}$	Sblau	$\frac{S_{6000}}{S_{2000}}$	$\frac{S_{6000}}{S_{blau}}$
normal	frei . . .	125.2	279.7	108.1	0.448	1.158
»	rot . . .	77.5	371.0	81.4	0.209	0.954
»	grün . . .	110.0	165.0	79.5	0.501	1.071
»	blau . . .	94.9	90.3	53.4	1.051	1.780
verschoben	frei . . .	127.7	215.5	97.2	0.592	1.312
»	rot . . .	85.9	366.3	89.6	0.234	0.959
»	grün . . .	112.2	170.2	99.0	0.652	1.167
»	blau . . .	82.2	61.8	39.4	1.331	2.082

Summierung von  $20 \mu\mu$  breiten Streifen; der  $6000^\circ$ -Strahler ist in der Entfernung 100 zu denken, seine Werte sind also durch 10000 dividiert. Betrachtet man nun die in den letzten zwei Spalten enthaltenen Quotienten, die also die photometrischen Maßzahlen der  $6000^\circ$ -Strahlung bilden, so sieht man durch Vergleich der entsprechenden mit  $\varphi$  und  $\varphi^*$  gewonnenen Zahlen, daß durch diese Verschiebung der Augenempfindlichkeit bei Benutzung der einfachen  $2000^\circ$ -Lampe tatsächlich sehr erhebliche Fehler entstehen: 32 % in weiß, fast ebensoviel in grün, 27 % in blau und selbst bei Benutzung des guten Rotfilters noch 12 %. Die Anwendung des Blauglases verbessert die Messungen in sehr verschiedener Weise. Im Bereich der Rotmessung ist die Vergleichslampe nun fast mit dem  $6000^\circ$ -Strahler in Übereinstimmung, der Fehler wird infolgedessen kleiner als 1 %; in weiß und grün sinkt er auf 10 bzw. 9 %, und nur in blau bleibt er ziemlich hoch, 17 %. — Ob nun bei den beteiligten Potsdamer Beobachtern eine ähnliche Anomalie besteht, das läßt sich aus den Eichungen der blau gefärbten Lampe mit der niedriger temperierten (etwa  $1900^\circ$ ) Normal-Glühlampe erkennen, an denen die Mehrzahl der Beobachter beteiligt ist. Da hier systematische Unterschiede kaum erkennbar sind, kann man wohl sicher sein, daß die persönlichen Abweichungen bei den eigentlichen Beobachtungen ganz bedeutend unter obigen Fehlergrenzen bleiben und höchstens in blau 1 % überschreiten. Ein merklicher Purkinje-Effekt ist dank der hellen Vergleichslampe auch nicht oder doch nur in blau zu befürchten, im Gegensatz zur Original-Weber-Anordnung, wo man mit viel kleineren Helligkeiten zu arbeiten gezwungen ist.

Nun ist aber die Unsicherheit von  $\varphi^0$  keineswegs die einzige Fehlerquelle. Gehen wir auf die Photometergleichungen zurück, so ist bei näherer Betrachtung eigentlich nichts an ihnen ganz streng und fehlerfrei. Das Gleichheitszeichen gilt nach Angabe der meisten Autoren nur auf etwa  $\pm 1 \%$  — denn kleinere Unterschiede in der Helligkeit der Felder sollen nach ihnen nicht erkennbar sein. Ich komme allerdings bei Durchrechnung von Eichungsreihen

unter günstigen Bedingungen zu wesentlich kleineren mittleren Fehlern — auf 0.9 % stimmen die Einstellungen selbst der verschiedenfarbigen Felder ohne Okularfilter überein, mit Rot- und Grünfilter finde ich aus fast 100 Einzelwerten rund 0.5 %, nur in blau erreicht der Fehler 2 %. Für das Weber-Photometer mit Benzinlampe sind leider in der Literatur nirgends entsprechende Angaben zu finden. Aus Blendeeichungen in Kolberg, die mir Hr. Dr. Kähler freundlichst zur Verfügung stellte, berechnet sich für ihn in rot ein mittlerer Fehler von 2.6 %, für einen anderen, ebenfalls gut eingetübten Beobachter sogar 5.4 %. Nun sind diese Eichungen allerdings bei Tageslicht angestellt, dessen Schwankungen mit eingehen, deren Abzug die Messungsfehler aber kaum um  $\frac{1}{2}$  % verkleinern dürfte. Aus Messungen in Himmelslicht in Potsdam — natürlich nur bei ganz klarem Himmel — ergeben sich für die verschiedenen Beobachter, für die genügende Material vorliegt, aus dicht hintereinander gemachten Doppelmessungen auch nur mittlere Fehler von 1.0—1.5 %, nur in blau steigt er bei einzelnen Beobachtern bis 6 %. Daraus geht hervor, daß bei der geringen Vergleichshelligkeit des Original-Weberphotometers eine Genauigkeit von 1 % nicht erreicht wird, daß aber unter günstigen Umständen der Fehler auf etwa 0,5 % herabgedrückt werden kann.

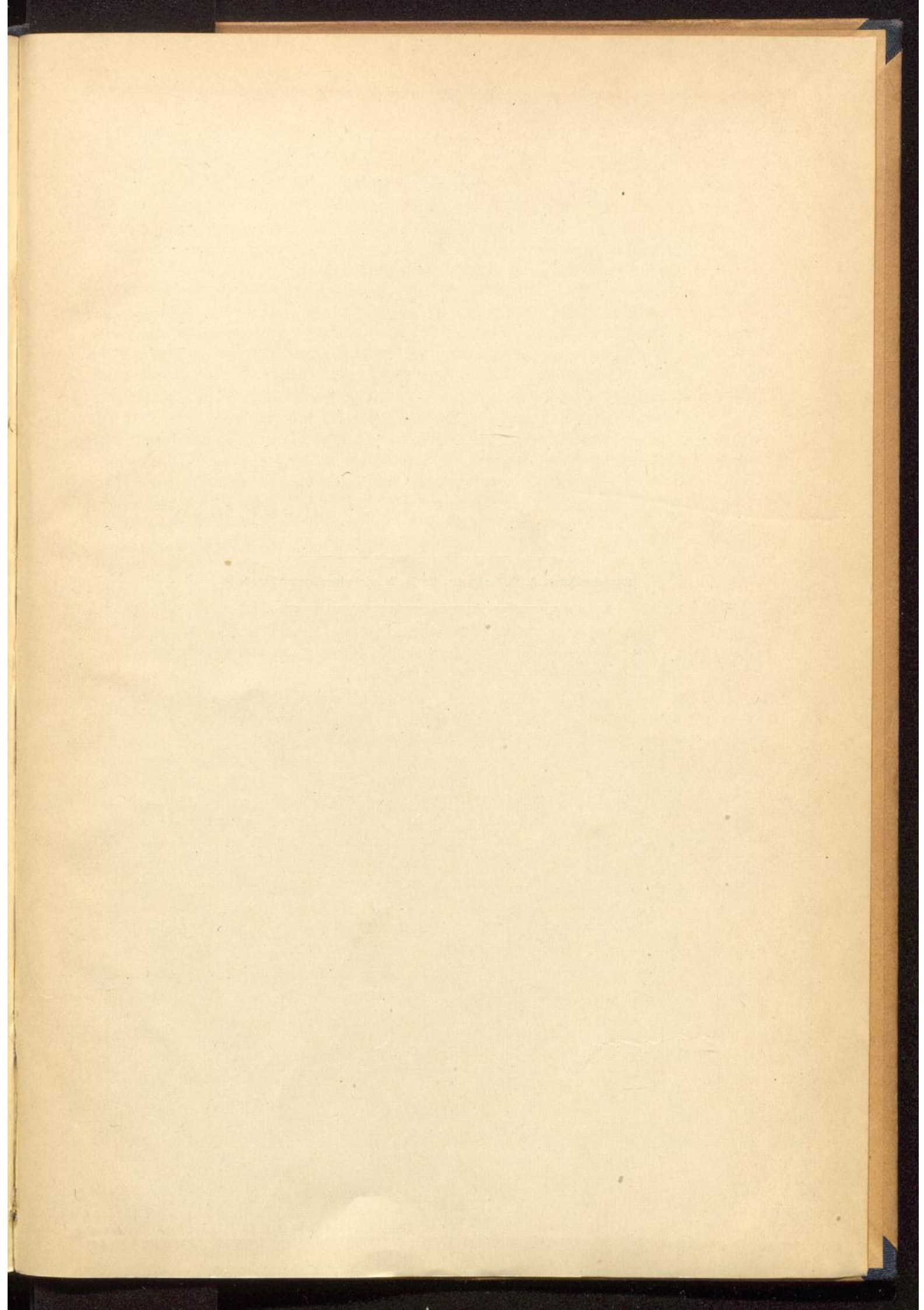
Ein wenig fraglich scheint es auch, ob überhaupt das  $\int$ -Zeichen in den Gleichungen streng richtig ist, d. h. ob sich die Helligkeiten der verschiedenen Wellenlängen wirklich im Gesamteindruck addieren. Es ist das bekanntlich in der Polemik von Hering gegen die Helmholtzsche Theorie des Sehens bestritten worden, scheint aber gerade durch die schönen Untersuchungen von Exner über den »Weißwert« der Farben bestätigt zu werden. Doch soll nicht verschwiegen werden, daß Berechnungen der Koeffizienten der Gleichung für die Farbsumme  $a \times h_{\text{rot}} + b \times h_{\text{grün}} + c \times h_{\text{blau}} = h_{\text{weiß}}$ , die ich aus guten Beobachtungspaaren des blauen Himmelslichts und des Gesamtlichts anstellte, für  $c$  vielfach negative, und im Durchschnitt kleinere Werte — fast 0 — ergaben, als es die Exnersche Theorie zuläßt. Immerhin erscheint dieser etwaige Fehler von geringer Bedeutung. Von den Faktoren der Gleichung sind die  $T^1, T^2, T^3$  am besten bestimmt. Herr Prof. Wilsing vom Astrophysikalischen Observatorium hatte die Liebenswürdigkeit, diese Transmissionskoeffizienten spektrophotometrisch zu bestimmen, wobei sich übrigens sehr wesentliche Abweichungen gegen die im Schottischen Katalog mitgeteilten Werte ergaben. Es ist keineswegs zulässig, solche Filter ohne Untersuchung zu benutzen, die Abweichung vom Sollwert kann 20 % und mehr betragen.

Mit die bedenklichste Fehlerquelle ist die Vergleichslampe. Daß die Benzinlampe, an der merkwürdigerweise so sorgfältige Beobachter, wie Dorno, noch festhalten, abgesehen von ihrer zu geringen Helligkeit, von der oben die Rede war, eine sehr unvollkommene Konstanz besitzt, wird von den meisten Physikern zugegeben. Benzin ist ja überhaupt kein chemisch definierter Stoff, von den darin enthaltenen verschiedenen Kohlenwasserstoffen brennen die schwereren rötlicher, und durch Verdunstung ändert sich die Zusammensetzung dauernd. Kleine Unregelmäßigkeiten im Docht, Fasern u. dergl. wirken ebenfalls stark verändernd auf die Helligkeit, so daß selbst bei häufigen Vergleichen mit der Hefner-Kerze mehrere % Schwankung zu befürchten sind. Bei der elektrischen Lampe ist die starke Abhängigkeit der Helligkeit vom Strom

natürlich sehr unangenehm. Man muß den Strom um  $\frac{1}{1000}$  konstant halten, wenn die Lampe um  $\frac{1}{2}\%$  genau bleiben soll — daß dürfte aber bei passender Anordnung auch möglich sein.

Verstaubung der optischen Teile des Photometers, Verschmutzen der Milchglasplatten sind Fehlerquellen, die sich bei einiger Aufmerksamkeit soweit herabdrücken lassen, daß sie nicht mehr in Frage kommen. Einige Beachtung erfordert die eigentliche Skala des Photometers; da auch das quadratische Gesetz bei großer Annäherung an die Lampe nicht mehr streng gilt, ist es nötig, die Skala besonders für kleine  $r$  auf anderem Wege zu prüfen und nötigenfalls Korrekturen zu bestimmen. Vorteilhaft vermeidet man zu kleine  $r$ , bei unserem Instrument  $r < 12$  cm, dann fällt auch der Ablesefehler der Skala außer Betracht.

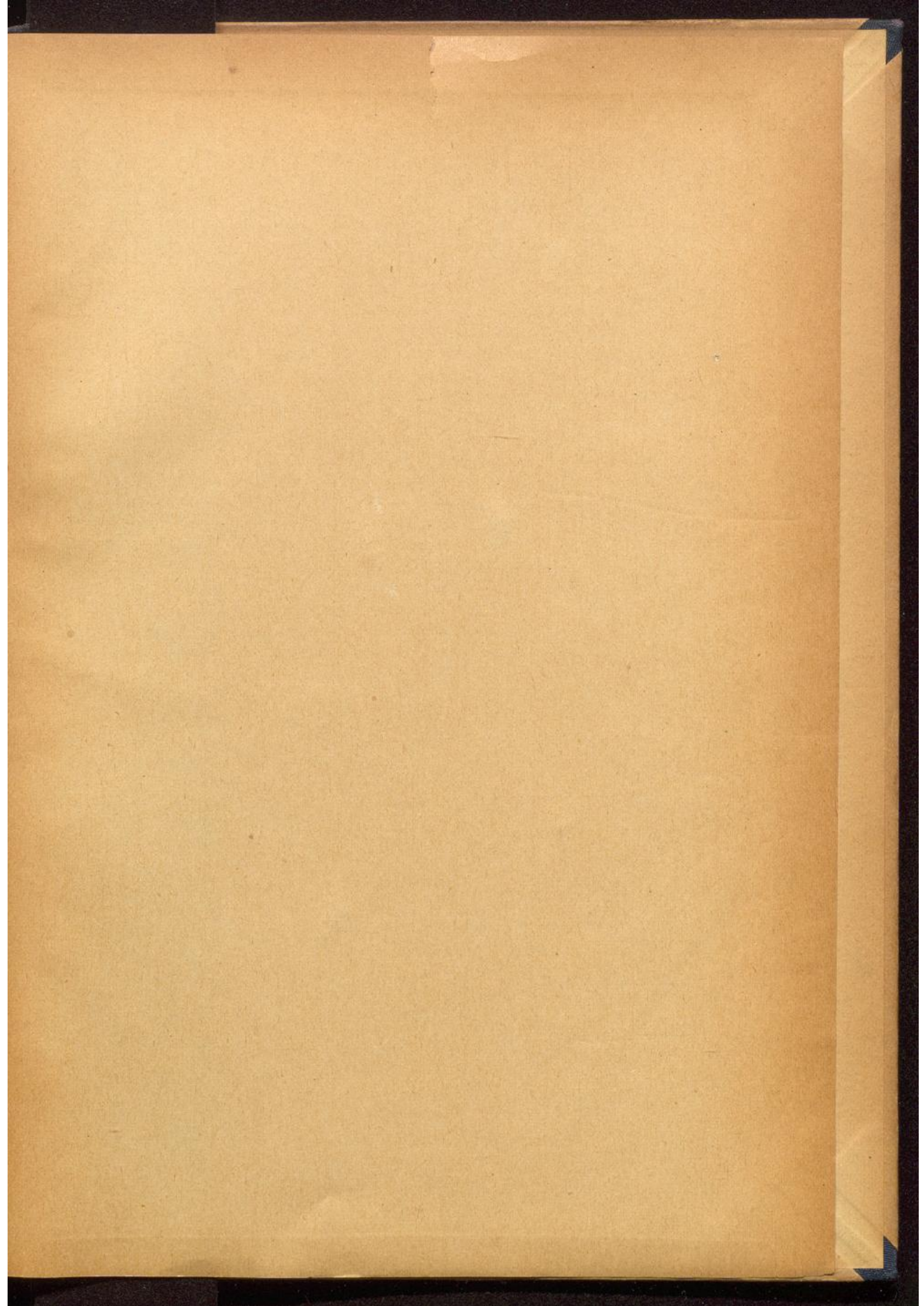
Als wesentliche Verbesserung kommen andere Filter in Frage, die engere Spektralbezirke ausschneiden, und damit auch den aus der Unsicherheit von  $\varphi$  entstehenden Fehler herabdrücken. Gelatinefilter werden das leisten und sind unbedenklich, weil sie ja auch bei der Messung als Okularfilter nur gedämpfter Strahlung ausgesetzt sind. Für die Lampe wird sich auch noch ein besseres Blauglas finden lassen, so daß man das Energiespektrum der Vergleichslampe dem der Sonnenstrahlung besser annähern kann. So dürfte es nach obigem möglich sein, sichtbare Teilstrahlungen auf 1 bis 2% genau photometrisch zu messen, und damit eine bei dem heutigen Stande der Forschung ausreichende Genauigkeit zu erreichen.

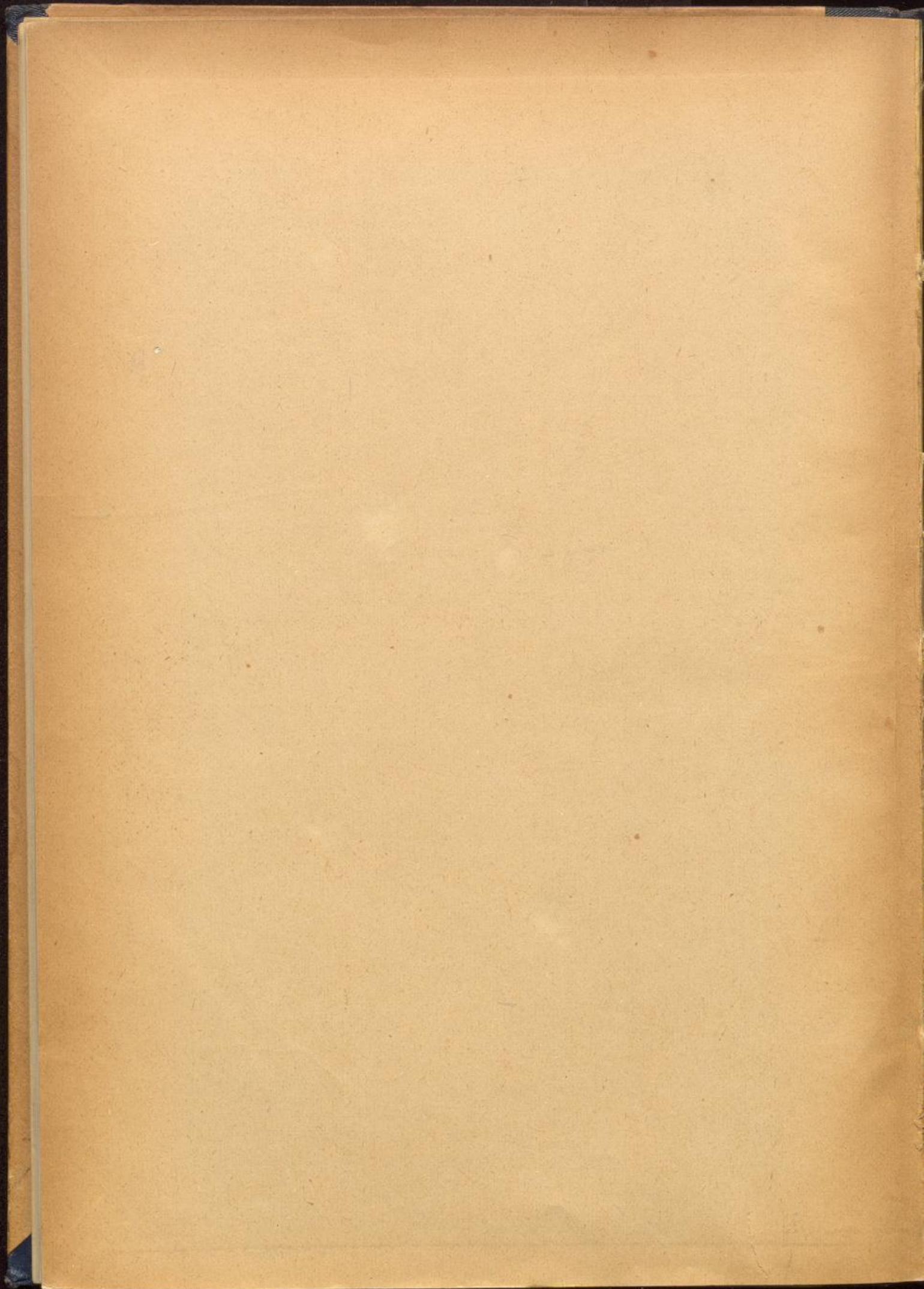


---

Buchdruckerei A. W. Schade, Berlin N., Schulzendorfer Straße 26.

---





△  
T Ag

