

Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts

Herausgegeben durch dessen Direktor

H. v. Ficker

Nr. 345

Bericht über die Tätigkeit

des

**Preußischen
Meteorologischen Instituts**

im Jahre 1926

Erstattet vom Direktor

Mit einem Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen

Berlin 1927

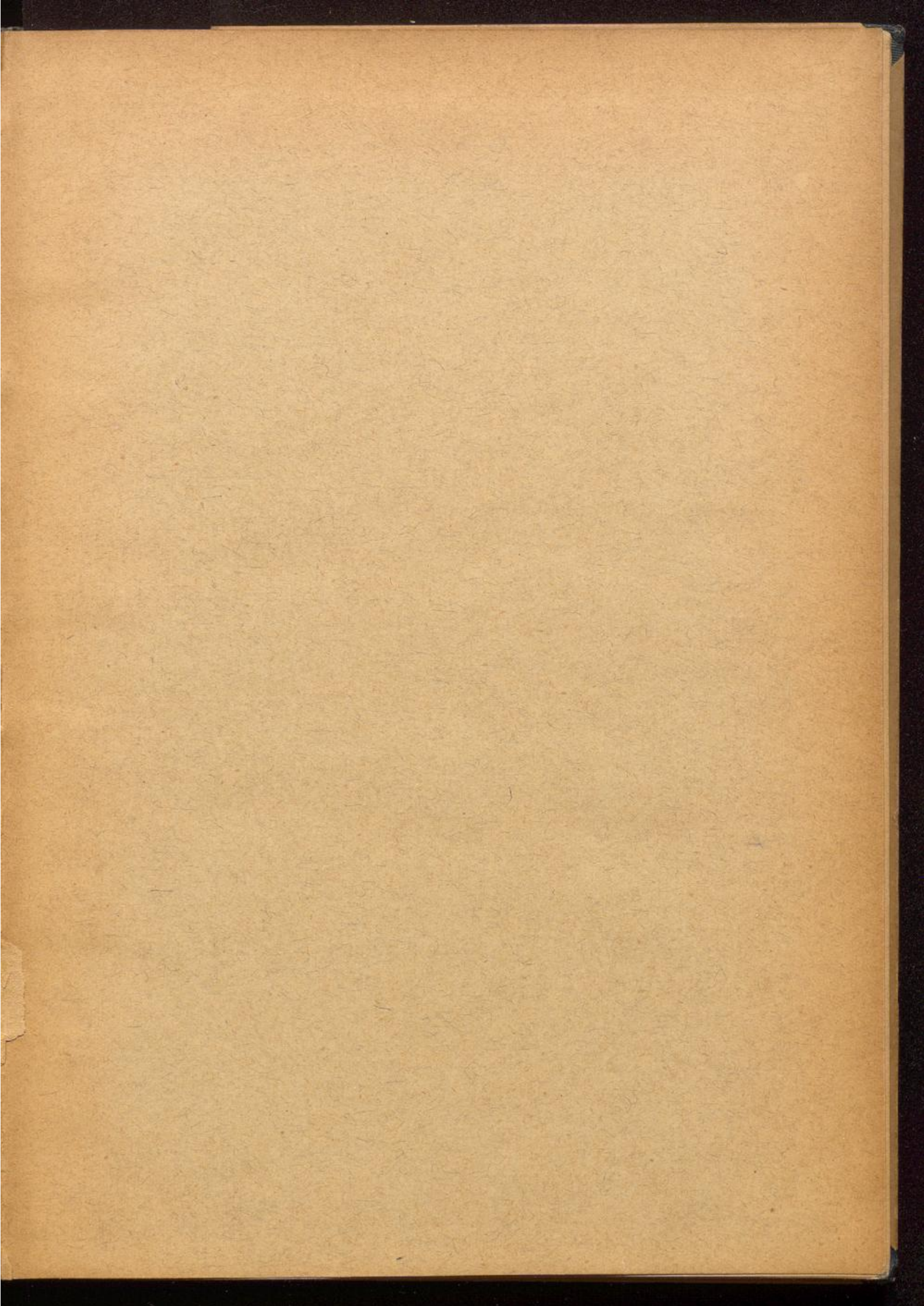
JULIUS SPRINGER

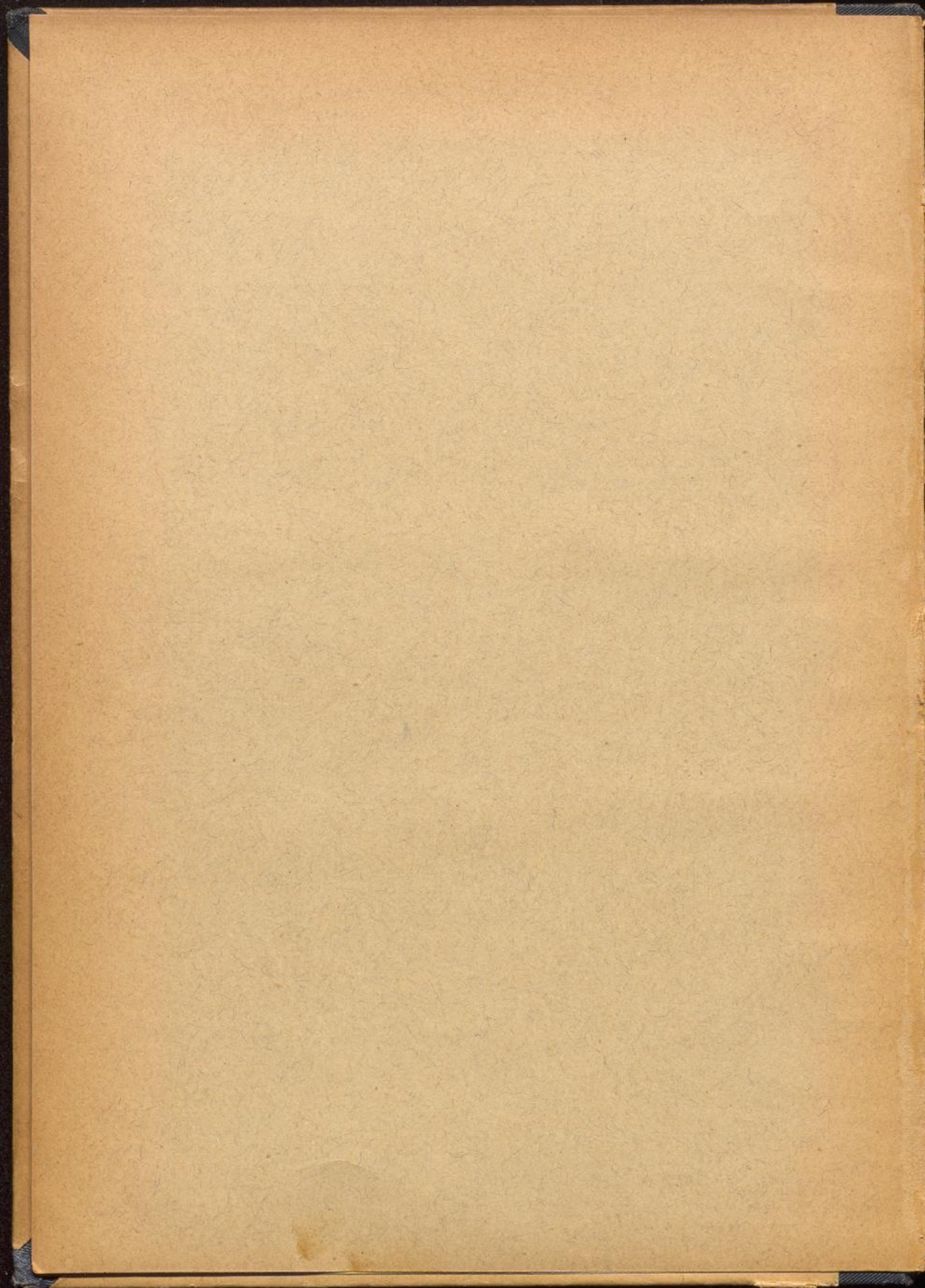
Preis 9 RM

DWD Offenbach / Bibliothek



B23027557





95917 SPS

Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts

Herausgegeben durch dessen Direktor

H. v. Ficker

Nr. 345

Bericht über die Tätigkeit

des

**Preußischen
Meteorologischen Instituts**

im Jahre 1926

Erstattet vom Direktor

Mit einem Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen

Berlin 1927

JULIUS SPRINGER

Preis 9 RM

Handwritten text at the top of the page, likely a title or header, which is mostly illegible due to fading.

Handwritten text in the middle section of the page, possibly a subtitle or a specific reference.

Handwritten text in the lower middle section, appearing to be a list or a set of notes.

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a signature or a date.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	5
2. Personalien	6
3. Das Stationsnetz	10
Stationen I., II. und III. Ordnung und Stationen, die nur Sonnenschein beobachten	10
Regenstationen	15
Gewitterstationen	19
4. Wetterdienst	22
5. Sammlungen des Zentralinstituts	23
Instrumente	23
Bücherei	25
6. Besondere Arbeiten im Zentralinstitut	25
7. Das Meteorologisch-Magnetische Observatorium bei Potsdam	26
Allgemeines	26
Meteorologische Beobachtungen und Arbeiten	26
Magnetische Arbeiten	29
8. Dienstreisen	32
9. Veröffentlichungen	34
Veröffentlichungen des Instituts	34
Fachwissenschaftliche Veröffentlichungen der Beamten	36

Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen.

R. Süring, Nachruf auf Walter Budig	39
Ad. Schmidt, Über die Bestimmung der Parameter von Stabmagneten	42
W. Marten, Über die beiden absoluten pyrhelimetrischen Skalen Ångström und Abbot	59
K. Knoch, Über die unperiodischen Schwankungen der Temperatur im atlantischen Stillengürtel	69
W. König, Über die Niederschläge der Vb-Depressionen	84
A. Nippoldt, Ergebnisse der Messungen an deutschen Säkularstationen der magnetischen Landesaufnahmen, ausgeführt im Jahre 1925	94
A. Nippoldt, Die magnetische Anomalie bei Wittstock in der Ostprieignitz	104
O. Venske, Über eine Fortführung der Rowland'schen Versuche	106
O. v. Schubert, Ein typisches Beispiel für den Zusammenhang hoher und niederer Druckschwankungen	113
H. Wagemann, Über die Erwärmung kalter Luft zwischen dem amerikanischen Festlande und den Bermudas-Inseln	134
Temperatur, Niederschlag und Sonnenschein im Jahre 1926 nach den Beobachtungen der im deutschen Witterungsbericht erscheinenden Stationen	143

Unreadable title text

Unreadable main body text

Unreadable section header

Unreadable main body text

I. Einleitung.

Während des Jahres 1926, über das im Vorliegenden ein kurzer Bericht erstattet wird, hat das Preußische Meteorologische Institut einen schmerzlichen Verlust durch den Tod des wissenschaftlichen Hilfsarbeiters Herrn Dr. Budig erlitten, der am 31. August 1926 an den Folgen einer tuberkulösen Erkrankung starb. Wir betrauern in dem Heimgegangenen, über dessen wissenschaftliche Tätigkeit an anderer Stelle ausführlich berichtet wird, einen kenntnisreichen, gewissenhaften Mitarbeiter und einen charaktervollen, liebenswürdigen Kollegen.

Am 1. Oktober 1926 trat der Abteilungsvorsteher Herr Prof. von Elsner entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen in den Ruhestand. Das Institut, dem er seit 1. April 1898 angehört hat, verliert in ihm einen seiner erfahrensten Beamten. Aber da Prof. von Elsner in ungeschwächter Arbeitskraft in den Ruhestand getreten ist, dürfen wir erwarten, daß er seine besondere Begabung für die Bearbeitung großer Beobachtungsmaterialien auch weiterhin noch in den Dienst der wissenschaftlichen Forschung stellen wird.

Was die Erledigung der laufenden Institutsarbeiten anbelangt, so ist es uns auch im abgelaufenen Jahr leider noch nicht möglich gewesen, die aus Kriegs- und Nachkriegszeit stammenden Rückstände gänzlich aufzuarbeiten. Immerhin kann nunmehr mit einem raschen Abschluß dieser Arbeiten gerechnet werden. Es muß aber schon in diesem Berichte darauf hingewiesen werden, daß ohne Bereitstellung besonderer Mittel, die wir schon wiederholt, aber ohne Erfolg erbeten haben, die Veröffentlichung eines in Aussicht genommenen, zweiten Bandes der Ergebnisse der Stationen II./III. Ordnung 1919—1923 nicht möglich sein wird. Ob unter diesen Umständen mit der Herausgabe dieses Bandes in absehbarer Zeit gerechnet werden kann, läßt sich derzeit nicht übersehen.

Mangel an Mitteln hat auch verhindert, daß wir im Berichtsjahr mit größeren wissenschaftlichen Untersuchungen, deren Durchführung

von Technik und Landwirtschaft immer dringlicher verlangt wird, beginnen konnten. Sowohl für eine modernen Anforderungen genügende Bearbeitung der Windverhältnisse des deutschen Reiches, wie für die Bearbeitung einer Klimakunde des deutschen Reiches (Textband zum Klimaatlas) konnten mit Rücksicht auf die allgemeine Finanzlage die erbetenen Mittel nicht bewilligt werden. Von kleineren Spezialarbeiten, die zum Teil aus Institutsmitteln bestritten werden konnten, sind zu erwähnen die Untersuchung über den Druckeffekt bewegter Luft, die Herr Dr. Koschmieder auf unserem Schneekoppen-Observatorium begonnen hat. Eine zweite Untersuchung, die mit Hilfe eines engmaschigen Netzes von Registrierstationen die primären Vorgänge in einem Gewitter-Herdgebiet (Spreewald) aufklären soll, konnte hingegen nur mit Unterstützung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft in Angriff genommen werden.

Als außerordentlich vorteilhaft für das Institut empfinden wir es, daß trotz der beengten finanziellen Verhältnisse es unseren vorgesetzten Behörden gelungen ist, die Umwandlung von zwei außerplanmäßigen Stellen (wissenschaftliche Hilfsarbeiter) in planmäßige Stellen (Observatoren) zu erreichen.

Infolge einer Vereinbarung mit der Deutschen Seewarte, die ihre Seewetterwarte Swinemünde nach Stettin verlegt, wird unsere Wetterdienstnebenstelle Stettin zum 1. Januar 1927 aufgelassen. In Stettin wird eine neue Dienststelle des Norddeutschen Wetterdienstes eingerichtet und der Deutschen Seewarte in Hamburg unterstellt.

2. Personalien.

a) Wissenschaftliche Beamte.

Das Staatsministerium hat die gemäß § 1 des Gesetzes betr. die Einführung einer Altersgrenze vorgeschriebene Frist zur Inruhestandsetzung für den Vorsteher des Observatoriums bei Potsdam, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Ad. Schmidt, abermals hinausgeschoben.

Durch Ministerialerlaß vom 27. Mai 1926 — UI Nr. 45875 — trat der Abteilungsvorsteher Prof. von Elsner auf Grund des Gesetzes betr. die Einführung einer Altersgrenze am 1. Oktober 1926 in den dauernden Ruhestand.

In Ausführung des Erlasses vom 22. April 1926 — UI Nr. 45758 — wurde ab 1. April 1926 der wissenschaftl. Angestellte Dr. Albrecht am Meteorologischen Observatorium bei Potsdam zum wissenschaftl. Hilfsarbeiter ernannt. Gleichzeitig wurde dem bei der Wetterdienst-

stelle in Berlin beschäftigten Dr. Koschmieder die Stelle eines wissenschaftl. Angestellten übertragen. Der Genannte schied aber bereits am 15. September 1926 aus dem Dienst des Instituts aus, um die Leitung des Observatoriums in Danzig zu übernehmen.

In seine Stelle trat am 1. Oktober der wissenschaftl. Angestellte Dr. Thomas, der am 1. November Dr. Haude in der Führung der Geschäfte der Wetterdienstnebenstelle in Stettin bis zu deren Aufhebung ablöste.

Durch Ministerialerlaß ist der wissenschaftl. Rechner Dr. Barfels an die Forstliche Hochschule in Eberswalde beurlaubt.

Die durch den am 31. August 1926 erfolgten Tod von Dr. Budig freigewordene wissenschaftl. Hilfsarbeiterstelle wurde durch Ministerialerlaß — UI Nr. 48 529 — vom 5. Dezember 1926 dem bisherigen wissenschaftl. Angestellten der Wetterdienststelle Berlin, Dr. Booss, ab 1. Dezember übertragen.

In Ausführung des Ministerialerlasses — UI Nr. 41 902 — vom 29. Dezember 1926 sind unter Wegfall von zwei Stellen für wissenschaftl. Hilfsarbeiter und Neuschaffung von 2 Observatorenstellen diese mit Wirkung vom 1. April 1926 den bisherigen wissenschaftl. Hilfsarbeitern Dr. König vom Zentralinstitut und Dr. Schindelhauer vom Observatorium bei Potsdam verliehen worden.

Mit dem 1. April ist der bisher in der Wetterdienststelle beschäftigte wissenschaftl. Angestellte Dr. Bock bis auf weiteres dem Magnetischen Observatorium bei Potsdam überwiesen worden.

Zur Dienstleistung in der Abteilung I bzw. Wetterdienststelle sind am 1. Oktober Dipl.-Ing. Grunow und cand. phil. Wagemann eingetreten; ersterer war vorher bereits seit 1. August als Volontär tätig. Bei der Wetterdienststelle arbeitet seit dem 29. November Dr. Scholz als Volontär.

Im Einvernehmen mit dem Herrn Landwirtschaftsminister ist Dr. Baur (St. Blasien) als wissenschaftl. Assistent der Norddeutschen Wetterdienstorganisation ab 1. Dezember 1926 dem Zentralinstitut gemäß vertraglicher Vereinbarung zur Beschäftigung überwiesen.

b) Mittlere und Unterbeamte.

Durch Ministerialerlaß vom 23. September 1926 — UI Nr. 47 590 — wurde der Kanzleisekretär Schöbe auf seinen Antrag zum 1. November 1926 in den dauernden Ruhestand versetzt. An seine Stelle trat als Kanzleiassistent der bisherige Institutsgehilfe Blechschmidt

(Erlaß UI 48124 vom 19. 11. 1926), der weiter in Abteilung II Verwendung findet, während der zur Probedienstleistung einberufene Versorgungsanwärter Granel vorzugsweise in der Kanzlei beschäftigt wurde.

In Ausführung der Ministerialerlasse — UI Nr. 47343 und 47319 — vom 29. Juli 1926 erhielten die bisherigen Obersekretäre Ebert und Kroll vom Zentralinstitut, Busch und Nielbock vom Observatorium bei Potsdam die Amtsbezeichnung „Verwaltungsinspektor“, der Kastellan und Obermechaniker Kleinert, der Institutsgehilfe Hahn und der Mechaniker Urbansky in Potsdam, letztere unter Umwandlung ihrer bisherigen Stellen, die Amtsbezeichnungen „Hilfswerkmeister“ bzw. „techn. Gehilfe“ und „Obermechaniker“.

Durch Erlaß — UI Nr. 41902 — vom 26. Dezember 1926 wurde die Stelle des Amtsmeisters am Zentralinstitut mit Wirkung vom 1. April 1926 in die eines „techn. Gehilfen“ umgewandelt.

An Stelle des ausscheidenden Hilfsdieners Zarnikow trat am 7. Juni 1926 der Hilfsdiener Sammüller.

Nach vorübergehender Verwendung bei der Wetterdienstnebenstelle in Stettin wurde ihr der Angestellte Hiltmann ab 1. März 1926 dauernd zur Dienstleistung überwiesen.

Personalbestand des Preußischen Meteorologischen Instituts am Schlusse des Jahres 1926.

Direktor: Professor Dr. v. Ficker (1. IV. 1923)¹⁾.

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

Bücherei und Drucklegung der Veröffentlichungen: Observator u. Professor Dr. Knoch (15. I. 1905).

Wissenschaftlicher Rechner: Dr. Bartels (1. X. 1922), z. Zt. beurlaubt.
Beschäftigt beim Direktor: Frä. v. Elsner.

Zentralbüro.

Verwaltungs-Oberinspektor: Rechnungsrat Seeliger (1. IV. 1895).

Verwaltungs-Inspektor: Kroll (1. IV. 1925).

Kasse: Obersekretär Piper (1. XII. 1908).

Registratur.

Obersekretär: Kriegler (18. I. 1909).

Kanzlei.

Kanzleisekretär: Lienek (1. V. 1902).

Kanzleiassistent: Blechschmidt (1. VIII. 1920) [beschäftigt in der Abteilung II].

Beschäftigt in der Kanzlei: Granel [s. u.]

¹⁾ Die Zeitangaben in Klammern bedeuten den Eintritt in den Dienst des Instituts.

Amtsmeisterei.

Techn. Gehilfe: Tugend (1. VII. 1899).
 Institutsgehilfe: Conrad (1. VII. 1914). Zur Probedienstleistung:
 Granel (1. IX. 1926), [beschäftigt in der Kanzlei].
 Pförtner: Institutsgehilfe Reinicke (1. VI. 1906).
 Hilfsdiener: Sammüller (7. VII. 1926).
 Buchbinder: Walter (1. II. 1925).

Zentralinstitut in Berlin.

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

Abteilungsvorsteher u. Professor: Dr. Lüdeling (1. X. 1892) [s. o.]
 Observatoren u. Professoren: Dr. Schwalbe (1. IX. 1891), Dr. Joester
 (1. III. 1901).
 Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter: Dr. Treibich (1. X. 1923).
 Verwaltungssekretär: Uille (1. III. 1921).
 Beschäftigt in der Abteilung: Dipl. Ing. Grunow.

Abteilung II: Regenstationen.

Mit der Leitung beauftragt: Observator u. Professor Dr. Henze (1. X. 1902).
 Observator u. Professor: Dr. Langbeck (1. IV. 1905).
 Observator: Dr. Wussow (16. X. 1905).
 Verwaltungs-Inspektor: Ebert (14. II. 1902).
 Beschäftigt in der Abteilung: Blechschmidt [s. o.], Schütte.

Abteilung III: Gewitterstationen.

Abteilungsvorsteher u. Professor: Dr. Stade (15. VII. 1891).
 Wissenschaftlicher Angestellter: Dr. Haude (1. IV. 1925).

Abteilung IV: Wetterdienst.

Observator: Dr. König (1. VII. 1910).
 Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter: Dr. Booss (1. X. 1923).
 Beschäftigt in der Abteilung: cand. phil. Wagemann, Ewert, Marzlinger, Funker Thieroff [aus Reichsmitteln besoldet].

Wetterdienstnebenstelle Stettin.

Wissenschaftlicher Angestellter: Dr. Thomas (1. X. 1926).
 Angestellter: Hiltmann (1. VII. 1925).

Außerdem wurden aushilfsweise beschäftigt: Hersemeier, Fr. Isigkeit, Keiser, Lewin, Frau Müller, Fr. Schultz (Abt. I); Teetz (Abt. II); Kolbe (Abt. III); Fr. Fetting, Peters, Frau Willke (Abt. IV); Ertel (Bücherei).

Observatorium bei Potsdam.

Vorsteher: Abteilungsvorsteher u. Professor Geh. Regierungsrat Dr. Ad. Schmidt (1. X. 1902) [s. u.].
 Verwaltungs-Inspektor: Nielbock (1. X. 1921).
 Kastellan u. Hilfswerkmeister: Kleinert (1. IX. 1894).
 Gärtner und Heizer: Geitner (1. X. 1906).

Meteorologische Abteilung.

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

Observatoren u. Professoren: Dr. Kühl (1. IV. 1896), Dr. Marten
(15. VIII. 1897).

Observatoren: Dr. Kähler (1. IV. 1907), Dr. Schindelhauer (1. IV.
1911).

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

Verwaltungs-Inspektor: Busch (20. IV. 1905) [halbe Dienstzeit].

Technischer Institutsgehilfe: Hahn (1. VII. 1899).

Beschäftigt in der Abteilung: Rockel, Fr. Klingbeil [halbe Dienstzeit].

Magnetische Abteilung:

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

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

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

Verwaltungs-Inspektor: Busch (20. IV. 1905) [halbe Dienstzeit].

Mechaniker: Urbansky (1. I. 1905).

Beschäftigt in der Abteilung: Neubert, Fr. Klingbeil [halbe Dienstzeit].

3. Das Stationsnetz.

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

Die schon im vorjährigen Bericht zum Ausdruck gebrachte Hoffnung, den Beobachtern vom 1. April 1926 ab eine abermalige Verbesserung ihrer Dienstaufwandsentschädigungen zukommen lassen zu können, ist erfreulicherweise in Erfüllung gegangen. Wenn diese Bezüge jetzt auch durchweg etwas höhere sind als vor dem Kriege, muß man sie immer noch als sehr geringe bezeichnen. Denn es darf nicht vergessen werden, daß die dafür zu leistende Arbeit eine recht beträchtliche ist und daß die Beobachter an den Stationen höherer Ordnung durch die täglichen 3 Beobachtungstermine in außerordentlich hohem Maße gebunden sind. Gerade diese mit den Beobachtungen verbundene Beschränkung der freien Verfügung über ihre Zeit empfinden die meisten Beobachter besonders unangenehm, und auch die jetzigen Bezüge können noch nicht als ein völlig angemessenes Entgelt angesehen werden. Immerhin haben sie eine wesentliche und sehr erwünschte Beruhigung in den Reihen der Beobachter zur Folge gehabt, die auch einer stetigen und ersprießlichen Arbeit an den Stationen sehr zu statten kommt.

An Veränderungen im Stationsnetz traten folgende ein:

- Eingegangen: II. O. Hügel (Ruhr), Sedelsberg, Warnemünde.
Sonnenscheinstation Schlanstedt.
- Nach Unterbrechung
wieder eingerichtet: II. O. Habelschwerdt.
- Neu eingerichtet: II. O. Hameln, Insel Scharfenberg b. Bln.-Tegel.
III. O. Blankenrath (Hunsrück).
- Zurückverlegt: III. O. Ellenberg wieder nach Birkenfeld.

Außer dem Meteorologischen Observatorium in Potsdam zählte das Beobachtungsnetz des Preußischen Meteorologischen Instituts somit am Ende des Jahres 1926:

Stationen	I. O.	2	} zusammen 165 Stationen höherer Ordnung
„	II. O.	110	
„	III. O.	53	
„	, die nur Sonnenschein beobachten . . .	14	

Weiterhin erhält das Meteorologische Institut Abschriften der Beobachtungen aller Thüringischen Stationen (8 Stationen II. O. und 2 Stationen III. O.) sowie des Observatoriums in Danzig (Freistaat).

Von den genannten 179 Stationen liegen 139 Stationen höherer Ordnung und 13 Stationen, die nur Sonnenschein beobachten, in Preußen. Die Verteilung auf die einzelnen Provinzen und die Zugehörigkeit zu den einzelnen Gliedstaaten zeigt die folgende Zusammenstellung:

Preußen.

- Ostpreußen: II. O. Insterburg, Königsberg (Sternw.), Marggrabowa, Osterode, Tilsit.
III. O. Heilsberg, Marienburg, Ortelsburg, Rossitten, Stallupönen.
⊙ Marggrabowa (Wasserturm), Osterode (Seminar).
- Grenzmark:
Brandenburg: II. O. Deutsch Krone, Fraustadt.
II. O. Berlin (Invalidenstr.), Dahlem, Frankfurt a. O., Jüterbog, Landsberg a. W., Insel Scharfenberg.
III. O. Angermünde, Berlin (Friedrichshain), Buch, Ebereschenhof, Kleinbeeren, Kottbus, Kyritz, Neuwedell.
- Pommern: II. O. Greifswald, Köslin, Lauenburg, Muhlendorf, Neu-Hammerstein, Putbus, Stettin.
III. O. Greifenberg, Reinwasser, Warsow.
⊙ Kolbergermünde.
- Schlesien: I. O. Schneekoppe.
II. O. Arnsdorf, Beuthen, Breslau, Friedland, Görlitz, Grünberg, Habelschwerdt, Krietern, Landeck, Lautawerk, Liegnitz, Oppeln, Proskau, Ratibor, Reinerz, Schreiberhau, Wang.
III. O. Charlottenthal, Grunwald, Krummhübel, Rosenberg, Simsdorf, Weigelsdorf.
⊙ Niesky.

- Sachsen: I. O. Brocken.
 II. O. Bitterfeld, Erfurt, Gardelegen, Halle, Magdeburg, Quedlinburg, Schmatzfeld, Torgau.
 III. O. Eigenrieden, Eisleben, Krüssau.
 ⊙ Erfurt.
- Schleswig-Holstein: II. O. Büsum, Flensburg, Helgoland, Husum, Neumünster, Westerland.
 III. O. Marienleuchte, Schleswig, Wyk.
 ⊙ Kiel, Meldorf, Westerland.
- Hannover: II. O. Celle, Emden, Göttingen, Hameln, Hannover, Hildesheim, Klausthal, Lüneburg, Norderney, Osnabrück, Stade.
 III. O. Bremervörde, Nienburg, Schöninghsdorf, Soltau.
 ⊙ Emden (außer dem Baltentore).
- Westfalen: II. O. Arnsberg, Bochum, Herford, Hövelriege, Kahler-Asten, Münster.
 III. O. Alt Astenberg, Dortmund, Siegen.
 ⊙ Lüdenscheid, Münster (Schleuse).
- Hessen-Nassau: II. O. Abmannshausen, Frankfurt a. M., Fulda, Geisenheim, Hattenheim, Kassel, Kl. Feldberg, Marburg, Oberlahnstein, Wasserkuppe, Wiesbaden, Witzenhausen.
 III. O. Brotterode, Gelnhausen, Salzburg, Schwarzenborn, Weilburg.
- Rheinprovinz: II. O. Aachen, Berncastel, Elberfeld, Essen, Kleve, Köln, Krefeld, Leverkusen, Neuwied, Schloßböckelheim, Trier.
 III. O. Blankenrath, Coblenz, Kaisersesch, Schneifelforsthäus.
 ⊙ Möhnewarte, Poppelsdorf.
- Hohenzollernsche Lande: II. O. Hechingen.
 III. O. Sigmaringen.

Andere Gliedstaaten.

- Mecklenburg-Schwerin: II. O. Kirchdorf, Marnitz, Rostock, Schwerin, Waren.
 III. O. Dömitz, Güstrow.
- Mecklenburg-Strelitz: II. O. Neubrandenburg.
 ⊙ Neubrandenburg.
- Oldenburg: II. O. Elsfleth, Jever, Lönningen, Oldenburg.
 III. O. Birkenfeld, Eutin, Vechta.
- Braunschweig: II. O. Braunschweig, Helmstedt.
- Anhalt: II. O. Bernburg, Dessau, Harzgerode, Köthen.
 III. O. Sandersleben, Zerbst.
- Waldeck: III. O. Mengerlinghausen.
- Bremen: II. O. Bremen.
- Lübeck: II. O. Lübeck.

Von wesentlichen Änderungen an den Stationen selbst ist hervorzuheben, daß in Arnsberg, Lüneburg, Marggrabowa, Marnitz, Neu-Hammerstein, Oppeln, Proskau, Soltau und Trier ein Wechsel des

Beobachters stattgefunden hat, womit in Lüneburg, Marggrabowa, Marnitz und Soltau auch eine Umstellung der Instrumente verbunden war.

Mit Bezug auf das Personal der Stationen kann ich zu meiner großen Freude erwähnen, daß 3 unserer Beobachter ihr 25jähriges Beobachter-Jubiläum feiern konnten, und zwar Seminaroberlehrer Stein in Habelschwerdt, Professor Dr. König in Neubrandenburg und der Beobachter Schwarz, der am 1. Oktober ununterbrochen 25 Jahre die Verwaltung unseres Observatoriums auf der Schneekoppe geführt hat.

Den Jubilaren möge auch an dieser Stelle wärmste Anerkennung und aufrichtigster Dank für so treue und wertvolle Mitarbeit im Dienste der Wissenschaft ausgesprochen sein!

Leider ist aber auch der Tod einer Reihe von verdienten und langjährigen Beobachtern zu beklagen. Es starben: Laborantin Fückel in Göttingen (Beob. seit 1925), Professor Dr. Eichhorn in Lüneburg (Beob. seit 1895), Obersiedemeister Nickees in Lüneburg (Vertreter seit 1911) und Lehrer Juppe in Oppeln (Beob. seit 1909).

Ihnen allen wird das Institut ein ehrendes Andenken bewahren.

Von den oben aufgeführten Stationen II. O. sind einige als Stationen I. O. anzusehen, da sie für fast alle meteorologischen Elemente Registrierapparate besitzen. Hierzu gehören Aachen, Bremen, Essen, Kahler Asten, Kleiner Feldberg (Taunus), Krietern. Da jedoch diese Stationen dem Preußischen Meteorologischen Institut nur die Beobachtungen im Umfange von Stationen II. O. zugehen lassen, so werden sie in seinem Netze auch als solche geführt.

An einer größeren Zahl von Stationen sind ferner Registrierinstrumente für einzelne oder mehrere Elemente im Gange. Sie leisten nicht nur zur Kontrolle der Terminbeobachtungen gute Dienste, sondern finden auch vielfach Verwendung bei Auskünften und Gutachten, zur Beantwortung praktischer Fragen, zu wissenschaftlichen Untersuchungen besonderer Witterungserscheinungen, vor allem auch der Gewitter.

Bezüglich der weiteren Ausrüstung der Stationen mit Registrierinstrumenten ist zu erwähnen, daß die Stationen Soltau und Scharfenberg mit Thermographen ausgerüstet wurden und Grünberg einen Hygrographen erhielt.

Insgesamt verfügte Abteilung I Ende 1926 über Aufzeichnungen von 30 Barographen, 29 Thermographen, 18 Hygrographen, 11 Anemo-

graphen und 60 Sonnenscheinautographen. (Die Registrierinstrumente von Potsdam sind hierbei nicht mitgerechnet).

Die Aufarbeitung der Rückstände ist auch im Berichtsjahre aufs Eifrigste betrieben worden. Allerdings ging sie zeitweise langsamer als erwartet voran, weil das aus den Inflationsjahren stammende Beobachtungsmaterial bei der damaligen Unlust vieler Beobachter (infolge unzulänglicher Bezahlung) und bei dem häufigen Wechsel derselben oft recht unzulänglich und wenig sorgfältig war. Auf seine Prüfung und Berechnung mußte daher viel mehr Zeit verwandt werden, als vorausgesehen werden konnte. Stark hemmend wirkte ferner, daß der wissenschaftliche Hilfsarbeiter Dr. Budig, der schon vom Januar dieses Jahres ab nach seiner Erkrankung nicht mehr voll arbeitsfähig war, von Ende Mai ab dauernd fehlte und von den übrigen Mitgliedern der Abteilung I vertreten werden mußte, die dadurch eine erhebliche Mehrarbeit zu leisten hatten. Ersatz erfolgte erst zu Anfang August durch Einstellung einer neuen Hilfskraft in der Person des Diplomingenieurs Grunow, der vorwiegend mit Arbeiten in der der Abteilung I angegliederten Instrumentensammlung beschäftigt wurde.

Trotz dieser Schwierigkeiten ist es gelungen, die Arbeiten soweit zu fördern, daß vom Sammelband 1919—1923, Teil II ein großer Teil druckfertig bereit liegt und Jahrgang 1924 im Jahre 1927 zur Ausgabe gelangen kann.

Mit dem Druck auch des Sammelbandes konnte leider noch nicht begonnen werden, da die hierzu erforderlichen Mittel nicht vorhanden waren. Aus demselben Grunde mußte auch der Neudruck der „Anleitung zur Anstellung und Berechnung der Beobachtungen an den Deutschen Meteorologischen Stationen“, Teil I und II noch zurückgestellt werden, obwohl die alte Auflage schon vollkommen vergriffen ist.

Ein sehr hohes Maß an Arbeit erwuchs der Abteilung durch die Abgabe von Auskünften und Berichten (s. auch unter 6., S. 25). Außer dem allmonatlich in der Statistischen Korrespondenz erscheinenden „Deutschen Witterungsbericht“ lieferte die Abteilung eine außerordentlich große Zahl von Gutachten und Auskünften an Behörden und an Privatpersonen, auch wurde sie in immer weiterem Umfange bei Einrichtung von meteorologischen Privatstationen in landwirtschaftlichen oder gärtnerischen Betrieben, bei Saatzuchtgesellschaften, in Kurorten, vor allem aber auch an Schulen

als Beratungsstelle und zur Vermittlung bei Beschaffung der Instrumente in Anspruch genommen.

Besonders erwähnt sei hier die Einrichtung mehrerer Stationen im Ostseebade Swinemünde, die auf Anregung des Abteilungsvorstehers erfolgte und an denen unter seiner Leitung Beobachtungen zur genaueren Erforschung des Strandklimas angestellt werden. Ähnliche Untersuchungen wurden in Wyk a. Föhr (durch die dortige bioklimatische Forschungsanstalt) sowie in Kolberg (durch Professor Franz Müller-Berlin) begonnen, ebenfalls unter beratender Mitwirkung des Abteilungsvorstehers. Nach dessen Angaben stellte auch die Firma R. Fuess-Steglitz einige Sätze von Beobachtungsgerät zusammen, die speziell für Kurorte, für Landwirte oder für Gärtner bestimmt sind.

Regenstationen.

Nachdem im vorigen Jahr eine gleichmäßige Verteilung der Niederschlag messenden Stationen im wesentlichen erreicht worden ist, hat sich ihre Zahl kaum geändert. Es liefen im Berichtsjahr am Meteorologischen Institut die Niederschlagsbeobachtungen von 2323 Regenstationen und von 164 Stationen höherer Ordnung ein; an nichtpreußischen Stationen, deren Beobachtungsergebnisse in den Veröffentlichungen des Instituts mit abgedruckt werden, bestehen in Thüringen 137, Mecklenburg-Schwerin 41, Mecklenburg-Strelitz 9, Oldenburg 37, Braunschweig 39, Anhalt 33, Waldeck 13, Lippe 9, Lübeck und Bremen 8. Die Zahl der Stationen, die in den Sommermonaten Aufzeichnungen eines registrierenden Regenmessers einsandten, betrug 17; der in Klausthal bisher tätige selbstschreibende Schneemesser mußte wegen einer erforderlichen Reparatur eingezogen werden.

Die beschränkte Aufnahmefähigkeit des gewöhnlichen Regenmessers bei starken Schneefällen hat es seit langem als wünschenswert erscheinen lassen, auch in dem sehr niederschlagsreichen Gebiet des oberen Zacken in der Nähe von Schreiberhau eine Anzahl von Stationen mit Gebirgsregennessern auszurüsten; es wurden im Laufe des Sommers solche aufgestellt in Hoffnungsthal, Jakobsthal, Karlsthal, Groß-Iser und Leopoldsbaude, ferner auf Veranlassung des Instituts in Hernsdorf, einer Station, die dem Elektrizitätswerk des Provinzialverbandes in Schlesien hinsichtlich der Einrichtung und Erhaltung untersteht.

Der wöchentliche Meldedienst, der den Strombauverwaltungen und zugleich dem Meteorologischen Institut an jedem Montag während des Winterhalbjahres auf Grund der Meldungen einer Anzahl von Regenstationen einen Überblick über die Schneedeckenverhältnisse verschaffen sollte, hatte seit seiner Einrichtung im Jahre 1893 in gleicher Weise fortbestanden. Die häufiger eingetretenen Hochwasserkatastrophen im vorigen Winter 1925/26 gaben jedoch der Landesanstalt für Gewässerkunde Anlaß, auf eine tägliche Übermittlung solcher Meldungen hinzuwirken; in Zusammenarbeit mit ihr ist daher durch Umorganisation und Erweiterung ein wasserwirtschaftlicher Wetternachrichtendienst entstanden, durch den von 61 mit einem Schneepegel und einem Schneeausstecher ausgerüsteten Regenstationen seit dem 1. November nunmehr jeden Tag das Ergebnis ihrer Messungen über Höhe und Wassergehalt der Schneedecke, sowie Niederschlagshöhe auf Postkarten der zuständigen Wetterdienststelle übermittelt wird; diese ist wiederum angewiesen, ihre Zusammenstellungen an die ihr zugeordneten Strombauverwaltungen weiterzugeben und wohl auch in ihren Wetterkarten zu veröffentlichen. Nur die Wasserstraßendirektion in Hannover hat Wert darauf gelegt, von den 16 Stationen ihres Flußgebietes die gleichen täglichen Berichte direkt und dazu noch die bisher üblichen Wochenmeldungen von weiteren 12 Stationen zu erhalten. Dieser so umorganisierte tägliche Meldedienst soll zukünftig sich auch über das Sommerhalbjahr erstrecken.

Für das Meteorologische Institut reicht dagegen eine wöchentliche Berichterstattung im allgemeinen aus; von ihm werden außer den Meldungen der 61 Stationen des wasserwirtschaftlichen Wetternachrichtendienstes noch die von 159 anderen Stationen benutzt, um namentlich gegenüber der Landesanstalt für Gewässerkunde einen Überblick über die Schneedeckenverhältnisse der jeweils verflossenen Woche geben zu können; eine Veröffentlichung solcher Berichte oder Karten über die Verbreitung der Schneedecke auf den Wetterkarten der Wetterdienststelle in Berlin ist in die Wege geleitet.

Die auf Veranlassung der Landesanstalt für Gewässerkunde durchgeführte Erweiterung des besprochenen Meldedienstes wird finanziell von dem Preuß. Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten getragen; von ihm sind nicht allein die Kosten der Anschaffung von 43 Schneeausstechern und 42 Schneepegeln, sondern auch die Beträge für die den Beobachtern zu zahlenden Sonderentschädigungen bereit gestellt worden.

Im Oderstromgebiet waren auch in dem verflossenen Sommerhalbjahr 10 Stationen zur sofortigen direkten Meldung starker, sowie anhaltender ergiebiger Niederschläge an die Strombauverwaltung in Breslau verpflichtet; so erfolgten in dem verflossenen Sommer 47 Postkarten- und 14 telegraphische Berichte. Auch nach Einrichtung des wasserwirtschaftlichen Wetternachrichtendienstes, der, wie erwähnt, auch im Sommer laufen soll, bleiben gleichwohl noch 6 Stationen zur direkten Berichterstattung an die Oderstrombauverwaltung künftighin verpflichtet. Auf Verlangen ebendieser Strombauverwaltung wieder aufgenommen wurde der Sondermeldedienst an das wieder neu errichtete Staubeckenamt in Ottmachau, das in den Jahren der Inflation hatte aufgehoben werden müssen. Wie früher sind 10 Stationen im Gebiete der Glatzer Neiße angewiesen worden, bei starken oder länger andauernden Niederschlägen durch Postkarte, in dringenden Fällen mittelst Depesche dorthin Meldung zu machen.

Die Auskunftserteilung über Niederschläge, die der Abteilung II obliegt, hat auch im Berichtsjahr wiederum eine Zunahme erfahren. Viel Zeit nahmen insbesondere solche Auskünfte in Anspruch, die als Unterlagen für Kanalbauten oder Projekte von Talsperren angefordert wurden, da es sich hierbei stets um Aufstellung langjähriger Beobachtungsreihen handelte; dazu hat sich die Zahl der nachfolgend aufgeführten Dienststellen, an die monatlich oder vierteljährlich ebenfalls meist umfangreichere Zusammenstellungen von Niederschlagsbeobachtungen z. T. mit erläuterndem Text abgegeben werden, um zwei weitere vermehrt:

1. Kulturbauamt in Lötzen; 2. Pflanzenschutzstelle der Landwirtschaftskammer für die Provinz Ostpreußen in Königsberg i. Pr.;
3. Regierungspräsident in Allenstein; 4. Landwirtschaftskammer für die Grenzmark Posen-Westpreußen in Schneidemühl; 5. Landesanstalt für Gewässerkunde in Berlin; 6. Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft in Berlin; 7. Zeitschrift „Die Deutsche Zuckerindustrie“ in Berlin;
8. Finanzamt in Nauen; 9. Landesfinanzamt in Magdeburg; 10. Landwirtschaftskammer der Provinz Sachsen in Halle a. S.; 11. Oberpräsidium (Wasserstraßendirektion) in Hannover; 12. Badische Anilin-Fabrik A.-G. (Abt. Landwirtschaft) in Hannover; 13. Kulturbauamt in Lüneburg; 14. Kreisbauamt in Lüchow; 15. Wasserbauamt in Cassel; 16. Neubauamt für die Fuldastaufen in Cassel; 17. Sächsische Landeswetterwarte in Dresden; 18. Landesamt für Wetter- und Gewässerkunde in Darmstadt; 19. Bayerische Landesstelle für Gewässer-

kunde in München; 20. Meteorologisches Observatorium in Essen; 21. Hydrologische Staatsanstalt in Prag.

Die Karten der monatlichen Niederschlagsverteilung, die auf Grund der Messungen von etwa 700 Stationen regelmäßig entworfen werden und die als Ergänzung für den von der Abteilung I veröffentlichten „Deutschen Witterungsbericht“ in der „Statistischen Korrespondenz“ gedacht sind, wurden weiterhin auf der Rückseite einer der Tageswetterkarten der öffentlichen Wetterdienststelle Berlin zur Verbreitung gebracht. Leider haben bisher noch nicht die Mittel bereit gestanden, um diese Monatskarten, die sich immer größerer Nachfrage erfreuen, als Klischeeabdruck auch in dem „Deutschen Witterungsbericht“ mit aufzunehmen, wodurch die Möglichkeit gegeben sein würde, sie auch in den jährlichen „Ergebnissen der Niederschlagsbeobachtungen“ wie früher wiedergeben zu können.

In dem Bestreben der Niederschlagsabteilung, auch den ihr gestellten praktischen Aufgaben immer mehr gerecht zu werden, bieten die noch nicht aufgearbeiteten Niederschlagsbeobachtungen der letzten Jahre ein schweres Hemmnis. Nachdem im Herbst des vergangenen Jahres die „Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen in den Jahren 1921 bis 1923“ erschienen sind, hat mittlerweile die Drucklegung des Jahrganges 1924 begonnen, in dem einem von wasserwirtschaftlicher Seite geäußerten Wunsche entsprechend wie in den Vorkriegsjahrgängen die täglichen Niederschlagsmessungen von rund 300 Stationen Norddeutschlands wieder aufgenommen werden. Schon diese Erweiterung bedingt eine wesentliche Mehrarbeit; berücksichtigt man; daß bei den vermehrten Aufgaben der Abteilung auch die Auskünfte an Umfang, wie an Zahl stetig zunehmen, so muß schon jetzt gesagt werden, daß bei der Aufarbeitung der Rückstände ohne eine Vermehrung der Arbeitskräfte ein weiteres Aufholen kaum möglich sein wird. Das ist um so mehr bedauerlich, als unter diesen Umständen auch die so sehr erwünschte Prüfung der Beobachtungsergebnisse gleich nach ihrem Eingang nicht durchführbar ist.

Von den langjährigen Beobachtern, die sich über 20 Jahre hindurch an der regelmäßigen Berichterstattung über Niederschläge beteiligten, verlor das Institut durch den Tod Förster Bödecker in Schwerte (Westf.), Pfarrer Diederichs in Bad Kösen (Sachsen), Pfarrer Matthiessen in Ladelund (Schlesw.-Holstein), Rittergutsbesitzer Ackermann in Salisch (Schles.), Hauptlehrer Nergler in Niederharpersdorf (Schles.), Fischereibesitzer Martin in Grüssauisch-

Hermsdorf (Schles.), Frau Kade in Sänitz (Schles.), Lehrer Heinrich in Neudorf (Schles.), Lehrer Baldow in Kittlitztreben (Schles.), Lehrer Buchholz in Bärwalde (Pomm.), Rentner Gehrke in Pyritz (Pomm.) und Ökonomierat Specht in Arnshof (Grenzm.)

Das Institut wird den Verstorbenen ein dankbares Andenken bewahren.

Gewitterstationen.

Da mit Rücksicht auf die unverändert geringe Zahl der in der Abteilung III tätigen Kräfte weiterhin darauf Bedacht genommen werden mußte, die Verwaltungsarbeit nach Möglichkeit einzuschränken, so wurde wiederum eine Reihe von Beobachtern, deren Meldungen durch Unregelmäßigkeit und Unvollständigkeit zu einem zeitraubenden und dabei meistens für die Sache nutzlosen Schriftverkehr Anlaß gaben, gestrichen und nur da ersetzt, wo durch Fortfall der Stationen das Netz so undicht geworden wäre, daß die Entwicklung der Gewitter und ihre Begleiterscheinungen dort nicht mehr mit ausreichender Sicherheit hätten verfolgt werden können.

Die Gesamtzahl der Beobachter beträgt nunmehr rund 1050. Annähernd die Hälfte von ihnen beobachtet jetzt mindestens 10 Jahre ununterbrochen für das Meteorologische Institut, 125 sind 25 Jahre und darüber tätig, und nicht weniger als 17 walten bereits 40, zum Teil 41 Jahre, d. h. seit Errichtung des preußischen Gewitterstationsnetzes, in vorbildlicher Hingabe ihres Ehrenamtes, nämlich die Herren Förster i. R. Keuthan in Eigenrieden, Professor Otto in Eisleben, Apotheker Dr. Heße in Greußen, Geh. Ökonomierat Säuberlich in Gröbzig, Förster Hahn in Groß Bodungen, Rektor Weber in Hünfeld, Kaufmann Garthe in Köln, Hauptlehrer Krannich in Kühndorf (früher in Kaisershagen), Rektor Peker in Lenzen, Kreisausschußsekretär Schildbach in Nauen, Landwirt Haupt in Prießnitz, Landwirt Walther in Reinstädt, Maurermeister Ribbe in Rhinow, Apotheker K. Zechlin in Salzwedel, Lehrer Thiel in Schwarzenborn, Amtsrat Schultz in Vorheide und Buchdruckereibesitzer Leddin in Ziesar.

15 Stationen wurden nach Nachbarorten verlegt, die dem alten Standort so nahe sind (Entfernung unter 5 km), daß die Station an der neuen Stelle als Fortsetzung der alten gelten kann. An 105 Stationen fanden Beobachterwechsel statt.

Die Hessische Landesanstalt für Wetter- und Gewässerkunde in Darmstadt sandte, wie früher, die Gewittermeldungen von 16 hessischen Stationen allmonatlich dem Meteorologischen Institut.

An Meldungen gingen ein: rund 29 000 über Gewitter, 1800 über Wetterleuchten, zusammen 30 800 (gegen 25 600 im Jahre 1925, 28 500 1924, 18 000 1923, 23 000 1922, 22 000 1921). Wie bisher wurden die Meldungen aller Stationen — auch auf etwaige Lücken in der Berichterstattung — geprüft, um für Untersuchungen und Auskünfte eine stets verwendungsbereite Grundlage abgeben zu können.

Die Nordlichterscheinungen, die in Nord- und Mitteleuropa am 26. (vereinzelt auch am 22.) Januar 1926 sichtbar wurden, sind im norddeutschen Gewitterstationsnetz mit dankenswerter Aufmerksamkeit beobachtet worden; nicht weniger als 124 Berichte, die die Merkmale der seltenen Erscheinung vielfach mit Sorgfalt kennzeichnen, sind beim Meteorologischen Institut eingegangen.

Über Windhosen liegen 10 Berichte vor. Zwei dieser Vorgänge, die am 25. und am 30. Juli 1926 mit verheerenden Wirkungen an den Grenzen Berlins auftraten, unterliegen einer durch eigene Aufnahmen unterstützten Bearbeitung.

An sonstigen Sonderberichten gingen ein: 16 allgemeine Gewitterberichte, 20 Berichte über Blitzschläge, 18 über Kugelblitze, 1 über St. Elmsfeuer, 7 über Stürme, 7 über Hagelfälle, 3 über Sonnen- und Mondringe, 3 über Meteore und 6 über Erdbeben.

Auskünfte und Gutachten wurden mehrfach, namentlich an Elektrizitätswerke und Elektrizitätsgesellschaften erteilt; die Gesellschaft für elektrische Unternehmungen in Berlin erhielt eine — wegen ihres großen Umfanges zum Teil außerdienstlich gefertigte — Übersicht der Gewitterhäufigkeit im Jahre 1925 in Ober- und Mittelschlesien.

Das im Spreewaldgebiet im Frühjahr 1925 zum Studium der primären Ursachen der Gewitterentstehung geschaffene Stationsnetz wurde im vergangenen Frühjahr etwas dichter gestaltet. Eine neue Station konnte dank dem lebenswürdigen Entgegenkommen des Grafen Lynar, dessen Schloßgärtner Neumann in Lübbenau schon seit 1925 für den vorliegenden Zweck als Beobachter tätig ist, im Mittelpunkt des oberen Spreewaldes, am Eingang zum Hochwalde, bei der Gräflichen Försterei Eiche ins Leben gerufen werden, wo der Gräfliche Förster Gütthler die Beobachtungen versieht; und eine am Südwestrande des oberen Spreewaldes noch vorhandene Lücke konnte dadurch ausgefüllt werden, daß in dem in der Niederung zwischen Lübbenau und den südöstlichen Ausläufern des Flämings belegenen Bischdorf der Lehrer Voigt sich zur Übernahme einer Station bereit fand.

Da inzwischen die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft Mittel zur Ausrüstung der Spreewaldstationen bewilligt hatte, so konnten die 1925 verwendeten kleinen Thermometerhütten, die, neben den Registrierinstrumenten nur einem unventilierten Psychrometer Platz bietend, überall (abgesehen von Preilack, wo mit einem Strohdache ein wohlgelungener Versuch gemacht wurde) behelfsmäßig zum Schutze gegen Sonnenstrahlung in den Schatten von Gebäuden oder Bäumen gestellt worden waren, im Frühjahr 1926 durch größere Englische Hütten ersetzt werden; in der üblichen Weise frei aufgestellt, aber, wie bisher schon in Preilack, durch übergebaute, zweckmäßig durchbrochene Strohdächer gegen die Sonne geschützt, wurden sie mit aspirierten Psychrometern ausgerüstet, wodurch nun auch einwandfreie Feuchtigkeitsbestimmungen möglich geworden sind.

Eine sehr erwünschte Ergänzung erfuhr das Netz der im Spreewalde nur Gewitter beobachtenden Stationen durch Errichtung einer solchen an der im Hochwalde gelegenen staatlichen Försterei Schützenhaus, wo der Hegemeister Radomski sich zur Übernahme der Beobachtungen bereit fand.

Dem Institut wurde im vorigen Jahre leider eine ungewöhnlich große Zahl von Gewitterbeobachtern durch den Tod entrissen. Außer den bereits in dem Bericht der Abteilung I genannten Beobachtern an Stationen höherer Ordnung, die zugleich Gewitter meldeten, nämlich Professor Dr. Eichhorn in Lüneburg (Beobachter seit 1895) und seinem langjährigen ständigen Vertreter, Siedemeister Nickees (1911), ferner Lehrer H. Juppe in Oppeln (1909) und Fräulein H. Fuckel in Göttingen (ausführende Beobachterin seit 1925) verlor es noch die Gewitterbeobachter Lehrer i. R. Heinrich in Neudorf (1887), Lehrer i. R. Buchholz in Bärwalde (1890), Lehrer i. R. Schneider in Castellaun (1891), Kunstmaler H. Steffen in Burg im Spreewalde (1891), Lehrer Beyer in Leitzkau (1901), Gutsbesitzer Nordalm in Konradsfelde (1910), Rentner Stuckenberg in Lütjeburg (1910), Rektor Heynberg in Klein Freden (1914), Förster Dieckmann in Calvörde (1919), Hegemeister i. R. Zimmer in Groß Leubusch (1923), Hauptlehrer i. R. Buß in Bentheim (1924), Rektor i. R. Merwart in Nimptsch (1924) und Ersten Lehrer Johl in Seelitz (1925).

4. Wetterdienst.

Der Wetterdienst wurde während des Berichtsjahres ohne größere Abänderungen gegen das Vorjahr fortgeführt. Ein zweiter Fernsprechanschluß sorgt nunmehr für glattere Abwicklung des Schnellverkehrs mit der Außenwelt, welche sich weiterhin in erfreulich reichem Maße über das Wetter beraten läßt. Rascheste Verbreitung der Vorhersagen erfolgt durch den Berliner Rundfunk, welcher jetzt seinen Teilnehmern drei- bis viermal am Tage Wetternachrichten zu Gehör bringt. Die Zahl der Tageszeitungen, welche mit Wetterkartenmatern beliefert werden, war zum Schluß des Jahres auf 18 in Groß-Berlin und 28 in der Provinz gestiegen. Die Auflage des von der Wetterdienststelle in eigenem Druck hergestellten „Täglichen Wetterberichts“ mit Wetterkarte beträgt wieder über 300. Dank der im Laufe der Zeit gesammelten Erfahrungen in der Handhabung des Druckverfahrens ist das äußere Gewand der Karten nun merklich besser geworden, so daß keinerlei Beschwerden über den Druck mehr einlaufen.

Wenn die Wetterkarte jetzt in erheblich steigendem Maße von Schulen zu Unterrichtszwecken bezogen wird, so kann das wohl als Wirkung der wetterkundlichen Kurse aufgefaßt werden, welche die Wetterdienststelle zur Einführung der Lehrer von Volks- und höheren Schulen abgehalten hat. Für die Berliner Lehrer handelte es sich dabei um Kurse, die durch ein ganzes Semester hindurch liefen, durch einen Ferienlehrgang, der im Rahmen der von der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht veranstalteten Kurse stattfand, und durch die Aufnahme von Vortragsreisen in die Provinz wurden aber auch auswärtige Lehrer mit der Wetterkunde vertraut gemacht.

Im inneren Dienst selbst wurden im Laufe des Jahres außer zwei in die Dienststelle neu eingetretenen Assistenten noch mehrere jüngere Herren in den Wetterdienst eingearbeitet, welche Meteorologen im Flugsicherungsdienst werden wollten. Bei dem großen Bedarf an Meteorologen bei den Flugwetterwarten und dem geringen Nachwuchs blieb weiter nichts übrig, als Herren mit abgeschlossenem Studium anderer naturwissenschaftlicher Fächer auf diese Weise für den Flugplatzdienst vorzubereiten.

Sommerlicher Böenwarnungsdienst für Wassersport und winterlicher Schneeberichtsdiens aus den Gebirgen, letzterer in erweitertem Umfange in Gemeinschaft mit allen anderen deutschen Wetterdienst-

stellen, wurden wie im Vorjahr fortgesetzt. Warnungen und Sonderauskünfte für vielerlei Sonderzwecke wurden weiter übernommen. Leider müssen die Klagen über den Empfang der Funktelegramme wiederholt werden, namentlich war es monatelang unmöglich, die gesamten russischen Meldungen aufzunehmen, deren Vorhandensein zur Beurteilung mancher Wetterlagen von ausschlaggebender Bedeutung ist. Da auch die auswärtigen Wetterdienststellen mehr und mehr von den Störungen mitbetroffen werden, fand gegen Ende des Jahres eine Besprechung im Telegraphisch-Technischem Reichsamt statt, bei der die baldige Notwendigkeit einer zentralen in ungestörter Lage des Reiches zu errichtenden Empfangsanlage für den gesamten deutschen Wetterdienst betont wurde, von der aus Weitergabe der Auslandsnachrichten an die einzelnen Dienststellen zu erfolgen hätte.

Die Nebenstelle in Stettin (Flugplatz Krow) wurde während des Berichtsjahres aufrechterhalten und ausgebaut. Aus Mitteln der Berliner Hauptstelle wurden ein zweiter Funker und eine dritte Hilfskraft für dort angenommen, die Deutsche Seewarte, mit der nach einem schon im vorigen Bericht erwähnten Abkommen der Wetterdienst in Stettin gemeinsam ausgeübt wurde, gesellte dem Personal noch zwei Meteorologen und eine weitere Hilfskraft hinzu. Wie in Berlin fand dort der Wetterdienst durch Bekanntgabe an einen neuen Rundfunksender, durch Berichte an Zeitungen und Auskünfte an alle möglichen Kreise Verbreitung, Unterrichtskurse wurden namentlich für Flieger abgehalten. Die Landwirtschaftskammer für Pommern unterstützte die Nebenstelle in dankenswerter Weise durch Beisteuerung von Mitteln. Bis zum 1. November blieb Dr. Haude in Stettin, der nach erfolgreicher Einrichtung der Nebenstelle nach Berlin zurückkehrte und von diesem Termin an durch Dr. Thomas ersetzt wurde.

5. Sammlungen des Zentralinstituts.

Instrumente.

Neben der notwendigen Ergänzung der Bestände an Stationsinstrumenten sind im Berichtsjahre für die Ausrüstung einiger weiterer Stationen mit Registrierinstrumenten 3 Thermographen, 2 Hygrographen und 2 Kontaktanemometer, für besondere Untersuchungen 4 Handanemometer, 9 Katathermometer und 3 Richard'sche Registrierapparate (Anemograph, Thermograph, Hygrograph) beschafft worden.

Die meteorologische Station auf dem Dache des Instituts wurde mit einer neuen registrierenden Windfahne ausgestattet.

An die Stationen wurden abgegeben:

1 Stationsbarometer	2 Handanemometer
10 $\frac{1}{5}^{\circ}$ Thermometer	6 Windfahnen mit Stärketafeln
9 $\frac{1}{2}^{\circ}$ »	1 Barograph
32 Maximumthermometer	17 Thermographen
30 Minimumthermometer	10 Hygrographen
2 Maximum - Minimumthermometer nach Six	1 Sonnenscheinautograph
8 Erdbodenthermometer	18 Thermometerhütten
2 Aspirationsthermometer	96 Regenschneemesspaare
1 Aspirationspsychrometer	42 Einzelne Regenschneemesser
1 Insolationsthermometer	9 Gebirgsregenschneemesser
40 Psychro-Aspiratoren	352 Meßgläser
1 Haarhygrometer	2 Schneeausstecher
3 Hohlwimpel	2 Schneepegel
2 Anemometer	2 registrierende Regenschneemesser

Außerdem kamen noch zahlreiche Einzelteile verschiedenster Art, sowie der Bedarf an Papierstreifen für die Registrierinstrumente zum Versand.

Zu Forschungszwecken wurde eine größere Anzahl von Instrumenten aus den Beständen des Instituts leihweise abgegeben.

Für die bioklimatische Station in Swinemünde (Leiter Oberstudienrat Schröder) wurden 2 Thermometerhütten, 2 Thermographen, 2 Hygrographen, 4 $\frac{1}{5}^{\circ}$ -Thermometer, 2 Maximum- und 2 Minimumthermometer, 3 Aspiratoren, 1 Aspirations-Psychrometer, 1 Handanemometer geliefert; für die bioklimatische Station in Wyk a. Föhr (Leiter Sanitätsrat Dr. Gmelin) 4 $\frac{1}{5}^{\circ}$ -Thermometer, 2 Maximumthermometer, 2 Minimumthermometer, 2 Aspiratoren, 2 Katathermometer, 1 Frigorimeter, 1 Graukeilphotometer. Professor Franz Müller-Berlin erhielt für bioklimatische Messungen in Kolberg 1 Aspirations-Psychrometer, 2 Hygrographen, 1 Thermographen, 3 Handanemometer, die medizinische Universitätsklinik in Innsbruck 1 Katathermometer, die Lehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau in Dahlem 2 Handanemometer, Frl. Mortensen 1 Handanemometer. Für Versuche des derzeitigen Hilfsarbeiters Dr. Koschmieder auf der Schneekoppe wurde nach dorthin ebenfalls 1 Handanemometer abgegeben.

Bücherei.

Von den im Berichtsjahr wieder angeknüpften Austauschbeziehungen der Vorkriegszeit sind die mit Chile und Egypten hervorzuheben. Die Zentralinstitute der genannten Länder haben dem Institut alle inzwischen erschienenen Veröffentlichungen überwiesen.

Der Zuwachs belief sich im verflossenen Jahre auf 945 Nummern. Der Gesamtbestand an selbständigen Werken und Sonderdrucken beträgt am Ende der Berichtszeit 35616 Nummern.

Da die Sammlung als Fachbibliothek einen hohen Grad der Vollständigkeit erreicht hat, wird sie in immer mehr steigendem Maße durch Studierende und andere Personen, die außerhalb des Instituts stehen, benutzt. Es muß aber ausdrücklich hervorgehoben werden, daß sie zunächst Präsenzbücherei ist und daß Ausleihungen nur ganz ausnahmsweise stattfinden können.

6. Besondere Arbeiten im Zentralinstitut.

Zu den ständigen Obliegenheiten des Instituts gehört die Erledigung der Gesuche von Behörden und Privatpersonen um meteorologische Auskünfte, deren Zahl sich im Berichtsjahre auf 1593 belief (gegen 961 im Vorjahre). Davon wurden von Abt. I 988, von Abt. II 595 und von Abt. III 10 bearbeitet.

Von den Auskünften entfielen auf:

Gerichtsbehörden	82	Industrie-Handels- und Bauunternehmungen	84
Kultur- und Wasserbauämter	187	Landwirtschaft und Forsten	118
Militärbehörden und Truppenteile	2	Berufsgenossenschaften u. Schiedsgerichte	35
Finanzämter	29	Versicherungsanstalten	161
Deutsche Reichsbahngesellschaft	13	Städtische Verwaltungen	69
Sonstige Behörden	88	Rechtsanwälte	58
Wissenschaftliche Anstalten	82	Privatleute	575

Nach ihrem Inhalt bezogen sich auf:

Menge und Form der Niederschläge	674	Gewitter	13
Luftdruck	8	Mehrere Witterungselemente zugleich	614
Temperatur	161	Klimatische Verhältnisse	16
Bewölkung, Sonnenschein, Helligkeit	21	Meteorologische Literatur	20
Windrichtung und Stärke	56	Instrumente	10

Die Mehrzahl der Auskünfte sind als Gutachten im eigentlichen Sinne anzusehen, da sie eingehendere Erwägungen erfordern; nur selten bestehen sie aus einfacheren Mitteilungen von Tatsachen oder Abschriften von Beobachtungsergebnissen.

7. Das Meteorologisch-Magnetische Observatorium.

Allgemeines.

Die durch die schlechte Finanzlage des Staates bedingten ungünstigen Verhältnisse, auf die in den letzten Berichten immer wieder hingewiesen werden mußte, dauerten im Berichtsjahre unverändert fort. Mit dem zunehmenden Alter der Gebäude, Anlagen und Wege machen sie sich von Jahr zu Jahr fühlbarer. Aber selbst die vom Hochbauamt als dringend und unerläßlich erachteten Instandsetzungs- und Ergänzungsarbeiten konnten nicht in vollem Umfange ausgeführt werden. Im einzelnen ist nur zu erwähnen, daß der die Gärten umgebende, immer mehr verfallende Holzzaun durch einen freilich ziemlich primitiven Drahtzaun ersetzt wurde. In beschränktem Maße wurde ferner mit der Aufbesserung der abgenutzten Ausstattung der Assistentenwohnungen fortgefahren.

Meteorologische Beobachtungen und Arbeiten.

Aktinometrische und luftelektrische Untersuchungen standen auch im verflossenen Jahre an der ersten Stelle des Arbeitsprogramms. Eine einheitliche Zusammenfassung sämtlicher Potsdamer Messungen der Sonnenstrahlung von 1907 bis 1923 wurde beendet und von Prof. Marten in den Abhandlungen des Meteorologischen Instituts veröffentlicht (Band VIII Nr. 4). Im Anschluß daran wurden die zahlreichen Vergleichsmessungen der Potsdamer Normalinstrumente aufgearbeitet und für den Anhang des diesjährigen Tätigkeitsberichts druckfertig gemacht. Eichungen von Strahlungsapparaten nahmen wiederum viel Zeit in Anspruch (Marten).

Das Instrumentarium wurde durch vier Apparate ergänzt. Gekauft wurden ein Pyrgeometer von Angström und ein Pyrheliograph von Gorczyński-Richard mit einer Thermosäule nach Professor Moll. Ferner wurde ein Pyrheliometer mit Bolometerprinzip nach den Angaben von Dr. Albrecht durch den Werkmeister Kleinert in der Werkstätte des Meteorologischen Observatoriums gebaut und in der Meteorologischen Zeitschrift 1926 S. 495 beschrieben.

Mit Versuchen, dieses „Heizbandbolometer“ als absolutes Instrument zu verwenden, und mit Vorarbeiten zur Messung in ausgewählten Spektralbereichen ist begonnen worden. Schließlich führten Arbeiten über die Gesamtstrahlung zur Herstellung von Versuchsgeräten, welche die Effektivstrahlung ohne dazwischen geschaltete Glashülle messen, und bei denen die Unabhängigkeit von Windeinflüssen durch eine Art „Überkompensation“ erreicht werden soll (Albrecht). Über die Ergebnisse einiger Messungen in Potsdam und auf dem Sonnblick in den Hohen Tauern ist in der Meteor. Zeitschr. 1926 S. 493 berichtet worden. Bei der durch eine Unterstützung der „Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft“ ermöglichten fünfwöchigen Reise nach dem Sonnblick wurden von Dr. Albrecht die im Juli 1924 an gleicher Stelle durchgeführten Wassergehaltsmessungen in Wolken wieder aufgenommen. Die Arbeiten konnten mit erheblich besser ausgeführten Apparaten durchgeführt und dabei auch Rauhreifuntersuchungen zur Prüfung der Theorie der Ablagerung von Wolkenteilen an festen Gegenständen angestellt werden.

Die Messungen von Sonnen- und Himmelshelligkeit mit der Kalium- und Cadmiumzelle wurden fortgesetzt; bei der Cadmiumzelle wurden verschiedene Filter erprobt. Für unsere für langwelligere Strahlung sehr unempfindliche Zelle erwies sich als besonders geeignet ein im großen hergestelltes, für Brillen allgemein verwendetes Spiegelglas. Die Filtergläser konnten im Astrophysikalischen Observatorium mit Quarzspektograph und Eisenlichtbogen auf ihre Durchlässigkeit speziell in Ultraviolett geprüft werden (Kühl).

In enger Zusammenarbeit mit dem Aeronautischen Observatorium Lindenberg beteiligte sich das Meteorologische Observatorium wiederum an der von der „Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft“ geförderten Untersuchung der Schallausbreitung bei Sprengungen (Kühl). Vor allem waren Umarbeitungen, Untersuchungen und Prüfungen der Kühl'schen Undographen (Schallregistrierapparate mit schwingender Glimmerplatte), welche im Herbst 1925 in übergroßer Eile fertiggestellt werden mußten und noch manche Mängel zeigten, notwendig. Die Undographen werden jetzt unter der Leitung des Observatoriums von der präzisionsmechanischen Werkstätte Pridat-Potsdam gebaut; eine neue Serie mit Aluminiumkästen ist zur Zeit in Arbeit. Versuchssprengungen in Jüterbog im Januar, Juni und Oktober und mehrere größere Steinbruchsprengungen in der Rhön wurden meist mit mehreren Apparaten in Potsdam und dessen näherer Umgebung aufgenommen.

Das neue luftelektrische Beobachtungshaus (vergl. S. 24 des vorjährigen Tätigkeitsberichts) war im Frühsommer so weit fertiggestellt, daß Ende Juni das alte Wellblechhaus abgerissen und an anderer Stelle zur Untersuchung radiotelegraphischer Störungen wieder aufgebaut werden konnte. Im luftelektrischen Neubau dient zur Registrierung des Potentialgefälles ein Radiothor-Kollektor, der über das Dach und das Drahtnetz des Hauses herausragt. An Stelle der alten Sprung'schen automatischen Umschaltungsmethode zur Registrierung höherer Spannungen werden jetzt zwei Benndorf-Elektrometer benutzt, von denen das eine sehr empfindlich (1 mm Ausschlag = 7 Volt), das andere sehr unempfindlich (1 mm = 360 V) eingestellt ist. Bei dieser Anordnung hat sich herausgestellt, daß ganz wesentlich höhere Potentialgefälle in Potsdam auftreten können, als man bisher angenommen hatte (Kähler). Die umfangreichen Reduktionsmessungen für die neue Registriereinrichtung sind noch nicht abgeschlossen.

Veranlaßt durch eine Experimentaluntersuchung von Professor Benndorf-Graz wurden im großen Versuchsraum des neuen luftelektrischen Beobachtungshauses zusammen mit Herrn Radošević-Belgrad die Potsdamer Messungen der Raumladung und die dabei auftretenden störenden Potentialdifferenzen nachgeprüft. Die Ergebnisse werden Anfang 1927 in der Meteorologischen Zeitschrift veröffentlicht werden (Kähler). Herr Radošević hat außerdem unter dem Holzvorbau des Hauses, geschützt vor der Influenz des Erdfeldes, Messungen der Elektrizitätszerstreuung und der Trägerzahl vorgenommen.

Die Anordnung zur photographischen Aufzeichnung der Niederschlags Elektrizität im Dunkelraum des sogenannten „alten Dienershauses“ ist fertiggestellt; ein besonders für diesen Zweck angegebener Registrierapparat ist im Bau. Da die Zuleitung zu dem auf dem Dache befindlichen Auffanggefäß sehr lang ist, waren beträchtliche Isolationsstörungen zu überwinden. Wegen Heizungsschwierigkeiten mußten die Versuche im Winter unterbrochen werden (Schindelhauer). Die photographischen Registrierungen des Ausgleichsstromes in offenen Antennen wurden auf ihre Beziehungen zu verschiedenen meteorologischen Elementen untersucht (vergl. Tätigkeitsbericht für 1920—1923 S. 20). Die Arbeit ist fast abgeschlossen (Schindelhauer). Die im vorigen Bericht kurz beschriebene selbstregistrierende Radio-Peilverrichtung von H. Watson Watt ist seit September dauernd in Betrieb; eine flüchtige Untersuchung zeigte bereits charak-

teristische Beziehungen zur Wetterlage. Es wurden auch einige Gewitter aufgezeichnet. Das Observatorium beteiligte sich ferner an einigen Versuchen über die Reichweite von Störungen, die vom Meteorological Office in London in Zusammenarbeit mit H. Watson Watt angeregt waren.

Versuche über elektromagnetische Störungen und Schwinderscheinungen auf kurzen Wellen sind vorbereitet. Zu diesem Zweck ist das frühere luftelektrische Wellblechhaus etwas umgebaut worden; Mittel zur Beschaffung von Registrierapparaten hat die „Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft“, einen Empfänger neuester Bauart hat die Gesellschaft „Telefunken“ in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt (Schindelhauer).

Infolge von Verhandlungen mit der preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde wurde ein Versuchsfeld für Verdunstungsmessungen auf der Beobachtungswiese eingerichtet (Süring). Die Instrumente wurden zum Teil von der Landesanstalt für Gewässerkunde aus ihren Beständen hergegeben.

Da die bisherigen Inventarverzeichnisse nicht mehr ausreichten, um den Bestand und den Verbleib der Instrumente rasch übersehen zu können, wurde eine Bestandsaufnahme des ganzen Instrumentariums durchgeführt und eine Kartothek der Instrumente hergestellt (Süring, Albrecht).

Um die Beobachtungsmethoden des Meteorologischen Observatoriums durch eigene Mitarbeit kennen zu lernen, hielten sich Herr Radošević aus Belgrad im Auftrage der serbischen Regierung von April bis Oktober und stud. math. G. Albrecht-Jena während des August in Potsdam auf.

Die „Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1925“ wurden in dem gleichen Umfang wie für das Jahr 1924 gedruckt und im Herbst 1926 als Nr. 343 der „Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts“ ausgegeben.

Magnetische Arbeiten.

Die Arbeiten des Magnetischen Observatoriums verliefen im Berichtsjahre in gewohnter Weise und bis auf einen Fall, in dem durch die Untreue eines vertretungsweise Beschäftigten das Arbeitsergebnis mehrerer Wochen verloren ging, ohne Störung. Doch warf ein bedeutsames, in naher Zukunft zu erwartendes Ereignis seinen Schatten bereits voraus. Die demnächst bevorstehende Einführung

des elektrischen Betriebes auf den Berliner Vorortbahnen bedroht, da für diese die Verwendung von Gleichstrom in Aussicht genommen ist, nicht nur das Potsdamer Observatorium, sondern auch die Seddiner Warte. Die im Verlaufe des Jahres mit der Reichsbahnverwaltung geführten Vorverhandlungen lassen leider keinen Zweifel mehr daran bestehen, daß die Verlegung des gesamten Beobachtungsbetriebes an einen anderen Ort nicht zu umgehen sein wird.

Am 1. April schied Dr. Bartels, der — für einen Studienaufenthalt in England beurlaubt — schon seit Oktober vorigen Jahres nicht mehr an den Arbeiten der Magnetischen Abteilung teilgenommen hatte, auch formell aus ihr aus. An seine Stelle trat Dr. Bock, der bis dahin der Wetterdienstabteilung angehört hatte.

Im Herbst wurde Obermechaniker Urbansky durch eine schwere Erkrankung fast acht Wochen lang vom Dienst ferngehalten. Die Mechanikerarbeiten mußten in dieser Zeit ganz ruhen; im übrigen (beim Termindienst und Kurvenentwickeln, sowie als Hilfsbeobachter bei den absoluten Messungen) vertrat ihn Rechner Neubert, der den dadurch bedingten Ausfall an seinen Rechenarbeiten dankenswerter Weise durch freiwillige häusliche Tätigkeit ersetzte.

Zur Veröffentlichung gelangte das Jahrbuch für 1923; dasjenige für 1924 lag am Schlusse des Berichtsjahres bis auf einen kleinen Bruchteil im Druck fertig vor.

Die bescheidenen für die Unterhaltung des Instrumentariums ausgeworfenen Mittel dienten in der Hauptsache zur Besorgung von Material für die Werkstatt und dergl. Angeschafft wurde nur ein Fernrohr für den Torsionsapparat und ein Zeigergalvanometer. Fertiggestellt wurde die im vorigen Jahr begonnene Umarbeitung des Theodoliten Edelmann durch den Mechaniker des Observatoriums, Obermechaniker Urbansky.

Im Rahmen des umfassenden Planes theoretischer Arbeiten, über den der vorjährige Bericht Näheres mitteilte, wurde neben einigen kleineren Arbeiten die Ableitung des Mondeinflusses aus den Beobachtungen der Jahre 1905—1924 nahezu abgeschlossen. Die für Rechenhilfe hierbei erforderlichen Mittel sind von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zur Verfügung gestellt worden, der dafür auch an dieser Stelle aufrichtiger Dank auszusprechen ist.

Von weiteren neben den laufenden Arbeiten erledigten Aufgaben ist noch das Folgende zu berichten.

Die von Professor Dr. Nippoldt in Angriff genommene Herstellung magnetischer Karten von Europa ist soweit gefördert, daß jetzt alles vorhandene Material einheitlich überarbeitet ist und in Einzelkarten fertig vorliegt. Es kann nunmehr an die Zeichnung der Hauptkarte herangegangen werden. Über einige weitere erledigte Aufgaben wird im Abschnitt über Dienstreisen berichtet.

Professor Dr. Venske hat seine Berechnungen über die Bestimmung der Mondperiode der erdmagnetischen Kraft in Potsdam für die Jahre 1891—1905 dem Abschluß nahe gebracht. Ferner hat er den Schulze'schen Schwingungsapparat durch Einfügung eines Fernrohres mit Autokollimation ergänzt, um mit ihm die auf einen Magneten von der Horizontalintensität ausgeübte Direktionskraft mit Umgehung von Schwingungsbeobachtungen messen zu können. Im August hat er Vergleichsmessungen zwischen dem Absoluten Hause in Potsdam und dem neuen Absoluten Häuschen in Seddin vorgenommen. Es hat sich gezeigt, daß die magnetische Lokaldifferenz zwischen Potsdam und Seddin seit 1909 bei D und I so gut wie unverändert geblieben ist und nur bei H eine kleine kaum über die Beobachtungsunsicherheit hinausgehende Verminderung erfahren hat. Im September nahm Prof. Venske an der Tagung der internationalen erdmagnetischen Kommission in Zürich teil. Befaßt hat er sich auch mit der Prüfung fremder Erdinduktoren, die für die Gleichförmigkeit des internationalen Wertesystems und die gelegentliche Kontrolle der eigenen Messungen nicht ohne Bedeutung ist.

Dr. Bock begann mit Voruntersuchungen über Einrichtungen von Beobachtungen von Erdströmen, die in erster Linie der Erforschung der Widerstandsverhältnisse der oberen Erdschichten dienen sollen. Er untersuchte ferner eingehend eine größere Anzahl von Magnetstäben aus Kobaltstahl, die dem Observatorium in dankenswerter Weise von der Firma Askaniawerke (Bambergwerk) überlassen worden sind. Im Umgang des Variationshauses richtete er eine hochempfindlich justierte Registrieraufstellung ein. Sie soll bei schnellem Lauf ($1 \text{ min} \approx 4 \text{ mm}$) zur Entnahme der Variationen bei den bevorstehenden umfangreichen Messungen dienen, die eine erneute und verschärfte Bestimmung des absoluten Wertenniveaus bezwecken. Aus den im vorigen Jahre begonnenen H-Registrierungen mit weiter Zeitskala (vergl. den Anhang, S. 38, im Jahresbericht für 1925) hat er die Ausbruchszeiten einer Anzahl von Störungen scharf bestimmt und unter eingehender Erörterung der in Betracht kommenden Fehler-

quellen in der Zeitschrift *Terrestrial Magnetism* (Vol. 31, S. 129) veröffentlicht.

Auch im Berichtsjahre erhielt das Observatorium den Besuch zahlreicher auswärtiger Fachgenossen. Von ihnen seien nur diejenigen erwähnt, die sich zum Zwecke eingehender Studien und Arbeiten, insbesondere zur Vergleichung von Instrumenten, längere Zeit hier aufhielten: Dr. Hessen (Wilhelmshaven) und Dr. Burmeister (München) führten längere Zeit beanspruchende Anschlußmessungen aus; La Cour (Kopenhagen) arbeitete mit seinem neuen Instrumentarium zur unmittelbaren Messung der Vertikalintensität auf galvanischem Wege; Dr. Luyken (Berlin) beobachtete mit seinem Doppelkompaß; Dr.-Ing. h. c. Haußmann (Schwäb. Gmünd) untersuchte in sehr eingehender Weise dasselbe Instrument und zwei Lokalvariometer für die Vertikalintensität; H. Gish (Washington) berichtete über die Ergebnisse der vom Department of Terrestrial Magnetism ausgeführten Erdstrombeobachtungen und besprach die Pläne weiterer Beobachtungen. Der Chef der türkischen Landesvermessung holte in einer Besprechung den Rat des Observatoriums ein für die geplante magnetische Vermessung des türkischen Reichs und die Errichtung einer Magnetwarte bei Angora.

Die gegenseitig förderlichen Beziehungen zu anderen Stellen, die für ihre besonderen Zwecke gelegentlich magnetische Beobachtungen ausführen — der Trigonometrischen Landesvermessung, der Marineabteilung der Reichswehr und der Preußischen Geologischen Landesanstalt — dauerten im Berichtsjahre unverändert fort.

8. Dienstreisen.

Der berichterstattende Direktor nahm als Mitglied des Sonnblickkuratoriums an dessen Sitzung auf Schloß Blühnbach bei Salzburg teil. Er vertrat ferner das Institut am 29. September bei der Feier des 75 jährigen Bestehens der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien und wohnte am 2./3. Oktober der Direktorenkonferenz in Karlsruhe bei. In Erledigung von Wetterdienstangelegenheiten reiste er außerdem nach Stettin (Wetterdienstnebenstelle) und Hamburg (Seewarte).

Der Abteilungsvorsteher Professor Dr. Lüdeling besichtigte im April die Station höherer Ordnung Hameln und leitete die Verlegung der Stationen Soltau und Lüneburg; im Juli hatte er gelegentlich einer Urlaubsreise eine dienstliche Besprechung an der Bayeri-

schen Landeswetterwarte in München, im August besuchte er die Stationen höherer Ordnung auf Helgoland und in Wyk a. Föhr; im Oktober richtete er Privatstationen in Paetzig und in Eldena bei Greifswald ein, besichtigte die Stationen höherer Ordnung Greifswald und Neubrandenburg und verhandelte am letztgenannten Orte wegen Verlegung der Sonnenscheinstation.

Der Observator und Professor Dr. Joester besichtigte in der Zeit vom 21. September bis 9. Oktober die Stationen höherer Ordnung: Kassel, Alt-Astenberg, Kahler Asten, Arnsberg, Essen, Hügel, Krefeld, Kleve, Köln, Siegen, Weilburg, Neuwied, Kaisersesch, Schneifelforsthaus, Coblenz, Abmannshausen und Hechingen, versuchte in Nordhausen einen neuen Beobachter zu gewinnen und nahm vom 4.—7. Oktober an der Tagung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft in Karlsruhe teil. Während dieser Tagung verhandelte er mit den Vertretern der anderen Gliedstaaten über den Neudruck der Anleitung zur Anstellung und Berechnung der Beobachtungen an den deutschen meteorologischen Stationen.

Der wissenschaftliche Hilfsarbeiter Dr. Treibich besuchte vom 28. April bis 1. Mai: Görlitz, Lautawerk, Torgau; vom 30. August bis 4. September: Jüterbog, Bitterfeld, Cöthen, Bernburg, Zerbst, Magdeburg und Gardelegen.

Eine Besichtigung von Regenstationen wurde mit folgenden Reisen durchgeführt:

am 20. bis 27. Mai vom Observator Prof. Dr. Langbeck in Dähre, Kallehne, Jahrstedt, Beetzendorf, Güssefeld, Klötze, Zichtau, Salchau, Born, Hopfenhorst, Gardelegen, Kalvörde Flechtingen, Schackensleben, Althaldensleben und Weferlingen;

am 2. bis 10. Juli vom Observator Dr. Wussow in Kehrberg, Greifenhagen, Bahn, Leine, Pyritz, Werben, Stargard, Moritzfelde, Zachan, Voßberg, Massow, Muscherin, Blankensee, Priemhausen, Gollnow, Pflanzgarten, Altdamm und Pommerensdorf;

am 2. bis 9. August vom Observator Prof. Dr. Henze in Neuen-sund, Torgelow, Ueckermünde, Spantekow, Rathebur, Stralsund, Franzburg, Zingst, Starkow, Zemitz, Wolgast, Koserow, Kaseburg und Usedom.

Der Abteilungsvorsteher Professor Dr. Stade richtete am 22. Mai in Bischdorf (Kr. Calau), am 24. und 25. Mai bei der Gräflich Lynarschen Försterei Eiche im Spreewald neue Beobachtungsstationen mit Registrierapparaten für besondere, im Abschnitt „Gewitter-

stationen“ des vorjährigen Berichts näher erläuterte Zwecke ein. Außerdem besuchte er wiederholt im Mai, Juni und Juli die schon 1925 im Spreewaldgebiete errichteten, der gleichen Bestimmung dienenden Stationen in Burg, Lübbenau, Wendisch-Buchholz, Preilack und Beeskow zur Neuaufstellung des Beobachtungsgeräts und zur Unterweisung der Mitarbeiter und ihrer Stellvertreter in den neuen Beobachtungsmethoden.

Im September nahmen an den Tagungen der internationalen Kommissionen in Zürich teil: Geheimrat Prof. Dr. Süring als Mitglied der Kommission für Wolkenforschung, Observator und Professor Dr. Venske als Mitglied der Kommission für Erdmagnetismus, und Observator und Professor Dr. Knoch als Mitglied der Kommission für landwirtschaftliche Meteorologie.

Der Observator Professor Dr. Nippoldt führte im Berichtsjahre die folgenden Reisen aus:

Am 24./25. September besuchte er den Punkt Nr. 12 der magnetischen Aufnahme bei Wittstock in der Ostpriegnitz, um eine Wiederholungsmessung der erdmagnetischen Elemente dort vorzunehmen. Über Anlaß und Ergebnis der Beobachtungen berichtet die betreffende Arbeit im Anhang zu diesem Berichte. Im Monat Mai-Juni erhielt derselbe seitens des vorgesetzten Ministeriums einen zweiwöchentlichen Sonderurlaub, um einer Einladung der Schwedischen Regierung folgen zu können. Es handelte sich um Teilnahme an der magnetischen Aufnahme der Gewässer zwischen den Inseln des Stockholmer Schärenhofs durch das eisenfreie estnische Vermessungsschiff „Cecilie“, Kapitän v. Gernet. Im Anschluß hieran fanden Beratungen über die weitere Organisation der interbaltischen magnetischen Arbeit statt.

Im Monat Juli-August hielt sich Professor Nippoldt am Observatorium zu Davos auf, um gemeinsam mit dessen Leiter, Professor Dr. Dorno, Erdstrombeobachtungen einzurichten.

Die regelmäßigen Dienstreisen nach Seddin führte der Observator Professor Dr. Venske aus.

9. Veröffentlichungen.

Veröffentlichungen des Instituts.

- Nr. 333. Abhandlungen Bd. VIII, Nr. 3. Die Haupttypen des jährlichen Ganges der Bewölkung über Europa, von K. Knoch. 4°. 44 S.
- Nr. 334. Ergebnisse der Beobachtungen an den Stationen II. und III. Ordnung in den Jahren 1919—1923, Band I, von G. Lüdeling. 4°. II, 302 S.

- Nr. 335. Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts im Jahre 1925. Erstattet vom Direktor. Mit einem Anhang enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen. 8°. 111 S.

Der Anhang enthält: Ad. Schmidt, Eine photographische Registrier-einrichtung mit weiter Zeitskala bei sparsamem Papierverbrauch. — H. von Ficker, Vertikale Temperaturgradienten im Gebirge. — K. Knoch, Ein Beitrag zur Kenntnis der Regenböen im atlantischen Passatgebiet. — W. König, Ungewöhnlicher Luftdruckanstieg am 22. Dezember 1925. — W. König, Über Niederschlag und gleichzeitigen Luftdruckgang. — G. Wussow, Die Häufigkeit zu nasser und zu trockener Sommermonate (Regenklemmen) in Ostpreußen. — O. Venske, Das Schwerfeld eines magnetischen Moleküls. — R. Süring, Jährlicher und täglicher Gang der Verdunstung in Potsdam. — Temperatur, Niederschlag und Sonnenschein im Jahre 1925 nach den Beobachtungen der im deutschen Witterungsbericht erscheinenden Stationen.

- Nr. 336. Abhandlungen Bd. VIII, Nr. 4. Das Strahlungsklima von Potsdam, Verbesserungen und Ergänzungen der bisherigen Ergebnisse nach neueren Messungen, von W. Marten. 4°. 18 S.

- Nr. 337. Abhandlungen Bd. VIII, Nr. 5. Der Vorstoß kalter Luftmassen nach Teneriffa, von H. v. Ficker. 4°. 34 S.

- Nr. 338. Ergebnisse der Magnetischen Beobachtungen in Potsdam und Seddin im Jahre 1923, von Ad. Schmidt. 4°. 35 S. 1 Kurventafel, 6 lose Kurvenblätter.

- Nr. 339. Abhandlungen Bd. VIII, Nr. 6. Die vertikale Temperaturverteilung zwischen Wasserleben und dem Brocken, von G. v. Elsner. 4°. 39 S.

- Nr. 340. Abhandlungen Bd. VIII, Nr. 7. Untersuchung einiger Niederschläge von langer Dauer und weiter Verbreitung in Norddeutschland, von J. Hoffmeister. 4°. 33 S.

- Nr. 341. Abhandlungen Bd. VIII, Nr. 8. Über die Entstehung großer Temperaturdifferenzen zwischen Alpen und Lindenberg, von H. v. Ficker. 4°. 38 S.

- Nr. 342. Ergebnisse der Niederschlags-Beobachtungen in den Jahren 1921 bis 1923, von H. Henze. 4°. XVI, 95 S. 1926.

- Nr. 343. Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1925, von R. Süring. 4°. IV, 80 S.

- Nr. 344. Ergebnisse der Magnetischen Beobachtungen von Potsdam und Seddin im Jahre 1924, von Ad. Schmidt. 4°. 35 S. 1 Kurventafel, 8 lose Kurvenblätter.

Monatsübersichten der Witterung als Beilagen der vom Statistischen Landesamt herausgegebenen »Statistischen Korrespondenz« unter dem Titel: »Deutscher Witterungsbericht für (Monatsname) 1926 nach Ergebnissen der einzelstaatlichen Beobachtungsnetze bearbeitet vom Preußischen Meteorologischen Institut«.

Täglich eine Wetterkarte unter dem Titel: »Wetterkarte des öffentlichen Wetterdienstes, Dienststelle Berlin.«

Fachwissenschaftliche Veröffentlichungen der Beamten.

H. v. Fiecker.

- Vertikale Temperaturgradienten im Gebirge. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1925. S. 45—62.)
- Der Vorstoß kalter Luftmassen nach Teneriffa. 4°. 34 S. (Abhandlungen des Preuß. Meteorol. Instituts, Bd. VIII, Nr. 5.)
- Über die Entstehung großer Temperaturdifferenzen zwischen Alpen und Lindenberg. 4°. 38. S. (Ebenda Bd. VIII, Nr. 8.)
- Klimatologische Bemerkungen über Turkestan. (Mitteilungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Leipzig 1923—1925. Leipzig 1926, S. 42—57.)
- Temperatur und vertikale Temperaturabnahme auf Teneriffa. (Köppen-Heft der Annalen der Hydrographie, Berlin 1926, S. 27—32.)
- Richtung von Wind und Wolken auf Teneriffa. (Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, math. naturw. Klasse, Bd. 135, Wien 1926, S. 307—322.)
- Temperaturunterschiede zwischen Alpen und Lindenberg in einer Höhe von 1000 und 3000 m. (Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre, Bd. XII, 1926, S. 188—197.)
- Maskierte Kälteeinbrüche. (Meteorol. Zeitschrift, 1926, S. 186—188.)
- Häufigkeit von Temperaturdifferenzen bestimmter Größe zwischen Alpen und Norddeutschland in den Höhen von 1000 und 3000 m. (Ebenda, S. 58—62.)

Ad Schmidt.

- Archiv des Erdmagnetismus. Eine Sammlung der wichtigsten Ergebnisse erdmagnetischer Beobachtungen in einheitlicher Darstellung. Heft 4. (Enthält u. a. ein Inhaltsverzeichnis der Hefte 1—4 und eine Liste sämtlicher magnetischer Observatorien mit ihren geographischen und geomagnetischen Koordinaten.) 4°, 38 S. Potsdam 1926.
- Eine photographische Registriereinrichtung mit weiter Zeitskala bei sparsamem Papierverbrauch. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1925. S. 38—45.)
- Einige Bemerkungen zu dem Aufsatz von A. Kulakoff und W. Witkewitsch: Über die Wirkungsmittelpunkte (Aktionszentren) der Atmosphäre. Meteorol. Zeitschrift, 1926, S. 179—182 u. S. 385.)
- Zur Kritik des Korrelationsfaktors (Ebenda, S. 329—334.)
- Ergebnisse der erdmagnetischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1925. (Ebenda, S. 432—433.)

R. Süring.

- Lehrbuch der Meteorologie von Hann-Süring. Vierte Auflage. Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz 1926. XIV, 867 S., 6 doppelseitige Tafeln, 4 Tabellen, 6 Kartenbeilagen.
- Jährlicher und täglicher Gang der Verdunstung in Potsdam. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1925. S. 99—109.)
- Walter Budig †. (Meteorol. Zeitschrift 1926, S. 41.)
- Redaktion der „Meteorologischen Zeitschrift“ (gemeinsam mit F. M. Exner.)

G. v. Elsner.

Die vertikale Temperaturverteilung zwischen Wasserleben und dem Brocken. 4°. 39 S. (Abhandlungen des Preuß. Meteorol. Instituts, Bd. VIII, Nr. 6.)

Der Einfluß des Windes auf den Barometerstand an Höhenstationen. (Meteorol. Zeitschrift 1926, S. 201—206.)

Die mittleren Temperaturen des Nordabhangs des Riesengebirges im Vergleich zu denen der freien Atmosphäre (Ebenda 1926, S. 224—226.)

H. Stade.

Nordlicht. Forschungen und Fortschritte. Korrespondenzblatt der deutschen Wissenschaft und Technik. 2. Jahrg. S. 46.

Über eine zum Gebrauch an Polarstationen abgeänderte Form des Sonnenscheinautographen nach Campbell-Stokes. (Meteorol. Zeitschrift 1926, S. 500—501.)

G. Schwalbe.

Das Klima des nordwestdeutschen Binnenlandes. (Das Wetter 1926, S. 25—32.)

W. Marten.

Das Strahlungsklima von Potsdam. Verbesserungen und Ergänzungen der bisherigen Ergebnisse nach neueren Messungen. 4°. 18 S. (Abhandlungen des Preuß. Meteorol. Instituts. Bd. VIII Nr. 4.)

A. Nippoldt.

Roald Amundsens neue Bestimmung des magnetischen Nordpols der Erde. (Das Weltall, 1926, S. 129—134.)

Die physikalische Erklärung des Erdmagnetismus. (Veröfftl. der IV. Abt. des Estnischen Generalstabs, Nr. 4, 1926, S. 97—105.)

O. Venske.

Das Schwerfeld eines magnetischen Moleküls. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1925, S. 93—99.)

H. Henze.

Zur täglichen Periode der Windgeschwindigkeit in Berlin. (Meteorol. Zeitschrift 1926, S. 281—288.)

K. Langbeck.

Eine Karte der Gewitterzugverteilung. (Meteorol. Zeitschr. 1926 S. 302—303.)

K. Knoch.

Die Haupttypen des jährlichen Ganges der Bewölkung über Europa. 4°. 44 S. (Abhandlungen des Preuß. Meteorol. Instituts, Bd. VIII, Nr. 3.)

Bericht über die Fortschritte der geographischen Meteorologie 1917—21. (Geographisches Jahrbuch Bd. XLI, S. 3—121, 1926.)

Ein Beitrag zur Kenntnis der Regenböen im Atlantischen Passatgebiet. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1925, S. 62—75.)

Die Regenböen im Passatgebiet und der Luftdruckgang. (Meteorol. Zeitschrift 1926, S. 350—351.)

Zum Klima des Innern von Angola. (Ebenda 1926, S. 351—352.)

Die starke atmosphärische Trübung im Jahre 1926 in Venezuela. (Ebenda 1926, S. 241.)

G. Wussow.

Die Häufigkeit zu nasser und zu trockener Sommermonate (Regenklemmen) in Ostpreußen. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1925, S. 79—93. Auszug: Der Kulturtechniker 1926, S. 191—205.)

W. König.

Ungewöhnlicher Luftdruckanstieg am 22. Dezember 1925. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1925, S. 75—76.)

Über Niederschlag und gleichzeitigen Luftdruckgang. (Ebenda S. 77—79.)

Maskierter Kälteeinbruch am 10. Dezember 1925. (Das Wetter 1926, S. 163 bis 164.)

Neuere Witterungskunde. (Pädagogische Warte, 33. Jahrg. 1926, S. 903—908.)

Merkwürdiger Schneefall am 4. März 1926. (Meteorol. Zeitschrift 1926, S. 300 bis 301.)

J. Bartels.

Bericht über die Fortschritte unserer Kenntnisse vom Magnetismus der Erde. (Geographisches Jahrbuch Bd. XL, S. 316—373.)

Erdmagnetische Beobachtungen an der Winterstation des „Gauß“, 1902—03. (Terrestrial Magnetism Bd. 31, S. 11—14. 1926.)

On the determination of minute periodic variations. (Quart. Journ. R. Meteor. Soc. Bd. 51, S. 173—176. London 1926.)

Barometrische Messung der Hochseezeiten. (Annalen der Hydrographie Bd. 54, S. 222—227, 270—273.)

Kapitel „Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht“; „Erdmagnetische und Elektrische Anschlußverfahren“ im „Lehrbuch der Geophysik“, herausgeg. von B. Gutenberg, S. 378—433, 553—581. Berlin 1926.

F. Albrecht.

Versuche zur Messung der Effektiv-Strahlung. (Meteorol. Zeitschrift 1926, S. 493—494.)

Das Heizbandbolometer, ein Meßgerät zur Registrierung der direkten Sonnenstrahlung. Ebenda S. 495—500.)

R. Bock.

Ein Beitrag zur Frage der Fortpflanzungsgeschwindigkeit erdmagnetischer Störungen. (Terrestrial Magnetism Vol. 31, S. 129. 1926.)

Magnetische Störung vom 13.—16. Oktober 1926. (Meteorol. Zeitschrift 1926, S. 502—503.)

Anhang

enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen

Nachruf auf Walter Budig.

Von R. Süring.

Am 31. August 1926 ist der wissenschaftliche Hilfsarbeiter des Preuß. Meteorologischen Instituts, Dr. Walter Budig an einem Lungenleiden gestorben. Diese Krankheit hat wie eine schwere Böenwolke zu verschiedenen Malen das Leben Budigs verdunkelt, seinen Tätigkeitsdrang und seine Arbeitsfähigkeit gehemmt; aber in den kurzen sonnigen Perioden seines Lebens hat er uns schöne Beweise von sorgfältiger wissenschaftlicher Arbeitsart, guter Beobachtungsgabe und physikalischem Geschick gegeben.

Walter Budig wurde zu Berlin am 4. Juli 1878 als Sohn des Rektors Wilhelm Budig geboren. Nach Absolvierung des Humboldt-Gymnasiums in Berlin widmete er sich dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaften in Berlin und Straßburg, wurde aber schon damals von schwerer Krankheit heimgesucht und trat noch vor Beendigung seiner dadurch stark verzögerten Studien im September 1906 als Volontär des Preuß. Meteorologischen Instituts in das Observatorium zu Potsdam ein. Hier hatte erst wenige Jahre vorher die gründliche Erforschung luftelektrischer Verhältnisse — zuerst durch Lüdeling, später durch Kähler — begonnen, und Budig beteiligte sich hieran mit größter Begeisterung. Er erhielt als Doktoranden-Arbeit die Aufgabe, die Störungen des Potsdamer luftelektrischen Feldes durch Niederschläge zu untersuchen, und bestand nach Einreichung dieser Arbeit an die Berliner Universität seine Promotionsprüfung am 1. März 1909.

In dieser Doktorarbeit zeigten sich schon der wissenschaftliche Geist und die physikalische Gründlichkeit, die Budig beherrschten.

Die Lösung der Aufgabe war verwickelter und erforderte mehr Zeit, als ursprünglich angenommen war; der Einfluß der einzelnen meteorologischen Elemente (Niederschlag und Wind) trat in den Ergebnissen nur stark verwischt hervor, aber es gelang Budig trotzdem, den Kernpunkt des Problems, nämlich die Bedeutung der Vertikalbewegung in den aufziehenden Wolken, klar hervorzuheben. Diese Erkenntnis ist das Leitmotiv für manche spätere Untersuchung über Einwirkung der Wolkenturbulenz geworden. In Potsdam gelang Budig ferner die Herstellung des nach ihm benannten Spritz-Kollektors für Messungen des Potentialgefälles, der wegen seiner bequemen Handhabung und der gegenüber den älteren Kollektoren wesentlich gesteigerten Empfindlichkeit mehrfach Verwendung an Höhen-Observatorien und bei Ballonfahrten gefunden hat. Die Verbesserungen von Kollektoren haben ihn auch später wiederholt beschäftigt; er untersuchte aktinoelektrische und Ionium-Kollektoren und schuf die seither als die praktischste erkannte Form des Ionium-Kollektors.

Als Budig 1909 in die Klima-Abteilung des Berliner Instituts übergetreten war, setzte er außerdienstlich seine luftelektrischen Forschungen fort; insbesondere lag ihm daran, solche Messungen an Höhen-Stationen und im Ballon auszuführen. Für den ersteren Zweck hatte er sich den Brocken ausgewählt. So oft es ihm möglich war, hier kurze Zeit zu wohnen, benutzte er diese Gelegenheit zu luftelektrischen und anderen meteorologischen Messungen. Seine Untersuchungen über Radio-Aktivität der Luft und über Sonnenstrahlung sind in den Tätigkeitsberichten des Meteorologischen Instituts (1910, 1911, 1912 und 1915) veröffentlicht. Im Ballon hat Budig u. a. Registrierungen des Potentialgefälles und Messungen des Staubgehaltes ausgeführt. Entgegen der damals und zum Teil auch jetzt noch verbreiteten Annahme, daß gröbere Teilchen z. B. Sandballast im Aitken'schen Staubzähler unwirksam seien, und daß mit dieser Methode nur gasförmige Kondensationskerne gezählt würden, konnte Budig 1912 nachweisen, daß Sandauswurf bei Gleichgewichtslage des Ballones den Staubgehalt so stark erhöht, daß eine Zählung mit dem Aitken'schen Apparat nicht mehr möglich ist, daß also in ihm die festen Kerne einen wesentlichen Anteil an der Kondensation des Wasserdampfes haben. Budig hat auch zuerst darauf hingewiesen, daß das eine Zeitlang empfohlene Imprägnieren einer Ballonhülle mit Chlorkalzium nicht in allen Fällen eine Ansammlung von starken elektrischen Spannungen auf einzelnen Teilen der Ballonhülle verhindert.

Ein schwerer Krankheitsrückfall zwang Budig 1913 und 1914 längere Zeit wissenschaftlich untätig zu sein. Kaum geheilt, kam er 1915 wieder nach Potsdam, und seine neuerwachte Arbeitskraft äußerte sich in verschiedenen instrumentellen Verbesserungen und Veröffentlichungen über den Jordan'schen Sonnenschein-Autographen, Beschirmungsvorrichtungen für Bodenthermometer, Glatteisbildung und luftelektrische Leitfähigkeit. Namentlich der von ihm auf Grund ausgedehnter Versuche konstruierte Thermometerschutz gegen nächtliche Ausstrahlung — der sogenannte „Budigschirm“ — bedeutet einen großen Fortschritt in der Genauigkeit von Bodenthermometerangaben. In Potsdam erholte sich Budig so gut, daß er Mitte 1917 zum Heeresdienst herangezogen wurde. Schwere Strapazen in Frankreich, Galizien und Italien überstand er erstaunlich gut und kehrte anscheinend vollkommen gesund und mit frischem Lebensmut 1919 nach Berlin zurück. Einer langjährigen Neigung folgend, entschloß er sich sogar zu heiraten, hat aber nur wenige Jahre das Eheglück genießen können, denn schon nach kurzer Zeit zeigte sich sein altes Leiden wieder. In Berlin hat er sich in dieser Zeit teils luftelektrisch, teils experimentell meteorologisch, teils klimatologisch betätigt. Eine groß angelegte Studie über den täglichen Gang der interdiurnen Temperatur-Veränderlichkeit konnte nicht mehr zu Ende geführt werden.

Die Kollegen des Preuß. Meteorologischen Instituts beklagen mit dem Tode von Walter Budig den Verlust eines vortrefflichen Menschen mit vornehmer Gesinnung, feinem Gefühl und wissenschaftlicher Begeisterung. Bei seiner fast übergroßen Bescheidenheit und Zurückhaltung, die der Bekanntschaft mit ihm und seinen Schriften geradezu hinderlich waren, ist er selbst in Meteorologen-Kreisen wenig hervorgetreten. Nur die engsten Fachgenossen haben seine Verdienste auf dem Gebiete der Luftelektrizität und der experimentellen Meteorologie voll gewürdigt und würdigen können, aber diese haben ihn hochgeschätzt und werden sein Andenken in Ehren halten.

Verzeichnis der wissenschaftlichen Arbeiten von W. Budig.

- Die durch Niederschläge hervorgerufenen Störungen des luftelektrischen Feldes in Potsdam auf Grund vierjähriger Registrierungen mit besonderer Berücksichtigung von Böen. Inaug.-Diss. Berlin 1909. 8°. 34, XIX S.
- Ein Spritzkollektor mit kurzer praktischer Ladezeit. (Physik. Zeitschr. Bd. 11, 1910, S. 596—598).

- Messungen der Radioaktivität der atmosphärischen Luft auf dem Brocken. (Bericht über die Tätigkeit des Kgl. Preuß. Meteorol. Inst. im Jahre 1910, S. 66—71).
- Meteorologische und luftelektrische Beobachtungen auf einer Fahrt des Freiballons »Tschudi«. (Jahrbuch des Deutschen Luftschiffverbandes 1911, S. (59) —(66).)
- Einige Bestimmungen der Radioaktivität der Luft und der Hydrometeore auf dem Brocken. (Bericht über die Tätigkeit des Kgl. Preuß. Meteorol. Inst. im Jahre 1911, S. 179—184)
- Mechanische Registrierung des mit Actino-Elektroden gemessenen luftelektrischen Potentialgefälles. (Ebenda, S. 185—188).
- Einige Erfahrungen mit dem Wulfschen Registrierelektrometer im Freiballon. (Jahrbuch d. Berliner Vereins für Luftschiffahrt. Berlin 1912. S. 113—115).
- Staubmessungen in freier Atmosphäre. (Physik. Zeitschr. Bd. 13, 1912. S. 1224).
- Beobachtungen auf dem Brockenobservatorium während der Sonnenfinsternis vom 17. April 1912 (Bericht über die Tätigkeit d. Kgl. Preuß. Meteorol. Inst. im Jahre 1912, S. (77)—(86)).
- Zur Praxis des Jordanschen Sonnenscheinautographen. (Ergebnisse der Meteorol. Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1914. Berlin 1915. 4°. S. XI—XV.)
- Glatteisbildung am 5. März 1915. (Meteorol. Zeitschr. Bd. 32, 1915, S. 426).
- Die elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre vor Gewittern. (Ber. über die Tätigkeit des Kgl. Preuß. Meteorol. Inst. im Jahre 1915, S. (17)—(22). — Auszugsweise Meteorol. Zeitschr. Bd. 33, 1916, S. 273—276).
- Einige Erfahrungen mit Ionium-Kollektoren. (Bericht über die Tätigk. des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1916, S. (67)—(73)).
- Beschirmung von Bodentemperaturen gegen nächtliche Ausstrahlung. (Ergebnisse der Meteorol. Beob. in Potsdam i. J. 1915. Berlin 1917. 4°. S. XI—XVI).
- 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. Zeitschr. 1920, S. 261.)
- Historisches zum Lenard-Effekt. (Ebenda 1922, S. 248—250.)

Über die Bestimmung der Parameter von Stabmagneten.

Von Adolf Schmidt.

Im weiteren Sinne kann man unter den Parametern eines Magnets jedes System von Konstanten verstehen, das seine Wirkung vollständig bestimmt. Als solches kommen in erster Linie die Koeffizienten der Kugelfunktionenreihe in Betracht, die das Potential des

Magnets in Bezug auf ein bestimmtes Koordinatensystem darstellt. Die Koeffizienten hängen natürlich von der Wahl des letzteren ab und ändern sich, wenn man zu einem anderen System übergeht. Es empfiehlt sich, ihre Bezeichnung als Parameter auf den Fall eines ausgezeichneten Koordinatensystems zu beschränken.

Als solches bietet sich ohne weiteres dasjenige dar, dessen Ursprung im magnetischen Mittelpunkt des Magnets liegt, und dessen eine Achse mit der magnetischen Achse zusammenfällt, während die Orientierung der beiden andern Achsen in ihrer Ebene entweder (bei achsensymmetrischen Magneten) willkürlich bleibt oder durch eine Symmetrieeigenschaft der beobachtbaren Wirkungen bestimmt wird. Als erste und wichtigste Parameter erhält man dann das Moment und das Produkt aus diesem und dem Quadrat des halben Polabstandes.

So einfach und anschaulich dieses Verfahren auch erscheint, so ist es doch wenigstens bei scharfen Messungen nicht immer das zweckmäßigste. Die Angabe von Moment und Polabstand bedarf ja noch der Ergänzung durch die genaue Bezeichnung des Koordinatensystems und diese kann nur durch seine Beziehung auf irgend welche an dem Magnet fest gegebene Punkte, Linien oder Flächen erfolgen. Das ist aber erst auf Grund der Beobachtungen möglich und stellt bereits eines ihrer Ergebnisse dar. Es ist überdies gar nicht von vornherein anzunehmen erlaubt, daß die Lage jenes Koordinatensystems im Magnet dauernd ungeändert bleibt.

Deshalb ist es im allgemeinen zweckmäßiger, das ausgezeichnete Koordinatensystem zunächst ohne Rücksicht auf die magnetischen Eigenschaften ausschließlich nach geometrischen Gesichtspunkten zu wählen. Bei den zu Ablenkungsbeobachtungen gewöhnlich verwendeten Stäben von überall gleichem Querschnitt (Kreis, Kreisring, Rechteck) sind die geometrische Mittellinie und deren Mittelpunkt, sowie im Falle des rechteckigen Stabs die Richtungen der Kanten ohne weiteres maßgebend für die Wahl des Koordinatensystems. Die Anzahl der zu berücksichtigenden Koeffizienten, aus denen ja nachträglich die Lage des zuvor betrachteten Systems zu erschließen bleibt, ist demgemäß um 6 größer, als wenn man in der Lage ist, sich unmittelbar auf dieses zu beziehen. Es handelt sich dabei nur um die Koeffizienten der zwei ersten Ordnungen. Während der allgemeine Potentialausdruck von der Form

$$\begin{aligned}
 & e^{-3} [A_1^0 P_1^0 (\cos u) + (A_1^1 \cos \lambda + B_1^1 \sin \lambda) P_1^1 (\cos u)] \\
 & + e^{-4} [A_2^0 P_2^0 (\cos u) + (A_2^1 \cos \lambda + B_2^1 \sin \lambda) P_2^1 (\cos u) \\
 & + (A_2^2 \cos 2\lambda + B_2^2 \sin 2\lambda) P_2^2 (\cos u)] \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

ist, enthält der kanonische nur noch die Funktionen P_1^0 und $P_2^2 \cos 2\lambda$ oder $P_2^2 \sin 2\lambda$) bei Achsensymmetrie sogar nur P_1^0 , abgesehen von den Funktionen höherer als zweiter Ordnung.

In der Praxis verfährt man nun so, daß man die von dem Stab ausgeübte Wirkung in verschiedenen, systematisch angeordneten Lagen beobachtet und die erhaltenen Werte in ein Mittel zusammenfaßt. Man dreht zunächst den Stab um seine Mittellinie um einen gewissen, immer gleichen Winkel und bringt ihn dadurch in eine Anzahl gleichständiger Lagen. Sie mögen Drehlagen heißen. Man wählt zweckmäßigerweise eine gerade Anzahl 2ν , so daß der Winkelabstand von je zwei benachbarten gleich $\pi:\nu$ ist. Dadurch gewinnt man die Möglichkeit, die Koeffizienten sämtlicher Reihenglieder, deren (durch den oberen Index bezeichneter) Typus die Zahl ν nicht übersteigt bis auf eins vom Typus ν in jeder Ordnung zu bestimmen. Will man auch dieses erhalten, so hat man $2\nu+1$ Drehlagen zu benutzen. Der Mittelwert, auf den man sich gewöhnlich beschränkt, liefert die Koeffizienten der zonalen Glieder, d. i. derjenigen vom Typus 0. Mit anderen Worten: im Mittel dieser 2ν oder $2\nu+1$ gleichmäßig verteilten Lagen verhält sich der Stab wie ein achsensymmetrischer Magnet.

Die übliche Beschränkung auf zwei einander entgegengesetzte Drehlagen (meist durch „Bezeichnung oben“ und „Bezeichnung unten“ gekennzeichnet) ist bei guten (d. h. nahezu regelmäßig magnetisierten) Stäben zulässig, wenn man nur den Mittelwert sucht, wie es bei den Anwendungen (z. B. bei der Messung der Horizontalintensität) der Fall ist. Aber das zuvor Gesagte zeigt, daß man dadurch noch nicht einmal die Glieder erster Ordnung vollzählig gewinnt. Um diese und damit die Lage der magnetischen Achse im Magnet zu finden, braucht man mindestens drei Drehlagen. Aus praktischen Gründen sind vier vorzuziehen.

Das Potential des achsensymmetrischen Magnets ist von der Form

$$A_1 e^{-3} P_1 (\cos u) + A_2 e^{-4} P_2 (\cos u) + A_3 e^{-5} P_3 (\cos u) + \dots \quad (2),$$

worin zur Vereinfachung P_n statt P_n^0 geschrieben ist. Der Faktor A_1 des ersten Gliedes ist das magnetische Moment.

Nun legt man den Magnet um, d. h. man gibt seiner magnetischen Achse die entgegengesetzte Richtung und wiederholt in der neuen Stellung sämtliche Drehlagen. Geschieht das Umlegen um den Koordinatenursprung, also den geometrischen Mittelpunkt, so

erhält man denselben Ausdruck wie in der ersten Pollage; nur geht e in $-e$ über. Durch Kombination beider Ergebnisse kann man daher einerseits die Glieder mit geradem, andererseits, worauf man sich in den Anwendungen meistens beschränkt, diejenigen mit ungeraden Potenzen von e erhalten. Diese letzteren

$$A_1 e^{-3} P_1(\cos u) + A_3 e^{-5} P_3(\cos u) + A_5 e^{-7} P_5(\cos u) + \dots \quad (3)$$

bilden das Potential des regulären (d. i. achsensymmetrischen, zentral-antisymmetrischen) Magnets, und die vorhergehende Betrachtung zeigt, daß jeder Magnet als ein solcher behandelt werden darf, wenn man seine Wirkung in der angegebenen Weise zusammenfassend bestimmt. Der erste Koeffizient A_1 ist wieder das Moment, während der Polabstand $2d$ durch die Beziehung $d^2 = A_3 : A_1$ definiert wird. Mit Rücksicht auf das Folgende soll die Bezeichnung noch etwas geändert und das Potential in der Form

$M e^{-3} [P_1(\cos u) + C' e^{-2} P_3(\cos u) + C'' e^{-4} P_5(\cos u) + \dots]$ (4) geschrieben werden. Es ist also stets $C' = d^2$; bei einem schematischen Magnet (d. h. einem solchen, dessen gesamte Magnetisierung in seinen Polpunkten vereinigt gedacht wird) ist ferner $C'' = d^4$ usw. Die Aufgabe der Bestimmung der Parameter eines Magnets kann demgemäß für gewöhnlich auf die Ermittlung der Werte M, C', C'', \dots beschränkt werden. Indessen betrifft dies nur die Rechnung, die Beobachtungen nur insoweit, als man mit einer kleineren Zahl von Drehlagen auskommen kann. Die beim regulären Magnet wegfallenden Glieder der Potentialreihe ergeben sich, wenn man bei der Untersuchung des einzelnen Stabs nicht auf sie verzichten will, aus den Unterschieden der in den verschiedenen Stablagen gewonnenen Werte.

Es bedeutet deshalb keinen sachlichen Mangel, wenn in den folgenden Ausführungen zur Vermeidung von Weitläufigkeiten nur der Fall des regulären Magnets in ausdrücklicher Form behandelt wird.

Jede einzelne Beobachtung der Wirkung, die der zu untersuchende Magnet (der Stab) auf einen anderen (die Nadel) ausübt, liefert nun einen Wert für einen gewissen, von den Beobachtungsverfahren abhängigen Ausdruck, in den auf die beiden Magnete bezüglichen Größen $M, C' \dots m, c' \dots$ eingehen. Um diese getrennt zu bestimmen, hat man mindestens sovielerartige Beobachtungen unter planmäßig geänderten Versuchsbedingungen anzustellen, als die Zahl jener Unbekannten angibt. Die erforderliche Änderung der Versuchsbedingungen kann auf zweierlei Art erfolgen. Man kann in mehreren

Entfernungen, und man kann unter mehrfacher Abänderung der gegenseitigen Winkellage der beiden Magnete beobachten.

Das erste Verfahren, bei dem sich die einzelnen Gleichungen durch den Wert der Entfernung e unterscheiden, ist das allgemein übliche. Bei seiner Einfachheit und der Freiheit von Nebenbedingungen, die zu Korrekturen Anlaß geben, empfiehlt sich dieses Verfahren auch durchaus, wenn man sich auf die Bestimmungen von C' und c' beschränken kann. Indessen ist schon in diesem einfachsten Falle und bei vereinfachenden Voraussetzungen über c' die Elimination von C' , (die darauf hinauskommt, aus den Wirkungen in den zwei benutzten endlichen Entfernungen auf den Wert von MC' in unendlich großer Entfernung zu extrapolieren) nicht günstig. Bei Beobachtungen aus drei Entfernungen zur Bestimmung von drei Koeffizienten ist der Einfluß der Beobachtungsfehler schon so groß, daß es fraglich erscheint, ob die formelle Verschärfung der Darstellung sachlichen Wert hat. Das gilt natürlich in gesteigertem Maße, wenn man die Reihenentwicklung noch weiter auszudehnen versucht, um genaueren Aufschluß über die Verteilung der Magnetisierung im Stabe zu gewinnen.

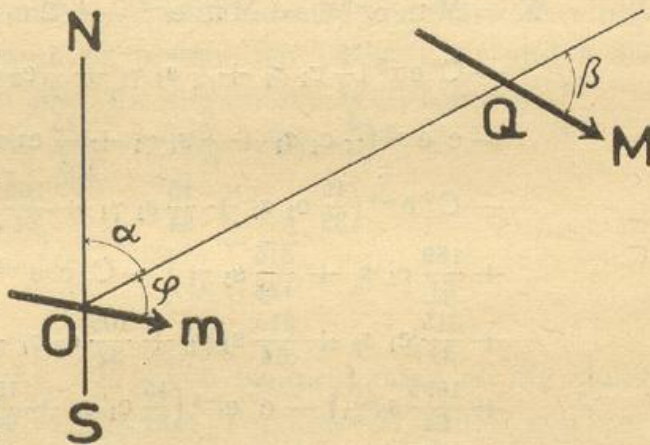
Um an diese physikalisch wichtige Aufgabe, deren Lösung zugleich eine Verschärfung der üblichen Intensitätsmessungen ermöglichen würde, herangehen zu können, muß man den zweiten möglichen Weg beschreiten, d. h. bei festgehaltener Entfernung e der beiden Magnete, die ihre gegenseitige Lage definierenden Winkel und damit die in die Koeffizienten der Gleichungen eingehenden Funktionswerte P_n variieren¹⁾. Infolge der bekannten Eigenschaften der Kugelfunktionen verläuft hier die Elimination und Trennung der Unbekannten sehr günstig; die Reihe kann bei entsprechender Vermehrung der Zahl der planmäßig angeordneten Beobachtungen beliebig weit ausgedehnt werden, ohne daß die Genauigkeit der einzelnen Koeffizientenwerte darunter leidet. Dieser Vorteil muß allerdings mit einer etwas geringeren Einfachheit der praktischen Durchführung des Verfahrens — besonders in instrumenteller Hinsicht, und bei der rechnerischen Auswertung der unmittelbaren Beobachtungsergebnisse — erkauft werden. Die im Folgenden gegebene eingehende Schilderung dieses Verfahrens wird sich daher nicht zum wenigsten gerade mit diesen beiden Punkten zu beschäftigen haben.

¹⁾ Ad. Schmidt: Über die Bestimmung des allgemeinen Potentials beliebiger Magnete und die darauf begründete Berechnung ihrer gegenseitigen Einwirkung. Berl. Ber. Phys.-math. Kl. 1907, S. 307.

Die Wirkung, die ein Magnet auf einen andern ausübt, kann statisch oder dynamisch gemessen werden: durch das Drehmoment, das dieser erfährt, oder durch Schwingungen, die man ihn ausführen läßt. Das erstere ist im allgemeinen weitaus zweckmäßiger, als das letztere, und wird ja auch so gut wie ausschließlich getübt. (Damit soll nicht geleugnet werden, daß es sich wohl verlohnen würde, beispielsweise einmal das Poisson'sche Verfahren zur Bestimmung der Horizontalintensität praktisch zu erproben. Die Einfachheit der dazu nur erforderlichen instrumentellen Einrichtung könnte seine Anwendung in manchen Fällen zweckmäßig erscheinen lassen.) Hier sollen nur Messungen des

Drehmoments oder, wie man gewöhnlich sagt, Ablenkungsbeobachtungen betrachtet werden. Die hierbei in Betracht kommenden

Lagebeziehungen veranschaulicht die nebenstehende Figur, in der noch außerdem die magnetische Meridianrichtung durch SN



angedeutet ist. O und Q sind die Mittelpunkte, die hindurchgehenden starken Striche die in derselben Horizontalebene gelegenen Achsen der beiden Magnete, deren Momente M und m sind.

Das Potential des Magnets M werde in der vorher angegebenen Form (4), dasjenige von m entsprechend als

$$m e^{-3} (P_1 + c' e^{-2} P_3 + c'' e^{-4} P_5 + \dots) \quad (5)$$

angenommen. Dann ist das gegenseitige Potential der beiden Magnete¹⁾

$$\begin{aligned} v = M m e^{-3} & \left[(-2 c_1 \gamma_1 + s_1 \sigma_1) + C' e^{-2} \left(-\frac{3}{2} c_1 \gamma_1 \right. \right. \\ & + \frac{3}{8} s_1 \sigma_1 - \frac{5}{2} c_3 \gamma_1 + \frac{15}{8} s_3 \sigma_1) + c' e^{-2} \left(-\frac{3}{2} c_1 \gamma_1 \right. \\ & + \frac{3}{8} s_1 \sigma_1 - \frac{5}{2} c_1 \gamma_3 + \frac{15}{8} s_1 \sigma_3) + C'' e^{-4} \left(-\frac{45}{32} c_1 \gamma_1 \right. \\ & + \frac{15}{64} s_1 \sigma_1 - \frac{105}{64} c_3 \gamma_1 + \frac{105}{128} s_3 \sigma_1 - \frac{189}{64} c_5 \gamma_1 + \frac{315}{128} s_5 \sigma_1) \\ & \left. \left. + C' c' e^{-4} \left(-\frac{135}{32} c_1 \gamma_1 + \frac{45}{64} s_1 \sigma_1 - \frac{105}{32} c_3 \gamma_1 + \frac{105}{64} s_3 \sigma_1 \right) \right] \end{aligned}$$

¹⁾ Ad. Schmidt: Über die gegenseitige Einwirkung zweier Magnete in beliebiger Lage. Terr. Magn. and Atm. El. 1912 S. 220 ff. Die hier auftretenden Größen $M_1, M_3, M_5 \dots$ und $M_1', M_3', M_5' \dots$ sind mit M, C', C'', \dots und $m, c', c'' \dots$ identisch.

$$\begin{aligned}
& -\frac{105}{32} c_1 \gamma_3 + \frac{105}{64} s_1 \sigma_3 - \frac{295}{32} c_3 \gamma_3 + \frac{565}{64} s_3 \sigma_3) \\
& + c'' e^{-4} \left(-\frac{45}{32} c_1 \gamma_1 + \frac{15}{64} s_1 \sigma_1 - \frac{105}{64} c_1 \gamma_3 + \frac{105}{128} s_1 \sigma_3 \right. \\
& \left. - \frac{189}{64} c_1 \gamma_5 + \frac{315}{128} s_1 \sigma_5 \right) + \dots] \quad (6),
\end{aligned}$$

worin zur Abkürzung

$\cos n\beta = c_n$, $\sin n\beta = s_n$, $\cos n\varphi = \gamma_n$, $\sin n\varphi = \sigma_n$
 gesetzt ist.

Das von M auf m ausgeübte Drehmoment, positiv im Sinne des wachsenden φ gezählt, ergibt sich hieraus zu

$$\begin{aligned}
X = M m e^{-3} \Phi = M m e^{-3} & \left[- (2 c_1 \sigma_1 + s_1 \gamma_1) \right. \\
& - C' e^{-2} \left(\frac{3}{2} c_1 \sigma_1 + \frac{3}{8} s_1 \gamma_1 + \frac{5}{2} c_3 \sigma_1 + \frac{15}{8} s_3 \gamma_1 \right) \\
& - c' e^{-2} \left(\frac{3}{2} c_1 \sigma_1 + \frac{3}{8} s_1 \gamma_1 + \frac{15}{2} c_1 \sigma_3 + \frac{45}{8} s_1 \gamma_3 \right) \\
& - C'' e^{-4} \left(\frac{45}{32} c_1 \sigma_1 + \frac{15}{64} s_1 \gamma_1 + \frac{105}{64} c_3 \sigma_1 + \frac{105}{128} s_3 \gamma_1 \right. \\
& \left. + \frac{189}{64} c_5 \sigma_1 + \frac{315}{128} s_5 \gamma_1 \right) - C' c' e^{-4} \left(\frac{135}{32} c_1 \sigma_1 + \frac{45}{64} s_1 \gamma_1 \right. \\
& \left. + \frac{315}{32} c_1 \sigma_3 + \frac{315}{64} s_1 \gamma_3 + \frac{105}{32} c_3 \sigma_1 + \frac{105}{64} s_3 \gamma_1 + \frac{885}{32} c_3 \sigma_3 \right. \\
& \left. + \frac{1695}{64} s_3 \gamma_3 \right) - c'' e^{-4} \left(\frac{45}{32} c_1 \sigma_1 + \frac{15}{64} s_1 \gamma_1 + \frac{315}{64} c_1 \sigma_3 \right. \\
& \left. + \frac{315}{128} s_1 \gamma_3 + \frac{945}{64} c_1 \sigma_5 + \frac{1575}{128} s_1 \gamma_5 \right) - \dots] \quad (7).
\end{aligned}$$

Ordnet man diesen Ausdruck im Hinblick auf die weiteren Ausführungen nach den Funktionen von β , so nimmt er die folgende Gestalt an, wobei noch zur Vereinfachung der Schreibweise

$C' e^{-2} = B'$, $C'' e^{-4} = B''$, ... $c' e^{-2} = b'$, $c'' e^{-4} = b''$, ... (8),
 gesetzt worden ist.

$$\begin{aligned}
\Phi = & - (2 c_1 \sigma_1 + s_1 \gamma_1) - B' \left(\frac{3}{2} c_1 \sigma_1 + \frac{3}{8} s_1 \gamma_1 \right. \\
& \left. + \frac{5}{2} c_3 \sigma_1 + \frac{15}{8} s_3 \gamma_1 \right) - b' \left(\frac{3}{2} c_1 (\sigma_1 + 5 \sigma_3) \right. \\
& \left. + \frac{3}{8} s_1 (\gamma_1 + 15 \gamma_3) \right) - B'' \left(\frac{45}{32} c_1 \sigma_1 + \frac{15}{64} s_1 \gamma_1 \right. \\
& \left. + \frac{105}{64} c_3 \sigma_1 + \frac{105}{128} s_3 \gamma_1 + \frac{189}{64} c_5 \sigma_1 + \frac{315}{128} s_5 \gamma_1 \right) \\
& - B' b' \left(\frac{45}{32} c_1 (3 \sigma_1 + 7 \sigma_3) + \frac{45}{64} s_1 (\gamma_1 + 7 \gamma_3) \right. \\
& \left. + \frac{15}{32} c_3 (7 \sigma_1 + 59 \sigma_3) + \frac{15}{64} s_3 (7 \gamma_1 + 113 \gamma_3) \right) \\
& - b'' \left(\frac{45}{64} c_1 (2 \sigma_1 + 7 \sigma_3 + 21 \sigma_5) + \frac{15}{128} s_1 (2 \gamma_1 \right. \\
& \left. + 21 \gamma_3 + 105 \gamma_5) \right) \dots (9).
\end{aligned}$$

Trotzdem hierin Produkte von Unbekannten auftreten, kann man den Ausdruck als linear ansehen. Man hat zu diesem Zwecke — was sich zur Vereinfachung der Rechnung ohnehin empfiehlt — Näherungswerte der gesuchten Größen einzusetzen und deren sehr kleine Verbesserungen unter Vernachlässigung ihrer Produkte als Unbekannte zu betrachten.

Befindet sich nun m unter dem Einfluß von M im erdmagnetischen Horizontalfelde H im Gleichgewicht, so ist das dem letzteren entspringende Drehmoment $m \cdot H \cdot \sin(\alpha + \varphi)$, das φ zu verkleinern strebt, gleich X . Fügt man noch durch Torsion (oder bifilare) Aufhängung ein in positivem Sinne wirkendes Drehmoment $\theta \tau$ (bezw.) $\theta \sin \tau$ mit τ als dem bei der Beobachtung zu messenden Drillwinkel und θ als der Direktionskraft hinzu, so gilt die allgemeinere Gleichung

$$m H \sin(\alpha + \varphi) - \theta \tau = X = M m e^{-3} \psi$$

die sich durch die Einsetzung von

$$\frac{\theta}{m H} = \vartheta \quad \text{und} \quad \frac{M}{H e^3} = \mu$$

in

$$\sin(\alpha + \varphi) - \vartheta \tau = \mu \Phi \tag{10}$$

verwandelt.

Bei Bifilaraufhängung tritt, wie schon bemerkt, $\sin \tau$ an die Stelle von τ . Den Wert von ϑ (das sogenannte Torsionsverhältnis) gewinnt man in bekannter Weise durch Beobachtung der Nadelstellung für verschiedene Werte von τ bei Abwesenheit von M . Andererseits ist θ durch Schwingungsbeobachtungen bei unmagnetischer Belastung bestimmbar, worauf sich $m = \theta : H \vartheta$ ergibt, während andererseits $M = H e^3 \mu$ folgt. Beide Momente sind also bekannt, sobald man H kennt oder durch eine mit M ausgeführte Schwingungsbeobachtung MH bestimmt.

Variiert man jetzt α oder β oder auch gleichzeitig beide, gegebenenfalls außerdem τ bei konstantem e , und beobachtet man jedesmal den die Gleichgewichtseinstellung definierenden Wert von φ , so erhält man eine entsprechende Zahl von Gleichungen, aus denen die Unbekannten leicht zu berechnen sind.

Um dies auszuführen, hat man entweder m um M oder M um m im Kreise herumzuführen. Das erste Verfahren ist nur bei mäßigen Ansprüchen an Genauigkeit brauchbar, wenn man m als Kompaßnadel, d. h. auf der Pinne mit unmittelbarer Ablesung seiner Stellung an der Kreisteilung verwendet. Bei Aufhängung von m am Faden, wie sie zu feineren Messungen erforderlich ist, kommt aus praktischen

— sowohl instrumentellen wie beobachtungstechnischen — Gründen nur der zweite Weg in Betracht. Die Nadel m bleibt fest am Orte O . Um diesen dreht sich der Arm OQ , der an seinem freien Ende Q ein drehbares Lager für den Stab M trägt. (Auf technische Einzelheiten, wie die Notwendigkeit der Anbringung eines Gegengewichts u. dgl. ist hier natürlich nicht einzugehen.)

Bedenkt man, daß man über zwei, bei Verwendung einer mechanischen Richtkraft sogar über drei Veränderliche verfügt, so ist es klar, daß man eine große Auswahl von Möglichkeiten für die Gestaltung des Beobachtungsplanes hat. Man wird diese Freiheit dazu benutzen, die Lösung des Gleichungssystems möglichst günstig hinsichtlich des Einflusses der Beobachtungsfehler zu machen, wobei sich zugleich der Nebenvorteil einer besonders einfachen Rechnung ergibt. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß dies dadurch zu erreichen ist, daß die zu variierenden Winkel gleichmäßig über das ganze Intervall von 0° bis 360° verteilte Werte erhalten, während φ konstant bleibt. Letzteres bringt noch den praktischen Vorteil mit sich, daß das auf den Nadelspiegel gerichtete Fernrohr fest mit dem drehbaren Arm OQ verbunden werden kann. Am zweckmäßigsten ist es, für φ die Werte 0° , 90° , 180° , 270° zu wählen, die in ihrer Gesamtheit bereits die Polvertauschung bei der Nadel mit einschließen. Das ist sehr einfach auszuführen, wenn die Nadel vier auf den vertikalen Flächen eines Würfels angeordnete Spiegel trägt.

Durch die angegebenen Bedingungen wird die Anzahl der möglichen Beobachtungsverfahren, wenn man von unwesentlichen Modifikationen absieht, auf drei beschränkt, die hier kurz besprochen werden sollen.

(a) $\tau = 0$; d. h. keine Torsion. β erhält nacheinander die Werte $\beta_1 = 360^\circ : \nu$, $\beta_2 = 2 \cdot 360^\circ : \nu$ usw. Es wird jedesmal derjenige Wert von α aufgesucht, bei dem φ einen der ausgezeichneten vier Werte annimmt. Es mögen hier der Einfachheit halber immer nur die zwei Werte 0° und 90° berücksichtigt werden; bei den anderen wechselt nur das Vorzeichen eines Gliedes. Wird zur Unterscheidung der beiden Fälle der untere Index 0 und 1 gebraucht, so erhält man die folgenden Gleichungssysteme:

$$\begin{aligned} \varphi = 0^\circ: & \quad \sin \alpha'_i = \Phi_0(\beta_i) \\ \varphi = 90^\circ: & \quad \cos \alpha''_i = \Phi_1(\beta_i) \end{aligned} \quad (11a).$$

(b) Verwendung von Torsion. α konstant, am zweckmäßigsten $\alpha = 0^\circ$ oder $\alpha = 90^\circ$; β erhält dieselben Werte wie im Falle (a) und

es wird jedesmal dasjenige τ aufgesucht, das dem φ den verlangten Wert gibt.

$$\begin{array}{lll}
 \alpha = 00: & \varphi = 00: & - \vartheta \tau_1^0 = \Phi^0(\beta_i) \\
 & \varphi = 900: & 1 - \vartheta \tau_1^1 = \Phi^1(\beta_i) \\
 \alpha = 900: & \varphi = 00: & 1 - \vartheta \tau_1^0 = \Phi^0(\beta_i) \\
 & \varphi = 900: & - \vartheta \tau_1^1 = \Phi^1(\beta_i)
 \end{array} \quad (11b)$$

(c) Torsion. β durchläuft wieder die ν äquidistanten Werte; α wird entweder gleich $-\beta$ oder gleich $(900 - \beta)$ gemacht, so daß M stets im magnetischen Meridian oder in der dazu senkrechten Lage bleibt. (Die zwei weiteren, um 180° davon verschiedenen Werte von α können ebenso wie im vorigen Falle unerwähnt bleiben.) Es wird wieder τ so gewählt, daß φ den verlangten Wert enthält.

$$\begin{array}{lll}
 \alpha = -\beta & \varphi = 00: & - \sin \beta_i - \vartheta \tau_1^0 = \Phi^0(\beta_i) \\
 & \varphi = 900: & \cos \beta_i - \vartheta \tau_1^1 = \Phi^1(\beta_i) \\
 \alpha = 900 - \beta & \varphi = 00: & \cos \beta_i - \vartheta \tau_1^0 = \Phi^0(\beta_i) \\
 & \varphi = 900: & \sin \beta_i - \vartheta \tau_1^1 = \Phi^1(\beta_i)
 \end{array} \quad (11c)$$

Für Φ_0 und Φ_1 ergeben sich aus der allgemeinen Formel (9) die Ausdrücke

$$\begin{aligned}
 \Phi_0 = & -s_1 - B' \left(\frac{3}{8} s_1 + \frac{15}{8} s_3 \right) - 6 b' s_1 \\
 & - B'' \left(\frac{15}{64} s_1 + \frac{105}{128} s_3 + \frac{315}{128} s_5 \right) \\
 & - B' b' \left(\frac{45}{8} s_1 + \frac{225}{8} s_3 \right) - 15 b'' s_1 \dots \dots \quad (12_0)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_1 = & -2 c_1 - B' \left(\frac{3}{2} c_1 + \frac{5}{2} c_3 \right) + 6 b' c_1 \\
 & - B'' \left(\frac{45}{32} c_1 - \frac{105}{64} c_3 + \frac{189}{64} c_5 \right) \\
 & - B' b' \left(-\frac{45}{8} c_1 - \frac{195}{8} c_3 \right) - \frac{45}{4} b'' c_1 \dots \dots \quad (12_1)
 \end{aligned}$$

oder anders geordnet und in ausführlicher Schreibweise

$$\begin{aligned}
 \Phi_0 = & - \sin \beta \left(1 + \frac{3}{8} B' + 6 b' + \frac{15}{64} B'' + \frac{45}{8} B' b' + 16 b'' \right) \\
 & - \sin 3 \beta \left(\frac{15}{8} B' + \frac{105}{128} B'' + \frac{225}{8} B' b' \right) \\
 & - \sin 5 \beta \frac{315}{128} B'' \dots \dots \dots \quad (13_0)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_1 = & - \cos \beta \left(2 + \frac{3}{2} B' - 6 b' + \frac{45}{32} B'' - \frac{45}{8} B' b' + \frac{45}{4} b'' \right) \\
 & - \cos 3 \beta \left(\frac{5}{2} B' - \frac{105}{64} B'' - \frac{195}{8} B' b' \right) \\
 & - \cos 5 \beta \frac{189}{64} B'' \dots \dots \dots \quad (13_1)
 \end{aligned}$$

Entwickelt man jetzt die bei der Durchführung einer Beobachtungsreihe erhaltenen ν -Werte d_1, d_2, \dots bis d_ν in eine trigonometrische Reihe

$$a_1 \cos \beta + b_1 \sin \beta + a_2 \cos 2\beta + b_2 \sin 2\beta + \dots$$

so erhält man, da diese Entwicklung nur auf eine Art möglich ist, durch Vergleichung mit (13) im Falle der 1. Nadelhauptlage

$$b_1 = -\left(1 + \frac{3}{8}B' + \dots\right), \quad b_3 = -\left(\frac{15}{8}B' + \dots\right), \quad b_5 = \frac{315}{128}B'' \quad (14)$$

und für die 2. Hauptlage

$$a_1 = -\left(2 + \frac{3}{2}B' + \dots\right), \quad a_3 = -\left(\frac{5}{2}B' \dots\right), \quad a_5 = -\frac{189}{64}B'' \quad (15).$$

Um die Entwicklung bis zu den Funktionen von 5β ausdehnen zu können, hat man ν mindestens gleich 12 zu wählen. Diese Mindestzahl, bei der die einzelnen Stellungen von M um je 30° fortschreiten, ist andererseits auch im allgemeinen hinreichend und zweckmäßig. Will man die Entwicklung von vornherein auf die allein gebrauchten Reihenglieder beschränken, so kann man die beobachteten Werte zu drei Mittelwerten zusammenfassen, nämlich mit $d_0 = d_{12}$:

$$\text{bei Lage 1: } (d_1 + d_5 - d_7 - d_{11}):4, (d_2 + d_4 - d_8 - d_{10}):4, (d_3 - d_9):2$$

$$\text{bei Lage 2: } (d_0 - d_6):2, (d_1 - d_5 - d_7 + d_{11}):4, (d_2 - d_4 - d_5 + d_{10}) \quad (16)$$

und diese der Entwicklung zugrundelegen.

Doch scheut man besser nicht die geringe Mühe der Berechnung sämtlicher Reihenkoeffizienten, da die für das Hauptergebnis nicht in Betracht kommenden Koeffizienten, die immer sehr klein sein müssen, für die Beurteilung der Sicherheit der Schlußwerte von Bedeutung sind. Sie entspringen mehreren Quellen: den regellosen Beobachtungsfehlern, den zu systematischen Fehlern führenden Abweichungen der tatsächlichen Lagebeziehungen von den angenommenen (insbesondere den Nullpunktsfehlern der Winkelablesungen α, β, φ) und zwei weiteren, später noch zu erörternden Einflüssen. Allerdings kann die Betrachtung dieser Umstände auch unmittelbar auf die Differenzen innerhalb der einzelnen erwähnten Gruppen der d_i gestützt werden. Streng genommen entsprechen dem Nichtverschwinden dieser Differenzen auch in den Hauptkoeffizienten kleine Änderungen, die durch Korrekturen zu beseitigen wären. Sie sind aber kleine Größen 2. Ordnung und erreichen unter normalen Verhältnissen keinen merklichen Betrag.

Bei der Beschränkung auf 12 Stabstellungen, die hier weiter vorausgesetzt bleiben mag, kann man 3 Unbekannte berechnen. Das

genügt in einigen Fällen. Dann nämlich, wenn die Nadel als Elementarmagnet betrachtet, also $c' = 0$ und $c'' = 0$ gesetzt werden darf, oder wenn c' und c'' bereits bekannt sind. Das erstere trifft mit großer Annäherung zu, wenn man 4 gleich stark magnetisierte Stäbchen so verbindet, daß sie in den Ecken eines Quadrats auf dessen Fläche senkrecht stehen, während ihr Polabstand das $\sqrt{3}$ -fache, ihre Länge also rund das Doppelte der Quadratseite ist. (Noch besser wäre natürlich ein homogener Kugelmagnet; seine Herstellung, besonders seine kräftige Magnetisierung begegnet aber Schwierigkeiten.) Wichtiger ist die zweite Möglichkeit, die sich dann verwirklicht findet, wenn mehrere Magnetstäbe unter Verwendung derselben Nadel untersucht werden. In beiden Fällen genügt die Durchführung einer einzigen Beobachtungsreihe zur Ermittlung von μ , $\mu B'$, $\mu B''$ und damit von M , C' C'' .

Um die Konstanten beider Magnete zu gewinnen, hat man zwei Beobachtungsreihen nötig. Sie können dann nach demselben Schema erfolgen, wenn die Magnete dabei vertauscht werden, so daß abwechselnd der eine und der andere als Nadel dient.

Im allgemeinen Fall hat man dagegen die eine Reihe in der 1. Nadelhauptlage ($\varphi = 0^\circ$), die andere in der 2. ($\varphi = 90^\circ$) auszuführen. Die Trennung der Unbekannten erfolgt wegen der wechselnden Vorzeichen zuverlässig. Zu erwägen bleibt noch der mögliche Einfluß der Vernachlässigung der Glieder höherer Ordnung. Er läßt sich an dem extremen Beispiel des schematischen Magnets abschätzen und ist verschwindend, wenn die Entfernung der beiden Magnete voneinander nicht wesentlich kleiner als das fünffache des größeren Polabstandes ist. Die dabei auftretenden größten Feldstärken werden kaum über etwa 15000 γ hinausgehen, was ein für scharfe Messungen, bei denen man einen unter 1 γ bleibenden Fehler erstrebt, hinreichender Betrag ist.

Was die scharfe Messung von e betrifft, so erfolgt sie am einfachsten und sichersten, wenn beiderseits von O ein Drehlager für M angebracht wird, so daß man $2e$ messen kann und nur darauf zu achten hat, daß O so genau in der Mitte zwischen beiden liegt, wie es sich ohne Schwierigkeiten erreichen läßt. Am einfachsten und zuverlässigsten verhilft dazu ein Kreuzschlitten am Kopfe der Suspensionsröhre, der im Verein mit der Höhenverschiebung die Nadel leicht an die Stelle maximaler und von beiden Seiten gleicher Einwirkung des Stabes M bringen läßt. Nun bleibt aber diese Lage,

genauer gesagt die Lage des Drehpunkts der Nadel, bei der Messung nicht erhalten; denn M übt auf m nicht nur eine drehende sondern auch eine verschiebende Wirkung aus, und damit erfahren sowohl e , wie auch α , β , φ , kleine Änderungen. Sie lassen sich leicht aus dem Ausdruck des gegenseitigen Potentials (6) ableiten, wobei es vollkommen genügt, die Glieder 1. Ordnung zu berücksichtigen. Infolgedessen darf man M durch seine Komponenten $M \cos \beta$ und $M \sin \beta$ ersetzt denken, die den allein in Betracht kommenden Lagen von m parallel sind, und es genügt, die einfachen Sonderfälle zu betrachten, aus denen sich der allgemeine Fall linear zusammensetzt. Nennt man die in der Richtung von $\varphi = 0^\circ$ wirkende, also e verkleinernde Kraft p_0 und die in der Richtung von $\varphi = 90^\circ$ wirkende, e im negativen Sinne drehende p_1 , so ist, wenn noch $M m e^{-4} = f$ gesetzt wird,

$$\begin{array}{ll} \text{für } \beta = 0^\circ, \varphi = 0^\circ: & p_0 = 6 f, \quad p_1 = 0, \\ \text{„ } \beta = 0^\circ, \varphi = 90^\circ: & p_0 = 0, \quad p_1 = -3 f, \\ \text{„ } \beta = 90^\circ, \varphi = 0^\circ: & p_0 = 0, \quad p_1 = -3 f, \\ \text{„ } \beta = 90^\circ, \varphi = 90^\circ: & p_0 = -3 f, \quad p_1 = 0. \end{array} \quad (17).$$

Aus diesen Kräften und der Länge und Belastung des Fadens ergeben sich die den einzelnen Stablagen zugehörigen Verschiebungen der Nadel und die dadurch bedingten Abweichungen der beobachteten α -Werte von den theoretischen, mit andern Worten die an die beobachteten Werte anzubringenden Korrekturen. Hat der Faden die Länge e , und tritt die tote Belastung der Nadel gegen ihr eigenes Gewicht zurück, so können diese Korrekturen im Durchschnitt etwa $1/3000$ der Werte d_i erreichen; sie heben sich aber in den Mittelwerten der unter (16) angegebenen Gruppen gegenseitig auf und brauchen deshalb nur dann, sei es im einzelnen, sei es durch einen leicht abzuleitenden allgemeinen Ausdruck berechnet und zur Verbesserung der einzelnen d_i verwendet zu werden, wenn man deren Unterschiede innerhalb der Gruppen näher untersuchen will.

Dasselbe gilt auch von dem noch etwas größeren Einfluß, den die von den beiden Magneten auf einander ausgeübten Induktionswirkungen auf die beobachteten Drehmomente haben. Wieder ist dabei die Beschränkung auf die Glieder der ersten Ordnung und demzufolge die Zerlegung der Magnete in Komponenten zulässig, und in den Mittelwerten der Gruppen (16) fällt der Induktionseinfluß wiederum heraus.

Dagegen muß die Induktion, die die erdmagnetische Horizontalkraft H auf die Magnete ausübt, berücksichtigt werden. Das ist bei

der Nadel sehr einfach auszuführen. Die mit $\cos(\alpha + \varphi)$ proportionale Längsinduktion ändert das Moment m , die mit $\sin(\alpha + \varphi)$ proportionale Querinduktion verlegt die Achsenrichtung. Der Betrag dieser Verlegung ergibt sich ohne weiteres aus den beiden induktiven Kapazitäten und kann durch eine ein für allemal als Funktion von $\alpha + \varphi$ berechnete Korrektur berücksichtigt werden. Die Momentänderung andererseits kann, da m in der Grundgleichung (9) nur implizite in ϑ auftritt, in derselben einfachen Weise durch eine an τ anzubringende, nur von $\alpha + \varphi$ abhängige Korrektur eliminiert werden. Bei den Beobachtungen, die nach dem Schema (a) angestellt werden, fällt der Einfluß der Momentänderung der Nadel ganz fort.

So bleibt schließlich nur eine Korrektur übrig, die wirklich im einzelnen (oder wenigstens an den Gruppenmitteln) von Fall zu Fall berechnet werden muß; das ist diejenige, durch die der von H auf M ausgeübten Induktion Rechnung getragen wird. Doch geschieht auch dies in einfachster Weise. Sind p und q die induktiven Kapazitäten, so ist das induzierte Moment in der Längsrichtung $p H \cos(\alpha + \beta)$ und in der Querrichtung $q H \sin(\alpha + \beta)$. Die daraus entspringenden Wirkungen auf die Nadel, die mit umgekehrtem Vorzeichen an d_1 anzubringen sind, ergeben sich hieraus, wenn man noch $p H e^{-4} = p'$ und $q H e^{-4} = q'$ setzt, zu $p' \cos(\alpha + \beta) \Phi(\beta)$ und $q' \sin(\alpha + \beta) \Phi(\beta - 90^\circ)$, worin für $\Phi(\beta)$ und $\Phi(\beta - 90^\circ)$ die entsprechenden rohen Beobachtungswerte zu nehmen sind.

Besonders einfach gestalten sich in dieser Hinsicht Beobachtungen nach dem Schema (c), bei denen der Stab während der ganzen Rundmessung dieselbe Lage gegenüber dem magnetischen Meridian behält und somit keine Änderungen in seinem magnetischen Zustande erfährt. Führt man die Beobachtung in den vier Werten 0° , 90° , 180° , 270° von $(\alpha + \beta)$ entsprechenden Lagen aus, so gewinnt man die Möglichkeit, aus den Unterschieden der erhaltenen Werte die induktiven Kapazitäten von M abzuleiten. Darin liegt ein wichtiger Vorzug des Schemas (c), besonders wenn es sich um scharfe Untersuchungen über den magnetischen Zustand eines Magnets handelt. Die Beobachtung nach (a) andererseits hat den Vorzug, kein mechanisches Drehmoment zu verwenden, sondern alles unmittelbar auf H zu beziehen. Die Messungen nach (b) endlich zeichnen sich durch besondere Einfachheit der Beobachtungen und der Reduktionsrechnungen aus. Man wird daher (a) oder (b) vorzugsweise bei laufenden Beobachtungen anwenden.

Der Vollständigkeit halber sei zum Schlusse noch die selbstverständliche Reduktion der Ablesungen wegen der erdmagnetischen Variationen und der, natürlich möglichst klein zu haltenden Temperaturänderungen erwähnt.

An die Stelle von Wägungen können auch Schwingungsbeobachtungen treten. Während aber bei jenen vorwiegend (für den Fall des regulären Magnets ausschließlich) Felder in Betracht kommen, die in Bezug auf A antisymmetrisch sind und die daher durch ungerade Funktionen von ξ dargestellt werden, sind bei den Schwingungsbeobachtungen umgekehrt symmetrische, d. h. durch gerade Funktionen von ξ ausgedrückte Felder anzuwenden. Das horizontale Erdfeld ist dabei am besten nahezu oder ganz zu kompensieren, sei es durch fest angebrachte Hilfsmagnete, sei es durch passende Stromwirkungen, indem der zu untersuchende Stab dabei entweder um eine im magnetischen Meridian gelegene oder um eine dazu senkrechte Mittellage schwingt.

Nur kurz erwähnt sei am Schlusse die Möglichkeit, eine Bestimmung der Parameter auf die Ausmessung des Feldes in der unmittelbaren Umgebung des Magnets zu stützen, die durch die Beobachtung der in bewegten Leitern, insbesondere in Drahtspulen gewonnen werden kann.

Bei Messungen, die eine hohe Genauigkeit anstreben, ist man stets der Gefahr ausgesetzt, daß die in der Theorie nicht zu umgehenden Vernachlässigungen und sonstige Nebenumstände gelegentlich einen so starken systematischen Einfluß gewinnen, daß ihre Wirkungen die technisch erreichbare Schärfe der Beobachtungen übersteigen und daher die scheinbare, aus der inneren Übereinstimmung wiederholter Messungen erschlossene Genauigkeit illusorisch machen.

Die einzige Möglichkeit, sich gegen diese Gefahr zu schützen oder wenigstens ein einigermaßen sicheres Urteil über den wirklich erreichten Grad von Zuverlässigkeit zu gewinnen, der den erhaltenen Ergebnissen zukommt, besteht darin, daß man die gesuchten Größen auf mehreren verschiedenen Wegen unter möglichst weitgehender Variation der Versuchsbedingungen mißt. Bei der vorliegenden Aufgabe gewährt in dieser Hinsicht schon die Durchführung der Messung nach den drei verschiedenen Beobachtungsarten (a), (b) und (c) ein wertvolles Mittel der gegenseitigen Kontrolle. Erwünscht bleibt aber doch die Verwendung eines von dem hier behandelten grundsätzlich

abweichenden Verfahrens. Ein solches, nämlich ein galvanisches, möge hier zum Schluß wenigstens in seinen Grundzügen angegeben werden.

Ein Kreisstrom von der Stärke i besitzt ein magnetisches Feld, dessen Stärke in seiner Achse eine Funktion des Abstandes von der Mitte des stromführenden Kreises ist, die sich auf Grund reiner Längenmessungen mit großer Schärfe angeben läßt. Ist jener Abstand x , und wird durch $x = x_0$ ein bestimmter Punkt A der Achse bezeichnet, so kann in der Nachbarschaft dieses Punktes die Feldstärke auch in der Form

$$i (f_0 + f_1 \xi + f_2 \xi^2 + \dots)$$

ausgedrückt werden, worin ξ für $x - x_0$ gesetzt ist und $f_0, f_1, f_2 \dots$ bekannte Zahlenwerte darstellen. Ordnet man nun mehrere Kreise mit gemeinsamer Achse in fester Verbindung an und läßt man durch alle denselben Strom (oder Ströme von bekanntem Stärkeverhältnis), teils in derselben, teils in entgegengesetzter Richtung gehen, so kann man es leicht auf mannigfache Art dahin bringen, daß das Feld in der Umgebung jenes Punktes eine der einfachen Formen $if'\xi, if''\xi^2 \dots$ annimmt. Man kann es überdies ohne Schwierigkeiten so einrichten, daß der Übergang von einem dieser Felder zu einem andern durch bloße Veränderung der Stromverteilung bei festgehaltener Anordnung des Leitersystems erfolgt.

Bringt man nun einen Magnet so in ein solches inhomogenes Feld, daß seine Mittellinie in die Achse des Stromsystems fällt, so erfährt er in dieser Richtung einen Zug, der sich experimentell leicht bestimmen läßt entweder durch Wägung, wenn die Achse vertikal gestellt wird, oder mit Hilfe einer Horizontalpendelaufhängung, wenn sie horizontal steht. Die Größe dieses Zugs steht nun in einfacher Beziehung zur Verteilung des Magnetismus in dem betrachteten Magnet; seine Messung liefert also Aufschluß über diese Verteilung. In dem als linear angenommenen Magnet von der Länge $2l$ sei die Dichte des freien Magnetismus im Abstände η von der Mitte gleich δ . Liegt die Magnetmitte in dem zuvor durch x_0 bezeichneten Punkte der Achse des Stromsystems und stimmt die positive Richtung von η mit derjenigen von ξ überein, so ist durchgängig $\xi = \eta$. Das augenblicklich benutzte Feld sei nun $if^{(v)}\xi^v$. Dann erfährt das Element $\delta \cdot d\eta$ den Zug $if^{(v)}\xi^v \delta d\eta$, wofür nach dem soeben Gesagten auch $if^{(v)}\delta \eta^v d\eta$ geschrieben werden darf. Auf den ganzen Magnet wird demnach der in der Richtung des wachsenden x positiv gerechnete Zug

$$Z = if^{(v)} \int_{-1}^{+1} \delta \eta^v d\eta$$

ausgeübt. Das mit $i f^{(v)}$ multiplizierte Integral ist nun nichts anderes, als der früher eingeführte Parameter A_v . Hat man also Z durch Messung ermittelt, so gewinnt man daraus sogleich

$$A_v = Z : i f^{(v)}.$$

Diese für den Idealfall des linearen Magnets geltende Beziehung läßt sich mit großer Annäherung auch auf wirkliche Magnete anwenden, wenn ihr Querschnitt sehr klein ist. Die bei größerem Querschnitt anzubringende Korrektur ist leicht abzuleiten; sie hängt aber von der Annahme ab, die man über die fiktive Verteilung der Magnetisierung über den Querschnitt macht, und ist daher — darin liegt die Schwäche des Verfahrens — nicht streng zu bestimmen.

Zu beachten bleibt schließlich noch die magnetisierende Wirkung, die das Feld auf den darin befindlichen Stab ausübt. Bedenkt man, daß es bisher noch nicht einmal im allereinfachsten Fall — der Einwirkung eines homogenen Feldes auf einen Kreiszyylinder — gelungen ist, die dadurch hervorgerufene Magnetisierung theoretisch streng zu berechnen, so leuchtet ein, daß bei den hier betrachteten komplizierteren Feldgestaltungen nur an eine empirische Bestimmung des gesuchten Einflusses auf den Wert des Zuges Z zu denken ist. Man wird annehmen dürfen, daß dieser in nicht zu starken Feldern dem Quadrat der Feldstärke proportional und von der konstanten Magnetisierung des Stabes unabhängig ist. Daraus ergibt sich ohne weiteres die Möglichkeit, jenen Einfluß durch Variation der Feldstärke zu ermitteln, was am genauesten am schwach magnetisierten Stabe bei gesteigerter Empfindlichkeit des Beobachtungsverfahrens und daher mit erhöhter Genauigkeit geschehen kann.

Damit die zu messende Kraft Z groß genug ist, um mit befriedigender Schärfe (etwa auf $1/100$ ihres Betrags) bestimmt werden zu können, genügen bei passender Einrichtung Ströme von der Größenordnung von 1 Amp, so daß der Anwendung der Methode keine praktischen Bedenken entgegenstehen.

Über die beiden absoluten pyrheliometrischen Skalen Ångström und Abbot.

(Nach Vergleichsmessungen in den Jahren 1919—1926.)

Von W. Marten.

Alle älteren Sonnenstrahlungsmessungen, die sich nicht auf die beiden absoluten Skalen Ångström und Abbot reduzieren lassen, sind von zweifelhaftem Wert und verdienen wohl nur noch historisches Interesse. Ihre Verwertung besonders für wissenschaftliche Untersuchungen stiftet eher Schaden als Nutzen und sollte besser unterbleiben, weil das Haupterfordernis aller wissenschaftlich brauchbaren Messungen, die Vergleichbarkeit, nicht erfüllt ist. Die Schaffung einer physikalisch exakten und leicht reproduzierbaren Meßskala erwies sich als ein außerordentlich schwieriges Problem, um dessen Lösung sich viele hervorragende Physiker und Geophysiker in der Vergangenheit vergeblich bemüht haben. Dem schwedischen Physiker Knut Ångström¹⁾ kommt das große Verdienst zu, durch Konstruktion seines Kompensationspyrheliometers zuerst eine prinzipiell einwandfreie absolute Meßmethode geschaffen zu haben. Für sein elegantes Meßverfahren brachte Ångström das von Kurlbaum²⁾ und ihm³⁾ ungefähr gleichzeitig und unabhängig voneinander gefundene physikalische Prinzip der elektrischen Kompensation zur Messung von Strahlungsenergien zur Anwendung. Leider waren die ersten Instrumente dieser Art noch mit Mängeln in der technischen Durchführung (Lockerung der Thermoelemente an der Rückseite des Meßstreifens bei längerem Gebrauch) behaftet, die sich in einem allmählichen Anwachsen der aus den physikalischen Konstanten der Meßstreifen berechneten Reduktionsfaktoren äußerten. Wegen dieser anfänglichen Instabilität geriet das Instrument besonders in Amerika in Mißkredit (siehe die Arbeit von Kimball⁴⁾). Nach Abstellung dieses Fehlers und Anbringung von anderen Verbesserungen haben die seit Ende des Jahres 1904 gefertigten Instrumente sich gut bewährt. Die an und für sich sehr bedauerliche Ablehnung der Kompensationspyrheliometer in Amerika hat wenigstens das Gute zur Folge gehabt,

¹⁾ K. Ångström, Ann. d. Phys. 67, S. 633. 1889.

²⁾ F. Kurlbaum, Zeitschr. f. Instrumentenk., März 1893.

³⁾ K. Ångström, Acta Upsal., Juni 1893 u. Phys. Rev. 1, S. 363. 1893.

⁴⁾ H. H. Kimball, Bull. of the Mount Weather Obs. 1, S. 83. 1908.

daß nun die Amerikaner ihrerseits große Anstrengungen gemacht haben, nach ganz anderem physikalischen Prinzip eine absolute pyrheliometrische Skala zu schaffen, die zur Nachprüfung der Ångström-skala von großem Wert geworden ist. In langjähriger mühevoller Arbeit konstruierten Abbot und seine Mitarbeiter das sehr komplizierte „Water flow pyrheliometer“, das als Strahlungsempfänger einen schwarzen Körper benutzte. Die diesem schwarzen Körper zugeführte Strahlungsenergie wurde durch einen zwangsläufig in vielen Windungen um den schwarzen Körper herumgeführten Wasserstrom aufgenommen. Aus der genau gemessenen Temperaturerhöhung des Wasserstromes und der Wassermenge konnte dann die Strahlungsenergie im absoluten Maß bestimmt werden. Die nahezu restlose Verwandlung der Strahlungsenergie in Wassertemperatur ließ sich experimentell in der Apparatur nachprüfen. Zu diesem Zweck war im Innern des schwarzen Körpers ein Widerstand eingebaut, dem genau bekannte elektrische Energie zugeführt werden konnte. Die Versuche ergaben, daß die so in den schwarzen Körper gebrachte Energie bis auf Bruchteile eines Prozentes in der Temperaturerhöhung des Wasserstromes wieder zum Vorschein kam und zur Messung gelangte. Die Angaben eines weiteren, nach dem Kalorimeterprinzip erbauten „Water stir pyrheliometer“ bestätigten die Richtigkeit der so gewonnenen absoluten Meßskala. Die Abbot-Skala hat sich international am meisten eingebürgert wohl deshalb, weil ihre Richtigkeit durch das Experiment nachprüfbar war. Die amerikanischen Urnormalen sind aber so kompliziert und unhandlich, daß Abbot sich genötigt sah, zur Uebermittlung seiner Skala und für den täglichen Gebrauch sekundäre Standardinstrumente zu bauen. Zu diesem Zweck schuf er¹⁾ das „Silver-disc pyrheliometer“, das man kurz als ein verbessertes Pyrheliometer vom alten Pouillet-Typ bezeichnen kann. Bei seiner Konstruktion legte er den Hauptwert auf die Stabilität seiner Angaben. Eine größere Anzahl dieser Apparate wurde durch die Urnormale geeicht, und diese repräsentierten jetzt in ihrer Gesamtheit die ursprüngliche absolute pyrheliometrische Skala S. J. S. 1913.

Um die Bezeichnungen der beiden absoluten pyrheliometrischen Skalen Ångström (A. S.) und Smithsonian Institution (S. J. S.) festlegen und die Potsdamer Messungen auf eine möglichst sichere und gesunde Grundlage stellen zu können, vermehrte das Potsdamer Observatorium sein Strahlungsinstrumentarium 1910 noch um ein zweites

¹⁾ Smiths. Misc. coll. 56, No. 19, 1911. Washington.

Kompensationspyrheliometer und 1911 und 1912 um zwei „Silver-disc pyrheliometer“ nach Abbot. Durch zahlreiche Vergleichsmessungen zwischen 5 Kompensationspyrheliometern, die mir zum Teil leihweise überwiesen wurden, und 2 Silver-disc Instrumenten stellte ich in den Jahren 1911 und 1912 fest, daß die beiden Skalen um 3.4 % divergierten. Zur genaueren Information verweise ich auf meine beiden ^{1) 2)} über diesen Gegenstand erschienenen Abhandlungen.

Spätere Vergleichen, die Anders Ångström in den Jahren 1912 und 1919 in Amerika ausführte, ergaben innerhalb der Versuchsfehler ein mit dem meinigen gut übereinstimmendes Resultat. Ångström fand 1922 für das Verhältnis $\frac{S. I. S.}{A. S.} = 1.0327$ und 1919 $\frac{S. I. S.}{A. S.} = 1.0323$, während ich $\frac{S. I. S.}{A. S.} = 1.034$ gefunden hatte.

Die nicht unerhebliche Abweichung zwischen den beiden absoluten Skalen, ließ in einer der beiden Meßmethoden einen noch unbekanntem Fehler vermuten. Der Verdacht mußte auf die Ångström-Skala fallen, weil Abbot durch experimentelle Nachprüfung die Richtigkeit seiner Skala erbracht hatte. Es traf sich sehr glücklich, daß die Nachprüfung der neuen Strahlungstheorie von Planck ungefähr gleichzeitig eine genaue Neubestimmung der Strahlungskonstanten des Stefan'schen Gesetzes dringend erforderte. Anlässlich dieser Messungen wurde auch die Ångströmmethode, die zu diesem Zwecke neben anderen prinzipiell von ihr verschiedenen Meßmethoden herangezogen wurde, von mehreren Forschern einer scharfen, kritischen Durchmusterung unterworfen. Bei dieser Gelegenheit wies wohl zuerst Gerlach auf den sogenannten Randeffektfehler hin, der dadurch entsteht, daß bei Erwärmung durch den Kompensationsstrom der Meßstreifen in seiner ganzen Länge durchflossen wird, bei der Erwärmung durch Strahlung die Randpartien aber in der Nähe der Streifenträger im Schatten bleiben und Wärme ableiten. A. Ångström⁴⁾ hat den Randeffektfehler theoretisch abgeleitet und für die Abmessungen des Kompensationspyrheliometers den Wert 1.3% gefunden. Meine eigenen⁵⁾ experimentellen Bestimmungen ergaben einen mehr als doppelt so großen Betrag, nämlich 2.8%. Dieser höhere Wert wurde später

¹⁾ W. Marten, Phys. Ztschr. 13, S. 1212, 1912 u. Ergeb. d. Met. Beob. Potsdam 1911, S. XI.

²⁾ W. Marten, Erg. der Met. Beob. Potsdam 1912, S. XI.

³⁾ A. Ångström, Monthly Weather Rev. S. 798, 1919.

⁴⁾ A. Ångström, Met. Zeitschr. 1914, S. 369.

⁵⁾ W. Marten, Met. Zeitschr. 1922, S. 342.

durch genaue Messungen im Berliner physikalischen Institut von Rubens durch Kußmann¹⁾ bestätigt. Nach Anbringung des Randeffectfehlers schrumpft die Divergenz der beiden absoluten Skalen A. S. und S. I. S. bis auf rd. $\frac{1}{2}\%$ zusammen. Berücksichtigt man, daß die Neubestimmungen der Strahlungskonstanten des Stefan'schen Gesetzes nach der Ängströmmethode sich sehr gut in die Werte einfügen, die die Physiker mit den besten, prinzipiell ganz anders garteten Meßmethoden bekommen haben, so erhalten wir durch diese Tatsache noch indirekt den schlüssigen Beweis, daß die beiden pyrheliometrischen Skalen A. S. (nach Anbringung des Randeffectfehlers) und I. S. I. nicht mehr als um Bruchteile eines Prozentes von der wahren absoluten Skala abweichen können. Aus diesem Sachverhalt sollte die „Internationale Solarkommission“ die Konsequenz ziehen und nicht mehr zögern, entweder die A. S. oder die S. I. S., oder eine Kombination aus beiden Skalen zur internationalen Annahme zu empfehlen. Ich habe die Frage der absoluten Skala in ihrer Entwicklung deswegen so ausführlich behandelt, weil ich im Interesse der Vergleichbarkeit der Messungen eine möglichst schnelle Entscheidung für notwendig erachte. Von weiteren Experimenten verspreche ich mir nach Lage der Dinge keine Verbesserungen mehr.

Neben der Schaffung der absoluten Skala ist die sichere und für die Dauer stabile Übertragung der absoluten Skala mit einer handlichen Apparatur für die Pyrheliometrie eine Frage von gleicher Wichtigkeit. Aus meinen zahlreichen Vergleichsmessungen in der Nachkriegszeit muß ich aber leider den Schluß ziehen, daß die beiden Skalen reproduzierenden Instrumente nach langem Gebrauch doch noch Alterungserscheinungen zeigen und beide nicht ganz stabil geblieben sind. Durch den Erwerb von zwei mit dem Normal No. 70 in Upsala verglichenen Kompensationspyrheliometern No. 74 und No. 140 und zwei mit dem Normal in Washington verglichenen Silberscheibenpyrheliometer S. I. 10 und S. I. 12 war das Observatorium in Potsdam vor Ausbruch des Weltkrieges in den doppelt gesicherten Besitz beider Skalen gelangt. Die richtige Übertragung der S. I. S. 1913 wurde außerdem noch durch eine Kontrollmessung des Herrn Abbot gelegentlich eines Besuches in Potsdam bestätigt. Da ferner meine Vergleichsmessungen in den Jahren 1911 und 1912 die Beziehungen zwischen den 4 Standardinstrumenten genau festgelegt hatten, konnte die Fundierung der Potsdamer Messungen sogar als

¹⁾ A. Kußmann, Zeitschr. f. Phys. 1924, S. 58.

vierfach gesichert angesehen werden. Bei Ausbruch des Weltkrieges wurde ich aus meiner Meßtätigkeit herausgerissen und die ersten Vergleichsmessungen nach dem Kriege konnte ich erst wieder im Mai 1919 ausführen. Leider waren inzwischen zwei der wertvollen, sich gegenseitig kontrollierenden Standardinstrumente A 140 und S. I. 10 unbrauchbar geworden. Die beiden andern A 74 u. S. I. 12 wiesen äußerlich keine Mängel auf, standen aber in ihren Angaben in anderer Beziehung als ich vor dem Kriege festgestellt hatte. Ein sofortiger Ersatz der beschädigten Instrumente oder Neuanschaffungen ließen sich bei den mißlichen Nachkriegsverhältnissen nicht ermöglichen. Erst durch die Reparatur von A 140 bei der Firma Rose in Upsala, die sich leider bis zum Frühjahr 1921 verzögerte, gewann ich wieder Anschluß an das schwedische Normal No. 70. Sofort ausgeführte Vergleichsmessungen mit A 74 und S. I. 12 führten zu dem Resultat, daß ohne Berücksichtigung der früher festgestellten Differenz von 3.4% A 74 um 2.0% niedrigere und S. I. 12 um 1.1% höhere Werte als das reparierte Instrument A^o 140 zeigte. Da besonders die letztere Beziehung meinen Erwartungen nicht entsprach, fragte ich in Upsala an, ob bereits die Randeffektkorrektur angebracht sei. Durch Herrn E. Bäcklin erhielt ich die Antwort, daß eine Korrektur für den Randeffekt nicht vorgenommen sei, daß aber wegen fehlerhafter Widerstandsbestimmung der Meßstreifen der Reduktionsfaktor des reparierten A 140 von 12.07 auf 12.20, also um 1.1° zu erhöhen sei. Nach Berichtigung meiner Werte erhielt ich nunmehr im Mai 1921 für die einzelnen Instrumente folgende Beziehungen zu dem schwedischen Normal Nr. 70.

$$\frac{A\ 140}{A\ 70} = 1.000 \quad \frac{A\ 74}{A\ 70} = 0.986 \quad \frac{S.\ I.\ 12}{A\ 70} = 0.999.$$

Im Vergleich zu meinen früheren Resultaten hatte also A 74 seine Angaben um 1.4% und S. I. 12, das früher um 3.4 höhere Werte als A 70 gab, sogar um 3.5% verringert. Mit diesem Ergebnis hätte ich wieder festen Boden unter den Füßen gehabt, wenn nicht durch die Mitteilung von Herrn Bäcklin mein Mißtrauen gegen die schwedische Skala rege geworden wäre. So faßte ich leider den, wie sich später herausstellte, falschen Entschluß, S. J. 12 auch weiterhin als das vertrauenswürdigeren Normal anzusehen und alle Eichungen auf dieses Instrument zu beziehen. Im Jahre 1924 stieß ich jedoch bei Wiederholung der Eichung eines Bimetallaktinometers auf Unstimmigkeiten, die in mir neues Mißtrauen gegen mein Normal S. I. 12 erweckten.

Um endlich Gewißheit zu erlangen, welchem Instrument die Schuld beizumessen sei, ließ ich A 74 im April 1926 in Upsala durch A 70 nachprüfen, nachdem ich es vor der Absendung gründlich mit A 140 verglichen hatte. Der Vergleich ergab die Beziehung $\frac{A\ 74}{A\ 70} = 0.986$, stimmte also mit dem von mir im Mai 1921 über A 140 gefundenen Wert von 0.986 genau überein. Die Vergleiche zwischen A 74 und A 140 vor und nach dem Vergleich mit dem schwedischen Normal habe ich in Tabelle 1 zusammengestellt. Zu berücksichtigen ist, daß die Angaben von A 74 um 1.4% vermehrt sind, um sie auf das schwedische Normal zu reduzieren. Ferner habe ich zur Überführung in die S. I. S-Skala von 1913 noch die früher ermittelte Differenz von 3.4% hinzugefügt. Vor der Eichung erhielt ich aus 13 Vergleichen die Beziehung $\frac{A\ 74}{A\ 140} = 1.0348$ und nach der Eichung aus 20 Vergleichen $\frac{A\ 74}{A\ 140} = 1.0338$, während früher das Verhältnis $\frac{S.\ J.\ S.}{A.\ S.} = 1.034$ gefunden wurde. Die Übereinstimmung ist befriedigend. Aus diesem Resultat muß geschlossen werden, daß S. I. 12 zur Zeit dieser Vergleiche um etwa 3.5% zu geringe Angaben machte. Da nach Tabelle 2 das Verhältnis von $\frac{A\ 140}{S.\ I.\ 12}$ vom Mai 1921 bis zum August 1926 stabil geblieben ist, so kann weiter geschlossen werden, daß dies Ergebnis auch für diesen Zeitraum zutreffend ist. Weiter rückwärts läßt sich der Sachverhalt mit Sicherheit nicht klären (beide Instrumente waren unstabil), obwohl nach Tabelle 3 zahlreiche Vergleichen zwischen A 74 und S. I. 12 vorliegen. Nur das kann mit Bestimmtheit behauptet werden, daß A 74 seine Angaben seit Kriegsausbruch höchstens um 1.4% verringert hat. Wie sich diese 1.4% auf die Jahre 1915—1926 verteilen, bleibt zweifelhaft. Ferner kann man nach Tabelle 3 sicher sagen, daß S. J. 12 schon vor dem 9. 5. 19 instabil geworden ist, denn zu diesem Zeitpunkt hat S. J. 12 um mindestens 1.3% geringere Werte als A 74 gegeben, auch wenn ich die Abnahme von 1.4% ganz in Rechnung stelle. Die allmähliche Abnahme des Verhältnisses $\frac{A\ 74}{S.\ I.\ 12}$ von rd. 1.027 bis auf 1.014 nach Tabelle 3 kann allein durch die geringeren Angaben von A 74 erklärt werden. In diesem Falle müßte S. I. 12 eine einmalige sprunghafte Änderung von 3.5% (vielleicht durch Stoß) erlitten haben. Für diese Auffassung spricht Tabelle 2, nach der das Verhältnis $\frac{A\ 140}{S.\ I.\ 12}$ Jahre lang wieder stabil geblieben ist. Mit Sicherheit läßt sich jedoch der wirkliche Sachverhalt für den Zeitraum der Tabelle 3 nicht klären.

Tabelle 1. Vergleichsmessungen zwischen Ångström Nr. 74 und 140.

Datum	W.o. Z	Sonnenhöhe	A. 74	A. 140	$\frac{A. 74}{A. 140}$	Datum	W.o. Z	Sonnenhöhe	A. 74	A. 140	$\frac{A. 74}{A. 140}$
11.1.26	0 ^p 28	18.0 ⁰	1.205	1.161	1.038	25.3.26	9 ^a 55	31.6 ⁰	1.229	1.193	1.030
13.1.26	11 ^a 51	18.0	1.047	1.001	1.046		10 ^a 0	32.1	1.240	1.201	1.032
24.3.26	11 ^a 27	37.4	1.464	1.408	1.040		10 ^a 4	32.5	1.250	1.205	1.037
	11 ^a 31	37.5	1.460	1.415	1.032	15.4.26	10 ^a 42	44.2	1.083	1.053	1.028
	0 ^p 28	37.5	1.447	1.401	1.033		10 ^a 46	44.5	1.106	1.062	1.041
25.3.26	9 ^a 46	30.8	1.208	1.180	1.024	26.4.26	0 ^p 21	50.6	1.394	1.343	1.038
	9 ^a 50	31.2	1.218	1.185	1.028						

Nach Neueichung von Nr. 74 in Upsala.

14.7.26	5 ^a 43	14.6	0.738	0.715	1.032	15.7.26	6 ^a 34	22.1	0.877	0.849	1.033
	5 ^a 47	15.1	0.759	0.742	1.023		6 ^a 48	24.3	0.905	0.875	1.034
	5 ^a 51	15.7	0.780	0.757	1.030	17.7.26	6 ^a 13	18.7	0.992	0.956	1.037
	5 ^a 55	16.3	0.798	0.772	1.034		7 ^a 46	33.0	1.190	1.157	1.029
	5 ^a 59	16.9	0.816	0.788	1.036		7 ^a 49	33.3	1.191	1.164	1.023
	8 ^a 20	38.2	1.148	1.106	1.038		7 ^a 53	33.9	1.203	1.171	1.027
	8 ^a 25	39.0	1.154	1.111	1.048		7 ^a 57	34.5	1.215	1.182	1.028
	8 ^a 29	39.5	1.162	1.112	1.045		8 ^a 1	35.1	1.228	1.193	1.029
	9 ^a 3	44.4	1.240	1.186	1.046		8 ^a 4	35.6	1.242	1.201	1.034
	3 ^p 15	50.0	1.172	1.136	1.032						
	3 ^p 48	45.7	1.134	1.093	1.037						

Anmerkung: Mittel I 1.0348, Anzahl 13 Januar bis April; Mittel II 1.0338, Anzahl 20 im Juli.

Tabelle 2. Vergleichsmessungen zwischen Ångström Nr. 140 und S. J. 12.

Datum	W.o. Z	Sonnenhöhe	A. 140 g/cal	S. J. 12 g/cal	$\frac{A. 140}{S. J. 12}$	Datum	W.o. Z	Sonnenhöhe	A. 140 g/cal	S. J. 12 g/cal	$\frac{A. 140}{S. J. 12}$
9.5.21	0 ^p 31	54.4 ⁰	1.211	1.212	0.999	18.9.21	6 ^a 52	9.5 ⁰	0.818	0.818	1.000
	0 ^p 41	54.0	1.208	1.210	0.998		7 ^a 28	14.8	0.985	0.997	0.988
	0 ^p 48	53.7	1.208	1.205	1.002	19.9.21	6 ^a 41	7.6	0.760	0.758	1.003
	0 ^p 55	53.3	1.212	1.206	1.005		6 ^a 47	8.5	0.809	0.802	1.009
7.6.21	7 ^a 0	26.9	1.227	1.231	0.997		6 ^a 56	9.9	0.859	0.857	1.002
	7 ^a 39	32.8	1.280	1.301	0.984		10 ^a 44	36.8	1.367	1.374	0.995
	10 ^a 42	56.7	1.414	1.409	1.004		10 ^a 52	37.3	1.372	1.373	0.999
	10 ^a 56	57.9	1.414	1.393	1.015		11 ^a 0	37.7	1.373	1.372	1.001
	0 ^p 34	59.6	1.413	1.412	1.001	20.9.21	7 ^a 47	17.1	1.077	1.080	0.997
16.6.21	11 ^a 34	60.5	1.305	1.317	0.991		9 ^a 49	32.0	1.322	1.322	1.000
	0 ^p 30	60.4	1.307	1.302	1.004		11 ^a 3	37.5	1.384	1.396	0.991
17.6.21	11 ^a 48	60.9	1.310	1.312	0.998		11 ^a 8	37.7	1.388	1.391	0.998
23.8.21	5 ^p 31	13.5	0.730	0.736	0.992		11 ^a 15	38.0	1.392	1.387	1.004
29.8.21	11 ^a 10	45.9	1.216	1.204	1.010		4 ^p 13	16.9	1.062	1.054	1.008
	11 ^a 19	46.3	1.231	1.209	1.018		4 ^p 24	15.3	1.029	1.021	1.008
	11 ^a 25	46.5	1.230	1.230	1.016		4 ^p 31	14.3	0.996	1.000	1.000
7.9.21	11 ^a 42	43.7	1.186	1.163	1.011	21.9.24	6 ^a 39	6.6	0.512	0.505	1.013
	11 ^a 48	43.8	1.178	1.171	1.006		6 ^a 47	7.8	0.595	0.594	1.002
	11 ^a 55	43.8	1.183	1.179	1.003		6 ^a 52	8.6	0.642	0.652	0.985
							8 ^a 29	22.4	1.103	1.114	0.990

Anmerkung: Monatsmittel 1.0010, Anzahl 4 im Mai; Monatsmittel 1.0090, Anzahl 4 im August; Monatsmittel 1.0008, Anzahl 25 im September.

Tabelle 2 (Fortsetzung).

Datum	W.o. Z	Sonnen- höhe	A. 140 g/cal	S. J. 12 g/cal	A. 140 S. J. 12	Datum	W.o. Z	Sonnen- höhe	A. 140 g/cal	S. J. 12 g/cal	A. 140 S. J. 12
21.9.21	8 ^a 58 0 ^p 18	26.1 ⁰ 38.3	1.157 1.280	1.155 1.273	1.002 1.005	19.3.24	11 ^a 20 11 ^a 43	36.1 ⁰ 36.6	1.432 1.430	1.420 1.446	1.008 0.989
24.11.21	11 ^a 40	17.0	1.181	1.189	0.993	12.4.24	0 ^p 0	46.0	1.393	1.381	1.009
25.11.21	0 ^p 10	16.9	1.050	1.052	0.998	25.3.26	11 ^a 41	39.3	1.180	1.186	0.995
26.11.21	11 ^a 3 11 ^a 27 11 ^a 54	15.7 16.4 16.7	1.090 1.096 1.089	1.110 1.092 1.107	0.982 1.004 0.984	14.7.26	7 ^a 21 7 ^a 34 8 ^a 46 11 ^a 14 11 ^a 33 3 ^p 29	29.3 31.3 42.0 58.0 58.9 39.8	1.052 1.064 1.144 1.259 1.265 1.114	1.049 1.060 1.156 1.242 1.244 1.107	1.003 1.004 0.990 1.014 1.017 1.006
16.5.22	8 ^a 4 8 ^a 20 8 ^a 27 8 ^a 37 10 ^a 31 0 ^p 9	33.6 36.0 37.0 38.4 52.4 56.6	1.117 1.145 1.169 1.188 1.284 1.269	1.132 1.140 1.158 1.182 1.274 1.260	0.987 1.004 1.009 1.005 1.008 1.007	15.7.26	6 ^a 14 6 ^a 34	18.9 22.0	0.813 0.857	0.820 0.873	0.991 0.982
22.5.22	3 ^p 59	34.3	1.015	1.020	0.995	17.7.26	8 ^a 25 8 ^a 39 10 ^a 32 11 ^a 28 11 ^a 41 4 ^p 36 4 ^p 49	38.6 40.6 55.4 58.2 58.6 29.4 27.4	1.233 1.252 1.314 1.307 1.312 1.131 1.106	1.232 1.253 1.314 1.321 1.326 1.144 1.111	1.001 0.999 1.000 0.989 0.989 0.994 0.995
6.6.22	5 ^a 46	15.7	0.821	0.811	1.012	3.8.26	7 ^a 20 7 ^a 36	25.9 28.3	1.043 1.069	1.057 1.083	0.987 0.987
31.8.23	11 ^a 10 11 ^a 19 11 ^a 26 11 ^a 35	45.2 45.6 45.9 46.1	1.331 1.331 1.339 1.338	1.330 1.332 1.335 1.338	1.001 0.999 1.003 1.000	4.8.26	8 ^a 51 10 ^a 19 11 ^a 26 11 ^a 55	39.1 49.7 54.3 54.9	1.160 1.196 1.260 1.255	1.158 1.192 1.241 1.252	1.002 1.003 1.015 1.002
4.9.23	11 ^a 57 0 ^p 20	45.0 44.8	1.292 1.256	1.289 1.246	1.002 1.008	9.8.26	0 ^p 19	53.3	1.122	1.139	0.985
14.9.23	11 ^a 40	41.0	0.995	0.990	1.005	10.8.26	6 ^a 52 7 ^a 46	20.2 28.4	0.780 0.949	0.789 0.949	0.989 1.000
9.2.24	0 ^p 2	22.7	1.270	1.256	1.011						
10.3.24	11 ^a 44	33.1	1.420	1.442	0.987						
13.3.24	11 ^a 33	34.1	1.265	1.244	1.017						
19.3.24	11 ^a 6	35.5	1.420	1.433	0.991						

Anmerkung: Monatsmittel 0.9936, Anzahl 5 im November; Monatsmittel 1.0035, Anzahl 8 im Mai und Juni; Monatsmittel 1.0026, Anzahl 7 im August und September; Monatsmittel 1.0017, Anzahl 7 im Februar bis April; Monatsmittel 1.0017, Anzahl 15 im Juli; Monatsmittel 0.9967, Anzahl 9 im August.

Tabelle 3. Vergleichsmessungen zwischen Ängström 74 und Silver-disc S. J. 12.

(A. 74 ist auf S. J. S. reduziert und die Abnahme von 1.4% für den ganzen Zeitraum hinzugefügt.)

Datum	W.o. Z	Sonnen- höhe	A. 74 g/cal	S. J. 12 g/cal	A. 74 S. J. 12	Datum	W.o. Z	Sonnen- höhe	A. 74 g/cal	S. J. 12 g/cal	A. 74 S. J. 12
9.5.19	11 ^a 41 0 ^p 26	54.5 ⁰ 54.3	1.429 1.396	1.400 1.358	1.021 1.028	13.8.19	8 ^a 52 9 ^a 4 9 ^a 38	37.4 ⁰ 39.0 43.1	0.952 0.964 0.997	0.928 0.939 0.972	1.026 1.027 1.026
10.5.19	8 ^a 26 9 ^a 13	35.7 42.2	1.286 1.319	1.250 1.280	1.029 1.030	28.8.19	8 ^a 41 9 ^a 10	31.7 35.5	1.150 1.181	1.120 1.145	1.027 1.031
30.5.19	8 ^a 32 10 ^a 36	39.7 55.2	1.105 1.218	1.078 1.187	1.025 1.026	1.9.19	8 ^a 33	29.5	1.120	1.099	10.19

Anmerkung: Monatsmittel 1.0265, Anzahl 6 im Mai; Monatsmittel 1.0274, Anzahl 5 im August.

Tabelle 3 (Fortsetzung).

Datum	W.o. Z	Sonnen- höhe	A. 74 g/cal	S. J. 12 g/cal	A. 74 S. J. 12	Datum	W.o. Z	Sonnen- höhe	A. 74 g/cal	S. J. 12 g/cal	A. 74 S. J. 12
1. 9. 19	8 ^a 55	32.4 ⁰	1.158	1.123	1.031	12. 9. 19	8 ^a 38	26.7 ⁰	1.083	1.050	1.031
	9 ^a 19	35.4	1.193	1.164	1.024		8 ^a 41	27.1	1.088	1.052	1.034
	9 ^a 44	38.2	1.217	1.200	1.014		8 ^a 48	28.0	1.096	1.072	1.022
	10 ^a 11	40.9	1.245	1.221	1.020		9 ^a 21	32.1	1.152	1.128	1.021
2. 9. 19	8 ^a 41	30.3	1.107	1.090	1.016	3. 12. 19	9 ^a 29	33.0	1.169	1.143	1.023
	8 ^a 47	31.1	1.120	1.096	1.022		9 ^a 46	34.8	1.192	1.168	1.021
	8 ^a 56	32.2	1.139	1.106	1.030		9 ^a 55	35.7	1.204	1.184	1.018
	9 ^a 23	35.5	1.164	1.146	1.016		10 ^a 12	12.0	0.893	0.888	1.006
6. 9. 19	9 ^a 49	38.4	1.183	1.157	1.022	10 ^a 20	12.5	0.927	0.912	1.016	
	6 ^a 57	14.0	0.770	0.756	1.019	10 ^a 37	13.4	0.968	0.953	1.016	
	7 ^a 24	18.1	0.894	0.893	1.001	10 ^a 54	14.2	0.996	0.985	1.011	
11. 9. 19	8 ^a 21	26.3	1.087	1.051	1.034	11 ^a 9	14.8	1.014	0.996	1.018	
	6 ^a 32	8.7	0.677	0.677	1.000	11 ^a 21	15.1	1.021	1.004	1.017	
	6 ^a 45	10.7	0.757	0.750	1.009	12. 12. 19	9 ^a 14	6.4	0.651	0.644	1.011
	6 ^a 53	11.9	0.806	0.793	1.016		9 ^a 23	7.2	0.698	0.691	1.010
	7 ^a 0	13.0	0.844	0.830	1.017		10 ^a 1	10.3	0.837	0.827	1.012
	7 ^a 13	14.9	0.903	0.885	1.020		10 ^a 11	10.9	0.866	0.852	1.016
	7 ^a 19	15.8	0.927	0.904	1.025	17. 12. 19	10 ^a 45	12.6	0.923	0.904	1.021
	7 ^a 27	17.0	0.955	0.934	1.022		10 ^a 53	12.9	0.934	0.917	1.019
	7 ^a 38	18.6	0.978	0.968	1.010		11 ^a 7	13.4	0.958	0.936	1.023
	7 ^a 42	19.2	0.996	0.980	1.016		11 ^a 16	13.7	0.969	0.949	1.021
	7 ^a 51	20.5	1.028	0.992	1.036		11 ^a 25	13.9	0.979	0.958	1.022
	8 ^a 20	24.6	1.083	1.038	1.043		11 ^a 33	14.1	0.988	0.964	1.025
	8 ^a 31	26.1	1.096	1.057	1.037		11 ^a 43	14.2	0.991	0.966	1.026
	8 ^a 37	26.9	1.102	1.066	1.034		11 ^a 51	14.3	0.992	0.966	1.027
	8 ^a 45	27.9	1.111	1.081	1.028		OP 3	14.3	0.985	0.964	1.022
	8 ^a 58	29.6	1.137	1.101	1.033		OP 18	14.2	0.968	0.950	1.019
9 ^a 7	30.7	1.152	1.114	1.034	OP 55	13.4	0.920	0.901	1.021		
9 ^a 32	33.6	1.178	1.148	1.026	IP 3	13.1	0.908	0.891	1.019		
9 ^a 46	35.1	1.178	1.162	1.014	IP 17	12.5	0.873	0.857	1.019		
9 ^a 52	35.7	1.189	1.168	1.018	IP 29	11.9	0.833	0.824	1.011		
10 ^a 1	36.6	1.202	1.175	1.023	IP 34	11.6	0.817	0.809	1.010		
10 ^a 18	38.1	1.218	1.187	1.026	17. 2. 20	10 ^a 36	22.7	1.214	1.200	1.012	
10 ^a 28	38.9	1.229	1.191	1.032		10 ^a 45	23.3	1.226	1.210	1.013	
10 ^a 35	39.4	1.237	1.189	1.040		10 ^a 53	23.7	1.235	1.216	1.016	
11 ^a 10	41.4	1.228	1.187	1.035		11 ^a 0	24.0	1.242	1.218	1.018	
11 ^a 17	41.7	1.209	1.188	1.018		11 ^a 7	24.3	1.249	1.227	1.018	
3 ^p 30	25.9	1.078	1.042	1.035		11 ^a 43	25.2	1.252	1.231	1.017	
3 ^p 38	24.8	1.044	1.020	1.024		11 ^a 50	25.3	1.247	1.235	1.018	
3 ^p 51	23.0	0.984	0.949	1.037		OP 4	25.3	1.237	1.217	1.017	
3 ^p 58	22.0	0.952	0.915	1.040		OP 9	25.3	1.233	1.211	1.018	
4 ^p 11	20.1	0.904	0.877	1.031		OP 18	25.2	1.226	1.203	1.019	
4 ^p 18	19.1	0.888	0.862	1.030	OP 35	24.9	1.215	1.190	1.021		
4 ^p 34	16.8	0.844	0.828	1.019	OP 43	24.7	1.211	1.190	1.018		
5 ^p 22	9.6	0.627	0.619	1.013	OP 50	24.4	1.205	1.188	1.014		
5 ^p 39	7.0	0.479	0.471	1.017	OP 58	24.1	1.197	1.173	1.020		
12. 9. 19	6 ^a 29	8.1	0.534	0.534	1.000	IP 4	23.9	1.180	1.156	1.021	
	6 ^a 51	11.4	0.690	0.681	1.013	19. 2. 20	11 ^a 46	25.9	1.082	1.074	1.007
	6 ^a 58	12.5	0.738	0.727	1.015		11 ^a 51	26.0	1.083	1.080	1.003
	7 ^a 13	14.7	0.824	0.799	1.031		OP 15	25.9	1.086	1.070	1.015
	7 ^a 36	18.0	0.907	0.885	1.025		OP 24	25.8	1.084	1.069	1.014
	7 ^a 55	20.8	0.966	0.939	1.029		OP 34	25.6	1.081	1.064	1.016
	8 ^a 12	23.2	1.004	0.983	1.021		OP 42	25.4	1.072	1.059	1.012
	8 ^a 23	24.7	1.034	1.013	1.021						

Anmerkung: Monatsmittel 1.0234, Anzahl 62 im September; Monatsmittel 1.0176, Anzahl 25 im Dezember; Monatsmittel 1.0161, Anzahl 34 im Februar.

Tabelle 3 (Fortsetzung).

Datum	W. o. Z	Sonnen- höhe	A. 74 g/cal	S. J. 12 g/cal	A. 74 S. J. 12	Datum	W. o. Z	Sonnen- höhe	A. 74 g/cal	S. J. 12 g/cal	A. 74 S. J. 12
19.2.20	0 ^p 50	25.1 ⁰	1.062	1.053	1.009	23.3.20	11 ^a 14	37.3 ⁰	1.176	1.150	1.023
	1 ^p 30	23.2	1.036	1.019	1.017		11 ^a 59	38.2	1.106	1.077	1.027
	1 ^p 37	22.7	1.031	1.009	1.022	25.3.20	6 ^a 32	6.1	0.420	0.417	1.007
	2 ^p 41	17.3	0.887	0.870	1.020		6 ^a 50	9.0	0.564	0.560	1.007
	2 ^p 49	16.5	0.861	0.842	1.023		7 ^a 6	11.4	0.668	0.668	1.000
20.2.20	11 ^a 45	26.2	1.148	1.138	1.009		7 ^a 57	18.8	0.938	0.936	1.002
	11 ^a 51	26.3	1.151	1.133	1.016		8 ^a 15	21.3	1.000	0.984	1.016
	0 ^p 0	26.3	1.156	1.131	1.022	11 ^a 15	38.6	1.236	1.206	1.025	
	0 ^p 7	26.3	1.151	1.130	1.019	11 ^a 28	39.0	1.237	1.226	1.009	
	0 ^p 19	26.2	1.138	1.119	1.017	11 ^a 44	39.3	1.234	1.226	1.007	
	0 ^p 26	26.1	1.134	1.114	1.018	0 ^p 8	39.4	1.224	1.211	1.011	
	0 ^p 34	25.9	1.130	1.112	1.016	30.3.20	3 ^p 14	27.1	1.197	1.190	1.006
	1 ^p 34	23.2	1.120	1.105	1.014		3 ^p 57	21.3	1.130	1.096	1.031
1.3.20	9 ^a 4	19.3	1.115	1.111	1.004		5 ^p 34	6.9	0.586	0.582	1.007
	10 ^a 17	26.1	1.253	1.244	1.007	4.4.21	11 ^a 46	43.1	1.240	1.233	1.006
	10 ^a 31	27.0	1.266	1.254	1.010		9.4.21	10 ^a 14	40.1	1.222	1.194
	10 ^a 43	27.8	1.268	1.249	1.015	11 ^a 13		44.1	1.253	1.250	1.002
	11 ^a 18	29.4	1.277	1.268	1.007	11 ^a 36		44.8	1.256	1.232	1.019
	4 ^p 20	8.8	0.737	0.720	1.024	11.4.21	11 ^a 8	44.6	1.360	1.342	1.014
4 ^p 39	6.1	0.603	0.587	1.027	11 ^a 31		45.4	1.372	1.350	1.016	
11.3.20	1 ^p 5	32.3	1.321	1.296	1.019		11 ^a 53	45.8	1.379	1.370	1.007
	23.3.20	9 ^a 57	32.2	1.039	1.012		1.027	0 ^p 8	45.8	1.375	1.336

Anmerkung: Monatsmittel 1.0138, Anzahl 23 im März; Monatsmittel 1.0141, Anzahl 8 im April.

Die hier gewonnenen Erfahrungen zeigen, daß die die absoluten Skalen übermittelnden Instrumente sich auf die Dauer als nicht ganz stabil erweisen. Das Kompensationspyrheliometer A 74 hat aber seine Angaben nach 19jährigem, intensivem Gebrauch nur um 1.4% verringert. Die Abnahme läßt sich durch die allmähliche Alterung der Schwärzung (Platinmoor mit Rußüberzug) erklären. Ersetzt man diese durch die viel bessere Rubensschwärzung, (Sitz.-Ber. Preuß. Akad. 1922, S. 431), so ließe sich diese Schwäche des Pyrheliometers sicher noch verringern. Die Rubensschwärzung wird nach dem Auftragen glashart, ist daher viel stabiler als Platinmoor mit Rußüberzug. Außerdem hat diese neue Schwärzung den großen Vorzug angenäherter Grauabsorption, während Platinmoor und Ruß stark selektiv absorbieren. Beim Auftragen der Rubensschwärzung wird das Metall der Meßstreifen nicht durch freiwerdendes Chlor angegriffen wie bei Platinmoorung, was bei schlechter Auswaschung leicht zu fortschreitender Änderung der Meßstreifen führen kann. Durch Beigabe einer zweckmäßigeren Nebenapparatur (Messerzeigergalvanometer anstatt Spiegelgalvanometer, bessere Abgleichwiderstände), ferner durch Ver-

kleinerung des Öffnungswinkels ließen sich leicht noch weitere Verbesserungen erzielen. In diesem Zusammenhange möchte ich auch noch auf die günstigen Erfahrungen hinweisen, die Bäcklin¹⁾ in Upsala über die Konstanz der Kompensationspyrheliometer gewonnen hat. Nach Durchführung dieser Verbesserungen würde sich wohl endlich das dringend notwendige absolute Standardinstrument erzielen lassen, das die „Internationale Solarkommission“ zur allgemeinen Einführung empfehlen könnte und sollte. Warum es dem Silver-disk von Abbot vorzuziehen ist, darüber habe ich mich bereits früher²⁾ geäußert.

Über die unperiodischen Schwankungen der Temperatur im atlantischen Stillengürtel.

Von K. Knoch.

Trotzdem die Erscheinung des atlantischen Stillengürtels von den Reisenden, die ihn durchquerten, vor allem im Zeitalter des Segelschiffes stets als etwas sehr eindruckvolles geschildert wurde, ist er als selbständiges Phänomen wissenschaftlich noch nicht erforscht worden. Wir wissen, daß sich diese Zone neben der geringen Luftbewegung, die ihr den Namen gegeben hat, durch stärkere Bewölkung und größere Regenhäufigkeit von den beiden Passatzonen deutlich abhebt. Auch ist allgemein bekannt, daß der Stillengürtel im Laufe des Jahres periodisch seine Breitenlage verändert. Im Durchschnitt erreicht er seine nördlichste Lage im September mit 3 bis 11° N Br, seine südlichste Lage dagegen im März mit 0 bis 3° N Br. Er tritt niemals auf die Südhalbkugel hinüber. Bestimmte Angaben aber über den unperiodischen Verlauf der Elemente im Stillengürtel sind, soweit mir bekannt geworden ist, fast noch gar nicht gemacht worden. Die große Gleichförmigkeit der Witterung in ihm wird eigentlich immer als ein besonders charakteristischer Zug hervorgehoben. Und doch ist die Frage, ob sich z. B. im Stillengürtel unperiodische Änderungen der Temperatur nachweisen lassen, fraglos von großer Wichtigkeit, denn unperiodische Änderungen sind stets ein Zeichen starker horizontaler Gegensätze in der Temperaturverteilung. Ihr Bestehen oder Fehlen ist beispielsweise wichtig für die Erklärung

¹⁾ E. Bäcklin, Arkiv f. Mat. 19A, No. 18.

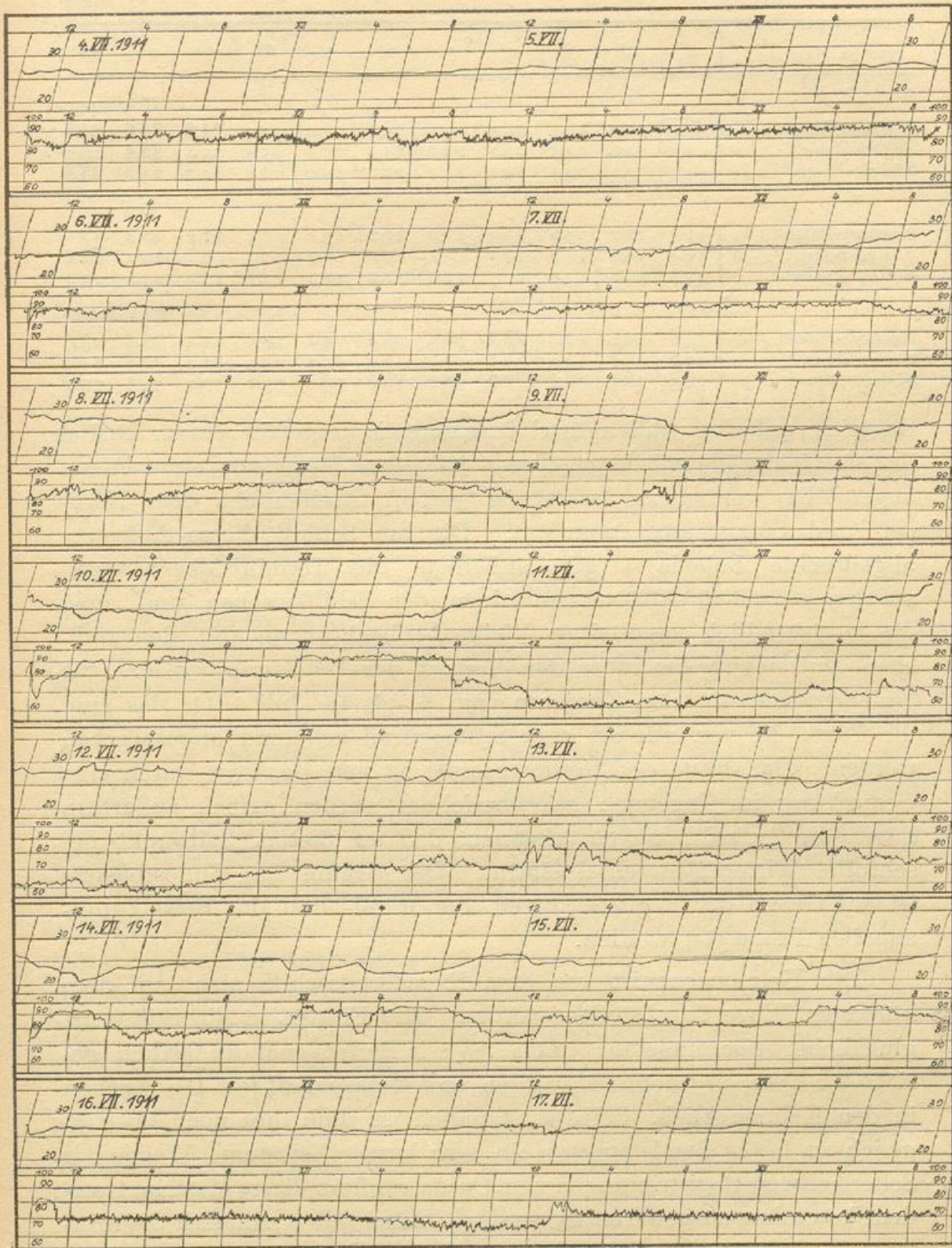
²⁾ W. Marten, Met. Zeitschr. 1922, S. 344.

tropischer Wirbelstürme, deren Bildungsstätten sicherlich im äquatorialen Stillengürtel zu suchen sind.

In der vorliegenden Mitteilung soll nun ein kleiner Beitrag zur Kenntnis der unperiodischen Temperaturschwankungen in dem Grenzgebiet zwischen den beiden Passaten im äquatorialen Atlantik gegeben werden. Das Material bilden wieder die von mir schon mehrfach bearbeiteten Aufzeichnungen der letzten Deutschen Antarktischen Expedition 1911—1912, die wir dem inzwischen verstorbenen Meteorologen der Expedition, E. Barkow, verdanken und die auf der Ausfahrt des Schiffes „Deutschland“ über den atlantischen Ozean nach Südamerika gewonnen wurden. Den genauen Schiffsweg habe ich schon im Jahrgang 1925 dieser Berichte auf S. 65 wiedergegeben; es sei hier nur darauf verwiesen.

An der gleichen Stelle wurde bereits betont, daß sich der Stillengürtel von den beiden Passatzonen deutlich abhebt. Das Charakteristische für die Temperatur im Passat ist der durchaus gleichmäßige Verlauf mit nur ganz allmählichen Änderungen. Das Wesentliche der Feuchtigkeitskurve sind dagegen Tag und Nacht anhaltende, kurz dauernde Schwankungen. Das a. a. O. auf S. 67 als Probe abgebildete Kurvenstück läßt diese Tatsache deutlich erkennen. Diese Regelmäßigkeit wird nur zeitweise durch Temperaturerniedrigungen bzw. Erhöhungen der relativen Feuchtigkeit unterbrochen. Sie konnten erklärt werden als selbständige Kaltluftkörper, die in der Passatströmung vermutlich als Überreste polarer Luftmassen schwimmen und Veranlassung zur Ausbildung der bekannten Regenböen im Passat geben. Der Gesamtcharakter des Temperatur- und Feuchtigkeitsverlaufs im Passat wird durch diese Störungen aber nicht verändert.

Umso größer ist der Gegensatz zu den Registrierungen aus dem Stillengürtel. Schon ein bloßes Durchblättern der Registrierkurven läßt dies erkennen. Die für den Passat kennzeichnend gewesene Turbulenz der unteren Luftschichten ist überhaupt nicht mehr oder nur noch in ganz geringem Maße vorhanden. Die Windgeschwindigkeit ist nicht mehr groß genug, um noch Austauschströme zu unterhalten. Konvektive Ströme kommen nicht in Betracht, trotzdem auch in den Stillen noch ein merkbarer Temperaturüberschuß des Wassers an seiner Oberfläche gegenüber der Luft in Bordhöhe vorhanden ist. Vor allem treten im Stillengürtel aber deutliche unperiodische Änderungen der Temperatur auf. Die beigegefügte Kurventafel soll dies veranschaulichen. In ihr sind alle Registrierungen,



Temperatur- und Feuchtigkeitsregistrierung an Bord der „Deutschland“.

Ta-

	1 ⁿ	2 ⁿ	3 ⁿ	4 ⁿ	5 ⁿ	6 ⁿ	7 ⁿ	8 ⁿ	9 ⁿ	10 ⁿ	11 ⁿ
	Tempe-										
Nordost-Passat . . .	24.0	23.8	23.9	23.8	23.9	24.0	24.4	24.3	24.6	24.6	24.6
Stillen-Zone	24.7	24.8	24.7	24.7	24.5	24.5	24.8	25.4	25.8	26.4	26.2
Südost-Passat . . .	24.1	24.1	24.1	24.0	24.0	23.9	24.0	24.4	24.7	24.8	24.9
	Dampf-										
Nordost-Passat . . .	17.3	17.2	17.4	17.3	17.2	17.2	17.4	17.4	17.2	17.4	17.6
Stillen-Zone	19.8	19.6	19.7	19.8	19.8	19.8	20.0	20.1	20.3	20.3	20.8
Südost-Passat . . .	17.6	17.6	17.7	17.7	17.5	17.5	17.5	17.7	17.9	17.7	17.8
	Relative										
Nordost-Passat . . .	77.6	78.0	78.0	78.2	77.2	76.8	75.8	76.3	74.4	74.8	76.0
Stillen-Zone	84.9	83.7	84.9	85.2	86.5	86.1	85.6	83.4	81.4	78.7	81.9
Südost-Passat . . .	78.5	78.7	78.8	79.0	78.6	78.8	78.2	77.6	77.2	75.8	75.7

die sich auf den Stillengürtel beziehen, in ungefähr einem Drittel der Originalgröße wiedergegeben. Um den Gegensatz zum Passat augenfällig werden zu lassen, ist je ein Streifen aus dem Nordost- und Südostpassat angefügt. Die am Schluß dieses Aufsatzes abgedruckte Tabelle 4 gibt außerdem die Terminbeobachtungen zu den einzelnen Ablösungsterminen der Schiffswachen und auch die zweistündlich angestellten Wolkenbeobachtungen mit den üblichen Aufzeichnungen über den Verlauf der Witterung wieder. Sie beziehen sich auf den Zeitraum vom 6. bis 16. Juli 1911; das sind die Tage, die von mir als zum Stillengürtel gehörend angesprochen werden. Das Ende des Nordostpassats ist von Barkow durch eine Bemerkung im Tagebuch gekennzeichnet worden. Auch außerdem lassen die Aufzeichnungen erkennen, daß an diesem Zeitpunkt ein scharfer Witterungswechsel eintrat. Der Beginn des Südostpassats ist auf Grund der Registrierungen, der Wind- und der Bewölkungsangaben festgesetzt worden.

Die Kalmenzone ist von dem Expeditionsschiff nicht auf dem kürzesten Wege durchstoßen worden. Mit Eintritt in die Stillen ist glücklicherweise ungefähr unter $7\frac{1}{2}^{\circ}$ N Br ein nahezu östlich gerichteter Kurs aufgenommen worden, so daß das Schiff fast $1\frac{1}{2}$ Wochen in den Kalmen blieb. Selbstverständlich ist auch dies noch im Vergleich zu festen Landstationen ein sehr kurzer Zeitraum. Wegen der Seltenheit von Registrierungen vom Ozean verdient dieses Material trotzdem besonders ausgewertet zu werden. Dabei sollen zunächst die mittleren Verhältnisse in den Stillen im Gegensatz zu den Passaten kurz besprochen werden, woran sich dann die Erörterung der unperio-

Tabelle 1.

12 ^a	1 ^p	2 ^p	3 ^p	4 ^p	5 ^p	6 ^p	7 ^p	8 ^p	9 ^p	10 ^p	11 ^p	12 ^p	Mittel
Temperatur °C													
24.6	24.6	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.2	24.3	24.3	24.2	24.1	24.1	24.3
26.0	25.7	25.8	26.0	25.8	25.7	25.6	25.2	25.2	25.1	25.2	25.2	24.8	25.3
24.9	24.7	24.9	24.9	24.8	24.7	24.6	24.6	24.6	24.6	24.5	24.4	24.3	24.5
Druck mm													
17.6	17.6	17.3	17.5	17.4	17.5	17.6	17.7	17.5	17.7	17.6	17.6	17.4	17.4
20.6	20.4	19.5	20.0	19.4	19.4	19.6	19.7	19.8	19.6	19.8	19.6	19.8	19.9
17.9	18.0	18.1	18.1	18.1	18.0	18.2	18.0	18.1	18.2	18.2	17.9	17.7	17.9
Feuchtigkeit %													
75.8	75.9	75.4	76.1	75.1	75.5	76.3	78.1	76.9	77.5	77.6	78.0	77.3	76.6
82.1	82.7	78.5	80.1	78.5	79.3	80.3	82.2	82.7	82.4	82.2	82.0	84.9	82.5
76.0	77.4	77.2	76.8	77.3	77.2	78.1	77.9	77.8	78.4	78.5	78.0	77.7	77.7

dischen Temperaturschwankungen in den Stillen anschließen wird. Die einzelnen Zonen umfassen folgende Zeitabschnitte des Jahres 1911:

Nordost-Passat	19. Juni 0 ^a bis	6. Juli 0 ^p
Stillen-Zone	6. Juli 1 ^p »	16. Juli 11 ^a
Südost-Passat	16. Juli 0 ^p »	11. August 12 ^p .

Über gewisse Einschränkungen des Begriffs Stillenzone wird später noch zu sprechen sein.

In Tabelle 1 sind die mittleren täglichen Gänge für die drei Elemente: Temperatur, Dampfdruck und relative Feuchtigkeit enthalten. Wenn auch aus dem mittleren täglichen Gang der Temperatur keine Erkenntnis für die unperiodischen Schwankungen zu entnehmen ist, so ist doch immerhin die Tatsache bemerkenswert, daß die Amplitude des periodischen Temperaturgangs im Stillengürtel größer ist als in den beiden Passatzonen. Einer Schwankung von 1.9° im Stillengürtel stehen nur Werte von 0.8 bzw. 1.0 in den Passaten gegenüber, trotzdem in den Passaten die Einstrahlung stärker ist als in den Stillen mit der größeren Bewölkung. Dampfdruck und relative Feuchtigkeit verhalten sich ganz ähnlich. Auch hier finden wir neben den höheren absoluten Werten die stärkere Tagesschwankung in der Kalmenregion.

Um die unperiodischen Temperaturänderungen in den Stillen, die in den weiter oben wiedergegebenen Temperaturregistrierungen deutlich erkennbar sind, auch zahlenmäßig zum Ausdruck zu bringen, wurde zunächst die interdiurne Veränderlichkeit auf Grund der 7a-Werte bestimmt. Sie ergab folgende Werte:

Nordost-Passat	0.4
Stillen-Zone	1.7
Südost-Passat	0.9.

Ta-
Mittlere zwischenstündliche Ver-

	0-1 ^a	1-2 ^a	2-3 ^a	3-4 ^a	4-5 ^a	5-6 ^a	6-7 ^a	7-8 ^a	8-9 ^a	9-10 ^a	10-11 ^a	11-12 ^a
Nordost-Passat	0.16	0.17	0.19	0.13	0.16	0.23	0.44	0.27	0.36	0.11	0.07	0.09
Stillen-Zone	0.19	0.20	0.38	0.30	0.31	0.27	0.43	0.67	0.43	0.92	0.62	0.49
Südost-Passat	0.27	0.19	0.07	0.14	0.13	0.18	0.48	0.32	0.35	0.25	0.34	0.18

Ta-
Prozentische Häufigkeit der zwischen

°C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
Nordost-Passat . . .	29.3*	34.1	16.9	7.4	4.0	2.6	1.4	1.4	0.5
Stillen-Zone	12.6	21.4	14.7	11.7	8.0	8.0	3.8	3.8	3.0
Südost-Passat	29.6	31.8	13.0	5.5	4.2	3.0	2.7	1.3	1.9

°C	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
Nordost-Passat . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Stillen-Zone	—	—	—	0.8	—	—	—	—	—
Südost-Passat	—	—	—	0.1	0.1	0.1	—	—	—

Auch hierin hebt sich die Stillenzone scharf von den Passaten ab. Der verhältnismäßig hohe Wert des Südostpassats ist übrigens nur zufällig. Einige durch begrenzte Kaltluftkörper hervorgerufene stärkere Temperaturschwankungen haben bei den wenigen zur Verfügung stehenden Werten das Mittel stark beeinflusst.

Daneben wurden aus den Stundenwerten noch die zwischenstündlichen Veränderungen abgeleitet, denn es war zu erwarten, daß sich auch auf diese Weise das stärkere unperiodische Element im Stillengürtel zeigen würde.

Der mittlere tägliche Gang, siehe Tabelle 2, bringt die Gegensätze schon deutlich zum Ausdruck. Wenn auch bei dem geringen Umfange des Beobachtungsmaterials manche zufälligen Werte dabei sein mögen, so liegt die mittlere zwischenstündliche Veränderlichkeit im Stillengürtel in fast allen Stunden über jenen Werten, die wir in den Passaten antreffen. In diesen wird der Betrag von 0.30 nur selten erreicht. In den Stillen wird dieser Wert aber nur selten nicht erreicht. Hier steigt die zwischenstündliche Veränderlichkeit bei einer überhaupt mehr ausgesprochenen Tagesperiode bis über 0.90 an.

Über die Häufigkeit der Einzelwerte der zwischenstündlichen Veränderungen gibt Tabelle 3 Auskunft. In den Passatzonen sind

belle 2
 änderlichkeit der Temperatur °C.

1 ^a -1 ^p	1-2 ^p	2-3 ^p	3-4 ^p	4-5 ^p	5-6 ^p	6-7 ^p	7-8 ^p	8-9 ^p	9-10 ^p	10-11 ^p	11-12 ^p	Mittel
0.16	0.12	0.12	0.14	0.14	0.12	0.27	0.12	0.06	0.08	0.16	0.15	0.17
0.61	0.24	0.37	0.54	0.42	0.48	0.53	0.46	0.25	0.17	0.19	0.54	0.42
0.27	0.34	0.22	0.24	0.26	0.32	0.14	0.24	0.13	0.16	0.21	0.30	0.24

belle 3.
 stündlichen Temperaturdifferenzen.

0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
0.5	0.5	0.7	—	0.2	—	0.5	—	—	—	—	—
1.3	2.1	1.3	0.8	1.3	0.4	0.8	1.3	0.4	1.3	0.4	0.4
1.6	1.4	0.5	1.1	0.6	0.5	—	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5						
—	—	—	—	—	—						
—	0.4	—	—	—	—						
—	—	—	—	0.1	—						

die Werte 0.0 und 0.1 mit rund zwei Drittel aller Fälle vertreten, im Stillengürtel aber nur mit rund einem Drittel. Die Häufigkeit des Wertes 0.3 ist in allen Zonen etwa gleich, dagegen sind die Werte 0.4 bis 0.7 in der Stillenzone ungefähr doppelt so häufig als die entsprechenden Veränderungen in den Passaten. Die Überlegenheit der Stillenzone an stärkeren unperiodischen Änderungen der Temperatur tritt auch in diesen Zahlen deutlich zutage.

Die ganz besonders starken zwischenstündlichen Änderungen sind, wie betont werden muß, überhaupt nicht unmittelbar miteinander zu vergleichen. In den Passaten sind sie sämtlich in den Regenböen aufgetreten, die mit den früher schon erwähnten Kaltluftkörpern zusammenhängen. Ihrer ganzen Erscheinung nach sind diese extremsten Fälle sehr wesentlich von den viel längeren Wellen der hier zur Erörterung stehenden unperiodischen Änderungen in den Stillen verschieden.

Da das Ausmaß der in gleichem Sinne erfolgenden unperiodischen Änderungen durch den willkürlich gewählten Zeitraum der Stunde zerrissen wird, wird man von Amplituden und Zeitdauer der Schwankungen erst durch das Studium der Registrierkurven ein richtiges Bild gewinnen. Es sei deshalb nochmals ausdrücklich auf die verkleinerte Wiedergabe auf S. 71 verwiesen. Wegen des nicht aus-

reichenden Beobachtungsmaterialies verzichtete ich absichtlich darauf, Amplituden und Dauer der unperiodischen Wellen auszumessen. Ganz roh läßt sich nach diesen Aufzeichnungen aber feststellen, daß im Juli 1911 im atlantischen Stillengürtel unperiodische Temperaturänderungen vorgekommen sind, die 4 bis 6° in einem Zeitraum von 1 bis 2 Stunden erreichten.

Nachdem ich durch das Studium der wertvollen Originalregistrierungen an Bord der „Deutschland“ bereits bei Gelegenheit meiner Untersuchung über die Böen im Passatgebiet zu diesem Ergebnis gekommen war, erschien eine methodisch sehr interessante Arbeit von C. S. Durst¹⁾, die sich gleichfalls mit kurzdauernden Veränderungen der meteorologischen Elemente im Stillengürtel befaßt. Die Grundlagen lieferten hierfür die Tagebücher der zwischen England und Südamerika verkehrenden Schiffslinien, die den Stillengürtel fast rechtwinklig kreuzen. Da die Methode der synoptischen Meteorologie bei dieser Untersuchung versagen mußte, wurde die isoplethäre Darstellung benutzt. Sie wurde dadurch ermöglicht, daß die Schiffsrouten innerhalb des äquatorialen Gürtels nur eine geringe Längenänderung erfuhren und die Länge deshalb vernachlässigt werden konnte. Auf diese Weise gelang es für das Jahr 1923 Oberflächen- und Lufttemperatur, Wind- und Meeresströmung, sowie die Richtung und Bewegung der oberen Wolken darzustellen und so die kurz dauernden Veränderungen festzuhalten, die sich im atlantischen Stillengürtel auf durchschnittlich 25° w. Lg. zwischen 12° N und 4° S abspielen.

Leider hat der genannte Verfasser nicht sein gesamtes Material veröffentlicht, sondern nur die Schlüsse wiedergegeben, die er aus seinen Isoplethen ziehen konnte. Hier bezeichnet auch Durst die schnellen Temperaturänderungen von Tag zu Tag als besonders charakteristisch. Die der Arbeit beigegebenen Isoplethen für Mai und Juni 1923 zeigen einen typischen Fall. Bei ihm steigt die Temperatur von 23 auf 27° C innerhalb eines Tages an und fällt dann im gleichen Zeitraum um den gleichen Betrag. Aus den von mir bearbeiteten Registrierungen konnte ich, wie oben gesagt wurde, noch stärkere Änderungen in kürzeren Zeitspannen nachweisen. Jedenfalls berechtigen die Durst'schen Feststellungen zu dem Schluß, daß die unperiodischen Änderungen der Temperatur im Stillengürtel doch als eine allgemeine Erscheinung angesprochen werden dürfen.

¹⁾ C. S. Durst, The doldrums of the Atlantic. Meteorological Office, Geophysical Memoirs No. 28. London 1926.

Im folgenden soll nun der als Stillenzone bezeichnete Zeitraum etwas genauer betrachtet werden. Die vorliegenden Registrierungen und auch die Aufzeichnungen zu den Beobachtungsterminen (siehe Tabelle 4) gestatten dies in ziemlich ausführlicher Weise. Sie zeigen aber auch deutlich, daß wir in dem in Frage kommenden Zeitraum keinen einheitlichen Witterungstypus haben. Der Eintritt der „Deutschland“ in den Stillengürtel ist sehr markant, was oben schon hervorgehoben wurde. Während am 6. VII. 1911 das Tagebuch bis 12 Uhr mittags einen noch teilweise mit Stärke 4 wehenden Nordostpassat verzeichnet, ändert sich gegen 3 Uhr nachmittags das Wetter vollkommen. Bei geschlossener Wolkendecke setzt kurz nach 3 Uhr ein zeitweise sehr starker Regen ein. Er hält ohne Unterbrechung bis 11 Uhr abends an — ein typischer Stillenregen. Der Wind flaut bis zur Stille ab. Die Temperaturregistrierung zeigt einen sehr bemerkenswerten schroffen Temperaturabstieg von mehr als 3° . Am nächsten Tage ist jedoch dies „Stillenwetter“ zu Ende. Eine zwar schwache, aber doch ausgesprochene Ostströmung kommt zum Durchbruch. Die Bewölkung ist meist gering. Die verzeichneten Regen sind nur von kurzer Dauer. Auch der 8. Juli ist bei geringer Bewölkung fast ganz regenlos. Erst am 9. abends kommt es wieder zu einem mehrstündigen Dauerregen. Er ist gleichfalls mit einer Erniedrigung der Temperatur verbunden. Bei verhältnismäßig tiefer Temperatur hält das trübe Wetter den 10. über an und bringt am 11. in den Morgenstunden weitere Dauerregen. Die Temperaturkurve zeigt zwar langsam vor sich gehende, aber doch typische unperiodische Schwankungen. Am 11. nachmittags bricht ganz entschieden der Südostpassat durch. Die Temperaturkurve ist vorher angestiegen und hält sich nun mit der für den Passat als typisch erkannten Gleichmäßigkeit auf rund 27° . Unruhiger wird sie erst wieder, als der Wind am 12. vorm. vollkommen abflaut. Der 13. bringt mit gleichfalls sehr schwachem Winde eine unruhige Temperaturkurve. Die Regen sind aber meist nur kurz. Man wird sie wohl als Böenregen aufzufassen haben, und dementsprechend haben die Temperaturschwankungen nur eine verhältnismäßig kurze Periode. Diese kurzdauernden Schwankungen wurden aber am 14. Juli von Schwankungen längerer Perioden abgelöst. Sie ziehen sich bis zum 15. fort, und auch mit ihnen sind mehrstündige zum Teil außerordentlich starke Regen verbunden, die eine Tagesmenge von 55 mm ergaben. Das Gleiche wiederholte sich in der Nacht zum 16. Die

Tabelle 4 (Fortsetzung).

Datum	Zeit	Breite	Länge	Luft- druck	Temperatur		Δ $t_w - t_l$	Dampf- druck	Relat. Feuch- tigkeit	Wind	
					Luft	Wasser				Richt.	Stärke (Beau- fort)
1911		$^{\circ}$ N'	$^{\circ}$ W'	mm	$^{\circ}$ C	$^{\circ}$ C					
14. Juli	4 a	6 48	33 40	62.9	24.6	27.0	2.4	18.0	78	SSE	3
	8	6 45	33 29	63.5	25.5	—	—	18.8	77	SE	1
	12	—	—	64.6	23.2	—	—	19.7	93	NW	2
	4 p	6 40	33 0	63.2	23.7	27.0	3.3	18.1	83	SW	1
	8	6 33	32 44	63.9	25.1	27.0	1.9	19.1	81	—	—
	12	6 28	32 29	64.5	22.7	26.8	4.1	18.3	89	SE,S	1
15. "	4 a	6 28	32 13	63.8	22.8	26.6	3.8	19.6	95	C	0
	8	6 28	31 50	64.8	23.6	26.5	2.9	19.5	90	C	0
	12	6 29	31 34	64.8	25.0	27.2	2.2	19.4	82	C	0
	4 p	6 24	31 15	63.9	24.2	26.8	2.6	19.6	87	SSE	1—2
	8	6 19	30 56	64.2	25.3	26.6	1.3	19.4	81	SE	1
	12	6 12	30 39	64.6	25.6	26.9	1.3	19.8	81	C	0
16. "	4 a	6 4	30 26	63.9	23.7	26.8	3.1	19.8	91	SE	1
	8	5 53	30 14	64.3	24.3	26.4	2.1	19.7	87	SE	1
	12	—	—	64.0	26.2	—	—	19.3	76	SSE	3
	4 p	5 32	29 34	62.8	26.1	26.9	0.8	19.0	76	SSE	3
	8	—	—	63.7	26.0	—	—	18.5	74	SSE	2—3
	12	—	—	63.9	25.8	—	—	18.1	73	SE,S	2—3

Anmerkung: Die Schiffspositionen und die Wassertemperaturen sind: W. Brennecke, Die ozeanographischen Arbeiten der Deutschen Antarktischen Expedition 1911—12, Archiv. d. Seewarte XXXIX, Nr. 1 entnommen. Temperatur und Feuchtigkeit sind mit Hilfe des Assmannschen Aspirationspsychrometers bestimmt.

Wassermenge der ebenfalls mehrstündigen Regen ergab 11 mm. Am 16. mittags gleitet dann die „Deutschland“ in den Südostpassat hinein.

Der Charakter der Witterung innerhalb der von mir als Stillenzone bezeichneten Periode ist nur in der geringen Luftbewegung einheitlich. Im übrigen hat er aber sehr wesentlich gewechselt. Tage mit trüber Witterung und langdauernden starken Regen wurden abgelöst von solchen mit geringer Bewölkung und trockenem Wetter. Die Erklärung hierfür liegt nahe. Sie ist darin zu suchen, daß die die Stillen begrenzenden Passate zeitweise weiter vorstoßen und dann mit ihrer zwar nicht sehr starken, aber gegenüber den Stillen doch ausgesprochenen Bewegung trockenere Luft herbeiführen. Auf diese Weise wird der für die Passate typische Witterungscharakter in jene Breiten gebracht, wo kurz vorher noch typische Stillenregen niedergingen.

C. S. Durst ist auf anderem Wege zum gleichen Ergebnis gekommen. In seinen Isoplethendarstellungen gibt er die Grenzen des Stillengebiets gegenüber den Passaten. Man sieht deutlich, daß sich

Tabelle 4 (Fortsetzung).

B. Bewölkung und Niederschlag.

Datum	Zeit	Wolken		Niederschlag	
		Menge	Art und Zug	Menge mm	Form und Zeit
1911					
6. Juli	2 a	7	cu, cu-ni, a-str		☉ ⁰ sch n
	4	10	cu, cu-ni, a-str		
	6	4	cu, cu-ni, a-str		
	8	9	cu-ni Hor.; a-cu, a-str	0.0	
	10	10 ¹	ni		☉ sch 10 ¹⁵ a
	12	8 ¹	cu, fr-cu; ci-str NE, a-str E		☉ böen Hor.
	2 p	9 ¹	cu, fr-cu, ni; a-cu, a-str SSW		☉ ⁰⁻² 3 ¹ - 11 p
	4	10 ¹ ☉ ¹	ni		
	6	10 ¹ ☉ ⁰	ni, fr-ni		
	8	10 ¹ ☉ ¹⁻²	ni		
	10	10 ☉	ni		
	12	10	ni, cu ENE		
7. "	2 a	10	ni		☉ ⁰ n ztw.
	4	10	cu-ni; a-str		
	6	3	cu; ci-cu.		
	8	3	cu	32.3	☉ tr 8 ³⁰ a
	10	3 ¹	cu, cu-ni Hor.; a-cu, a-str		☉ ⁰⁻¹ sch 9 ²⁰
	12	4 ¹	cu, fr-cu E; ci-str		
	2 p	3 ¹	cu, fr-cu ESE		
	4	3 ¹	cu, fr-cu, cu-ni ESE; a-str		☉ ¹⁻² sch 4 ⁵⁰ - 5 ⁰ p
	6	8 ¹	cu, fr-cu, cu-ni; a-str		☉ tr 6 ⁴⁰ p
	8	2 ¹	cu, fr-cu, cu-ni; a-str		
	10	2	cu, cu-ni ENE		☉ ⁰ böen abd ENE
	12	4	cu ENE		
8. "	2 a	7	cu, fr-cu, cu-ni		
	4	4	cu, cu-ni; a-str		
	6	9	cu-ni		
	8	4	cu	?	
	10	4 ¹	cu, cu-ni; a-str		
	12	6 ¹ ☉ tr	cu, cu-ni SE; a-str		☉ tr 12 a
	2 p	7 ¹	cu, cu-ni; a-cu, a-str E		
	4	2 ¹	cu, cu-ni; ci-str, a-str		
	6	2 ⁰	cu, fr-cu E; cu-ni Hor.; ci, a-str		
	8	1 ¹	cu		
	10	2	cu SE		
	12	3	cu SE		
9. "	2 a	6	cu, cu-ni; ci-str, a-str		
	4	9	cu, cu-ni; a-str		☉ ^{0,1} bö 4 a ☉ sch 4 ⁵⁰ a
	6	6	cu		
	8	3 ¹	cu, cu-ni; ci, ci-cu, a-str		
	10	1 ¹	cu-ni Hor.; ci-str, a-str		
	12	1 ⁰	cu, cu-ni Hor.; ci E, a-str		
	2 p	2 ⁰	cu, cu-ni Hor.; ci-str, a-cu, a-str		
	4	3 ⁰	cu, cu-ni Hor.; ci, ci-str NE, a-str Hor		
	6	9 ¹⁻² ☉ tr	cu, cu-ni; a-str, ci		
	8	10 ☉ ⁰⁻¹	ni		☉ ⁰⁻¹ 6 ⁵² - 11 p
	10	10 ☉	cu-ni E		
	12	9	cu-ni E; ci		

Datum	Zeit	Wolken		Niederschlag	
		Menge	Art und Zug	Menge mm	Form und Zeit
1911					
10. Juli	2 a	7	cu, cu-ni; ci-str, a-str	6.9	● ztw.
	4	8	cu, cu-ni; ci-str, a-str		
	6	10●	cu-ni		
	8	4 ¹	cu, fr-cu, cu-ni; a-str, ci-str ENE		
	10	8 ¹	cu, cu-ni; a-cu, a-str NE, ci-str		
	12	9 ¹ ●tr	cu-ni, ni ESE; ci, ci-str		
	2 p	9 ¹	cu-ni; ci, ci-str		
	4	9 ¹	fr-ni, ni; a-str		
	6	9 ¹	cu-ni, fr-ni; a-str		
	8	9 ¹	ni, fr-ni; a-str SE		
	10	9 ¹	ni, cu-ni SE; ci-str E		
	12	9 ¹	ni ESE		
11. "	2 a	10●	ni	18.2	● ⁰⁻¹ 0-3 a ● ² 3-3 ⁴⁰ a ● ⁰ 3 ⁴⁰ -4 a; ● ⁰ 6 a
	4	10●	ni		
	6	10	ni		
	8	9 ¹	cu, fr-cu, ni		
	10	9 ¹	cu, ni; a-str, a-cu		
	12	6 ¹	cu, fr-cu, ESE; ci, ci-cu, a-str		
	2 p	7 ¹	cu, fr-cu, ni, Hor.; a-cu, a-str		
	4	8 ⁰	cu, fr-cu S; a-cu, a-str NE		
	6	8 ⁰	cu, fr-cu S; a-cu, a-str NE		
	8	4 ¹	cu; a-cu, a-str. ENE		
	10	3	str-cu SE		
	12	2	cu, cu-ni SE		
12. "	2 a	10	cu, cu-ni; a-str		
	4	10	cu, cu-ni; a-str		
	6	10	cu		
	8	7 ¹	cu, cu-ni; a-str		
	10	7 ¹	cu, cu-ni; a-str		
	12	4 ¹	str-cu, fr-cu; a-str		
	2 p	3 ¹	cu, cu-ni, fr-cu SE; a-str		
	4	1 ¹	cu, cu-ni, fr-str; a-str		
	6	1 ¹	cu, cu-ni, fr-str; a-str		
	8	1 ¹	a-str Hor.		
	10	2	str-cu SE; ci		
	12	2	ni SE; ci		
13. "	2 a	5	cu, cu-ni; a-str		● ⁰ bö 7 a
	4	1	cu, cu-ni; a-str		
	6				
	8	1 ¹	cu, cu-ni; a-str, ci-str		
	10	2 ¹	cu, fr-cu SE		
	12	8 ¹ ● ¹	cu, cu-ni, ni; a-str		
	2 p	8 ¹	cu, cu-ni NE; a-str		
	4	8 ⁰	cu-ni; a-cu, a-str, ci-str		
	6	7 ¹	str; a-cu, ci-str		
	8	6 ¹	str; a-cu		
	10	8	str-cu ENE; ci-str		
	12	10●	cu-ni E		
14. "	2 a	5	cu, cu-ni; a-str	0.8	● sch n ztw. ● tr 9 ^{3/4} a ● ^{1,2} 10 a - 3 ^{1/4} p
	4	10	cu, cu-ni; a-str		
	6	9	cu, cu-ni		
	8	9 ¹	ni, a-cu, a-str		
	10	10 ¹ ●	ni		
	12	10 ² ● ¹⁻²	ni		

Datum	Zeit	Wolken		Niederschlag	
		Menge	Art und Zug	Menge mm	Form und Zeit
1911					
14. Juli	2 p	10 ¹ ● ⁰	ni		
	4	9 ¹	ni; a-cu, a-str		
	6	10 ¹	ni, str		
	8	10 ⁰	str, a-str		
	10	10 ¹	cu-ni SSE		
	12	10 ●	ni SE		● ⁰ 12 p
15. "	2 a	10 ●	ni		
	4	10 ● ²	ni		● ^{1,2} n
	6	10 ●			
	8	9 ¹⁻²	cu-ni; a-str	55.2	
	10	4 ^{0,1}	cu-ni; a-cu, a-str		
	12	9 ¹	ni, cu; a-str, ci		● sch 11 ⁵⁶ a
	2 p	10 ⁰	ni, cu, fr-cu		
	4	9 ¹ ● ⁰	ni, cu SSE; ci-str		● ⁰ 4 p
	6	10 ¹	ni, fr-ni; a-cu, a-str		
	8	3 ¹	str; a-str		
	10	10 ¹	str SE		● tr 10 p
	12	8	str SE, a-str		
16. "	2 a	3	cu, cu-ni; a-str		
	4	10 ● ¹	ni		● ^{0,1} n-a
	6	10 ● ¹	ni		
	8	9 ¹ ● ^{tr}	ni, fr-ni; a-str	11.4	
	10	9 ¹	cu, fr-cu, ni SE; a-str		
	12	8 ¹	cu, fr-cu S; a cu, a-str ESE		
	2 p	6 ¹			
	4	7 ¹	cu, fr-cu SSE; a-cu ENE		
	6	6 ¹	cu, fr-cu SSE; a-cu		
	8	5 ¹	cu; a-str		
	10	10 ¹	cu; a-str		● ⁰ sch
	12	7 ¹	cu; ci-str		

Anmerkung: Die Niederschlagsmenge ist 8 a gemessen und dem Messungstermin zugeschrieben worden.

die Breite des Stillengürtels von Tag zu Tag sehr stark verändert. Sie kann bis zu 600 Meilen (10 Breitengrade) anwachsen, 'sich aber auch zeitweise bis zu einem verschwindend schmalen Streifen zusammenziehen. Von Segelschiffreisen ist ja bekannt, daß das eine Schiff tagelang in den Stillen festgehalten werden konnte, während das andere fast unmittelbar in flotter Fahrt von einem Passat in den andern segelte.

Über die Natur der erörterten unperiodischen Temperaturänderungen läßt sich aus dem geringen Material selbstverständlich noch kein abschließendes Urteil gewinnen. Sicher ist zunächst die Tatsache, daß sie auf die schmale Zone, in der die Luftbewegung sehr schwach ist, beschränkt sind. In den Passaten sind sie nicht zu finden.

Hier treten außer den gelegentlichen Vorstößen polarer Luft nur die schon mehrfach erwähnten kurzdauernden Böenschwankungen auf. Da die unperiodischen Änderungen in den Stillen, wie oben geschildert wurde, stets mit anhaltenden, zeitweise sehr starken Regen zusammen fallen, könnte man sie einfach als Folgeerscheinung der niedergehenden Wassermengen auffassen, doch es ist wohl richtiger, in der Hauptsache die horizontalen Temperaturunterschiede als das primäre und die Niederschlagsbildung als das sekundäre anzusehen. Wie weit daneben die geringere Temperatur der durch den Regen von oben mitgerissenen Luft mitwirkt, läßt sich nicht beurteilen. Die Bewölkung scheidet gleichfalls als Ursache aus. Die Tabelle 4 zeigt Beispiele, in denen die Schwankungen sich auch bei gleichmäßig hoher Bewölkung einstellen.

Irgendeine Beziehung zu unperiodischen Luftdruckänderungen war nicht nachzuweisen. Der Luftdruck zeigte während der ganzen Fahrt durch die Stillen die sehr regelmäßig ausgebildete tropische Doppelwelle. Nur am 15. Juli ist eine schwache Störung vorhanden. Eine unperiodische Welle scheint hier die Doppelwelle zu überlagern. Dieser eine Fall läßt aber natürlich keine weiteren Schlüsse zu.

Da gleichzeitig in den beiden Passaten angestellte Beobachtungen fehlen, sind etwaige Temperaturunterschiede zwischen beiden Strömungen nicht nachzuweisen. Derartige Unterschiede sind aber sehr wahrscheinlich. Im allgemeinen dürfte die jeweilige Winterhalbkugel auch den kühleren Passat haben. Nach den Karten der mittleren Temperaturverteilung ist dies auch tatsächlich der Fall. Außerdem sind die Stillen als eine Konvergenzlinie aufzufassen. Diese braucht nun nicht unbedingt geradlinig zu verlaufen, sondern wir dürften wohl den tatsächlichen Verhältnissen näher kommen, wenn wir eine Art „Verzahnung“ der beiden Passate annehmen. Dies muß dann zur Folge haben, daß ein Schiff, das sich in der Nähe dieser Konvergenzlinie befindet, infolge ihres gewundenen Verlaufes bald in den einen, bald in den anderen Luftkörper kommt. Ein Schiffskurs entlang den Breitengraden, wie ihn die „Deutschland“ innehielt, ist demnach für die Aufzeichnung dieser unperiodischen Temperaturänderungen günstig. Bei meridionaler Fahrtrichtung werden sie kaum zur Beobachtung kommen. An der Konvergenzlinie, d. h. in der Stillenzone, wird sich die wärmere Luftmasse auf die kältere hinaufschieben, oder, wenn die Temperaturen ausgeglichen sind, können Unterschiede im Feuchtigkeitsgehalt bestehen. In diesem Falle wird die trockenere Luftmasse schwerer sein,

und die wasserdampfreiche, als die leichtere, wird sich an der Grenzfläche auf sie hinaufschieben. Die Stillenregen sind nach dieser Anschauung nicht als Konvektionsregen, sondern als Konvergenzregen aufzufassen¹⁾ Konvektionsregen dürften über großen Wasserflächen überhaupt keine Rolle spielen. Leider sind wir über die Ausdehnung der einzelnen Regenfälle in den Stillen noch vollständig im unklaren.

Alle bisherigen Anschauungen der allgemeinen Luftzirkulation zwischen Pol und Äquator nehmen eine vertikal aufsteigende Bewegung über dem Äquator an, wenn sie einen Schnitt durch die Atmosphäre zeichnen. Nach den oben gegebenen Ausführungen wird eine geneigte Schnittfläche die tatsächlichen Verhältnisse besser darstellen. Über den Kontinenten spielen konvektive Vorgänge unter dem Einfluß starker Bestrahlung selbstverständlich eine größere Rolle. Für den ganzen Erdball ist aber zu berücksichtigen, daß in der äquatorialen Zone zwischen 10° N.Br. und 10° S.Br. rund 77% der Erdoberfläche von Wasser eingenommen werden.

Der im vorliegenden gegebene Beitrag zur Meteorologie des Stillengürtels dürfte gezeigt haben, daß hier noch manche Probleme zu lösen sind. Ihre endgültige Lösung wird aber erst nach systematischer Durchforschung möglich sein. Mit Spannung darf man auch das Material erwarten, das die zur Zeit unterwegs befindliche Deutsche Atlantische Expedition auf dem Vermessungsschiff „Meteor“ mit nach Hause bringen wird. Ihr Arbeitsplan ist so angelegt, daß die Stillenzone auf mehreren Profilen (vor allem Profil 9 und 12) durchfahren werden wird.

Über die Niederschläge der Vb-Depressionen.

Von W. König.

Das an Vb-Depressionen reiche Jahr 1926 hat die Aufmerksamkeit wieder in stärkerem Maße auf diese wegen der Oderhochwassergefahr gefürchteten und zugleich meteorologisch besonders interessanten Witterungsvorgänge gelenkt. Nachdem die „Meteorologischen Untersuchungen über die Sommerhochwasser der Oder“ von G. Hellmann und G. v. Elsner, welche die ausführlichste und gründlichste Behand-

¹⁾ Brooks und Braby haben ähnliche Gedanken bezüglich der Stillenzone des Pazifischen Ozeans entwickelt. (Quarterly Journal of the Royal Met. Society 1921, 1—11.)

lung des Gegenstandes darstellen, die Antwort auf die Frage nach der Entstehung der großen Niederschläge noch ziemlich offen gelassen haben, mag sie hier auf Grund inzwischen neugewonnener Erkenntnisse über den Aufbau der Zyklonen versucht werden, wenn auch zunächst nur an der Hand eines geringen Beweismaterials.

Wie in dem genannten Werke nachgewiesen ist, sind alle bedeutenden Oderhochwasser an das Auftreten von Vb-Depressionen geknüpft. Welche Vb-Depressionen ohne Oderhochwasser vorübergehen und welches dagegen die weiteren notwendigen Vorbedingungen für die Oderhochwasser sind, bedarf noch weiterer Untersuchung, die am hiesigen Institut in Angriff genommen worden ist. Hier soll zunächst nur von Vb-Depressionen die Rede sein, die durch größere Niederschlagsmengen aufgefallen sind, dabei sollen unter Vb-Depressionen nicht nur solche verstanden werden, die sich streng auf der Bahn des bekannten v. Bebbert'schen Zugstraßen-Schemas halten, sondern in weiterem Sinne auch solche, die nur ähnliche Fortbewegung zeigen, aber offenbar jenen eng verwandte Eigenschaften haben.

Betrachten wir die Fälle dieser Art, so finden wir ausnahmslos eine charakteristische Temperaturverteilung: Wärme auf der Ost-, also der rechten Seite des fortschreitenden Tiefdruckgebietes, Kälte auf der Westseite. Auf dieses Merkmal hat v. Elsner in seinen Untersuchungen der Oderhochwasser ausführlich hingewiesen und im praktischen Wetterdienst ist das Vordringen einer warmen Luftmasse von der Balkanhalbinsel oder vom Schwarzen Meere her nach Norden das wichtigste Anzeichen für die Gefahr einer Vb-Depression. Darin zeigt sich zunächst Übereinstimmung mit der bekannten Regel, nach welcher die Tiefdruckgebiete senkrecht zum Temperaturgefälle ziehen und zwar so, daß die höhere Temperatur rechts liegen bleibt. Drehen wir die Wetterkarte einer Vb-Depression im Sinne des Uhrzeigers um einen rechten Winkel herum, so daß der Ostrand nach unten, der Westrand nach oben kommt, so ist die Ähnlichkeit mit dem normalen Verhalten der Tiefdruckgebiete noch einleuchtender. Zugleich aber zeigt sich bei näherer Betrachtung ein charakteristischer Unterschied zum Bjerknes'schen Schema der wandernden Zyklonen. Während dieses den spitzwinkligen warmen Sektor enthält, erfüllt bei den Vb-Depressionen die warme Luft die ganze rechte Hälfte der Zyklone, vergl. Figur 1 und 2. Eine erste Staffel wärmerer Luft, in Figur 2 gestrichelt angedeutet, ist mitunter sogar schon auf die linke Hälfte herumgeschwenkt.

Entsprechend diesem Unterschied in der Ausbreitung der warmen Luftmassen finden wir nun auch eine Verschiebung des Hauptregengebietes. Während dieses bei der normalen westöstlich fortschreitenden Depression (Figur 1) auf der Vorderseite liegt, tritt es bei den Vb-Depressionen mit großer Regelmäßigkeit auf der linken Seite auf. Das zeigen nicht nur alle Karten des Oderhochwasserwerkes (auf S. 183

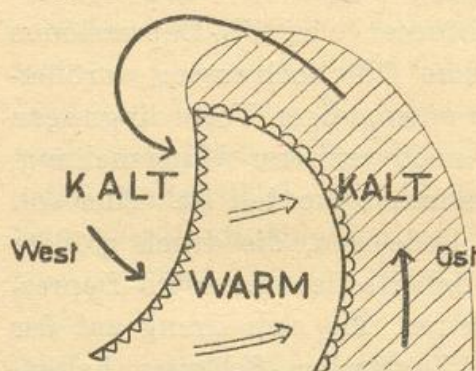


Fig. 1.

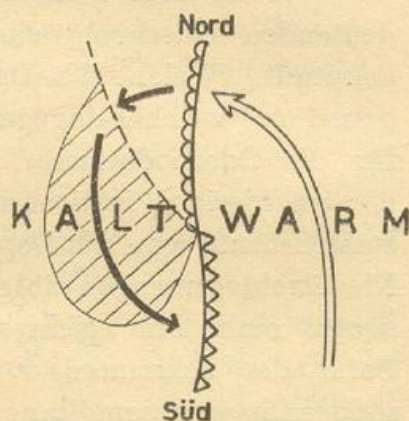


Fig. 2.

~~~~~ = warme Front  
 ~~~~~ = kalte Front

des Textes ist diese Tatsache klar hervorgehoben), sondern auch einige nachher zu erwähnenden Fälle des letzten Jahres, die wegen ihrer Verwandtschaft zu den Vb-Depressionen im erweiterten Sinne gerechnet werden können. In Figur 2, welcher zum Vergleich das Bjerknæs'sche Normalschema in Figur 1 gegenübergestellt ist, habe ich diese Verhältnisse (Regengebiete schraffiert) schematisch wiedergegeben.

Versuchen wir uns ein Urteil über den vertikalen Aufbau der Vb-Depressionen zu verschaffen, so ist das bei den älteren Fällen für welche aus der Höhe fast nur die Bergbeobachtungen zur Verfügung stehen, nahezu unmöglich, auch die Verwertung der Karten aus dem Atlas zum Oderhochwasserwerk hierzu verbietet sich leider fast ganz, da sie die Windverteilung gar nicht und die Temperaturverteilung nur als Isothermenkarten für den Meeresspiegel enthalten. Aus den neueren Fällen, für welche allein das Material an Höhenbeobachtungen zu einer solchen Betrachtung ausreicht, gewinnt man folgendes Bild: Die warmen und kalten Luftmassen, die in der Figur 2 erscheinen, sind Teilstücke viel ausgedehnterer Luftströme, welche ähnlich aneinander vorbeistreichen, wie die Luftströme zu beiden Seiten einer normal von Westen nach Osten verlaufenden und noch ungestörten Polarfront. Nur die Orientierung nach dem Azimut ist

gegenüber dem von Bjerknes aufgestellten Normalfall derart abgeändert, daß der warme Luftstrom von Süden nach Norden gerichtet ist, der kalte jenseits einer hauptsächlich meridional verlaufenden Begrenzungslinie sich in entgegengesetzter Richtung bewegt. Die Zusammenstellung aller Höhenbeobachtungen (namentlich derjenigen von passend gelegenen Pilotballonstationen) erlaubt nun das Bild dahin zu erweitern, daß man die keilförmig nach Westen hin ansteigende Begrenzung der von Norden nach Süden fließenden kalten Luft erkennt. Der warme Gegenstrom aber, der die rechte Hälfte der Vb-Depression erfüllt, greift in der Höhe über die untere kalte Luft über. Die Anordnung dieser Bewegung der beiden Luftkörper entspricht somit vollständig dem von Exner in seiner „Dynamischen Meteorologie“, II. Auflage, auf Seite 196 durch Figur 42 dargestellten, hier in Figur 3¹⁾ nochmals zur Anschauung gebrachten Zustand, der

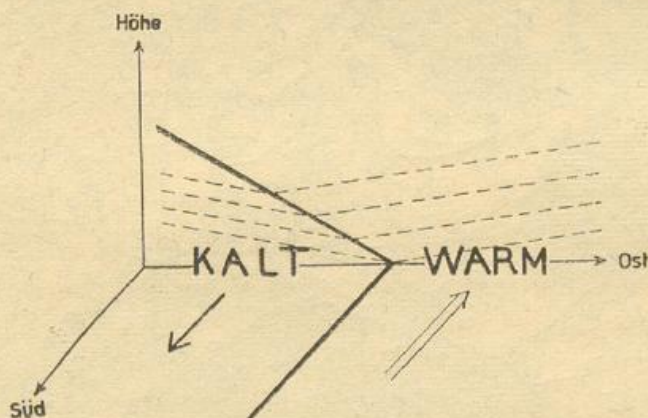


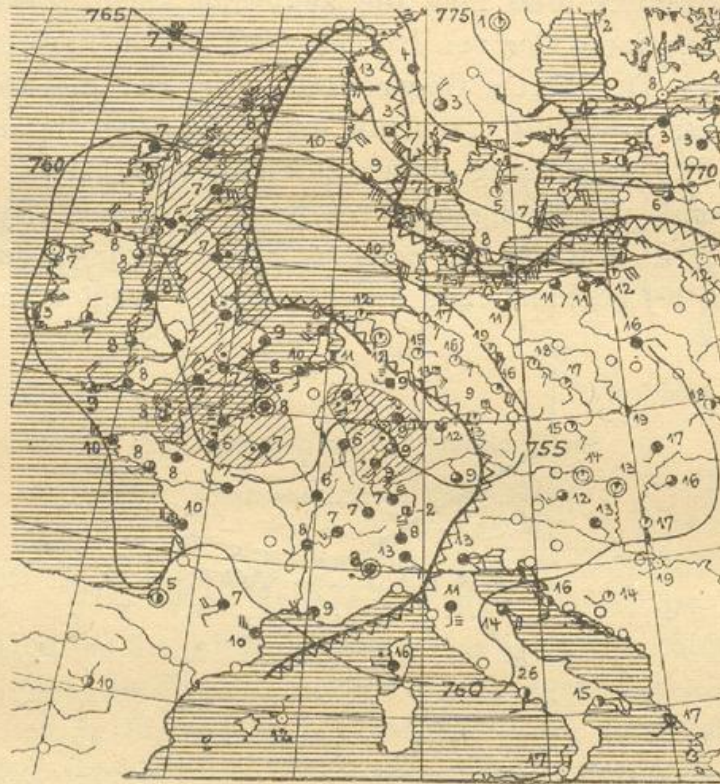
Fig. 3.

bei gewissen durch eine Formel von Margules festgelegten Unterschieden der Temperatur und Bewegung der beiden Luftkörper stationäre Verhältnisse ergibt. Für die Druckverteilung in höheren Niveaus folgt daraus eine Verschiebung der Troglinie mit der Höhe nach Westen hin, der tiefste Druck findet sich in jeder Höhe an der Grenzfläche der beiden Luftkörper.

Zur Illustration dieser Verhältnisse verweise ich namentlich auf die Beispiele des Jahres 1926. In diesen Fällen lehrt die Wetterkarte die Aneinanderlagerung der beiden in entgegengesetzter Richtung fließenden Luftströme, die Höhenbeobachtungen in der Nähe der Temperaturgrenzlinie zeigen das Übergreifen des warmen Südstromes über den kalten Nordstrom. So lassen am 26. April 1926 die westlich

¹⁾ Die gestrichelten Linien in Fig. 3 geben die Neigung der Flächen gleichen Drucks an.

der kalten Front gelegenen Berge¹⁾ (Feldberg i. Schwarzwald, Säntis) und die Pilotballonbeobachtungen in der Höhe über Friedrichshafen, Karlsruhe, München die warme Strömung mit südlichen Richtungen erkennen. Ähnlich liegen die Verhältnisse am 17. Mai 1926, an dem die Gipfelstationen der Alpen, sowie die Aufstiege von Friedrichshafen und München über der durchschnittlich aus Nordwest strömenden



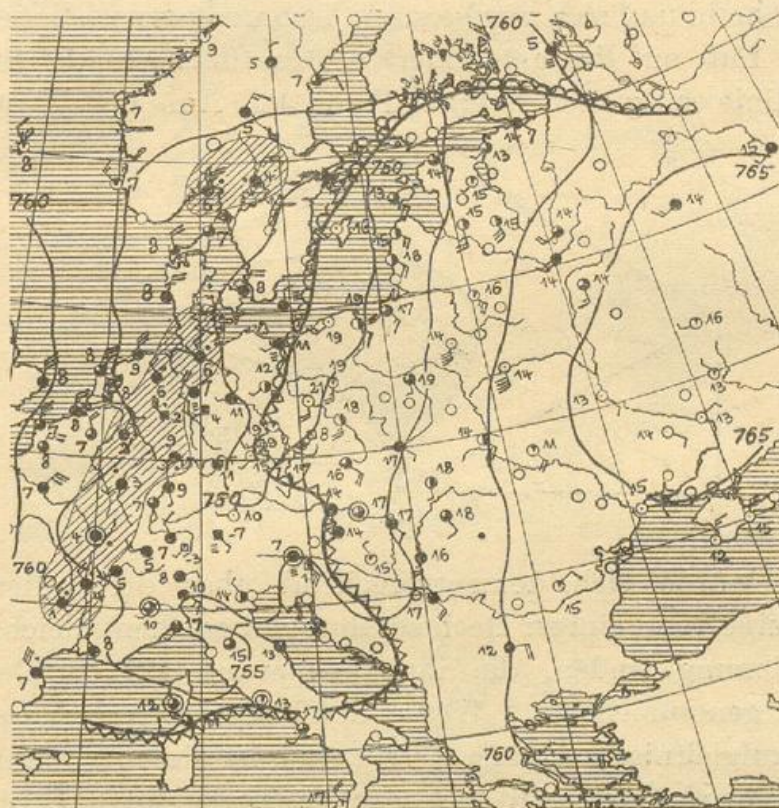
26. April 1926, 8h.

kalten Luft südliche Winde aufweisen, auch die Schneekoppe hat warmen Südwind. Am 14. Juni 1926 nachmittags und abends wehte ebenfalls über dem Ostrand des Kaltluftkeils (Pilotballonaufstiege von Preßburg und Krakau) der warme Südstrom, um 14^h auch noch auf der Schneekoppe (SSW 2, 5⁰). Letztere ist bis zum 15. morgens in den ostwärts vordringenden Kaltluftkeil geraten (NW 9, 1⁰).

Mit Feststellung dieser Tatsachen bemerken wir nunmehr die Übereinstimmung mit den Verhältnissen an einer idealen, noch nicht deformierten Polarfront. Die Entstehung der Niederschläge an dieser Front kann nun auf zweierlei Art verursacht werden. Ist der Zustand zwischen den beiden heterogenen Luftströmen kein stationärer, so

¹⁾ Auf den beigegebenen Karten sind die Bergstationen durch Quadrate gekennzeichnet.

kann entweder die kalte Luft aktiv ins wärmere Gebiet vordringen und die warme Luft emporheben, oder es kann durch zunehmende Neigung der isobaren Flächen innerhalb der warmen Luft diese zum Aufgleiten an dem Kaltluftkeil gezwungen werden. In beiden Fällen entstammt der Niederschlag der warmen Luftmasse und wird das Niederschlagsgebiet westlich der am Boden bemerkbaren Temperatur-



17. Mai 1926, 8h.

grenzlinie liegen, also eine Lage haben, wie sie für alle Fälle als typisch gefunden wurde. Ein besonders schönes Beispiel eines Regengebietes, welches westlich der Temperaturgrenzlinie in langer Erstreckung dieser etwa parallel verläuft, ist der 17. Mai 1926.

In zahlreichen, wahrscheinlich den meisten typischen Vb-Fällen erfährt nun diese einfachste Anordnung der Stromlinien, wie sie sich aus dem bisher geschilderten Verhalten der beiden großen Luftströme ergibt, in der Nähe des Depressionskernes offenbar eine Abänderung. Hier beginnt infolge der zyklonalen Drehbewegung, in welche Teile der beiden Hauptströme hineingezogen werden, die Front sich in einer Weise zu deformieren, wie wir es vom Entstehungsstadium der Bjerknes'schen Normalzyklone her kennen. Dadurch bekommt erstens die kalte Luftmasse auf der Westseite der Depression eine etwa der

Kurve einer Radrennbahn ähnliche obere Grenzfläche. Berücksichtigen wir weiter die Neigung der Depressionsachse mit der Höhe nach Westen hin, wie sie der schon erwähnten Verschiebung der Troglinie mit der Höhe in gleicher Richtung entspricht, und nehmen wir die durch v. Elsner (Seite 147 des Oderwerkes) wahrscheinlich gemachte Tatsache hinzu, daß bei diesen Depressionen bis über das Niveau von 2500 m Höhe hinauf sich geschlossene Isobarenform vorfindet, so muß die warme Luft auf der geschilderten Grenzfläche in der Bahn einer Schraubenlinie aufgleiten (vergl. Figur 4). Auf der Westseite der

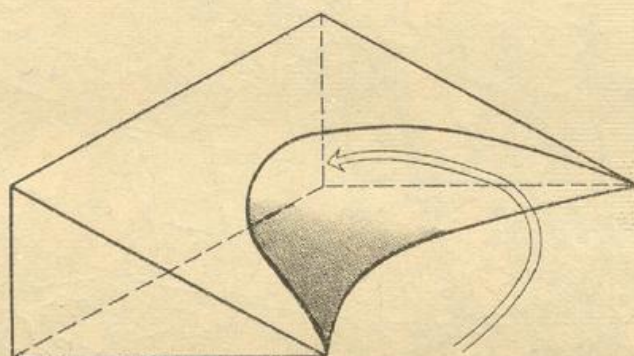
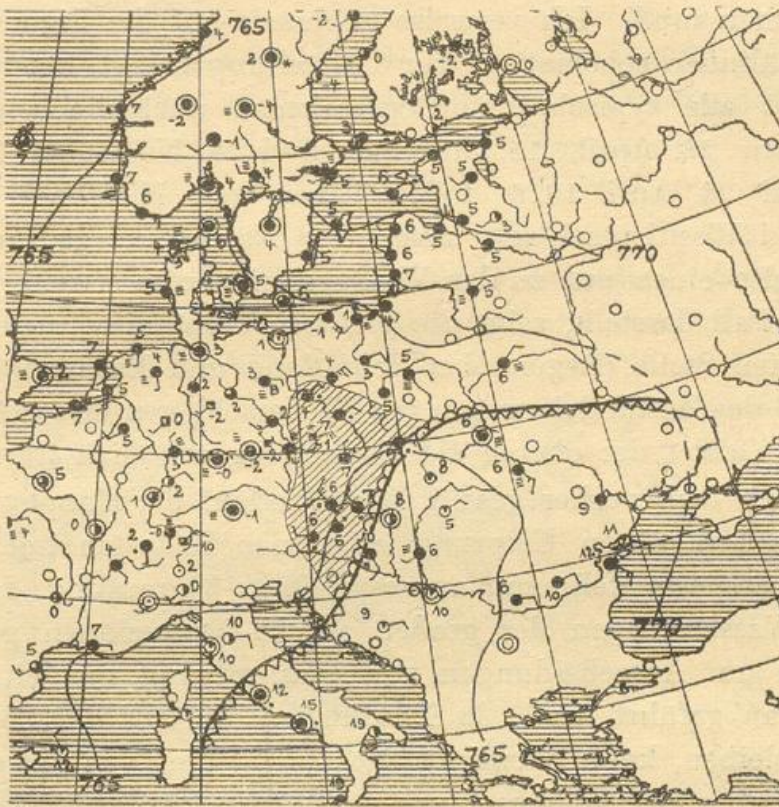


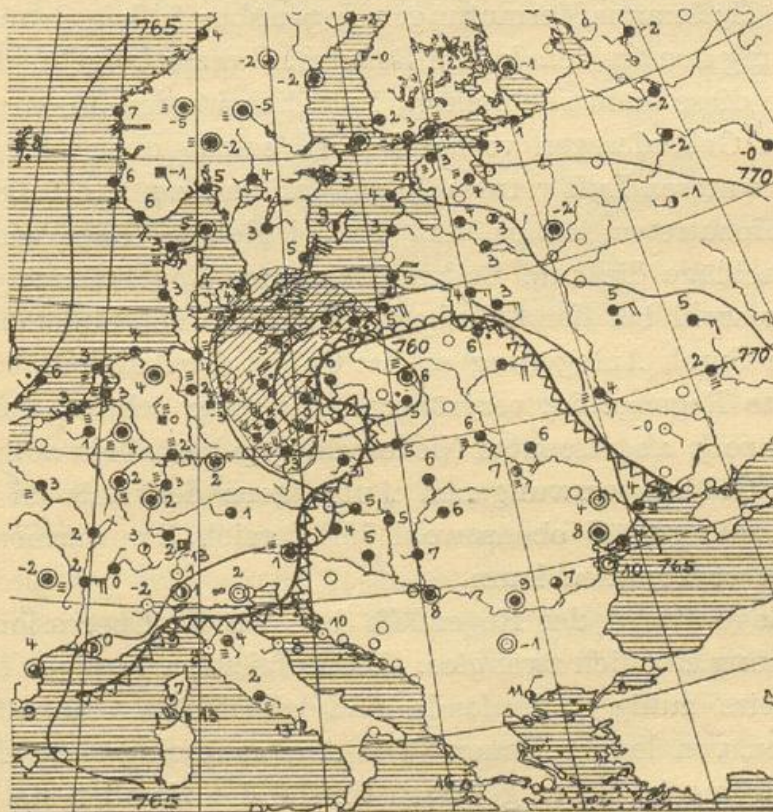
Fig. 4.

Depression würde sich dementsprechend über der kalten Bodenströmung eine (von einiger Rechtsdrehung abgesehen) gleichgerichtete warme Strömung finden, die ihren Ursprung auf der Ostseite der Depression genommen hat. Wenn überhaupt unsere Vorstellungen über die Aufgleitniederschläge richtig sind, ist diese Annahme einigermaßen zwingend, doch wird sich der Nachweis dieser Übereinanderlagerung nur schwer durch Beobachtungen erbringen lassen, da wir uns hier im Gebiet des allerschlechtesten Wetters befinden. Immerhin läßt sich am 25. November 1926 morgens, dem Entwicklungsstadium der Vb-Depression des 26. November, ein Fall finden, in dem die Schneekoppe sich gerade in solcher Lage befindet, daß ihre Beobachtung eine Bestätigung der zu fordernden warmen Aufgleitströmung bringt. Sie meldet, im Hauptniederschlagsgebiet gelegen: ENE-Wind mit -1° und Schneefall, also eine über der kalten Luft liegende, von der warmen Front herkommende auffallend warme Strömung.

Auch die Verteilung der Niederschläge der Vb-Depressionen spricht vollständig für die gleiche Auffassung. Fast in jedem einzelnen Fall finden wir das Hauptregengebiet da, wo die von der warmen Front her aufgleitende Warmluft ihren weiteren Weg in der



25. November 1926, 8h.



26. November 1926, 8h.

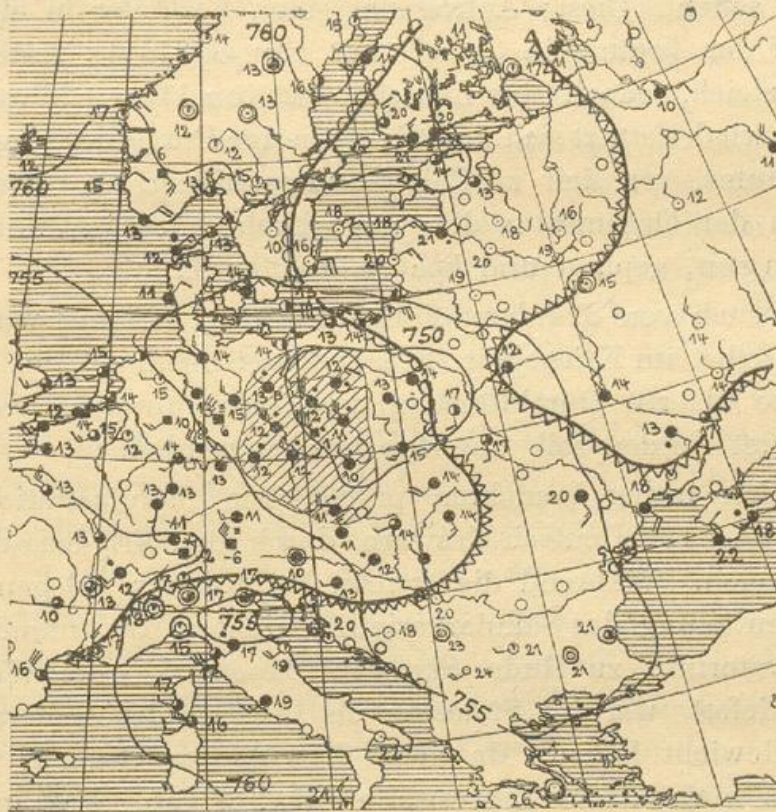
Höhe nehmen muß. Ich verweise nochmals auf die Figur 2, welche diese Verhältnisse schematisch zur Darstellung bringt, Beispiele dafür liefern fast alle typischen Vb-Depressionen, auch die beigegebenen Karten vom 26. April, 15. Juni, 25. und 26. November 1926. Die Karte vom 26. April 1926, welche eine vom Mittelmeer über die Alpen und Westdeutschland nach der Nordsee vorgedrungene Depression, also einen nur zu den Vb-Depressionen in erweitertem Sinne gehörigen Fall darstellt, zeigt die gleichen Verhältnisse an einer ganz ungewohnten Stelle (Regen über Schottland und England) und lehrt damit, daß das Zustandekommen von Niederschlägen dieser Art keineswegs dem Gebiet der oberen Oder allein eigentümlich ist.

Da nach dem vorher geschilderten Verlauf der Hauptströmungen die warme Luft ihren Ursprung im fernen Südosten hat, bestätigt sich die zuerst von Hellmann ausgesprochene Vermutung, daß es sich bei den Wassermengen der großen an Vb-Depressionen geknüpften Landregen um Ausscheidungen von Wasserdampf handelt, der von Süden heran geführt wird. In Einzelfällen, die auf den Sommer beschränkt bleiben, kann allerdings auch nordöstlich von uns ein Gebiet ungewöhnlicher Wärme liegen, von dem die aufgleitenden Luftmassen ihren Ausgang nehmen, vergl. 15. Juni 1926.

Wenn Hellmanns Vermutungen gegenüber früher Gründe für die Regenbildung nur aus dem kalten Luftstrom heraus beigebracht wurden, so scheinen diese nicht stichhaltig. Natürlich werden da, wo die Topographie für Geländeregen vorhanden ist, solche obendrein innerhalb der kalten unteren Luft verursacht werden und zu den Aufgleitniederschlägen hinzutreten, sei es, daß sie bei gleicher Lage wie die Aufgleitniederschläge die zum Boden kommende Regenmenge vermehren (so wird es wohl bei den Oderhochwassern an den Sudeten sein), sei es, daß sie durch Anlagerung an das Gebiet der Aufgleitniederschläge das gesamte Regengebiet vergrößern. Mitunter scheint ein von der Hauptregenzone abgetrenntes Niederschlagsgebiet allein auf Rechnung des durch Gebirge erzwungenen Aufsteigens der Luft zu setzen zu sein, was naturgemäß ebensowohl im Bereich der warmen wie der kalten Luft vorkommen kann.

Die lange Dauer der Regenfälle bei den Vb-Depressionen findet ihre Erklärung ziemlich zwanglos. Die Aufgleitbewegungen sind schon normalerweise ruhig verlaufende und gleichmäßig anhaltende Erscheinungen von langer Dauer. Die Aneinanderlagerung der beiden Hauptluftströme ist unter gewissen Umständen ziemlich stationär und

das Wandern des vielleicht aus höheren Schichten hinzutretenden Fallgebietes geht nur langsam vor sich. Nach den landläufigen Regeln würde das am Boden zu beobachtende steile Druckgefälle auf der Westseite der Vb-Depressionen für deren Fortschreiten nach Süden, die Temperaturverteilung dagegen für ihre Wanderung nach Norden sprechen. Die tatsächliche Bewegung vollzieht sich, wie immer bei solchem Widerstreit, sehr langsam, so daß auch die Regengebiete nur ungewöhnlich langsam wandern, und zwar dem warmen Luftstrom folgend bekanntlich nach Norden.



15. Juni 1926, 8h.

Bei Hinzunahme der Beobachtungen aus Rußland und den Balkanländern wird man zu der Auffassung geführt, daß die durch verschiedene Kombinationen denkbare Entstehung eines kräftigen ost-westlichen Druckgefälles über Südosteuropa und damit die Auslösung eines mächtigeren Südstromes in diesen Gegenden erste Vorbedingung für alle Vb-Depressionen ist. Das übliche Ende derselben wird dadurch herbeigeführt, daß ein Druckanstieg von Westen den Kaltluftkeil vorschiebt. Da dies zuerst im Süden geschieht, wird der warme Luftstrom abgeriegelt und die Depression dadurch dem Untergang geweiht.

Ergebnisse der Messungen an Deutschen Säkularstationen der magnetischen Landesaufnahmen, ausgeführt im Jahre 1925.

Von A. Nippoldt.

Auf seiner Tagung in Dresden am 26. November 1924 beschloß der Ausschuß I für das Vermessungswesen, daß alle 5 bis 6 Jahre mehrtägige magnetische Messungen auf ausgesuchten Säkularstationen stattfinden sollen. Dieser Antrag hat einen Vorläufer in einem ähnlichen, auf der Tagung in Cassel 1922 von Göllnitz gestellten, der inhaltlich gleich, jedoch eine Zwischenfrist von 11—12 Jahren vorsah. Und dieser wieder stützt sich auf die seitherige Praxis des Magnetischen Observatoriums, von Zeit zu Zeit Säkularstationen zu besuchen, wie dies schon der Organisator der magnetischen Landesaufnahme, M. Eschenhagen, geplant und beabsichtigt hatte.

Der Besuch von Säkularstationen begann 1911 und wurde 1912, 1913 und selbst im Kriegsjahr 1915 fortgesetzt¹⁾, um dann durch die Verhältnisse bis zur Durchführung der Beobachtungen, über welche hier berichtet werden soll, unterbrochen zu werden.

Von den früher besuchten preußischen Säkularstationen sind 89 Twedt und 124 Deutsch-Krawarn durch den Friedensschluß verloren gegangen. Während die erstere, bei Tondern gelegene Station, für die Ermittlung der Säkularvariation nicht so bedeutend ist, weil das Observatorium zu Rude Skov in Dänemark gute Werte jener Variation liefert, war im Südosten der Ausfall der andern Station sehr ins Gewicht fallend, da nach dem ganzen Osten zu kein Observatorium magnetische Jahreswerte bekannt gab. Erst in jüngster Zeit sind die Ergebnisse von Pawlowsk (Slutz) veröffentlicht worden. Swider bei Warschau veröffentlichte bisher noch keine Ergebnisse, O'Gyalla hat aufgehört zu arbeiten, Pola eine Unterbrechung erfahren. So wurde als Ersatz für 124 Krawarn nunmehr Nr. 127 Ebersdorf in der Grafschaft Glatz gewählt.

Als zweite östliche Station wurde 69 Steinau wieder besucht, somit das dritte Mal dort gemessen. Auch hier hat der Krieg störend eingegriffen, indem alle trigonometrischen Hochgerüste der Umgegend

¹⁾ A. Nippoldt: Ergebnisse der Messungen i. d. J. 1911 u. 1912 an Säkularstationen. Tätigk.-Ber. d. Kgl. Preuß. Meteorol. Inst. i. J. 1912. Berlin 1913. — A. Nippoldt: Desgl. i. d. J. 1913 und 1915. Ebenda i. J. 1915. Berlin 1916.

zerstört wurden, so daß nur Kirchtürme als Miren zu Gebote standen. Da außerdem kurz vor dem Krieg eine Neutriangulierung der Provinz Ostpreußen durchgeführt worden war, wobei der Punkt Steinau eine Verlegung um 126 m nach West und 27 m nach Süd erhielt, also nicht mehr identisch ist mit dem Messungspunkt der alten magnetischen Aufnahmen und dem der ersten Wiederholungen, so ist es erwünscht geworden, einen neuen Säkularpunkt in jener Gegend anzulegen, dessen Bestand gesicherter ist.

Als soleher ergab sich ganz von selbst der Pfeiler für absolute Messungen im neuen Geophysikalischen Observatorium der Universität Königsberg, das bei der Försterei Groß-Raum im Samland gelegen ist. Es untersteht der Leitung des Direktors des Geologisch-Paläontologischen Instituts, des Herrn Prof. Dr. K. Andréé, und besitzt einen vollen Satz registrierfähiger magnetischer Variometer Toepferscher Bauart, die seinerzeit in dem Observatorium Apfelbachbrücke der Hessischen Aufnahme von 1910/11 aufgestellt gewesen waren, nachdem sie K. Schering überarbeitet hatte¹⁾. Herrn Prof. Andréé ist für die Zustimmung zu der Wahl des Observatoriums Groß-Raum zur ostpreußischen Säkularstation und Herrn Privatdozent Dr. Errulat für die werktätige Hilfe bei der Durchführung der Messungen der beste Dank auszusprechen.

Durch diese Stationen ist nunmehr der Betrag der Säkularvariation im Osten Preußens bekannt. Im Westen kann man auf Beobachtungen gleicher Art z. Z. verzichten, weil hier unweit der Grenze eine große Zahl magnetischer Observatorien vorhanden ist, und weil das Marineobservatorium in Wilhelmshaven seine magnetischen Beobachtungen hat wiederaufnehmen können.

Nach Süden zu liegen die Verhältnisse wieder ungünstiger, denn das Observatorium in München scheidet praktisch aus, weil die Störungen durch die elektrischen Straßenbahnen zu groß geworden sind. Hier war es daher sehr wünschenswert, neue Säkularpunkte einzurichten. In Verfolg des eingangs zitierten Beschlusses des Vermessungsbeirats traten daher die Hessische und die Badische Regierung an das Observatorium Potsdam mit der Bitte heran, auf ihre Kosten je einen Säkularpunkt zu besuchen. Erwähnt sei hierbei, daß die Württembergische Regierung aus gleichem Anlaß 1925 von Dr. Reger ihren Normalpunkt bei Korntal vermaß. Inzwischen hat

¹⁾ vgl. K. Schering und A. Nippoldt: Erdmagnetische Landesaufnahmen von Hessen. Darmstadt 1923.

Hr. Dr. Burmeister-München einen neuen bayrischen Säkularpunkt i. J. 1926 im Südosten Bayerns angelegt.

Im Anschluß an die preußischen Messungen im Osten besuchte daher der Verf. den hessischen Normalpunkt Sandhügel bei Gräfenhausen¹⁾ und wiederholte am Punkt Tüllinger Höh' in Baden der Südwestdeutschen Aufnahme²⁾. Bei der Durchführung der Beobachtungen wurde der Verf. von den leitenden Behörden — dem Hessischen Landesvermessungsamt des Ministeriums der Finanzen, Leiter Herr Direktor Dr. Müller, und der Abteilung Landesvermessung der Badischen Wasser- und Straßenbaudirektion, Leiter Herr Oberregierungsrat Dr. Stutz — aufs hilfreichste unterstützt. Ihnen und auch den an Ort und Stelle mitwirkenden Herren, dem Landesvermessungssekretär Schmidt-Darmstadt und Obergeometer Gehrig-Lörrach, sei daher der herzlichste Dank des Verf. ausgesprochen.

* * *

Die Beobachtungen der Deklination und der Horizontalintensität geschahen mit dem alten Reisetheodoliten Hechelmann Nr. 2003, mit dem die norddeutsche, die südwestdeutsche, die hessische, sächsische und die deutsche Balkanaufnahme durchgeführt worden sind. Die Inklination wurde mit dem Erdinduktor Nr. 65 von Schulze-Potsdam und dem Galvanometer Plath Nr. 165 beobachtet. Es lag also das gleiche Instrumentenmaterial vor, wie bei Erledigung der Säkularbeobachtungen in den Jahren 1912, 1913 und 1915. Irgendwelche Veränderungen hat es inzwischen nicht erfahren; es kann somit wegen aller Einzelheiten auf die früheren Texte verwiesen werden.

Anschlußmessungen in Potsdam.

Deklination. Es wurde auf der Pinne beobachtet, mit abwechselnden Lagen Bezeichnung oben und unten, im ganzen 12 Einstellungen; vorher und nachher die Miren. Der Unterschied gibt die Instrumental-Korrektion des Reisetheodolits Hechelmann. Es fanden vier Messungen vor und drei nach der Reise statt mit folgenden Ergebnissen:

| | |
|-------------------------|----------------------|
| 1925. VIII. 21.: + 1.86 | 1925. X. 13.: + 1.58 |
| VIII. 22.: + 1.14 | X. 13.: + 1.07 |
| IX. 3.: + 1.55 | X. 16.: + 0.72 |
| IX. 3.: + 1.48 | + 1.12 |
| + 1.51 | |

im Sinne einer Korrektion in westlicher Deklination am Reiseinstrument.

¹⁾ siehe Erdmagn. Aufn. Hessen.

²⁾ A. Nippoldt: Magn. Karten von Südwestdeutschland. Abhandl. Kgl. Pr. Meteor. Inst. Nr. 224. Berlin 1910.

Die Werte bewegen sich ganz innerhalb der seither für die Pinnen-aufhängung gefundenen. Betrachtet man den Unterschied zwischen den beiden Lagen der Nadel, also die doppelte Kollimation, so zeigen die im Ganzen 22 Deklinationsmessungen der Anschluß- und der Feldbeobachtungen nur Schwankungen zwischen 44'.84 und 45'.98 mit einem mittleren Fehler der einzelnen Beobachtung von $\pm 0'.34$ des Mittelwerts 45'.58. Daraus ist zu folgern, daß das Instrument während der ganzen Zeit keine Veränderung erlitten hat. Man darf daher als Korrektion der Hechelmann-Beobachtungen auf die Potsdamer Basis für die ganze Reihe den Mittelwert benutzen. Er findet sich zu $+ 1'.34 \pm 0'.146$.

Inklination. Es wurden vier Messungen vor, und ebensoviele nach der Reise ausgeführt. Der Nadirpunkt des Vertikalkreises des Erdinduktors wurde am Anfang und am Schluß jeder Halbmessung bestimmt. Die eine Halbmessung hatte den Vertikalkreis im Westen, die andere ihn im Osten stehen; die Reihenfolge ist willkürlich. Den Inklinationpunkt erhält man aus drei Drehungen der Spule rechts und dreien links herum, die einander ablösten. Nach jedem Halbsatz wurde durch absichtliches Verstellen der Rotationsachse im einen und im anderen Sinne bei gleichbleibender Drehrichtung festgestellt, daß die gefundene stromlose Inklinationsrichtung wirklich dazwischen liegt. Diese „Probe“ ist, namentlich im Felde, unerläßlich, da die Stromlosigkeit auch durch Lockern der Drahtverbindungen vorge-täuscht sein kann. Bei den Anschlußmessungen wurden die Variationen dem System für direkte Ablesungen, dem K. S., entnommen und genau mit denselben Formeln berechnet, mit denen sie bei den regelmäßigen absoluten Messungen abgeleitet werden.

Die Ergebnisse waren:

| | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1925. VIII. 20: Kr. W. $-1'.45$ | 1925. X. 14: Kr. W. $-0'.71$ |
| Kr. E. -0.50 | Kr. E. -0.21 |
| VIII. 22: Kr. W. -0.41 | X. 16: Kr. W. -0.01 |
| Kr. E. -0.23 | Kr. E. -0.14 |
| VIII. 29: Kr. W. -0.52 | X. 16: Kr. W. $+0.15$ |
| Kr. E. -0.02 | Kr. E. -0.44 |
| IX. 3: Kr. W. $+0.60$ | X. 17: Kr. W. -0.22 |
| Kr. E. $+0.23$ | Kr. E. -0.27 |
| Mittel $-0'.29$ | Mittel $-0'.23$ |

Kr. W. allein gab vorher $-0'.44$, nachher $-0'.20$; Kr. E. allein vorher $-0'.13$, nachher $-0'.27$. Es kann also auch hier das Gesamtmittel benutzt werden; es ist

$$- 0'.26 \pm 0'.113.$$

Hiervon fallen auf die Ungenauigkeit des Nadirpunktes ± 0.028 . Zwischen den Beobachtungen bei positiver und negativer Umdrehungsrichtung der Spule zeigte sich kein Unterschied.

Horizontalintensität. Bei diesem Element tritt keine Instrumentalkorrektur auf, sondern für jeden Magneten eine Instrumentalkonstante, die aus dem gemessenen Ablenkungswinkel φ und Schwingungsdauer τ in der hier als bekannt vorausgesetzten Weise die Horizontalintensität berechnet. Die Größe der Instrumentalkonstanten ist so zu bemessen, daß das Reiseinstrument in Potsdam dieselben Werte liefert, wie das Observatorium. Die Anschlußmessungen vor und nach der Reise haben die Instrumentalkonstante auf diese Weise zu ermitteln.

Die Ablenkungen werden unter Benutzung der Fadenaufhängung für den abgelenkten Magneten bewerkstelligt. Die Torsion wurde bis auf einen kleinen Rest vorher beseitigt. Die Ablenkungsschiene wurde während der ganzen Messungsreihe immer auf gleiche Weise aufgesetzt, gekennzeichnet dadurch, daß eine Punktmarke auf der Schiene immer im Osten stand. Als abgelenkte Nadel diente stets Nadel 1 mit der 1 oben angehängt. Als Ablenkungsmagnete wurden die Hechelmann-Magnete I und II gebraucht, die mindestens $1\frac{1}{2}$ Std. vor Beginn der Messung aus ihren eisernen Schutzhülsen herausgenommen worden waren, also keine merkbare Nachwirkung mehr aufweisen konnten. Bei den Schwingungen wurde 20 mal die Zeit von 100τ beobachtet, indem jeder 3. Durchgang zur Beobachtung kam. Der Torsionsfaktor wurde aus Umdrehungen des Torsionskreises um $\pm 180^\circ$ ermittelt. Die größte Sorgfalt wurde auf Temperaturengleich gelegt, da die Geschwindigkeit der Temperaturveränderung erfahrungsgemäß die Hauptfehlerquelle, namentlich bei Reismessung abgibt.

Die ganze Rechnung wurde logarithmisch durchgeführt. Wegen der Temperaturkorrekturen sei auf die früheren Berichte der Säkularstationen verwiesen, da die nämlichen numerischen Formeln benutzt wurden. Die Schwingungen wurden durch $0.83 h^2$ (h = halber Ausschlag in Graden) auf unendlich kleine Bögen, durch $0.5 \Delta s$ auf Uhrgang, $1.17 \Delta H$ auf Variationen der Horizontalintensität, $\frac{1}{2} \log(1 + \Theta)$ auf Torsion reduziert und zwar in Einheiten der 5. Dezimale in $\log \tau$ und lieferten so den $\log c_s$ der instantanen Schwingungskonstanten. Die beobachteten Ablenkungswinkel erhielten zunächst eine Korrektur wegen Ungleichheit der Ablenkungswinkel, sodann eine zweite wegen

Variation der Deklination während des Ablenkungssatzes und schließlich eine Verbesserung wegen restlicher Torsion, alles ausgedrückt in Dezimalen der Bogenminute. Der $\log \sin$ des so gebildeten Ablenkungswinkels erhielt dann wieder in Einheiten der 5. Stelle die Korrekturen wegen Variation der Horizontalintensität $2.35 \Delta H$ und jene wegen Temperatur. Ist v_{01} die dem Ablenkungssatz vorangehende Kreisablesung für die unabgelenkte Nadel, v_{02} die nachfolgende, so ist das entspringende $\Delta \varphi = \frac{1}{5} (v_{01} - v_{02})$. Die früher nicht angebrachte Korrektur wegen restlicher Torsion des Fadens der Nadel wurde aus dem Unterschied α zwischen dem Mittel der v_0 und dem Mittel V_0 der v_1, v_2, v_3, v_4 berechnet nach:

$$\text{Korr} = - \frac{\text{tg } \varphi \sin^2 \alpha}{2 \sin 1' \cos^2 \varphi}$$

sie kam nur in einigen Fällen auf einige Hundertstel Bogenminute. Die so reduzierten $\log \sin \varphi_0$ lieferten den $\log c_a$, der instantanen Ablenkungskonstante.

Aus $\log c_s$ und $\log c_a$ findet sich die relative Instrumentalkonstante nach

$$\log C = \frac{1}{2} (\log c_s + \log c_a).$$

Im einzelnen fand sich für die beiden Magnete H_I und H_{II} :

| | | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| H_I 1925. VIII. 28: | $\log C_I = 9.81820$ | H_{II} 1925. VIII. 29: | $\log C_{II} = 9.81789$ |
| VIII. 28: | 830 | VIII. 31: | 792 |
| VIII. 29: | 842 | IX. 2: | 784 |
| VIII. 31: | 852 | IX. 2: | 794 |
| IX. 2: | 844 | | |
| IX. 2: | 843 | | |
| | | X. 13: | 781 |
| X. 12: | 838 | X. 14: | 796 |
| X. 14: | 846 | X. 17: | 787 |
| X. 17: | 847 | X. 17: | 815 |
| | <hr/> | | <hr/> |
| Mittel | $9.81840 \pm 3.2:10^{-5}$ | | $9.81792 \pm 3.7:10^{-5}$ |

Es liegt offensichtlich wieder kein Anlaß vor, nach der Reise eine Änderung anzunehmen. Die innere Übereinstimmung ist etwa doppelt so gut, wie bei den früheren Reihen und überhaupt die beste seither erhaltene.

Bei der Anwendung dieser Konstanten auf die Feldmessungen ist zu beachten, daß wegen der anderen Größe der Feldstärke an obigen Zahlen eine Verbesserung wegen Induktion seitens H anzubringen ist. Sie beträgt in Ebersdorf -3.5 , in Steinau -1.4 , in Groß-Raum $+2.0$, in Gräfenhausen -2.5 , in Tüllinger Höh' -5.6 Einheiten der 5. Stelle im Logarithmus.

Messungen im Felde.

Die Beobachtungen auf den einzelnen Stationen wurden mit der gleichen Zahl Einzeleinstellungen besorgt, wie die Anschlußmessungen. Sind wegen der unvermeidlichen Witterungseinflüsse mehr Einstellungen vorgenommen worden, so kommt doch dem Mittel dasselbe Gewicht zu als einem normalen Satz im Observatorium. Dagegen war die Berücksichtigung der Witterung einschneidend für die Reihenfolge der einzelnen Sätze. So mußten z. B. die Schwingungsbeobachtungen in Zeiten größter Windruhe, überhaupt die Horizontalintensitätsmessung bei möglichst geringen Temperaturschwankungen vollzogen werden. Auch die Inklinationsmessung ist sehr vom Wind abhängig, da seine Stöße auf die Galvanometerlage einwirken.

Die Witterung war nicht gerade günstig für die Messungen, obwohl die gewählte Jahreszeit sonst in dieser Beziehung die beste ist. In Ebersdorf herrschte vielfach böiger Wind, der zeitweilig sogar das Aufstellen des Schirms unmöglich machte, dazwischen Regenböen. Bei Sonnenschein fing die Ruhelage des Galvanometers zu wandern an. Auch in Steinau wehte ein böiger Wind, doch war die Aufstellung im Schutze einiger Krüppelfichten einigermaßen geschützt. In Gräfenhausen wieder vielfache Unterbrechung durch Regen mit Gewitter und Graupeln. In Tüllinger Höhe war sehr wenig Wind und kein Regen, jedoch schwerer Talnebel, der beim Einstellen der Miren recht hinderte.

Der als Säkularstation gewählte Punkt Ebersdorf hat in der norddeutschen Aufnahme die Nummer 127. Er liegt auf dem Meßtischblatt 3341 Wölfelsdorf nahe am linken Rande 1.2 km nordwestlich von der Mitte des Orts, 1.7 km nordöstlich vom Bahnhof Ebersdorf, am Rande einer Kieskule, westlich von einem Feldwege, der durch ein Gehöft hindurch auf die Landstraße mündet. Das Wegenetz ist gegen das aus 1884 stammende Meßtischblatt etwas verändert. Der Stein trägt die Zahl 175, nicht dagegen die sonst übliche Bezeichnung TP. Die Miren ö Ebersdorf, ö Schönfeld, ö Oberlangenu und ö Verlorenwasser werden wohl noch auf lange Zeit brauchbar bleiben.

Der Punkt Steinau, auf dem diesmal gemessen wurde, ist der trigonometrische Punkt Stooszenen der kurz vor dem Kriege neu durchgeführten trigonometrischen Vermessung; der alte Stein ist entfernt worden. Über die gegenwertige Lage der beiden Steine ist oben ausführlich berichtet. Es wurden 4 Miren eingestellt, wovon jedoch nur für eine das trigonometrische Azimut zu erhalten war, für

ö Schareyken. Der Punkt liegt auf einer Höhe, welche z. Zt. noch mit Fichten bestanden ist, die jedoch abgeholzt werden sollen. Unweit ein Hof, dessen Besitzer zu dem Punkt führen kann.

Punkt Groß-Raum ist ein Steinpfeiler für absolute Messungen innerhalb des Zauns des Observatoriums. Er soll in Zukunft überdacht werden. Hilfsmire innerhalb des Geländes, Hauptmire jenseits einer Waldlichtung am Waldrand, Holzpfeiler mit weißem Dreieck.

Punkt Gräfenhausen ist der alte Normalpunkt der hessischen Aufnahme, 2 km westlich der Bahnstation Wixhausen.

Punkt Tüllinger Höh' ist ein Punkt der südwestdeutschen Aufnahme aus 1906. Er liegt auf einer kleinen, sehr ansteigenden Wiese, hart an der Reichsgrenze gegen die Schweiz. Auskunft gibt der Badische Obergeometer zu Lörrach.

Die Koordinaten der Stationen sind:

| Station | $\varphi = 50^{\circ} 13'.4$ | $\lambda = 16^{\circ} 40'.2$ | Sechöhe 445 m | |
|----------------|------------------------------|------------------------------|---------------|-------------|
| Ebersdorf | | | | |
| Steinau | 54 7.2 | 22 25.8 | 229 | alter Punkt |
| | 54 7.1 | 22 25.7 | 230 | neuer Punkt |
| Groß-Raum | 54 49.9 | 20 29.8 | 33 | |
| Gräfenhausen | 49 55.8 | 8 37.4 | 120 | |
| Tüllinger Höh' | 47 35.9 | 7 37.5 | 410 | |

Die magnetischen Variationen wurden bei den Feldmessungen den Potsdamer Registrierungen entnommen und zwar im allgemeinen nach gleicher mittlerer Ortszeit; nur bei Steinau wurde nach gleicher mittl. Greenwicher Zeit, also nach gleicher Absolutzeit abgelesen, da an diesen Messungstagen magnetische Störung herrschte, die erfahrungsgemäß nach Weltzeit und nicht nach wahrer Zeit variiert. Die Variationen wurden für jede einzelne Einstellung ermittelt, bei der Schwingungsdauer für jede einzelne Minute, und dann mit den Mitteln für jeden Satz weitergerechnet. Im übrigen geschah die weitere Verarbeitung genau nach der gleichen Weise, wie bei den Anschlußmessungen in Potsdam.

Ergebnisse.

Indem alle Einzeleinstellungen durch Anbringen der Potsdamer Variationen auf die Basis der Potsdamer Variometer bezogen werden, gibt der Unterschied der so erhaltenen Basiswerte gegen jene von Potsdam den augenblicklichen Unterschied zwischen den Werten der erdmagnetischen Elemente in der Station gegen jene in Potsdam. Dieser Unterschied, wie früher gebildet im Sinne Station-Potsdam, die Deklination als östliche gezählt, findet sich so:

Unterschiede Station-Potsdam.

| Tage der Messung | Punkt | östl. Deklination | Inklination | Horizontalintensität |
|-----------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1925 Sept. 8. bis 10. | Ebersdorf | + 1° 55'.4
± 0.24 | - 1° 45'.4
± 2.44 | + 10947
± 2.3 |
| Sept. 14. bis 16. | Steinau (neu) | + 6 32.7
± 0.24 | + 0 54.4
± 0.46 | + 230
± 4.9 |
| Sept. 18. bis 19. | Groß-Raum | + 4 20.81
± 0.88 | + 1 24.3
± 1.12 | - 781
± 2.7 |
| Sept. 25. bis 28. | Gräfenhausen | - 2 4.9
± 0.31 | - 1 37.0
± 0.30 | + 901
± 2.2 |
| Okt. 1. bis 3. | Tüllinger Höh' | - 2 21.3
± 0.74 | ± 3 27.4
± 0.72 | + 2019
± 6.4 |

Für die den Messungen naheliegende Epoche 1926.0 waren die Normalwerte in Potsdam: $- 6^{\circ} 27'.0$, $+ 66^{\circ} 40'.2$, 0.18522 ; folglich an den Säkularstationen zur gleichen Zeit

| | | | |
|----------------|------------|-----------|---------|
| Ebersdorf | - 4° 31'.6 | 64° 54'.8 | 0.19616 |
| Steinau (neu) | + 0 5.7 | 67 34.6 | 0.18752 |
| Groß-Raum | - 2 6.2 | 68 4.5 | 0.17741 |
| Gräfenhausen | - 8 31.9 | 65 3.2 | 0.19423 |
| Tüllinger Höh' | - 8 48.3 | 63 12.8 | 0.20541 |

Zusammenstellung der seitherigen Messungen.

In dem Bericht über die Messungen in den Jahren 1913 und 1915 an Säkularstationen¹⁾ ist das damals vorliegende Material verarbeitet worden, indem auf S. (46) die Änderungen der Unterschiede Station weniger Potsdam für Steinau, Twedt, Zizow, Krawarn, Sellen und Wehrshausen graphisch dargestellt wurden. Jetzt tritt eine weitere Messung in Steinau und als Ersatz für Krawarn eine neue in Ebersdorf ein. Es sollen nun nochmals die Ergebnisse aller Stationspunkte zusammengestellt werden. Die Gelegenheit sei benützt, um den Einfluß eines inzwischen entdeckten Rechenfehlers zu eliminieren, der bei der Ableitung der Variationen in Inklination bei den drei Stationen aus 1911 sich eingeschlichen hatte.

Es beträgt die Differenz Station weniger Potsdam in Inklination:

| | | | |
|------------------|------------|-----------------|------------------------|
| Wehrshausen 1911 | VIII 21/22 | - 46'.9 ± 0'.15 | anstatt - 54'.8 ± 0.83 |
| Sellen | IX 6/7 | + 15.7 ± 0.08 | + 10.7 ± 0.27 |
| Twedt | IX 11/12 | + 120.5 ± 0.46 | ± 115.4 ± 0.38 |

Um die magnetischen Beobachtungen an dem neuen trigonometrischen Punkt Stooszen auf den alten Steinau zu übertragen, benutzen wir für die Deklination die (nicht im Handel zu habende) Isogonenkarte von Haussmann im Maßstab 1:1000000 für die Epoche 1926.0.

¹⁾ Tät. Ber. f. d. J. 1915. Berlin 1916.

Sie zeigt, daß D, gerade in der Richtung vom alten zum neuen Punkt auf 2.5 km um 1° in westlicher Deklination abnimmt. Der Abstand der Punkte beträgt 0.129 km, so daß die westl. Deklination am neuen Punkt um 3'.10 kleiner ist, als am alten. Es wird also die Differenz St—Pd auf dem alten Punkt —6° 29'.56. Für Inklination und Horizontalintensität finden sich die entsprechenden Verbesserungen aus den Karten der norddeutschen Aufnahme für 1909.0. In I beträgt die Abnahme von West nach Ost auf 20 km 10'; bei 126 m Abstand der beiden Punkte in der Ostwestrichtung ergibt sich so eine Korrektur von — 0'.06, was natürlich nur als Rechengröße zu werten ist. Der Unterschied St—Pd wird damit + 0° 54'.36. Die Horizontalintensität ändert sich in der Richtung vom alten zum neuen Punkt auf 9 km um — 100 γ, d. h. die Korrektur am H-Wert auf dem neuen Punkt beträgt — 1.4 γ; St—Pd wird somit + 231 γ. Der Unterschied zwischen den beiden trigonometrischen Punkten überschreitet demnach nur in Deklination den mittleren Beobachtungsfehler.

Somit ergibt sich als Gesamtergebnis aller seitherigen Beobachtungen an Säkularstationen folgende Übersicht.

Station weniger Potsdam.

| Ort | Breite | Länge | Epoche | Deklin. östl. | Inklin. | Hor.-Int. |
|----------------------|---------|---------|--------|---------------|-----------|-----------|
| Twedt | 54° 57' | 8° 51' | 1899.7 | — 2° 33.7 | + 1° 59.7 | — 1245 γ |
| | | | 1901.6 | — 2 34.1 | + 1 58.7 | — 1236 |
| | | | 1911.7 | — 2 36.2 | + 2 0.5 | — 1214 |
| | | | 1915.5 | — 2 36.8 | + 1 58.9 | — 1217 |
| | | | 1925.7 | + 4 20.8 | + 1 24.3 | — 781 |
| Groß-Raum | 54° 50' | 20° 30' | 1900.5 | + 2 0.9 | + 1 8.9 | — 472 |
| | | | 1912.7 | + 1 59.6 | + 1 15.2 | — 517 |
| Zizow | 54° 26' | 16° 28' | 1899.6 | + 6 44.2 | + 0 32.4 | + 460 |
| | | | 1912.6 | + 6 41.7 | + 0 42.8 | + 346 |
| | | | 1925.7 | + 6 29.6 | + 0 54.4 | + 231 |
| Steinau (Alt-) . . . | 54° 7' | 22° 26' | 1900.7 | — 2 53.5 | + 0 22.1 | — 212 |
| | | | 1911.7 | — 2 54.4 | + 0 15.7 | — 162 |
| | | | 1915.5 | — 2 8.4 | — 0 49.8 | + 464 |
| Sellen | 52° 10' | 7° 18' | 1900.6 | + 1 55.3 | — 1 49.2 | + 1124 |
| | | | 1925.6 | + 1 55.4 | — 1 45.4 | + 1094 |
| | | | 1900.6 | + 2 30.2 | — 2 12.1 | + 1362 |
| | | | 1913.6 | + 2 33.0 | — 2 8.8 | + 1326 |
| Wehrshausen | 50° 49' | 8° 44' | 1906.7 | — 2 3.6 | — 1 20.0 | + 772 |
| | | | 1911.0 | — 2 6.8 | — 1 25.8 | + 805 |
| | | | 1925.7 | — 2 4.9 | — 1 37.0 | + 901 |
| Ebersdorf | 50° 13' | 16° 40' | 1906.7 | — 2 17.6 | — 3 15.4 | + 1796 |
| | | | 1911.0 | — 2 17.6 | — 3 15.4 | + 1796 |
| | | | 1925.8 | — 2 21.3 | — 3 27.4 | + 2019 |
| D. Krawarn | 49° 57' | 18° 0' | 1906.7 | — 2 3.6 | — 1 20.0 | + 772 |
| | | | 1911.0 | — 2 6.8 | — 1 25.8 | + 805 |
| | | | 1925.7 | — 2 4.9 | — 1 37.0 | + 901 |
| Gräfenhausen | 49° 56' | 8° 37' | 1906.7 | — 2 3.6 | — 1 20.0 | + 772 |
| | | | 1911.0 | — 2 6.8 | — 1 25.8 | + 805 |
| | | | 1925.7 | — 2 4.9 | — 1 37.0 | + 901 |
| Tällingers Höh' . . | 47° 36' | 7° 37' | 1906.7 | — 2 17.6 | — 3 15.4 | + 1796 |
| | | | 1925.8 | — 2 21.3 | — 3 27.4 | + 2019 |

Der Durchschnitt aller mittleren Fehler dieser Zahlen ist in Deklination $\pm 0'.33$, in Inklination $\pm 0'.57$, in Horizontalintensität $\pm 2.2 \gamma$; die maximalen mittleren Fehler waren $\pm 0'.9$, $\pm 2'.4$, $\pm 6 \gamma$. Die Beobachtungen aus 1899 bis 1901 und jene von 1906 in Südwestdeutschland benutzten für die Ermittlung der Inklination das Nadelinklinatorium, während die anderen den bei weitem genaueren Erdinduktor verwendeten. Trotzdem wird man allen Zahlen das nämliche Gewicht geben, da die früheren Stationen nicht einzeln besuchte Säkularpunkte waren, sondern mitten in ausgedehntere Landesvermessungen hineinfielen, ihre Konstanten daher unter genauerer Kontrolle standen.

Zu diesen Punkten käme dann noch die Basisstation Korntal der württembergischen Aufnahme, an der ebenfalls mehrere Male Wiederholungsmessungen vorgenommen worden sind.

Die magnetische Anomalie bei Wittstock in der Ostprignitz.

Von A. Nippoldt.

Unweit der Stadt Wittstock in der Ostprignitz lieferten die Beobachtungen Prof. Edler's erhebliche magnetische Störungswerte. Es handelt sich hier um Beobachtungen an dem Punkt Nr. 12 der norddeutschen magnetischen Aufnahme, angestellt auf dem trigonometrischen Punkt III. Ordnung, genannt Wittstock III. Aus den isomagnetischen Karten für 1901.0¹⁾ ergeben sich für die in Frage kommende Station die Störungswerte gegenüber den mittleren Verhältnissen der weiteren Umgebung:

in X: $+ 30 \gamma$, in Y $- 30 \gamma$, in Z $+ 580 \gamma$

oder in westl. Deklination: $- 4'$; in Inklination: $+ 14'$; in Horizontalintensität: $+ 50 \gamma$.

Das Azimut des Störungsvektors fiel danach auf N 45° W, also genau auf Nordwesten; seine Neigung war $85^{\circ}45'$ gegen die Erdoberfläche. Der Punkt 12 befand sich demnach ziemlich nahe dem Epizentrum der störenden Ursache.

Nun wurde im Frühjahr 1926 bekannt, daß in jener Gegend eine große Schwereanomalie der norddeutschen Tiefebene gefunden worden

¹⁾ Ad. Schmidt: Magn. Vermessung v. Preußen 1898—1903, Veröffentl. Meteor. Inst. Nr. 276, Berlin 1914.

sei. Es tauchte daher der Wunsch auf, die magnetischen Verhältnisse bei Wittstock erneut zu untersuchen. Denn es läßt sich leider nicht bestreiten, daß die nun über ein Vierteljahrhundert zurückliegende magnetische Aufnahme, gemessen an den heutigen Beobachtungsmethoden, in bezug auf die Inklination bedeutend schwächer dasteht, als in bezug auf die horizontalen Elemente. Es stand damals nur das Nadelinklinatorium zur Verfügung, während jetzt der weit überlegene Erdinduktor benutzt werden kann. Gerade die Inklination bzw. die Vertikalintensität tragen aber, wie die obigen Zahlen lehren, den Hauptteil der Anomalie.

Aus diesem Grunde wurden am 24. und 25. September 1926 alle drei Elemente D, H, I erneut in Wittstock über dem Punkt 12 gemessen.

Das Beobachtungsgerät war identisch mit dem in der vorangegangenen Arbeit beschriebenen, also das gleiche, wie bei der Wiedervermessung der Säkularpunkte: Ebersdorf, Steinau, Gräfenhausen und Tüllinger Höh'. Auch die Art der Verarbeitung war die nämliche, so daß wegen der weiteren Einzelheiten auf diese Arbeit verwiesen sei.

Die Anschlußmessungen fanden vor und nach der Reise in Potsdam statt, vom 17. bis 21. September und vom 4. bis 5. Oktober. Ihre Ergebnisse sind:

| | | | |
|---|---------------|-----------|-------------------|
| Deklination: Instrumentalkonstante | vor der Reise | — 0'.50 | |
| | nach » | » — 0.45 | Mittel — 0.48 |
| Inklination: | vor » | » — 0.08 | |
| | nach » | » + 0.31 | Mittel + 0'.12 |
| Horizontalintensität log C bei Magnet I | vor » | » 9.81837 | Magnet II 9.81806 |
| | nach » | » 9.81863 | 9.81802 |
| | im Mittel | 9.81850 | 9.81804 |

Die Unterschiede Station—Potsdam fanden sich

| | | |
|---------------------------|----------------|-----------------|
| in Deklination zu | + 0°29'.3 | 1898: + 0°28.2 |
| » Inklination » | + 0°36'.2 | + 0°49'.0 |
| in Horizontalintensität » | — 310 γ | — 270 γ |
| » Vertikalintensität » | + 533 γ | + 1162 γ |

Die Zahlen der zweiten Spalte geben die nämlichen Größen für den 30. August 1898, den Tag der Messung von Prof. Edler.

Man sieht daraus, daß jetzt die Werte in Inklination sich um 13', in der Vertikalintensität um 629 γ kleiner findet, als bei der alten, auf das Nadelinklinatorium gestützten Aufnahme. Es ist ausgeschlossen, daß die Anomalie selbst sich inzwischen um solche Be-

träge verringert haben sollte, daß also die störenden Massen bei Wittstock derartig an Magnetisierung verloren haben sollten, während das nur rund 100 km entfernte magnetische Observatorium davon unberührt geblieben sein sollte. Vielmehr wird man den alten Wert als fehlerhaft bezeichnen müssen, und damit bestätigt finden, was schon viele Praktiker über die Genauigkeit von Nadelinklinatorien geäußert haben.

Die Beträge der Störung gegenüber dem gesamten Stationsnetz werden demnach jetzt

| | | | |
|------------------------|---------------|----------------------------|----------------|
| in westl. Deklination | — 3' | gegenüber den alten Werten | — 4' |
| » Inklination | + 1' | | + 14' |
| » Horizontalintensität | + 10 γ | | + 50 γ |
| » Vertikalintensität | — 49 γ | | + 580 γ |

Trotzdem die neueren Beträge kleiner als die alten sind, ist die Station Wittstock in einer ausgesprochenen magnetischen Anomalie gelegen, wie die Ergebnisse einer Einzelaufnahme mit einer Schmidtschen Vertikalwage zeigen, welche kurz vorher von anderer Seite ausgeführt wurde.

Über eine Fortführung der Rowland'schen Versuche.

Von O. Venske.

Bei den großen Schwierigkeiten, denen man begegnet, wenn man daran geht, sich das Wesen des beharrlichen Magnetismus der Erde verständlich zu machen, sind auch ferner liegende Erklärungsversuche desselben der Beachtung wert. Eine solche den landläufigen Annahmen weniger entgegenkommende Erklärung geht auf Lord Kelvin zurück. Dieser bedeutende Physiker hat darauf hingewiesen, daß sich im Inneren der Erde ein erheblicher Vorrat statischer Elektrizität finden könne, der vermöge seiner Mitführung bei der Drehung der Erde den beharrlichen Teil der erdmagnetischen Kräfte verursache. Es wird hierbei also der permanente Magnetismus der Erde auf elektrische Konvektionsströme zurückgeführt. Später ist diese Erklärung wieder aufgenommen worden von W. Sutherland. Derselbe hat gezeigt, daß sich unter Annahmen, die mit sonstigen Erfahrungen im Einklang stehen, Verteilungen freier Elektrizität im Erdinnern finden lassen, die auch quantitativ die an der Erdoberfläche herrschenden magnetischen Kräfte wiedergeben.

Liegt somit auch kein Anlaß vor, die Rückführung des Erdmagnetismus auf wie Ströme wirkende statische Ladungen im Innern der Erde von vornherein zurückzuweisen, so stehen ihr doch erhebliche Bedenken entgegen. Und zwar sind dieselben grundsätzlicher Natur. Man muß sich fragen, ob rotierende freie Elektrizität überhaupt im Stande ist, eine Wirkung auf einen mitrotierenden Magneten auszuüben. Vergegenwärtigt man sich, daß es sich in den Fällen, wo eine magnetische Wirkung konvektiv bewegter Elektrizität beobachtet ist, stets um eine relative Bewegung von elektrischen Mengen gegen Magnete handelt, und daß eine solche in dem vorliegenden Falle nicht vorhanden ist, so wird man wohl nicht anstehen, diese Frage zu verneinen. In der Tat ist dies mehrfach in der Literatur geschehen¹⁾, ohne daß indessen, trotz der erheblichen Bedeutung des Gegenstandes, der Versuch gemacht wäre, in eine demonstrative Behandlung desselben einzutreten. Es liegt daher hier eine Unsicherheit vor, deren Beseitigung von Wichtigkeit erscheint. Die nachfolgenden Erörterungen befassen sich damit.

Den Ausgangspunkt bildet folgende Aufgabe:

Gegeben sei ein Rotationskörper mit symmetrisch um die Achse verteilten statischen Ladungen. Der Körper rotiere mit der Winkelgeschwindigkeit ω . Gefragt wird nach der magnetischen Kraft, die auf einen mitrotierenden Einheitspol ausgeübt wird.

Bei der Lösung dieser Aufgabe stütze ich mich, da Schwerewirkungen außer Acht bleiben können, auf die spezielle Relativitätstheorie.

Ich führe ein System von Cylinderkoordinaten r, z, ϑ ein. Die z -Achse falle zusammen mit der Achse der Rotation, r sei der senkrechte Abstand eines Punktes von dieser Axe und ϑ sei (im Sinne der Schraubenregel²⁾ der Winkel den r mit einer festen Meridianebene bildet. Es möge gesetzt werden:

$$r = x_1, z = x_2, \vartheta = x_3$$

und

$$t = x_4.$$

Hier bezeichnet t die Zeit, gemessen in der Einheit $1/c$ sec, wo c die Lichtgeschwindigkeit ist. Damit wird das Quadrat des vierdimensionalen Linienelementes ds

$$ds^2 = -dx_1^2 - dx_2^2 - x_1^2 dx_3^2 + dx_4^2.$$

¹⁾ Vergl. z. B.: Gilbert. Sutherland's theory of the earth's Magnetism. Terr. Mag. V. 1900, pg. 90. Sutherland. Theory of the earth's Magnetism. Ebenda, pg. 129.

²⁾ Vergl. Chwolson. Lehrbuch der Physik. Viertes Band. Braunschweig 1913, S. 215.

Ist ferner ρ die räumliche Dichte der Ladung, so sind bei Zu-
grundelegung des Lorentz'schen elektrostatischen Maßsystems die
Komponenten des Viererstromes

$$o, o, \rho\omega, \rho.$$

Zu diesem Viererstrom gehört nach Hrn. Einstein ein kovarianter
antisymmetrischer Sechservektor $F_{\mu\nu}$, durch dessen Komponenten die
Komponenten der elektrischen Kraft gegeben sind wie folgt:

$$E_r = F_{14}, \quad E_z = F_{24},$$

während die magnetische Kraft durch

$$H_r = \sqrt{-g} F^{23}, \quad H_z = \sqrt{-g} F^{31}$$

bestimmt wird. Dabei ist

$$\sqrt{-g} = \sqrt{|g_{\mu\nu}|} = r. \quad . \quad . \quad (\mu, \nu = 1, 2, 3, 4).$$

Die dritten Komponenten E_θ und H_θ der elektrischen und mag-
netischen Kraft verschwinden.

Nun führe ich eine Transformation aus, indem ich setze

$$x'_1 = x_1, \quad x'_2 = x_2, \quad x'_3 = x_3 - \omega x_4, \quad x'_4 = x_4.$$

Die Komponenten F^{23} und F^{31} gehen hierbei über in

$$F'^{23} = F^{23} - \omega F^{24},$$

$$F'^{31} = F^{31} - \omega F^{41},$$

und die magnetischen Kräfte in dem neuen Bezugssystem werden:

$$H'_r = \sqrt{-g'} (F'^{23} - \omega F'^{24}),$$

$$H'_z = \sqrt{-g'} (F'^{31} - \omega F'^{41}).$$

Die dritte Komponente der magnetischen Kraft ist wieder gleich
Null.

Da die Funktionaldeterminante der Transformation gleich 1
ist, gilt

$$\sqrt{-g'} = \sqrt{-g} = r.$$

Ferner ist

$$F'_{24} = F_{24} + \omega F_{23},$$

$$F'_{41} = F_{41} + \omega F_{31},$$

$$F'_{24} = -F^{24},$$

$$F'_{41} = -F^{41},$$

$$F'_{23} = r^2 F^{23},$$

$$F'_{31} = r^2 F^{31},$$

und mithin

$$H'_r = \sqrt{-g} ((1 - \omega^2 r^2) F^{23} + \omega F'_{24}),$$

$$H'_z = \sqrt{-g} ((1 - \omega^2 r^2) F^{31} + \omega F'_{41}).$$

Das Produkt $r^2 \omega^2$ ist eine reine Zahl und immer sehr klein. Beispielsweise ist es für einen Punkt des Äquators der Erde gleich 2.4×10^{-12} . Läßt man es daher zur Vereinfachung fort, woraus nie ein merkbarer Fehler entstehen kann, so dürfen x'_1, x'_2, x'_3 auch ihrerseits als Zylinderkoordinaten betrachtet werden und x'_4 gewinnt die Bedeutung der allen Punkten des bewegten Systems gemeinsamen Eigenzeit.

Unter dieser Voraussetzung lassen sich die Gleichungen folgendermaßen in Worte fassen:

Von einer rotierenden Ladung wird auf einen mitrotierenden Punkt eine magnetische Kraft ausgeübt, die so groß ist, als ob der Punkt stillstände und die Ladung allein rotierte. Ist ein elektrisches Feld vorhanden, so tritt eine magnetische Zusatzkraft auf. Sie ist gleich dem Vektorprodukt aus Geschwindigkeit und elektrischer Kraft und so gerichtet, daß sie mit der elektrischen Kraft und der Geschwindigkeit ein Rechtssystem bildet.

Am Äquator der Erde hat diese Zusatzkraft, falls man daselbst ein positives Potentialgefälle von 150 Volt pro m annimmt, den Wert

$$-\frac{2 \times 3.14 \times 6.37 \times 10^8 \times 1.50 \times 10^8}{86164 \times 3 \times 10^{10} \times 3 \times 10^{10}} = -7.7 \times 10^{-9} \text{ G},$$

wobei das negative Vorzeichen die Richtung nach Süden andeutet. Sie hätte nur dann ein Potential, wenn das Potentialgefälle der Luftelektrizität symmetrisch um die Erdachse verteilt wäre. Da dies nicht der Fall ist, so kann man sie zur Erklärung des Nichtverschwindens des Linienintegrals der erdmagnetischen Kraft heranziehen. Diesen Gedanken näher auszuführen wäre indessen verfrüht. Voraufgehen müßte eine Kritik der Beobachtungsdaten, welche der Berechnung der Linienintegrale zu Grunde liegen. Eine solche Kritik wäre namentlich den Beobachtungen von bewegtem Standpunkte gegenüber, wie denen auf See, am Platze, wo sich sehr wohl fremdartige Einflüsse von systematischem Charakter, man denke an die Coriolis-Kraft, geltend machen können.

Nach dem Bisherigen ist die oben gekennzeichnete Ansicht von Lord Kelvin zwar nicht unbegründet, aber doch nur bedingt richtig. Rotierende elektrische Ladungen üben auf einen mitrotierenden Pol nur dann eine magnetische Kraft aus, als ob der Pol stillstände, wenn sie kein äußeres elektrisches Feld besitzen. Ist aber ein solches vorhanden, so entsteht eine magnetische Zusatzkraft.

Dem Wesen der letzteren kommt man näher, wenn man sich daran erinnert, daß analog zu ihr bei der Bewegung eines Körpers im magnetischen Felde eine zu diesem und der Bewegungsrichtung senkrechte elektrische Kraft auftritt. Letztere Kraft wird nicht nur durch theoretische Erwägungen gefordert, sondern ist auch mehrfach experimentell nachgewiesen. H. A. Wilson¹⁾ hat gezeigt, daß ein um seine Achse rotierender dielektrischer Zylinder, der einem axialen magnetischen Felde ausgesetzt ist, radial dielektrisch polarisiert wird. Ferner ist es Hrn. W. Wien²⁾ gelungen, an Kanalstrahlen im transversalen magnetischen Felde den Stark-Effekt zu beobachten.

Um die in Rede stehende magnetische Zusatzkraft am Experiment zu prüfen, könnte man daran denken, die Versuchsanordnung von Hrn. Wien einfach aus dem magnetischen in das elektrische Gebiet zu übertragen. Ein Erfolg ließe sich indessen hierbei nicht erwarten, wie leicht abzuschätzen ist. Das stärkste elektrische Gefälle, welches sich noch verwirklichen läßt, ist auf höchstens 20 000 Volt/cm anzusetzen, während die Geschwindigkeit der schnellsten Kanalstrahlen 10^8 cm/sec beträgt. Hiermit ergibt sich die höchstens zu erwartende Zusatzkraft gleich

$$\frac{10^8 \times 2 \times 10^4 \times 10^8}{3 \times 10^{10} \times 3 \times 10^{10}} = 2.22 \times 10^{-1} \Gamma,$$

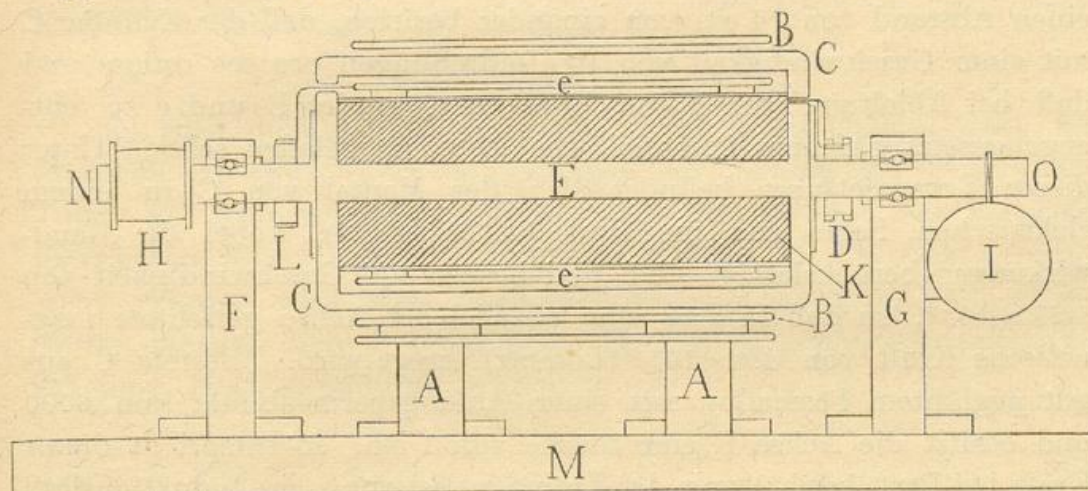
also viel zu klein, um noch durch das Zeeman-Phänomen nachweisbar zu sein, da ihr im sichtbaren Teil des Spektrums nur eine Aufspaltung von 3×10^{-6} Angström-Einheiten entsprechen würde.

Anders steht es beim Versuch von H. A. Wilson. Dieser läßt sich in der Tat in eine solche Form bringen, daß der Nachweis, daß durch Bewegung im elektrischen Felde eine magnetische Kraft entsteht, ins Bereich der Möglichkeit rückt. Ich will dies an der Hand der folgenden Figur erläutern. Dieselbe stellt einen Apparat dar, dessen Zweck es ist, die Rotation des Mantels eines eisernen Hohlzylinders in einem elektrischen Felde zu ermöglichen. Es bedeutet M die Grundplatte, auf der sich zwei Ständer F und G erheben. CC sei ein geschlossener Hohlzylinder, der mit Stirnwänden und Achse aus hoch magnetisierbarem Materiale besteht. Die Achse E möge sich nach beiden Seiten in einen Vollzylinder N und O aus Phosphorbronze fortsetzen, die beide mittels Kugeln leicht drehbar in den Ständern F und G gelagert seien. N trage eine schwach ballig

¹⁾ H. A. Wilson. Phil. Transact. (A). 204, pg. 121. London 1905.

²⁾ W. Wien. Ann. d. Phys. (4). 49, S. 842. Leipzig 1916.

gedrehte Riemenscheibe H, O sei mit einer Wurmschraube ausgerüstet, die in ein Zählwerk J eingreift. Im Inneren des Hohlzylinders CC befinde sich konzentrisch zur Achse E eine Spule K, die durch ein übergeschobenes Messingrohr elektrostatisch geschützt ist. Die Enden der Wickelung der Spule K seien nach außen zu einem Doppelschleifringe D geführt, der auf der Achse O sitzt. Über dem



Schutzrohr von K und von ihm durch eine Bakelitzwischenlage isoliert sei konzentrisch ein Messingzylinder BB angeordnet, der durch einen isolierten Leiter mit dem auf dem Endstück N der Achse E befestigten Schleifring L verbunden ist. Zu bemerken bleibt noch, daß CC konzentrisch von einem Messingzylinder BB umschlossen wird, der mittels Isolatoren A auf der Grundplatte M aufruht.

Benutzt würde der Apparat in folgender Weise: Es werden mit Anwendung des Schleifringes L die Zylinder ee und BB zu entgegengesetzt gleichem Potential aufgeladen, dann wird der Hohlkörper CC vermittle eines Motors und der Riemenscheibe H in schnelle Drehung versetzt, endlich wird der in der Spule K entstehende Strom von dem Doppelschleifringe D aus in ein Galvanometer geleitet und mit diesem messend verfolgt.

Nicht unerwähnt darf bleiben, daß in dem Körper CC durch die erdmagnetische Vertikalintensität Ströme induziert werden und daß er auch der von S. J. Barnett untersuchten Magnetisierung durch Rotation unterliegt. Indessen wären diese beiden Wirkungen in dem vorliegenden Falle bedeutungslos, da sie in keinerlei Abhängigkeit von den Ladungen stehen, welche die Zylinder e und B tragen.

Die folgende Rechnung mag dartun, inwieweit es mit dem beschriebenen Apparat gelingen müßte, die Existenz der in Rede stehenden,

von der Theorie geforderten magnetischen Kraft nachzuweisen. Es sei der mittlere Radius des Mantels des Zylinders C gleich 3 cm und seine Wandstärke gleich 0.5 cm. Ferner betrage die Länge der Zylinder B und e je 12 cm und es sei der Luftspalt zwischen C und B einerseits und der zwischen C und e andererseits je 0.2 cm breit. Weiter werde angenommen, daß die Mitten der Stirnflächen von C einen Abstand von 14 cm von einander besitzen, daß der Zylinder C mit einer Geschwindigkeit von 10 Umdrehungen pro sec rotiere und daß bei Ableitung von N zur Erde die Zylinder B und e zu entgegengesetzt gleichem Potential von 3000 Volt geladen seien. Unter dieser Voraussetzung befindet sich der Mantel von C in einem elektrischen Felde von im Mittel 14.1 (Lorentz), wobei die Randwirkungen berücksichtigt sind, und besitzt eine Geschwindigkeit von 6.27×10^{-9} , so daß in ihm eine parallel der Achse gerichtete magnetische Kraft von 8.8×10^{-8} (Lorentz) erregt wird. Besteht C aus gut geglühtem Permalloy mit einer Anfangspermeabilität von 6000 und besitzt die Achse E eine Stärke von 1 cm, so entspricht dieser Kraft bei Berücksichtigung der Entmagnetisierung ein Induktionsfluß in der Achse von 3.14×10^{-4} (Lorentz). Die Spule K sei in 2700 Windungen aus 0.7-mm starkem Kupferdraht bei einem mittleren Radius einer Windung von 1.3 cm gewickelt, so daß ihr Widerstand 10 Ohm beträgt. Wird ferner die Ladung der Zylinder B und e und der Galvanometerstrom abwechselnd je 10 mal pro sec mit Hilfe eines rotierenden Kommutators gewendet, so wäre in der Spule K eine elektromotorische Kraft von 6.00×10^{-7} Volt wirksam, die in einem Galvanometer vom inneren Widerstande 10 Ohm, etwa einem Siemens-Halske'schen Panzergalvanometer, einen Strom von 3.0×10^{-8} Ampère und damit an einer 1 m entfernten Skala bei einer Empfindlichkeit von 4×10^{-10} Ampère pro Skalenteil (der Listenempfindlichkeit dieses Instrumentes) einen Ausschlag von 75 Skalenteilen hervorrufen würde. Bei Vergrößerung der Dimensionen des Apparats, aber Konstanthaltung der Breite der Luftspalte würde dieser Ausschlag stärker als mit der dritten Potenz des Größenverhältnisses zunehmen.

Nach diesem Ergebnis kann es nicht fraglich erscheinen, daß der beschriebene Apparat geeignet wäre, die Folgerungen der neuen elektrodynamischen Theorie bezüglich der magnetischen Wirkung statischer Elektrizität auf bewegte Körper zu prüfen. Eine solche Prüfung könnte als Fortsetzung der Rowland'schen Versuche angesehen werden, bei denen es sich um die auf ruhende Körper von

bewegter Elektrizität ausgeübten magnetischen Kräfte handelt. Sie hätte theoretisches und geophysikalisches Interesse. Darüber hinaus würde ihr aber auch praktische Bedeutung beiwohnen. Denn wenn von Luftfahrern gemeldet wird¹⁾, daß bei Fahrten in oder nahe von Wolken der Kompaß versagt, so ist es sicher, daß hierbei der magnetische Einfluß von elektrostatischen Ladungen auf schnell bewegte Körper im Spiele ist.

Zusammenfassung.

Es wird gezeigt, daß die Ansicht von Lord Kelvin, nach der räumlich verteilte elektrische Ladungen die Ursache des beharrlichen Teiles des Erdmagnetismus bilden, mit Folgerungen aus der relativistischen Theorie des elektrischen Feldes in Übereinstimmung steht. Ferner wird eine Versuchsanordnung angegeben, die es gestatten würde, diese Folgerungen, die nicht genügend gesichert erscheinen, experimentell zu prüfen.

Ein typisches Beispiel für den Zusammenhang hoher und niederer Druckschwankungen.

Von Kapitänleutnant a. D. O. v. Schubert.

Veranlassung zu der Untersuchung.

Bei Durchsicht der Lindenberger Aufstiegsresultate fiel mir ein besonders starker dreitägiger Druckfall in der zweiten Hälfte des November 1916 auf, der mit fortdauernder Abkühlung am Boden bei anfangs schwachen nördlichen, dann stark auffrischenden östlichen Winden verbunden war, während man an der Vorderseite einer so ausgeprägten Depression doch Erwärmung bei Winden aus S und W erwarten sollte.

Tabelle 1 zeigt die Aufstiegsresultate während des Vorübergehens der Depression. Man sieht daraus, daß der Druck vom 16. XI. um 9 a m bis zum 19. XI. um 7 a m, also in 70 Stunden um 27,5 mm fiel, während die Temperatur im gleichen Zeitraum ganz allmählich um 5° fiel. Die Tabelle läßt auch den ebenso schroffen Druckanstieg erkennen, welcher der Depression folgte und in dessen Verlauf die Temperatur am Boden von -4.4° bis etwa $+5^{\circ}$ stieg, während der

¹⁾ Vergl. Die Arbeiten des Preußischen Aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg. Bd. XV. Braunschweig 1926, S. 241.

Tabelle 1. Linden-

| Nov. 16 | Boden | | | 500 | | | 1000 | | | 1500 | | |
|---------|-------|-------|-----------|-----|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|----------|
| | B | T | Wind | B | T | Wind | B | T | Wind | B | T | Wind |
| 7a | 57.3 | + 6.5 | NWzN1 | 23 | +5.4 | C | 80 | + 2 | C | 38 | + 0.8 | SW 2 |
| 10. 2p | 59.8 | + 6.8 | NW 2 | 26 | +4.6 | NzW 3 | 83 | + 1.4 | NNW 6 | 42 | - 0.4 | NW 5 |
| 7p | 61.9 | + 4 | NNW 2 | 27 | +4.4 | C | 84 | + 1.4 | C | 43 | - 0.4 | C |
| 7a | 62 | + 0.3 | SSE 2 | 28 | +4.6 | SzW 3 | 84 | + 2 | SW 5 | 43 | + 1 | WSW 6 |
| 11. 2p | 62.5 | + 5.8 | SW 4 | 28 | +6.2 | WSW 8 | 85 | + 6.2 | W 12 | 44 | + 7.4 | Wz N 13 |
| 7p | 59.3 | + 7.2 | SW 5 | 25 | +6.2 | Wz N 12 | 83 | + 8.8 | WNW 14 | 43 | + 8.4 | NW 15 |
| 10a | 55.2 | + 8.8 | SSW 7 | 21 | +6.3 | W 15 | 79 | +11.2 | WzN 17 | 40 | + 8.1 | Wz N 16 |
| 12. 3p | 53.5 | + 9.6 | WSW 6-9 | 20 | + 8 | Wz N 16 | 78 | + 7.2 | WzN 18 | 38 | + 8 | Wz N 18 |
| 8p | 53.3 | + 9.7 | W 5-8 | 20 | +8.6 | Wz N 15 | 77 | + 5.8 | WNW 17 | 37 | + 4.2 | NWzW 15 |
| 8a | 52.1 | + 8.6 | W 6-8 | 18 | +6.8 | WNW 15 | 76 | + 4 | WNW 13 | 36 | + 6.8 | WNW 15 |
| 13. 2p | 48.7 | +10.1 | W 7-10 | 15 | + 2.3 | Wz N 23 | 73 | + 5.6 | WzN 24 | | | |
| 8p | 49 | + 7.6 | WNW 5-8 | 15 | +4.6 | NW 18 | 73 | + 0.6 | NW 22 | 32 | - 3.4 | NW 25 |
| 8a | 54.3 | + 4.6 | NNW 4-6 | 20 | +0.8 | NzW 15 | 76 | - 1.6 | N 15 | 35 | - 4.8 | N 16 |
| 14. 5p | 56.9 | + 3.6 | Nz W 4 | 21 | +0.6 | N 8 | 77 | - 2.8 | N 10 | 36 | - 6.6 | N 12 |
| 9p | 58.2 | + 1.2 | NWz N 6 | 23 | -1.2 | NNE 14 | 79 | - 4 | NNE 12 | 37 | - 7.8 | NNE 12 |
| 10a | 58.8 | + 1.6 | NNW 5 | 24 | - 2 | NzE 9 | 80 | - 6 | NNE 11 | 38 | - 9.7 | NNE 12 |
| 15. 2p | 58.1 | + 0.5 | N 5-8 | 23 | -2.1 | N 10 | 79 | - 5.6 | Nz E 13 | 37 | -10.3 | NzE 14 |
| 9p | 58.6 | - 0.2 | N 2 | 24 | -3.4 | NNE 11 | 79 | - 7.3 | NNE 11 | 37 | -11.8 | NE 12 |
| 9a | 58.1 | + 1.2 | N 2 | 23 | -4.3 | NE 10 | 78 | - 8.3 | NE 12 | 36 | -10.4 | NEzN 11 |
| 16. 3p | 56.7 | + 0.9 | NzE 3 | 22 | -3.7 | NNE 5 | 77 | - 7.2 | NEzN 8 | 35 | -11.5 | NEzN 8 |
| 7p | 56 | - 1.2 | NNE 4 | 21 | -3.2 | NEzN 8 | 76 | - 7.9 | NE 6 | 34 | -10.8 | NEzE 5 |
| 9a | 51.8 | - 0.1 | N 3 | 17 | - 4.9 | NNE 8 | 73 | - 8.8 | NE 10 | 31 | -11.7 | NE 11 |
| 17. 1p | 49.3 | - 0.6 | NNE 2 | 14 | - 5 | ENE 3 | 70 | - 9.1 | NRzE 4 | 28 | -13.6 | NE 6 |
| 8p | 49.2 | - 2.9 | E 6 | 14 | - 6.1 | ESE 10 | 70 | - 10 | SEz E 7 | 28 | - 9.7 | SEzE 8 |
| 9a | 42.7 | - 2.7 | ESE 9 | 08 | - 7.2 | ESE 16 | 64 | - 5.6 | ESE 16 | 23 | - 6 | ESE 16 |
| 18. 3p | 37 | - 2.4 | ESE 12-14 | 02 | -6.2 | ESE 20 | 59 | - 3.2 | ESE 20 | 19 | - 1.2 | ESE 18 |
| 7p | 35.3 | - 2.4 | E 12-14 | 01 | - 6 | Ez S 20 | 58 | - 4 | Ez S 18 | 18 | - 5.2 | EzS 20 |
| 7a | 30.6 | - 4.4 | E 10-14 | 96 | -7.4 | Ez S 21 | 53 | - 3.9 | Ez S 22 | 13 | - 4.5 | EzS 22 |
| 19. 3p | 30.7 | - 3.3 | Ez S 6-10 | 96 | -6.4 | Ez S 13 | 53 | - 5 | Ez S 12 | 13 | - 6.5 | ESE 9 |
| 8p | 35.5 | - 3.2 | Ez S 3 | 99 | -4.7 | SEz E 10 | 56 | - 6 | SSE 5 | 16 | - 5.7 | S 5 |
| 10a | 41.9 | - 0.7 | SE 5 | 08 | +5.4 | SW 8 | 66 | + 1.8 | SWzW 10 | 26 | - 2.2 | WSW 10 |
| 20. 4p | 44 | + 2.9 | SEzS 5 | 10 | + 7 | S 8 | 68 | + 4.2 | SzW 10 | 28 | + 0.4 | SWzS 11 |
| 8p | 44 | + 1.6 | Ez S 6 | 10 | +8.8 | SE 11 | 68 | + 5.6 | SEz S 10 | 28 | + 2.2 | SEz S 9 |
| 7a | 38.5 | + 2.2 | E 6-10 | 05 | +6.2 | ESE 22 | 64 | + 6.8 | SEzE 12 | 24 | + 5.8 | SE 14 |
| 21. 3p | 33.7 | + 5.4 | E 5-9 | 01 | +6.5 | ESE 14 | 60 | + 7 | SEzE 17 | 20 | + 1.6 | SEz S 18 |
| 6p | 32.9 | + 5.4 | E 5-8 | 00 | +7.7 | SEz E 16 | 59 | + 4.4 | SE 18 | 19 | + 1.2 | SEz S 13 |
| 22. 2p | 42.5 | + 5.4 | SW 12-14 | 09 | +1.8 | SWzW 24 | 66 | - 1.5 | SWzW 24 | 25 | - 3.6 | WSW 23 |
| 6p | 43.6 | + 4.7 | SSW 10-16 | 10 | +1.7 | WSW 22 28 | 67 | - 1.4 | WzS 25-30 | | | |
| 7a | 53.9 | + 5.4 | W 9 | 20 | +2.5 | W 16 | 76 | - 0.3 | WzN 18 | | | |
| 23. 3p | 58.5 | + 6.4 | WzS 7 | 24 | + 3 | W 18 | 80 | + 0.3 | WzN 18 | 39 | - 3.4 | NNW 17 |
| 8p | 60.3 | + 4.9 | SW 10 | 26 | +5.4 | W 18 | 83 | + 1.5 | W 18 | 42 | + 1.2 | W 14 |
| 9a | 61.5 | + 2.4 | SW 5 | 27 | +4.9 | WSW 10 | 84 | + 7.4 | WSW 11 | 44 | + 5 | WSW 12 |
| 24. 4p | 58 | + 4.9 | Sz E 6 | 24 | + 8.4 | SW 18 | 82 | + 9.1 | SWzW 18 | 42 | + 7.7 | SWzW 15 |
| 9p | 56.7 | + 3.1 | SW 5 | 23 | +7.8 | SW 23 | 81 | +10 | SW 18 | 41 | + 8.4 | SW 17 |

20. XI. 10 a. m.

| | | | |
|------|----|-------|-------|
| 4500 | 23 | -23 | SW 14 |
| 4930 | 98 | -26.3 | SW 14 |

20. XI. 8 p. m.

| | | | |
|------|----|-------|--------|
| 4500 | 26 | -19 | SzW 15 |
| 4820 | 08 | -20.6 | SzW 15 |

starke Wind anfangs aus E, später aus SW wehte. Also auch hier anormale Verhältnisse für eine Rückseite.

Wie man ferner aus der Tabelle ersieht, trat die am Boden ausgebliebene Erwärmung in den Höhen oberhalb 1000 m am 17. XI.

berg, Aufstiege.

| B | T | Wind | B | T | Wind | B | T | Wind | B | T | Wind | B | T | Wind |
|------|--------|----------|------|--------|----------|------|--------|-----------|------|--------|----------|------|--------------|----------|
| 2000 | | | 2500 | | | 3000 | | | 3500 | | | 4000 | | |
| 01 | - 1.1 | SW 4 | 64 | - 4 | SW 6 | 29 | - 6.3 | SWz S 8 | 96 | - 7.4 | SWz S 9 | | | |
| 04 | - 1.5 | C | 67 | - 4.1 | Wz N 2 | 32 | - 7.1 | Wz N 3 | 98 | - 10.5 | Wz N 4 | | | |
| 04 | - 0.3 | Wz S 7 | | | | | | | | | | | | |
| 06 | + 5.4 | Wz N 14 | 70 | + 2.8 | WNW 15 | 36 | - 0.4 | NWz W 16 | | | | | | |
| 05 | + 5.4 | NW 16 | | | | | | | | | | | | |
| 02 | + 6.4 | WNW 16 | 67 | + 3.8 | WNW 17 | 33 | + 2.4 | WNW 18 | 01 | + 1.1 | NWz W 18 | | 3920 | |
| 00 | + 6.3 | WNW 17 | 65 | + 2.5 | WNW 16 | 31 | + 1 | WNW 18 | | | | 75 | - 1 | NW 19 |
| 00 | + 3.1 | NWz W 15 | 64 | + 0.3 | NWz W 14 | 30 | - 1.1 | NWz W 14 | | | | | | |
| 98 | + 4.4 | WNW 18 | 63 | + 1.1 | NWz W 19 | 28 | - 0.5 | NWz W 21 | | | | | | |
| 93 | - 3.9 | NW 25 | | | | | | | | | | | 3200 | |
| 96 | - 7 | N 16 | 59 | - 10 | N 17 | | | | | | | 10 | - 13.4 | N 10 |
| | | | | | | | | | | | | | 4000 | |
| 97 | - 9.8 | NNE 10 | 60 | - 9.8 | NNE 10 | 25 | - 11.8 | NNE 10 | 91 | - 14.2 | NNE 12 | 60 | - 17 | NNE 12 |
| 98 | - 13.4 | NNE 12 | 60 | - 16.1 | NNE 13 | 24 | - 16 | NNE 13 | | | | | | |
| 97 | - 13.8 | NNE 14 | 60 | - 14.8 | NNE 15 | | | | | | | | | |
| 97 | - 15.8 | NE 13 | 58 | - 15.6 | NE 14 | 25 | - 15.2 | NE 14 | 91 | - 17.3 | NE 14 | | | |
| 96 | - 12.8 | NEz N 12 | 58 | - 15.4 | NE 13 | 22 | - 17.5 | NE 14 | 88 | - 19.1 | NEz E 14 | 56 | - 21.9 | NEz E 15 |
| | | | | | | | | | | | | | 4500-9 a. m. | |
| | | | | | | | | | | | | 26 | - 24.9 | NEz E 15 |
| 91 | - 11.8 | NEz N 12 | 54 | - 15.2 | NEz N 12 | 18 | - 18.8 | NEz NE 13 | 85 | - 21.6 | NNE 15 | | | |
| 88 | - 15 | NE 7 | | | | | | | | | | | | |
| 89 | - 11.6 | SEz E 10 | 51 | - 14 | SEz E 11 | 16 | - 18 | SEz E 11 | 83 | - 18.7 | SEz E 12 | | | |
| 84 | - 7.6 | ESE 14 | 48 | - 7.8 | ESE 14 | 14 | - 10.2 | ESE 15 | 81 | - 12.6 | ESE 15 | 51 | - 17 | ESE 16 |
| 81 | - 3.4 | ESE 16 | 45 | - 3.4 | ESE 16 | 12 | - 8.4 | ESE 16 | 80 | - 10.5 | ESE 16 | | | |
| 80 | - 5.4 | Ez S 20 | | | | | | | | | | | | |
| 75 | - 5.6 | Ez S 21 | | | | | | | | | | | | |
| 75 | - 4.8 | SEz E 7 | | | | | | | | | | | | |
| 78 | - 4.9 | SSW 6 | 42 | - 6.1 | WSW 8 | | | | | | | | | |
| 87 | - 5.8 | WSW 12 | 51 | - 9 | SWz S 12 | 16 | - 12.1 | SWz S 12 | 83 | - 15 | SW 12 | 52 | - 18.8 | SW 14 |
| 90 | - 3.8 | SWz S 12 | 54 | - 7.4 | SW 14 | 19 | - 11.2 | SW 14 | 86 | - 13.8 | SWz S 16 | 55 | - 16.2 | SWz S 16 |
| 90 | - 3 | SSE 10 | 53 | - 6.6 | SSE 12 | 19 | - 11.4 | SW 13 | 86 | - 12.4 | SW 14 | 55 | - 16 | SzW 15 |
| 87 | + 2.6 | SSE 15 | 52 | - 0.8 | SSE 17 | | | | | | | | | |
| 86 | - 6.1 | WSW 23 | | | | | | | | | | | | |
| 00 | - 2.6 | WNW 17 | 63 | - 5.4 | WNW 16 | 28 | - 9.4 | WNW 16 | 95 | - 13 | NWz W 16 | | | |
| 03 | - 1 | W 16 | 66 | - 3.6 | Wz N 16 | 31 | - 5.6 | Wz N 16 | | | | | | |
| 06 | + 1.8 | WSW 13 | 70 | + 1.3 | WSW 13 | 35 | - 2 | WSW 14 | 03 | - 6.4 | WSW 14 | 70 | - 8.8 | Wz S 15 |
| 04 | + 4.4 | WSW 16 | 68 | + 1.6 | Wz S 18 | | | | | | | | | |
| 03 | + 5.5 | SW 17 | 67 | + 3.9 | SW 19 | 33 | + 1.9 | SW 19 | 01 | - 1.5 | SWz W 20 | | - 6 | SWz W 22 |

nachmittags bei gleichzeitigem Drehen des Windes von NE auf SE ziemlich plötzlich ein, und zwar wird die Erwärmung mit zunehmender Höhe immer kräftiger. Die dadurch hervorgerufene Inversion (s. Fig. 1) ist so stark, daß am 18. die Temperatur in 1500 m höher ist als am Boden. Die Erklärung für das außergewöhnliche Verhalten von Temperatur und Wind im Verlauf dieser Depression ist daher ziemlich einfach: eine Kaltluftmasse hat am Boden das Eindringen der warmen süd-

lichen Strömung der Vorderseite verhindert, während in der Höhe über der kalten Luft schon lange die Advektion wärmerer begonnen hat. Der tiefe Druck im Westen hat ferner die ziemlich niedrigen Massen kalter Luft angesaugt und so die kalten Ostwinde in den niedrigen Schichten erzeugt, welche zu dem gewohnten Bild einer Vorderseite so wenig zu passen scheinen. Merkwürdig ist dabei nur, daß die Bewegungsrichtung der so verschieden temperierten Luftmassen, deren Herkunft doch auch eine ganz verschiedene sein muß, fast dieselbe ist. In allen Höhen ist die Windrichtung annähernd

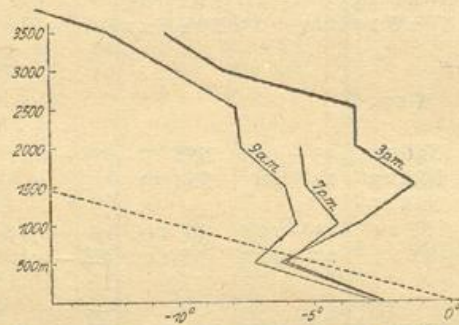


Fig. 1. Inversion Lindenberg am 18. XI. 1916.

ESE. Auch die relative Feuchtigkeit bietet keinen Anhalt zur Unterscheidung der beiden Strömungen. — Beim Näherkommen des Kernes der Depression hat sich dann die warme Strömung verspätet auch am Boden durchgesetzt und den Rest der Kaltluft nach Norden abgeschoben. Diese verspätete Erwärmung fällt zeitlich schon mit dem Beginn des Druckanstieges zusammen und macht die anormalen Verhältnisse auf der Rückseite verständlich. Der Vorgang ist also umgekehrt wie bei einer Okklusion: während dort die kalten Luftmassen der Vorder- und Rückseite sich zusammenschließen und die warme Luft vom Boden abheben, hat sich hier umgekehrt die warme Luft durch Fortschaffen der kalten allmählich den Weg bis zum Boden gebahnt.

Wenn mithin auch die Umstände, die zunächst die Aufmerksamkeit auf diese Depression lenkten, genügend aufgeklärt waren, so konnte doch eine eingehende Untersuchung des ganzen Falles lohnend erscheinen, zumal noch sehr wenige derartige Einzeldarstellungen vorliegen. Beklagenswert ist dabei, daß für das Kriegsjahr 1916 bei weitem nicht das umfangreiche Material zusammengetragen werden konnte, wie es heute ohne weiteres aus den täglichen Veröffentlichungen zu entnehmen wäre.

Vorläufige Übersicht über das Ergebnis.

Wegen der Schwierigkeit der Darstellung, die sonst immerfort zwischen Betrachtung von Druck, Temperatur und Wetterkarte hin und herspringen müßte, sei zunächst das Ergebnis der Untersuchung in großen Zügen mitgeteilt; die Behandlung der einzelnen Elemente wird dann durch einen roten Faden zusammengehalten und dadurch übersichtlicher.

Es zeigte sich, daß die bisher geschilderten Vorgänge als ein Ausschnitt aus einer Druckschwankung von längerer Dauer betrachtet werden können, welche ganz Europa in Mitleidenschaft zog und die weiter im Westen noch viel kräftiger war. Der Druckfall begann fast ausnahmslos bereits am 11. XI., und die Barometerstände dieses Tages sind etwa am 24. wieder erreicht.

Es zeigte sich ferner, daß gleichzeitig ein großer Kälteeinbruch ebenfalls ganz Europa überflutete, dessen Einsetzen auf den südlichen Bergstationen schon am 12. nachzuweisen ist und dessen Wirkung etwa am 21. durch die von der Depression herangeführten Massen warmer Luft beseitigt war.

Das zeitliche Zusammentreffen beider Erscheinungen kann nicht als Zufall angesehen werden. Es muß vielmehr ein ursächlicher Zusammenhang angenommen werden, derart, daß der tiefe Druck auf dem Atlantik das Ausfließen der Kaltluft aus dem Polarbecken veranlaßt hat. Die kalten Luftmassen wirken dann in der auf den Kontinent übertretenden Depression wie ein Fremdkörper und stören den regelmäßigen Ablauf der Erscheinungen in derselben.

Betrachtung der einzelnen Elemente.

1. Druckkurven. Zeichnet man die Barographenkurve einer beliebigen Station, so ergibt sich stets in dem absteigenden Ast dieser Kurve, der vom 11. bis 19. reicht, eine ausgeprägte Aufblähung etwa vom 13. bis 18., die als thermisch bedingter (sekundärer) Druckanstieg in den unteren Schichten — verursacht durch den Kälteeinbruch — anzusehen ist, während der primäre Druckfall inzwischen gleichmäßig fortschreitet. Am deutlichsten wird dieser Zusammenhang dadurch, daß der sekundäre Druckanstieg in den Kurven der südlichen Bergstationen und auch derjenigen von Lindenberg in 3000 m Höhe fast völlig fehlt, zugleich ein Beweis für die verhältnismäßig geringe Höhe der Kaltluftmassen. Der gesamte Druckfall erreicht auf der Zugspitze den ungewöhnlichen Betrag von 28.9 mm,

Säntis 25, Sonnblick 25.5 und Feldberg (im Schwarzwald) 31 mm. — Der aufsteigende Ast der Druckkurven (vom 19. bis etwa 24.), zeigt dagegen überall eine mehr oder weniger deutliche Einsenkung vom 20. bis 22., in welcher wiederum eine sekundäre Wirkung, nunmehr der durch die Depression herangeführten warmen Luftmassen, zu erblicken ist, während der sekundäre Druckanstieg unbeirrt weiter geht. Auch dieser thermische Druckfall ist in den Kurven der Höhenbeobachtungen viel weniger ausgeprägt, reicht aber doch höher, als der durch den Kälteeinbruch verursachte sekundäre Druckanstieg. Besser als Worte werden die beigefügten Kurven diese Tatsachen vor Augen führen.

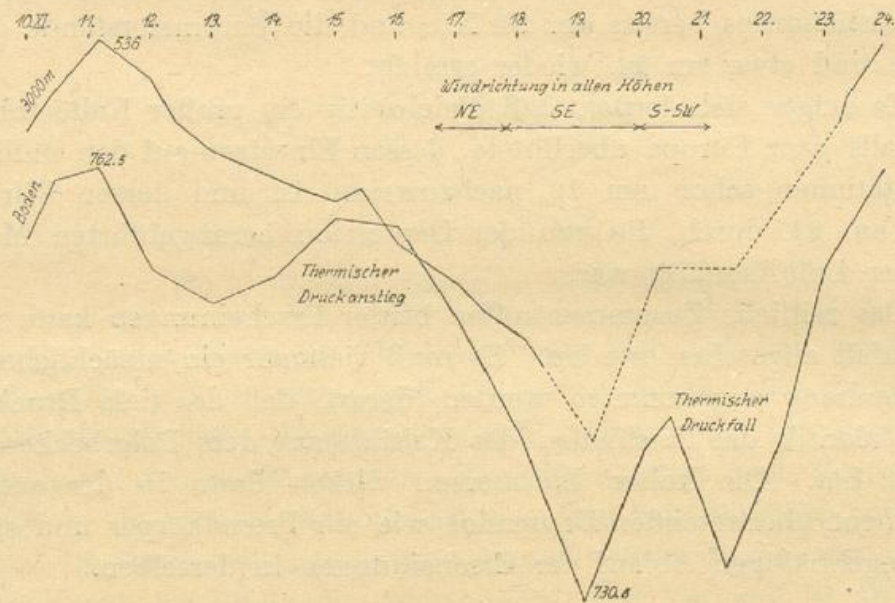


Fig 2. Druckkurven Lindenberg.

Betrachtet man die beiden Kurven von Lindenberg (Fig. 2) am Boden und in 3000 m Höhe, so sieht man in der Höhe den Druck vom 11. bis 19. fast gleichmäßig fallen. Nur am 15./16. deutet eine schwache Erhebung noch eben den Durchzug der Kältewelle an. In der Kurve der Bodenwerte ist dagegen der Druckfall durch eine gewaltige Aufblähung vom 13. bis etwa 17. derart unterbrochen, daß man beim Anblick dieser Kurve allein sehr wahrscheinlich auf zwei völlig voneinander getrennte Depressionen schließen würde. Stärker ist dagegen in der Höhenkurve der thermische Druckfall am 20./21. ausgeprägt, wenn er auch den schroffen Sprung in der Bodenkurve bei weitem nicht erreicht. Daß der thermische Druckanstieg in der Höhenkurve geringeren Ausdruck findet, als der thermische Druckfall, ist durchaus

verständlich, wenn man berücksichtigt, daß die Kaltluft sich vorzugsweise unterhalb des Niveaus von 3000 m ausbreitet, die Warmluft dagegen zunächst oberhalb desselben. Man kann überhaupt zweifelhaft sein, ob die Wirkungen dieses warmen Stromes oberhalb 3000 m noch als „sekundär“ bezeichnet werden dürfen. Indessen ist diese Bezeichnung doch wohl berechtigt, da sich die Warmluft nur anfangs in so großen Höhen bewegt, später aber doch bis zum Boden durchdringt. — Es ist ferner beachtenswert, daß dem thermischen Druckfall ein zweimaliger ziemlich plötzlicher Windwechsel um je 8 Strich

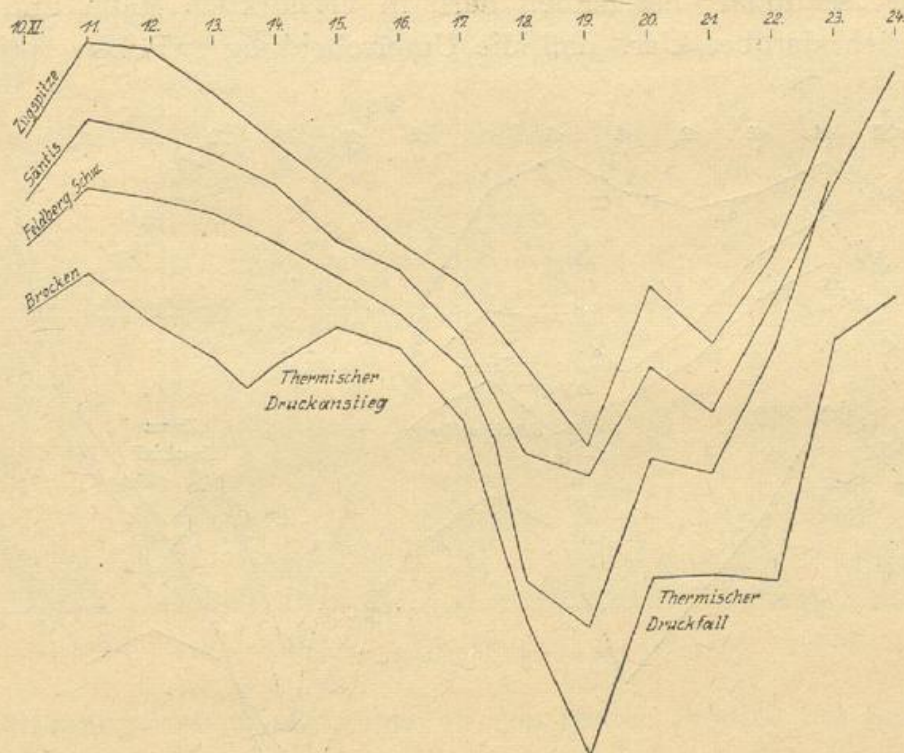


Fig. 3. Druckkurven der Bergstationen.

vorausgeht und zwar gleichzeitig in allen Höhen bis herab zu 500 m. Nur am Boden bleibt der Wind ziemlich unverändert E bis SE. Die jedesmalige Windänderung — einmal von NE auf SE, beobachtet am am 17. 3 p m bis 3500 m, dann von SE über S auf SW, beobachtet am am 19. 3 p m bis 2800 m und am 20. um 10 a m bis 5000 m — ist auch von einem zweimaligen Anstieg der Temperatur in den Höhen von 1000 m an aufwärts begleitet. Erst der zweite Windwechsel führt also offenbar einen warmen Strom heran, der sich weit genug über das 3000 m Niveau erstreckt, um auch in 3000 m den primären Druckanstieg sichtbar zu unterbrechen.

Die Druckkurven der Bergstationen (Fig. 3) haben ein ganz ähnliches Aussehen, wie die Lindenberger Höhenkurve. Nur der Brocken zeigt, entsprechend seiner geringen Höhe, statt des ziemlich glatten Verlaufs im absteigenden Ast sehr deutlich die thermische Aufblähung. Der thermische Druckfall ist bei den drei südlichen Stationen stärker ausgeprägt als beim Brocken und auch bei Lindenberg, worin die Neigung der Grenzfläche zwischen der Kaltluft und der aus südlicher Richtung an ihr aufgleitenden Warmluft zum Ausdruck kommt. Hier erhebt sich die Frage, ob man den thermischen Druckfall als „sekundär“ bezeichnen darf, in verstärktem Maße, und man wird sich darüber klar, daß die Unterscheidung zwischen „primär“

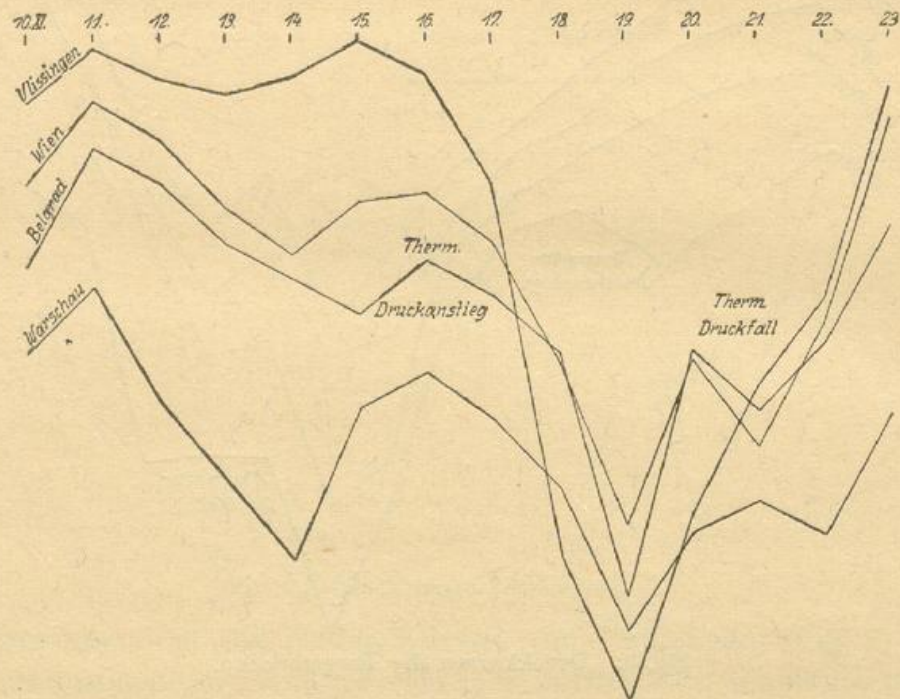


Fig. 4. Druckkurven_Vlissingen—Wien—Belgrad—Warschau.

und „sekundär“ unter anderen auch eine Frage des Standpunktes ist. Es ist immer möglich und im vorliegenden Fall wahrscheinlich, daß in noch größeren Höhen gleichzeitig Ursachen eines Druckanstieges wirksam sind; diese wären dann als die eigentlich primären zu bezeichnen, während die Vorgänge in der Zwischenschicht um 3000 m, die im weiteren Verlauf den Boden erreichen, sekundär heißen müßten und unterhalb 3000 m eine dritte Kategorie von thermischen Druckwirkungen zu unterscheiden wäre.

Die vier, so weit von einander entfernten Orte: Vlissingen, Wien, Belgrad und Warschau, (Fig. 4) weisen in ihren Druckkurven zwar einige Unterschiede auf, der allgemeine Charakter stimmt aber untereinander und mit der Lindenberger Bodenkurve doch unverkennbar überein. Vlissingen ist als Beispiel für diejenigen Stationen gewählt, bei welchen der sekundäre Druckfall fast völlig fehlt. Es sind das alle Orte westlich von 10° E; jedoch fehlt der Druckfall nicht bei allen Orten westlich dieses Meridians. Zur Erklärung darf man vielleicht annehmen, daß hier am westlichen Rand der Kaltluftmasse die warme

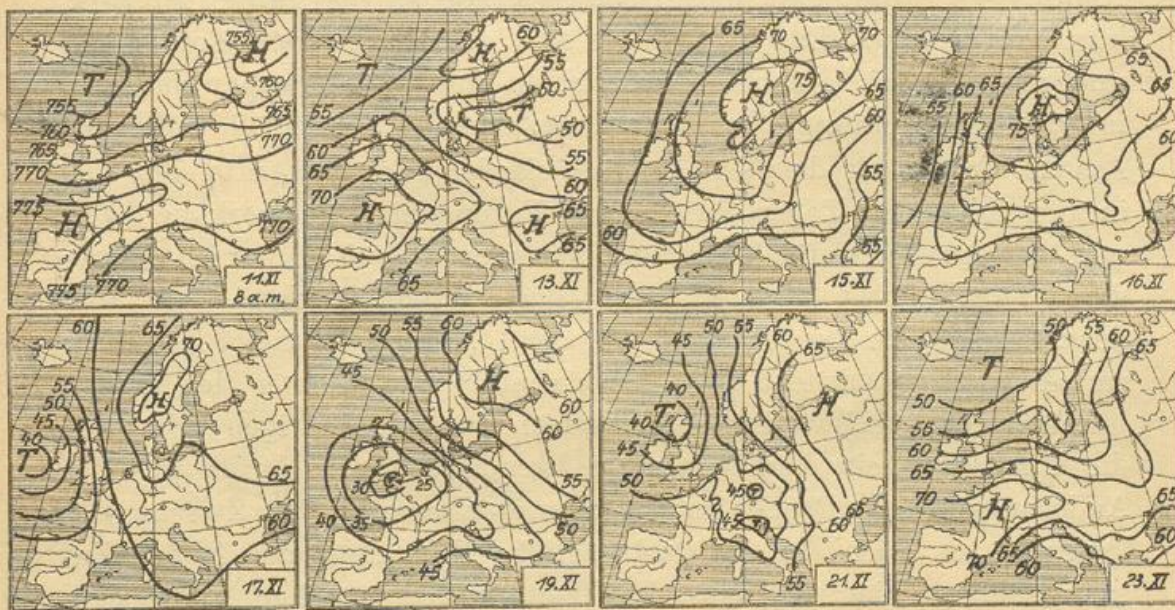


Fig. 5. Isobaren um 8 a m

SE-Strömung stellenweise schon in den letzten Stadien des primären Druckfalls den Boden erreicht hat und ihren thermischen Druckeffekt dem primären überlagert hat. Das wäre zugleich eine Erklärung für den ganz enormen Druckfall der westlichen Stationen. Umgekehrt hat bei so östlichen Stationen wie Warschau die solide Kaltluftmasse den primären Druckeffekt verzögert und ihn wesentlich abgeschwächt. Auch bei Belgrad tritt, entsprechend seiner südlichen Lage, der thermische Druckanstieg erst einen Tag später ein, als bei Stationen, die dem Ursprung der Kaltluft näher liegen.

2. Wetterkarten. Im Isobarenbild (s. Fig. 5) finden die Vorgänge folgendermaßen ihren Ausdruck. Zu Beginn des Druckfalles am 11. bedeckt das kräftig vorgestoßene Azorenhoch den größten Teil des Kontinents, während niedriger Druck im Norden das Herannahen des

primären Fallgebietes andeutet; die Isobaren verlaufen West-Ost. Vom 12. ab macht sich der Kältevorstoß durch Auftreten eines allmählich wachsenden Hochs über Skandinavien bemerkbar, das am 14. mit dem Azorenhoch vereinigt ist und die Tiefdruckgebilde von der Karte verdrängt hat. Die Isobaren verlaufen jetzt Nord-Süd. In den folgenden Tagen bedeckt das Hoch ganz Europa, die Herrschaft der Kaltluft andeutend. Von dem schon ziemlich fortgeschrittenen primären Druckfall ist in der Wetterkarte nichts zu bemerken, bis am 17. westlich von England eine Depression erscheint, die aber erst am 18. Einfluß auf den Kontinent gewinnt und stürmische Ostwinde an der ganzen Nordseeküste verursacht. Das Tief dehnt sich allmählich nach Norden aus und verflacht sich dabei; die Isobaren und Winde gehen langsam in Süd-Nord-Richtung über, wobei ausgedehnte Schneefälle auftreten. Am 20. entwickelt das Tief einen Ausläufer über der Adria, der sich in den folgenden Tagen durch ganz Europa bis Dänemark verlagert und der Ausdruck für den durch die warme Luft erzeugten sekundären Druckfall ist. Am 23. stößt das Azorenhoch erneut vor, und der 24. zeigt fast dasselbe Bild wie der 11. Auch in dieser Rückkehr zur Anfangslage drückt sich der einheitliche Charakter der großen primären Druckschwankung sehr schön aus. Im übrigen tritt aber die Unterlegenheit der Wetterkarte gegenüber der Verfolgung der Änderungen von Druck und Temperatur sowohl für Zwecke der Prognose als auch für die nachträgliche Erkenntnis der großen Zusammenhänge klar zu Tage. Die Wetterkarten täuschen eine ausgedehnte antizyklonale Wetterlage vor, wo es sich nur um einen Vorgang in den untersten Schichten handelt und in geringer Höhe schon die Depression vollständig zur Herrschaft gelangt ist. Aus den Wetterkarten würde niemand zu der Einsicht kommen können, daß hier ein zusammenhängender Vorgang abläuft; durch den Anblick der wechselnden Hoch- und Tiefdruckgebilde wird vielmehr der Blick, der tiefer in die Verkettung von Ursache und Wirkung zu dringen sucht, immer von neuem verwirrt.

3. Isallobaren. Wenden wir uns nunmehr zu Einzelheiten und betrachten zunächst den Gang des Luftdrucks. Wenn man die Isallobarenkarten (s. Fig. 6) von Tag zu Tag zeichnet, so findet man diejenige für den Zeitraum vom 11. 8 a m zum 12. 8 a m völlig bedeckt von einem intensiven Fallgebiet, dessen Kern mit fast 15 mm über der nördlichen Ostsee liegt. Nur Spitzbergen und die britischen Inseln haben eine Zunahme des Druckes um 5 mm, das erste Anzeichen des heran-

nahenden Kälteeinbruches. Am nächsten Tag hat das Fallgebiet erheblich an Intensität eingebüßt, sein Kern mit 10 mm liegt über Polen, der sekundäre Druckanstieg ist durch ein Steiggebiet über ganz Skandinavien und England gekennzeichnet. Die Karte vom 13./14. zeigt das Fallgebiet stark nach Süden verschoben, wogegen das Steiggebiet weit nach Deutschland hinein vorgestoßen ist und in seinem Kern über Schweden jetzt das Maximum von 20 mm aufweist.

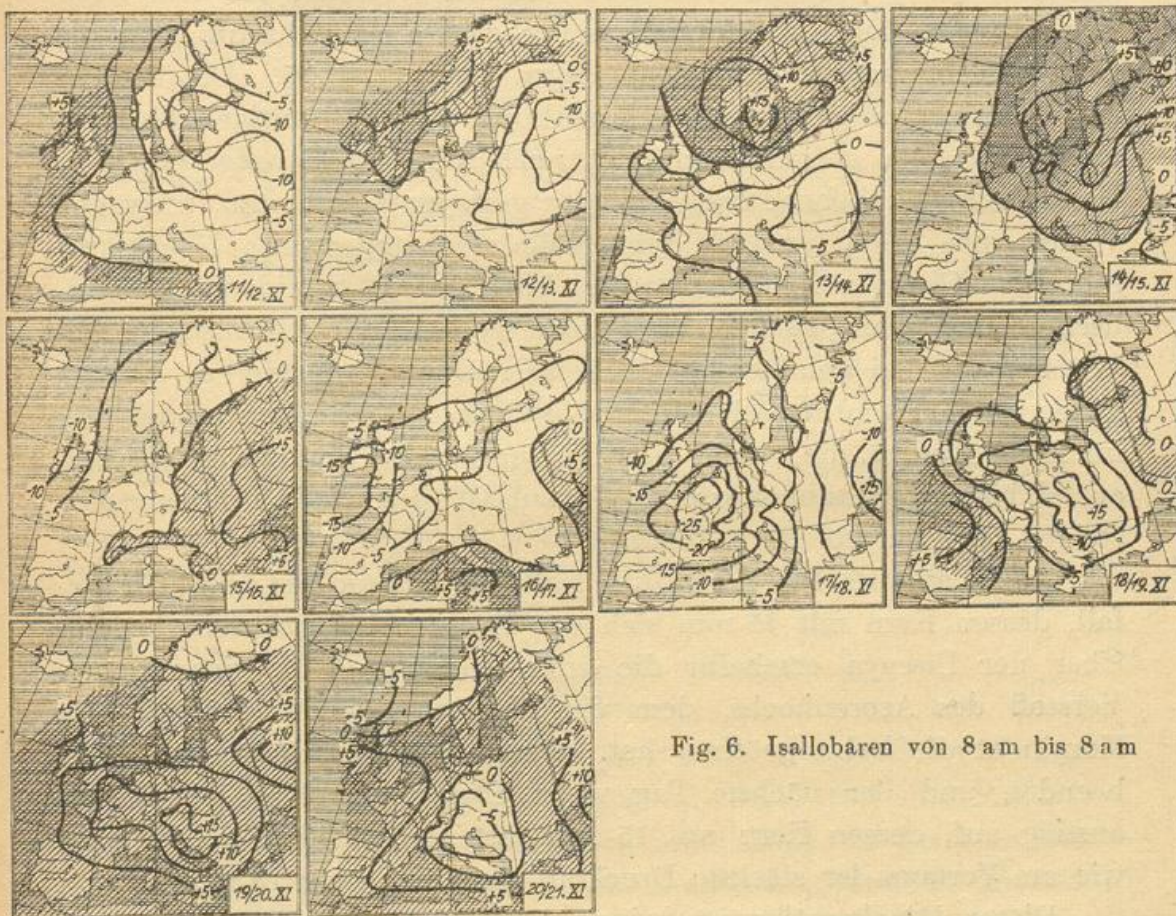


Fig. 6. Isallobaren von 8 am bis 8 am

Der bisherige Weg des primären Fallgebiets und des ihm mit dem Kältevorstoß unmittelbar nachziehenden sekundären Steiggebietes lassen mit aller Wahrscheinlichkeit schließen, daß ersteres, bevor es in den Bereich der Beobachtungen eintrat, etwa bei Island gelegen hat. Der Mangel an Beobachtungen ist hier kaum ein Nachteil, denn der Anblick der Isallobarenkarten führt den fehlenden Teil seines Weges greifbar deutlich vor Augen.

Die Karte vom 14./15. läßt im hohen Norden (Spitzbergen — 11 mm) und über England wieder das primäre Fallgebiet erkennen, das durch

den Durchgang des thermischen Steiggebietes nur vorübergehend unterbrochen war. Im übrigen ist die Karte bis zur Adria von dem Steiggebiet bedeckt, dessen Kern jetzt über Polen und Nordrußland liegt.

Die nächsten Tage veranschaulichen das Abwandern des Steiggebietes nach SE und die Ausbreitung und Vertiefung des ihm folgenden Fallgebietes, das am 17./18. die Alleinherrschaft errungen hat und seine größte Intensität besitzt. Sein Kern liegt mit dem enormen Betrag von 27.6 mm in 24 Stunden bei Paris. An demselben Tag erreicht der Kälteeinbruch seine größte Ausdehnung und die tiefsten Temperaturen in seinem Kern (Särna — 16°). Die Wetterkarte vom 17. zeigt unter der Einwirkung dieser gewaltigen Kaltluftmasse auf dem ganzen Kontinent noch immer eine ausgesprochene Hochdrucklage: hoher Druck bei ganz geringen Gradienten, schwache Winde aus Nord bis Ost, Schneefälle und stellenweise Nebel. In schroffem Gegensatz zu diesem Bild beginnen die Stationen der englischen und französischen Westküste endlich mit stürmischen SE-Winden auf den anhaltenden starken Druckfall zu reagieren. Ebenso gehen an den kontinentalen Höhenstationen einschließlich Lindenberg im Laufe des 17. die Winde plötzlich und unter starkem Auffrischen auf SE bis SW (Sonnblick von NNW 2 auf SW 8), und die Temperaturen steigen dort um 10 bis 15 Grad.

Auch am 18./19. zeigt die Isallobarenkarte fast nur Druckfall, dessen Kern mit 15 mm sich von Dresden bis Belgrad hinzieht. Über der Biscaya erscheint die erste Andeutung für einen neuen Vorstoß des Azorenhochs, dem der abnorm tiefe Druck auf dem Kontinent die Bahn geöffnet hat. Damit ist der primäre Druckfall beendet, und der nächste Tag weist ebenso ausschließlich Druckanstieg auf, dessen Kern mit 15 mm fast an derselben Stelle liegt, wie am Vortage der stärkste Druckfall (Serajevo sogar 18 mm).

Dieser Druckanstieg ist jedoch noch nicht dauerhaft, weil sich jetzt die warme südliche Strömung bis zum Boden durchgesetzt hat und nunmehr ihre thermische Wirkung auf den Druck, beginnend an den Rändern der allmählich zurückweichenden Kaltluftmassen, zur Geltung bringt. Entsprechend sieht man auf den folgenden Karten ein Fallgebiet sich von Norditalien bis an die Ostsee verlagern, das in den Wetterkarten als Teildepression, im aufsteigenden Ast der Druckkurven als Einsenkung erscheint. Erst am 23. ist der Druckanstieg wieder allgemein geworden, während im hohen Norden vereinzelt schon neues Fallen auftritt und den Beginn einer neuen Periode ankündigt.

Tabelle 2.
Luftdruck 8a. November 1916.

| | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. | 21. | 22. | 23. |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Helgoland . . . | 68.0 | 68.3 | 66.2 | 64.3 | 71.3 | 75.0 | 74.2 | 67.6 | 52.0 | 40.8 | 48.2 | 52.4 | 46.5 | 64.4 |
| Swinemünde . . | 68.6 | 71.5 | 63.5 | 60.1 | 65.5 | 70.6 | 70.0 | 64.0 | 57.5 | 46.7 | 52.0 | 52.7 | 46.8 | 62.2 |
| Kassel | 70.1 | 74.2 | 69.5 | 66.8 | 67.9 | 71.9 | 69.9 | 64.8 | 48.1 | 36.6 | 48.8 | 49.6 | 52.3 | 69.4 |
| Vlissingen . . . | 68.8 | 71.9 | 70.2 | 68.9 | 71.0 | 72.7 | 70.3 | 63.1 | 38.1 | 28.4 | 41.2 | 49.4 | 55.1 | 68.7 |
| Bornholm | 68.0 | 68.8 | 59.2 | 56.5 | 65.9 | 71.3 | 71.0 | 65.3 | 58.8 | 47.7 | 52.6 | 54.9 | 46.5 | 57.9 |
| Kristiansund . . | 59.5 | 59.4 | 50.7 | 59.4 | 73.0 | 74.6 | 73.5 | 69.0 | 58.3 | 54.7 | 55.6 | 54.3 | 55.0 | 49.7 |
| Haparanda . . . | 56.0 | 61.4 | 57.4 | 62.0 | 68.9 | 72.6 | 67.0 | 66.5 | 63.2 | 62.4 | 61.8 | 65.9 | 63.5 | 56.3 |
| Warschau | 68.6 | 72.8 | 64.7 | 59.6 | 54.2 | 64.3 | 67.0 | 63.8 | 59.0 | 49.8 | 56.3 | 58.2 | 55.8 | 63.3 |
| Wien | 67.1 | 72.7 | 69.9 | 65.2 | 62.1 | 65.5 | 66.1 | 62.8 | 54.5 | 43.8 | 54.9 | 48.9 | 57.0 | 70.2 |
| Belgrad | 63.6 | 71.3 | 68.9 | 64.8 | 59.2 | 60.2 | 63.8 | 61.5 | 57.3 | 41.1 | 57.4 | 53.4 | 57.8 | 65.7 |
| Lugano | 61.8 | 70.8 | 68.5 | 65.2 | 61.7 | 61.4 | 63.5 | 61.7 | 42.2 | 41.1 | 54.5 | 44.9 | 55.2 | — |
| Lerwick | 58.1 | 55.4 | 55.7 | 64.3 | 73.0 | 71.7 | 67.5 | 62.8 | 54.8 | 49.3 | 49.5 | 41.6 | 49.3 | 49.9 |
| Valentia | 62.8 | 68.8 | 70.5 | 69.1 | 68.1 | 65.1 | 54.6 | 38.3 | 33.4 | 35.8 | 40.4 | 47.5 | 56.6 | 60.7 |
| Paris | 70.8 | 74.3 | 71.8 | 70.4 | 70.1 | 70.1 | 67.7 | 59.9 | 32.3 | 33.0 | 43.7 | 50.3 | 57.3 | 72.3 |
| Perpignan . . . | 63.8 | 68.0 | 66.7 | 64.8 | 63.3 | 60.5 | 61.1 | 58.3 | 38.4 | 41.8 | 48.6 | 53.0 | 59.3 | 69.7 |
| Charkow | 75.3 | 75.3 | 65.1 | 56.6 | 54.8 | 54.3 | 61.4 | 66.7 | 51.6 | 56.6 | 63.3 | 73.6 | 74.6 | — |
| Brindisi | 58.4 | 64.3 | 64.3 | 61.4 | 57.1 | 54.8 | 55.8 | 61.8 | 55.1 | 48.7 | 59.2 | 55.8 | 58.3 | 57.0 |
| Brocken | 68.2 | 71.2 | 67.8 | 65.1 | 64.5 | 67.3 | 65.5 | 60.2 | 45.5 | 36.6 | 49.3 | 49.0 | 48.5 | 29.8 |
| Feldberg | 39.8 | 43.8 | 43.0 | 46.6 | 39.6 | 37.0 | 34.5 | 30.2 | 15.3 | 12.0 | 23.8 | 22.5 | 29.7 | — |
| Zugspitze | 29.4 | 36.0 | 35.7 | 32.4 | 28.7 | 25.3 | 21.5 | 18.5 | 12.7 | 06.8 | 17.7 | 13.7 | 19.5 | 19.2 |
| Säntis | 63.3 | 69.2 | 68.0 | 66.3 | 64.0 | 59.7 | 57.7 | 53.1 | 44.8 | 43.0 | 50.5 | 47.5 | 53.1 | 65.3 |
| Sonnblick | 20.8 | 26.6 | 25.5 | 21.9 | 17.3 | — | 10.8 | 08.6 | 04.9 | 00.0 | 09.9 | 16.6 | — | 42.4 |
| | | | 1) | | | 2) | | 3) | | 4) | 5) | | | |

- 1) Beginn des primären Druckfalls.
- 2) Beginn des sekundären Druckanstiegs.
- 3) Fortsetzung des primären Druckfalls.
- 4) Beginn des primären Anstiegs.
- 5) Beginn des sekundären Falls.

In Tabelle 2 ist der Luftdruck von 8 am für eine Reihe von Stationen gegeben und die jeweilige Aenderung der Tendenz kenntlich gemacht. Es könnte den Anschein erwecken, daß der thermische Druckanstieg auch an anderen als den Bergstationen fehlt. So hat z. B. Mühlhausen vom 11. bis 19. andauernden Druckfall. Wenn man aber die Druckkurven zeichnet, so erkennt man deutlich, daß er doch in jedem Fall vorhanden ist, wenn auch der Einfluß der Temperatur nicht immer ausreicht, um die Drucktendenz umzukehren. Über das Fehlen des thermischen Druckfalls ist schon oben gesprochen worden. Die Lage der betreffenden Stationen und die zeitliche Verschiebung im Eintritt der Tendenzänderung bei anderen Stationen stehen dabei immer in deutlicher Beziehung zu der Lage der Kaltluft bzw. zu dem Vordringen der Warmluft. So ist z. B. durchaus verständlich, daß

in Skandinavien und Norddeutschland der sekundäre Druckfall später einsetzt, als in Süddeutschland und Österreich. Man könnte aus dieser Tabelle der Luftdrucke geradezu das Wandern der kalten und warmen Luftmassen ablesen.

4. Weg des Kälteeinbruchs. Wenn man den Kälteeinbruch von seinem Beginn an verfolgen will, so kann man zwei Wege wählen. Man kann die tägliche Verlagerung einer bestimmten Isotherme betrachten oder von Tag zu Tag die Isallothermen zeichnen. Ersteres



Fig. 7.



Fig. 8.

Verfahren ist ungenauer, denn ein Ort kann schon lange von der Kältewelle erreicht sein, ehe er sich bis zu der durch die gewählte Isotherme bestimmten Temperatur abgekühlt hat. Es hat aber den Vorteil, daß es den Weg, den der Kern der Kaltluft nimmt, schärfer hervorhebt, während die Isallothermen Einzelheiten deutlicher, den Gesamtverlauf verschwommener darstellen. Deshalb wird das Ergebnis beider Verfahren mitgeteilt.

Aus den beiden Karten, Fig. 7 u. 8, welche die Verlagerung der Nullgrad-Isotherme von Tag zu Tag darstellen, ersieht man, daß die Hauptmasse der Kaltluft am Boden bis zum 14. die norwegische Küste noch nicht überschritten hat. Erst am 15. ist sie in breiter Front auf den Kontinent geflossen, hat nach Westen aber erst die Oder erreicht.

In Deutschland sind die Temperaturen auf $+2^{\circ}$ bis 3° bei Hagel und Schnee gefallen, die Winde sind überall nördlich. Am 16. schwenkt die Kaltluft scharf nach Westen, überflutet ganz Deutschland mit Ausnahme der Küsten und reicht weit nach Frankreich hinein. Die Winde sind nordöstlich bei verbreiteten Schneefällen und Nebel. Gleichzeitig ist im Zentrum der Kaltluft die tiefste Temperatur erreicht (Särna -16°). Am 17. und 18. schiebt sich die Nullgrad-Isotherme noch etwas weiter nach W und S vor, während über Schweden schon starke Erwärmung eintritt (Särna -5°). Die Kaltluft über dem Kontinent hat den Zusammenhang mit dem nördlichen Kältereservoir verloren und ist ein abgetrennter „Tropfen“ geworden, in welchem gleichzeitig die tiefsten Temperaturen eingetreten sind: Serajevo -3° , Genf -4° , Brüssel -4° , Karlsruhe -5° , Dresden -6° , Bamberg -7° , Kobylnik -9° .

Die aktive Rolle geht nunmehr an die aus Süden herandringende warme Luft über. Wie eingangs erwähnt, konnte die warme SE-Strömung in 3000 m Höhe über Lindenberg bereits am 17. nachmittags festgestellt werden. Sie geht am 19. in SW über, und an diesem Tage erreicht der SW an den westlichen deutschen Stationen auch bereits den Boden. Entsprechend weicht die 0° -Isotherme nach N und E zurück. Am 20. ist die aufgestaute Kaltluft stellenweise noch einmal vorgebrochen, erkennbar an stürmischem Auffrischen des kalten Ostwindes in Norddeutschland am 19. Dann weicht die Isotherme schnell in ihre Anfangslage zurück.

5. Isallothermen. In Ergänzung hierzu lassen die Isallothermen (s. Fig. 9) klar erkennen, daß bereits in dem Zeitraum vom 13. zum 14. die Abkühlung auf dem ganzen Kontinent begonnen hat, am stärksten (um $5-6^{\circ}$) über der Ostsee und Mitteldeutschland. Am 14./15. liegt ein Kern in Belgien und Frankreich, eine zweite Staffel bedeckt das europäische Rußland und reicht bis über die Adria an die Ostküste Italiens. Auch am nächsten Tage setzt sich die Abkühlung allgemein fort, während über Norwegen die Erwärmung bereits beginnt (Särna $+5^{\circ}$). Interessant ist das Bild vom 16./17., welches den beginnenden Zerfall der Kaltluft in mehrere Teile andeutet. Neben kleinen Gebieten, die noch Abkühlung um 5° haben, finden sich solche mit Erwärmung, ebenfalls bis zu 5° , teilweise eingestreut in ein Gebiet ohne Änderung. Die Karte vom 17./18. zeigt den beginnenden Vorstoß der Warmluft, und zwar zunächst im Süden, während im Westen immer noch Abkühlung stattfindet. Auch in Skandinavien setzt sich

die Erwärmung fort. Zwischen den beiden Steiggebieten liegt noch ein schmales Fallgebiet über Norddeutschland, das sich nach Osten stark verbreitet. Am 18./19. ist dieses Fallgebiet weiter zusammengeschrumpft und deutet die Lage des letzten Restes der Kaltluft über Europa an, während deren Hauptmasse wohl in östlicher Richtung abgeschwenkt ist. Dieser Rest ist es wahrscheinlich, der den oben erwähnten letzten stürmischen Vorstoß kalter Ostwinde verursacht

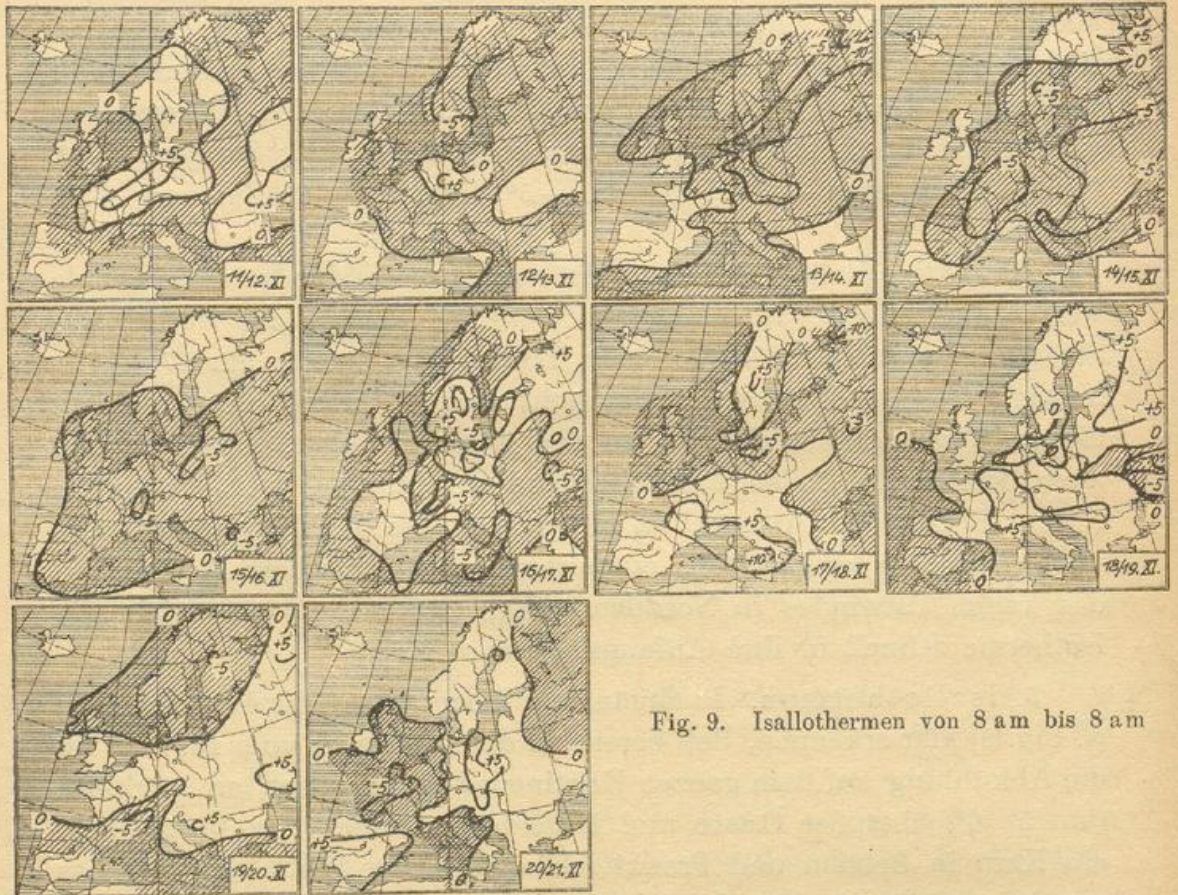


Fig. 9. Isothermen von 8 am bis 8 am

und verhindert, daß die sonst allgemeine Erwärmung auch Norddeutschland erreicht. Erst am nächsten Tage sind endlich auch diese letzten Spuren der Kaltluft nach Norden abgeschoben und bringen noch einmal vorübergehende Abkühlung in Skandinavien. Am 20./21. reicht das Steiggebiet von Sizilien bis zum Nordkap, sein Kern verursacht den thermischen Druckfall.

Besondere Beachtung verdienen die Verhältnisse auf den britischen Inseln. Hier kann man auf Grund der Bodentemperaturen kaum von einem Kälteeinbruch sprechen, da der Nullpunkt während der

ganzen Periode mit einer einzigen Ausnahme (Dover am 18. — 1.1°) überhaupt nicht erreicht wird, und bei den meisten Stationen die Temperaturen sogar dauernd oberhalb $+5^{\circ}$ bleiben. Die als Beispiel hier nachgetragene Druckkurve von Lerwick (Fig. 10) nimmt aber vom 12. bis 14., also zu einer Zeit, wo der ganze Kontinent Druckfall hat, einen so kräftigen Anstieg ($+17$ mm), daß man auch in England in geringer Höhe den Kälteeinbruch vermuten muß, während er in den untersten Schichten durch die Heizwirkung des Meeres verdeckt wird.

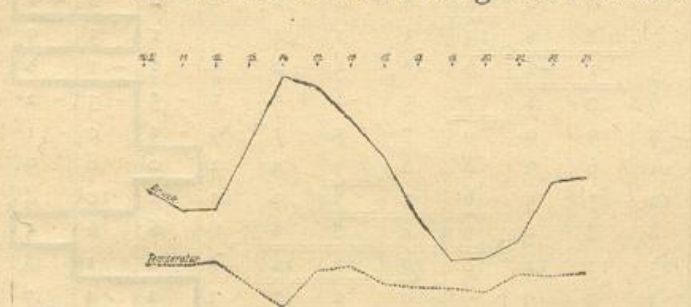


Fig. 10. Druck u. Temperatur Lerwick.

Für die thermische Erklärung des Druckanstiegs spricht gerade die Tatsache, daß er hier früher einsetzt als auf dem Kontinent, welcher von der aus Norden kommenden Kaltluft erst später erreicht wird. Es ist sehr zu bedauern, daß keinerlei Aufstiege mit Temperaturmessungen aus diesen Tagen vorliegen. Eine Pilotvisierung aus S. Farnboro vom 13. XI. um 7²⁵ a. gibt wenigstens über die Windverhältnisse einigen Aufschluß. Danach war der Bodenwind W 4 m/s, in 300 m bereits WNW 4 und in 1500 m NW 5, während in der Gipfelhöhe 2700 m wieder ein Zurückdrehen auf WNW 11 beobachtet wurde.

6. Temperaturgang in der Höhe. Tabelle 3 gibt wieder für eine Anzahl von Stationen die Temperatur von 8 a. m. Dabei fällt auf, daß die Abkühlung bei den südlichen Bergstationen bereits am 12./13. beginnt, gleichzeitig mit derjenigen in Skandinavien und Lindenberg 3000 m, während das dazwischenliegende Flachland an diesem Tage noch Erwärmung hat und hier die Abkühlung meist ein bis zwei Tage später einsetzt. Die kräftigen, nördlichen Winde, die in der Höhe schon am 11. und 12. einsetzen, lassen nicht daran zweifeln, daß es sich trotz der 600 km Entfernung von Lindenberg bis zur Zugspitze bereits um Luft handelt, die mit dem Kältevorstoß zusammenhängt, daß sich also die kalte Luft entgegen der geläufigen Vorstellung hier nicht zuerst am Boden ausgebreitet hat. Ein Blick auf die Wetter-

Tabelle 3.
Temperaturen 8a.

| | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. | 21. | 22. | 23. |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Helgoland . . . | 9 | 10 | 11 | 11 | 7 | 4 | 2 | 3 | -1 | 0 | 1 | 5 | 6 | 8 |
| Swinemünde . . | 8 | 5 | 10 | 9 | 6 | 4 | 2 | 3 | -2 | -4 | -1 | 2 | 4 | 6 |
| Kassel | 3 | 1 | 6 | 11 | 6 | 1 | 0 | -2 | -4 | -2 | 1 | 1 | 4 | 3 |
| Vlissingen . . . | 7 | 10 | 12 | 12 | 11 | 2 | 0 | 1 | -1 | 5 | 7 | 4 | 6 | 5 |
| Bornholm | 8 | 8 | 10 | 8 | 4 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | -1 | 6 | 4 | 5 |
| Kristiansund . . | 7 | 8 | 9 | 13 | 3 | 1 | 4 | 1 | -1 | 3 | 3 | 3 | 8 | 6 |
| Haparanda . . . | 3 | -1 | -2 | -6 | -8 | -5 | -2 | -5 | -3 | -1 | -8 | -2 | -3 | -3 |
| Warschau | 6 | 7 | 8 | 7 | 5 | -2 | -5 | -5 | -5 | -3 | -2 | 1 | 4 | 4 |
| Wien | 8 | 9 | 9 | 9 | 7 | 3 | -1 | -3 | -3 | 0 | 1 | 7 | 6 | 5 |
| Belgrad | 11 | 6 | 7 | 8 | 8 | 3 | 4 | -2 | 0 | 6 | 9 | 11 | 10 | 6 |
| Lugano | 12 | 7 | 5 | 6 | 5 | 8 | 2 | 3 | 1 | 10 | 4 | 6 | 3 | — |
| Lerwick | 8 | 8 | 9 | 6 | 4 | 8 | 8 | 6 | 6 | 6 | 5 | 8 | 7 | 8 |
| Valentia | 13 | 12 | 10 | 10 | 10 | 11 | 12 | 9 | 6 | 1 | 8 | 7 | 9 | 10 |
| Paris | -1 | 0 | 9 | 9 | 9 | 2 | -2 | -3 | 2 | 4 | 7 | 2 | 3 | -2 |
| Perpignau . . . | 10 | 10 | 6 | 5 | 14 | 9 | 1 | 5 | 7 | 4 | 3 | 8 | 3 | 9 |
| Charkow | 4 | -5 | 4 | 6 | 7 | 3 | 0 | -2 | 5? | -7 | -3 | -4 | 6 | — |
| Brindisi | 16 | 18 | 16 | 17 | 14 | 14 | 14 | 7 | 15 | 17 | 16 | 17 | 16 | 16 |
| Brocken | 1 | 2 | 6 | 4 | -3 | -6 | -9 | -9 | -11 | -10 | -1 | 1 | -2 | -2 |
| Feldberg | -1 | 0 | 7 | 4 | 2 | -5 | -10 | -12 | -2 | -2 | -2 | -3 | -4 | -5 |
| Bergspitze . . . | -5 | -2 | 0 | -4 | -6 | -14 | -17 | -18 | -6 | -9 | -6 | -5 | -13 | -14 |
| Säntis | -7 | -1 | 2 | -1 | -3 | -11 | -15 | -16 | -4 | -8 | -7 | -9 | -11 | — |
| Sonnblick | -6 | -4 | -3 | -7 | -8 | — | -22 | -20 | -14 | -8 | -12 | -7 | — | -16 |

karte erklärt dieses Verhalten. Am 12. und 13. herrschen am Boden, entsprechend der Druckverteilung noch kräftige, westliche Winde, welche die Kaltluft in den unteren Schichten zu dem bei Betrachtung der 0° Isotherme geschilderten Umweg über Rußland und Polen zwingen. Erst am 14. ist auch am Boden die nördliche Strömung durchgedrungen und führt nun auch in den unteren Schichten die kalte Luft auf dem direkten Wege heran.

Der Brockengipfel scheint dabei die kritische Höhe zu bezeichnen, denn einerseits hat er am 13. noch W 6 und erst am 14. NNW 5, andererseits setzt auch bei ihm die Abkühlung bereits am 12./13. ein, während in diesem Zeitraum die Temperatur in Hannover um 1°, in Kassel um 5° und in Dresden um 1° gestiegen ist. Man wird so zu der Annahme gezwungen, daß die kalte nördliche Strömung die schon am 12. auf den höheren Bergstationen festgestellt wurde, fast bis zur Brockenhöhe herabreicht und dort den Einfluß der warmen Luft aus Westen überwiegt. Aus dem Fehlen des thermischen Druckanstiegs auf den hohen Bergstationen und Lindenberg 3000 m wurde

schon früher gefolgert, daß der kalte nördliche Strom sich nicht weit über 3000 m erstrecken könne. Der Beginn des Kälteeinbruchs stellt sich also jetzt dar als ein breiter nördlicher Strom im Niveau von 1000 bis rund 3500 m, der schon am 12. den Südrand des Kontinents erreicht hat. Unterhalb 1000 m herrscht noch ein bis zwei Tage lang ein warmer westlicher Strom vor, bis allmählich die nördliche Strömung auch den Boden erreicht. Was oberhalb 3500 m vor sich geht, ist aus den Aufstiegen nicht zu ersehen, aber man darf sicher sein, daß auch hier noch ein Wechsel in der Strömung eintritt.

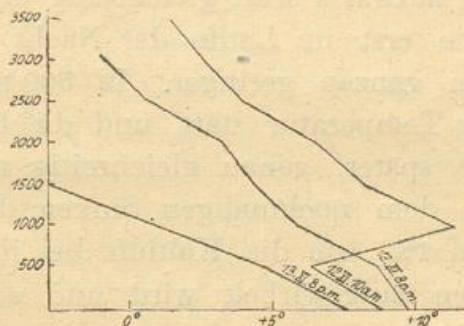


Fig. 11. Inversion Lindenberg 12. XI. 1916.

Die Lindenberger Aufstiegsresultate bestätigen die Folgerungen, die aus den Brocken-Beobachtungen gezogen wurden. Auch hier ist schon am 12. zwischen den Aufstiegen von 10 a m und 3 p m in 1000 m Höhe die Temperatur von 11.2 auf 7.2 gefallen, in 500 m dagegen von 6.3 auf 8 und am Boden von 8.8 auf 9.6 gestiegen. Der Wind ist dabei um 3 p m am Boden WSW 6—9, in 1000 m WSW 18 und in 3900 m NNW 19. Also auch hier ein kalter Nordstrom über einem warmen Weststrom. Aus Tabelle 1 ist sehr schön zu ersehen, wie die nördliche Strömung allmählich aus der Höhe herunter gekommen ist. Die obenstehende graphische Darstellung, (Fig. 11), der Temperaturen am 12. zeigt um 10 a m eine starke Inversion oberhalb 500 m. Um 3 p m ist diese Inversion unter der doppelten Einwirkung der Abkühlung oben und der gleichzeitigen Erwärmung unten vollständig verschwunden, wengleich das adiabatische Gefälle noch nicht erreicht ist.

Auffallend ist das Verhalten des Brocken auch weiterhin. Während bei den übrigen Bergstationen und Lindenberg 3000 m mit dem Windwechsel am 17. die Temperatur plötzlich um 10—15° steigt, bleibt sie auf dem Brocken annähernd konstant auf -10° bis zum 19. und steigt erst am 20. auf -1° , obwohl auch hier der Wind schon am

17. von NE auf SE geht. Man erkennt daran deutlich, wie die kalte Luft, die von der südlichen Strömung nach Norden geschoben wird, sich am Harzgebirge staut und die Hänge hinaufgetrieben wird, so daß die warme Luft den Berggipfel nicht erreichen kann. Dieses Festhalten eines Restes von Kaltluft in der Norddeutschen Tiefebene ist auch in den Isallothermen vom 17./18. und 18./19. deutlich zu erkennen, und auch hier bestätigen die Lindenberger Daten, daß dieser kleine Rest zu beträchtlicher Höhe angestaut wird. Auch in Lindenberg tritt der Windwechsel auf SE in allen Höhen am 17. nachmittags ein. Von 1500 m an aufwärts setzt gleichzeitig die Erwärmung ein. In 1000 m erfolgt sie erst im Laufe der Nacht und des nächsten Tages und bleibt im ganzen geringer. In 500 m findet zunächst sogar ein Sinken der Temperatur statt, und die Erwärmung erfolgt erst zwei volle Tage später, genau gleichzeitig mit dem Brocken. Man sieht ferner an dem nochmaligen Sinken der Temperatur in 1500 und 2000 m am 18., wie die Kaltluft bei ihrem erzwungenen Rückzug nach Norden aufgewirbelt wird und so zeitweise wieder größere Höhen erreicht.

7. Temperaturgang auf Teneriffa. Schließlich sei hier noch der Gang von Temperatur und Druck an der Höhenstation Izaña (2367 m) auf Teneriffa mitgeteilt. Die Temperaturkurve von Izaña zeigt zwei recht deutliche Kälteeinbrüche, die zeitlich vor und nach dem europäischen liegen. Bei dem ersten fällt die Temperatur vom 11. bis 16. von $+13.6^{\circ}$ auf $+1.9^{\circ}$ und der Druck vom 8. bis 13. um 8 mm. Bei dem zweiten beträgt der Temperaturrückgang vom 23. bis 29. 13.4° , der gleichzeitige Druckfall 12.5 mm. Dieser zweite Temperatursturz ist eingeleitet durch eine Winddrehung von NNW auf NE, die größte Abkühlung erfolgt bei stark auffrischendem N bis NNW. Ob eine dieser Kältewellen mit derjenigen in Europa in Verbindung gebracht werden darf, wage ich nicht zu entscheiden. Das nahe zeitliche Zusammentreffen erscheint jedenfalls beachtenswert.

Die Windrichtung und sonstige Erscheinungen im Verlauf der Untersuchung sind an den gegebenen Stellen ausreichend erörtert worden. Sie sollen daher nicht mehr gesondert behandelt werden.

Ergebnis der Untersuchung.

Der hier behandelte Fall ist ein klares und eindrucksvolles Beispiel für die von H. v. Ficker entwickelten Ansichten über den Zusammenhang hoher und niederer Druckschwankungen. Betrachtet

man die Druckkurven von Lindenberg am Boden und in 3000 m Höhe, die hier noch einmal für den ganzen Monat November wiedergegeben sind, so sieht man deutlich, wie durch eine einfache primäre Welle von auffallend langer Periode in der Höhe eine sehr viel kompliziertere Schwingung am Boden mit kürzerer Periode aber größeren Amplituden ausgelöst worden ist. Wie die komplexe Schwingung am Boden durch den Kälteeinbruch und den ihm folgenden Vorstoß äquatorialer Luftmassen im einzelnen zu Stande gekommen ist, das

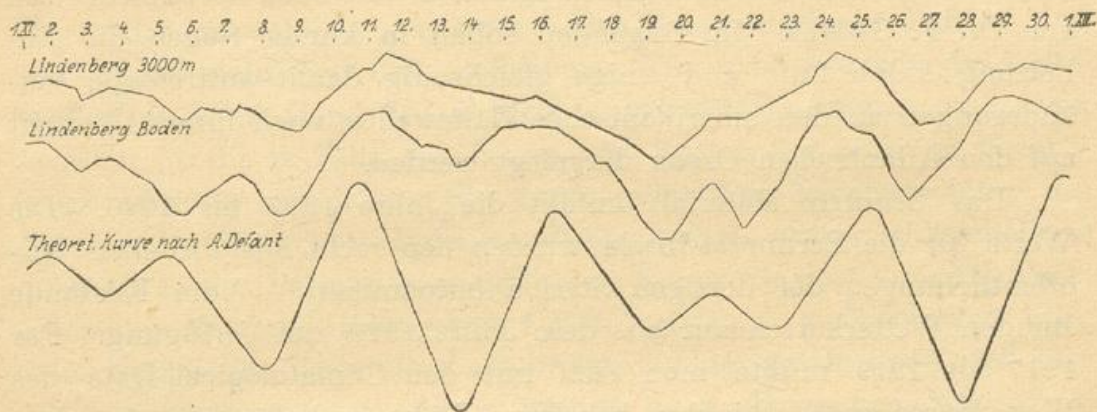


Fig. 12. Druckkurven von Lindenberg November 1916.

ist im Vorstehenden eingehend verfolgt worden und soll hier nicht wiederholt werden. Wenn man aber für die so überaus verwickelten Verhältnisse in der Wirklichkeit der freien Atmosphäre die notwendigen Zugeständnisse macht, so stellt die Lindenberger Bodenkurve außerdem eine überraschende Umsetzung der von A. Defant¹⁾ auf rein theoretischem Wege entwickelten komplexen Druckkurve am Boden in die Praxis dar. Deutlich erkennt man, daß vor- und rückwärts von dem „Spiegelungspunkt“ im Sinne von Weickmann — der hier auf den 20. XI. fällt — die Amplituden erst zunehmen und dann allmählich wieder abklingen, eine Übereinstimmung, die sich bei der Betrachtung der Kurven aus Theorie und Praxis ganz von selber aufdrängt.

¹⁾ A. Defant: Druckwellen in der Atmosphäre. Festschrift d. Zentralanst. f. Met. u. Geodynamik Wien, 1926.

Über die Erwärmung kalter Luft zwischen dem amerikanischen Festlande und den Bermudas-Inseln.

Von stud. phil. H. Wagemann.

Die Erwärmung polarer Luftmassen durch eine ausgedehnte, wärmere Wasserfläche ist schon mehrfach untersucht worden.¹⁾ Eingehendere Behandlungen an Hand des Beobachtungsmaterials existieren wohl nur in den unten zitierten Arbeiten von Prof. v. Ficker und von Dr. F. Göllles. Im folgenden sollen in kurzen Zügen die Anheizung kalter Luft und einige gleichzeitig damit auftretende Veränderungen an den amerikanischen Kältewellen nach ihrem Übertritt auf den Atlantischen Ozean dargelegt werden.

Das benutzte Material umfaßt die Jahre 1917 bis 1920. Die Werte für die Bermudas-Inseln wurden den recht ausführlichen Veröffentlichungen der dortigen Station entnommen.²⁾ Vom Festlande standen Wetterkarten nur aus dem Jahre 1920 zur Verfügung. Für 1917 bis 1919 mußte man sich mit den Climatological Data des Wetterbüros zu Washington behelfen. Diese enthalten nur Angaben über die Maxima und Minima der Temperatur sowie die innerhalb 24 Stunden gefallenen Niederschläge. Terminwerte für diese 3 Jahre fehlen also vollständig.

Zunächst wurden nach den Wetterkarten ausgedehnte Fallgebiete der Temperatur aufgesucht, die eine stetige Fortschreitungsrichtung auf die Bermudas zu erkennen ließen. Für 1920 sind auf diese Weise 10 Kältewellen gefunden und näher untersucht worden. In den Jahren 1917—1919 wurden, da Wetterkarten nicht vorhanden waren, alle die Tage herausgesucht, an denen das Maximum der Temperatur auf Kap Hatteras gegen den vorhergehenden Tag um mehr als 8° C gesunken war. Es wurden dann von den so gefundenen Kältewellen alle die gestrichen, die nicht auch in Washington an den Extremen der Temperatur und den geringen gefallenen Niederschlägen einwandfrei als Einbruch polarer Luftmassen erkannt werden konnten. Es war nicht beabsichtigt alle Kältewellen der Jahre 1917 bis 1920 aufzufinden, sondern nur eine gewisse Anzahl aus ihnen festzulegen,

¹⁾ Shaw und Lempfert: The life history . . . London 1906, Meteorological Office No. 174; F. Göllles: Kältewellen im Gebiete des Kaspischen Meeres, Wiener Sitzungsberichte IIa, 131. Band, S. 327; H. v. Ficker: Der Vorstoß kalter Luftmassen nach Teneriffa, Veröffentlichungen des Preuß. Meteorologischen Instituts, Bd. VIII, Berlin 1926.

²⁾ Herausgegeben vom Meteorological Office zu London.

die ihren polaren Ursprung noch in der Nähe der Küste besonders markant hervortreten ließ. Insgesamt sind 25 Fälle einer näheren Betrachtung unterzogen worden.

Benutzt wurden als Vergleichsstationen Washington und Kap Hatteras, das den Bermudas-Inseln am nächsten liegt. Außerdem werden noch die entsprechenden Werte von Miami an der Südspitze von Florida gegeben. (Die Lage der Stationen ist dem ersten Kärtchen auf S. 140 zu entnehmen.)

Nun war zu entscheiden, ob die gefundenen Kältewellen die Bermudas tatsächlich erreichten. Das Auswahlprinzip ließ es von vornherein wahrscheinlich erscheinen. Um das Vorrücken der Kältewellen auch an Hand des Beobachtungsmaterials kennen zu lernen, wurden für die 10 Fälle des Jahres 1920 Karten der mittleren Temperaturänderung entworfen. Sie zeigten eine Parallelverschiebung des Temperaturfalles vom Mississippibecken nach Osten. Extrapolierte man bis zu den Bermudas, so mußte die Kältewelle dort 1 bis 1½ Tage, nachdem sie den Atlantischen Ozean erreichte, zu bemerken sein. Nun zeigten die Terminbeobachtungen auf der Inselgruppe, daß hier die normalerweise vorhandene Seeluft nach der angegebenen Zeitspanne durch Luft mit polaren Eigenschaften ersetzt wurde. Temperatur, relative und absolute Feuchtigkeit fielen, der Wind kam meist aus NW und in der Regel stieg das Barometer. Wir sind also berechtigt, die Werte der meteorologischen Elemente auf den Bermudas-Inseln demselben Luftkörper zuzuschreiben, der auf dem Festlande als ausgesprochene Kältewelle auftrat. Trajektorien für die einzelnen Teile dieser Kältewellen zu zeichnen, ist kaum möglich, da zwischen den Bermudas und der Küste jegliche Windbeobachtungen fehlen. Es erscheint jedoch bei den vorherrschenden NW-Winden als wahrscheinlich, daß die Luftmassen über unserer Inselgruppe etwa in der Umgegend von Washington vom Festlande auf das Meer geströmt sind. Der Wert der Trajektorien wird auch dadurch sehr vermindert, daß bei der Anheizung der untersten Schichten vertikale Massenverlagerungen innerhalb der Kältewelle außerordentlich begünstigt werden. Darum werden nur Mittelwerte für die behandelten Fälle gegeben. Die Bedeutung der Daten wird hierdurch nicht herabgesetzt und man hat den Vorteil, daß die individuellen Unterschiede der einzelnen Fälle gegenüber ihren wesentlichen Merkmalen verschwinden. Die Realität der Mittel wird außerdem durch die angegebenen Maximalwerte beleuchtet.

Wir gehen nun zur Betrachtung der Temperaturverhältnisse über. Die Tabelle 1 gibt Mittelwerte für die 10 Kältewellen des Jahres 1920 und für alle 25 der Jahre 1917 bis 1920, ferner die mittlere wie die maximale Erwärmung. Dabei ist die Erwärmung einer Kältewelle der Temperaturdifferenz zwischen den Bermudas und der entsprechenden Station des Festlandes am Haupttage gleichgesetzt worden. Als Haupttag ist der Tag bezeichnet, an dem sich an der betreffenden Station der Einbruch der polaren Luftmassen vollzog.

Tabelle 1.

| Stationen | 10 Fälle des Jahres 1920 | | | | | 25 Fälle der Jahre 1917—1920 | | | | |
|----------------|--------------------------|----------|------------|---------------------------|---------|------------------------------|----------|------------|---------------------------|---------|
| | Temperatur von 8h | | | Erwärmung im Vergleich zu | | Tagesmittel | | | Erwärmung im Vergleich zu | |
| | Vortag | Haupttag | ΔT | Mittel | Maximum | Vortag | Haupttag | ΔT | Mittel | Maximum |
| Washington | 6.2 | -2.3 | -8.5 | 18.4 | 26 | 4.8 | -1.4 | -6.2 | 18.8 | 29 |
| Kap Hatteras | 15.5 | 4.8 | -10.7 | 11.3 | 18 | 12.4 | 4.9 | -7.5 | 12.5 | 20 |
| Miami | 21.4 | 13.3 | -8.1 | 2.8 | 7 | 19.6 | 17.0 | -2.6 | 0.4 | 7 |
| Bermudasinseln | 20.0 | 16.1 | -3.9 | | | 19.6 | 17.4 | -2.2 | | |

Man erkennt eine außerordentliche Anheizung der Luftmassen. In beiden Teilen der Tabelle unterscheiden sich sowohl der mittlere wie der maximale Betrag hierfür nur wenig voneinander. Eine Abschwächung zeigt der 2. Teil der Tabelle gegenüber dem 1. nur bei den Werten von Miami. Dies erklärt sich wohl in der Hauptsache dadurch, daß an der Südspitze von Florida die Wellen schon sehr geschwächt ankommen, so daß sie der verstärkten Insolation nicht mehr gewachsen sind. Es wurden aber auch durch das für die Jahre 1917 bis 1919 benutzte Auswahlprinzip die Wellen in der Umgebung von Kap Hatteras bevorzugt. Es mögen manche Wellen in Miami verhältnismäßig kräftig aufgetreten sein. Sie wurden jedoch nicht behandelt, da sie auf Kap Hatteras eine Erniedrigung des Tagesmaximums bewirkten, die unterhalb $8^{\circ} C$ pro Tag lag. Daß die relative Erwärmung gegen Washington und Kap Hatteras im Tagesmittel aus 25 Fällen etwas größer ist, als aus dem ersten Teil der Tabelle hervorgeht, erklärt sich ebenfalls aus den Kriterien, die für die 25 Fälle der Jahre 1917 bis 1919 benutzt wurden.

Der Betrag, um den die Kältewellen durch das Meer in etwa 30 Stunden erwärmt wurden, ist sehr groß. Da wir, wie oben erwähnt, annehmen müssen, daß die Luftmassen über den Bermudas und die über Washington ziemlich identisch miteinander sind, findet

beinahe in der Hälfte aller Fälle eine Erhöhung des Tagesmittels um 20°C und mehr statt. Trotzdem ist der Zeitraum von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Tagen noch nicht groß genug, um im Temperaturgange die Merkmale polarer Herkunft vollständig zu verwischen. Nur in einem Falle tritt auf den Bermudas keine Erniedrigung des Tagesmittels ein, während dies einmal innerhalb 24 Stunden um mehr als 6°C sinkt, für ein ozeanisches Klima ein beträchtlicher Temperaturfall. Die Erwärmung gegen Kap Hatteras ist geringer als die gegen Washington, liegt aber doch in 14 von 22 Fällen zwischen 10 und 20°C . Wenn auch der warme Golfstrom innerhalb der angegebenen Zeit die Temperatur der amerikanischen Kältewellen nicht vollständig an die der Seeluft angleichen kann, so bewahrt er die Bermudas doch vor tiefen absoluten Temperaturen. Bei den betrachteten Fällen betrug das Minimum 9°C . Auch auf den Bermudas kann die Temperatur unter den Gefrierpunkt sinken.¹⁾ Doch kommt dies nur vereinzelt innerhalb eines größeren Zeitraumes vor. Wenn man zwar aus den begleitenden Umständen auf Kälteeinbrüche aus dem nordwestlichen Kontinent schließen muß, so wird doch die niedrigste Temperatur durch Ausstrahlung bedingt und nicht von der Luftmasse über das Meer mitgebracht sein.

Da die Größe der Erwärmung in der Hauptsache durch die vorhandenen Temperaturdifferenzen zwischen Luft und Wasserfläche bedingt wird, ist ein jährlicher Gang mit einem Maximum im Winter zu erwarten. In den betrachteten Fällen findet man dementsprechend die größten Werte in den Monaten Dezember bis Februar. März und April wie auch Oktober und November zeigen bedeutend niedrigere Beträge für die Erwärmung. Im Gegensatz dazu läßt sich in der Größe des Temperaturfalles auf den Bermudas aus dem vorliegenden Material kein jährlicher Gang nachweisen.

Es soll nun untersucht werden, ob mit der Erwärmung eine Erhöhung der Feuchtigkeit eingetreten ist, ob also die ursprünglich kalte und trockene Polarluft auf der 30stündigen Wanderung über den Ozean bereits so viel Wasserdampf aufgenommen hat, daß sie nunmehr als feucht anzusprechen ist. Leider fehlen hier die Vergleichswerte vom Festlande. Wir können also die Zunahme des Wassergehaltes nur angenähert berechnen.

Die Tabelle 2 gibt sowohl für 1920 wie auch für alle betrachteten Kältewellen den mittleren Dampfdruck und die mittlere relative Feuchtigkeit auf den Bermudas zur Zeit der Morgenbeobachtung.

¹⁾ J. Hann: Klimatologie, III. Aufl., Bd. III, S. 430.

Tabelle 2.

| | 10 Fälle von 1920 | | | | 25 Fälle von 1917—1920 | | | |
|--------------------------|-------------------|----------|----------|-------|------------------------|----------|----------|-------|
| | Vortag | Haupttag | Änderung | | Vortag | Haupttag | Änderung | |
| | | | Mittel | Max. | | | Mittel | Max. |
| Dampfdruck in mm | 14.7 | 9.3 | -5.3 | -10.6 | 14.9 | 10.7 | -4.2 | -10.6 |
| Relat. Feuchtigkeit in % | 83 | 70 | -13 | -42 | 87 | 77 | -10 | -42 |

Es ergibt sich, daß auf den Bermudas durchweg Dampfdruck und relative Feuchtigkeit fallen. Besonders prägt sich dies in dem Gang der absoluten Feuchtigkeit aus. Es hat den Anschein, als ob sich der polare Charakter einer Luftmasse über dem Meere hierin viel länger erhält, als in jedem anderen meteorologischen Element, besonders als in dem Temperaturverlauf.

Die angegebene Abnahme der relativen und absoluten Feuchtigkeit steht im Widerspruch zu der schon erwähnten Arbeit von Gölles. Er findet nämlich, daß die polare Luft bei den Kältewellen im Gebiete des Kaspischen Meeres in Lenkoran nach Überquerung der Wasserfläche fast gesättigt ankommt, und daß auch die absolute Feuchtigkeit wesentlich ansteigt. Der Grund für dieses verschiedene Verhalten liegt zum Teil darin, daß die Luft auf dem Festlande nicht so feucht ist, als die um die Bermudas-Inseln, zum Teil ist es aber auch dadurch begründet, daß sich der Vorgang der Erwärmung durch das Kaspische Meer bei recht niedrigen Temperaturen abspielt. Dann genügen geringere Mengen Wasserdampf, um die Luft bis zur Sättigung zu bringen. Mit höheren Temperaturen steigt auch die Aufnahmefähigkeit der Luft rasch an. Daß aber die Luft auch bei den amerikanischen Kältewellen sich mit Wasserdampf anreichert hat, zeigt eine Überschlagsrechnung. Bei Annahme gesättigter Luft von 4.8° C auf dem Festlande ist immer noch eine Zunahme um 4 g pro cbm nötig, um den Dampfdruck auf den Bermudas zu erklären. Die wirkliche Zunahme an Wasserdampf ist vermutlich noch größer und beträgt 6—7 g pro cbm. Leider lassen sich aber genaue und sichere Angaben darüber, sowie über das Verhältnis von Verdunstung und Zunahme der absoluten Feuchtigkeit nicht machen, da hierzu jegliche Unterlagen fehlen.

Über die Änderung der Niederschlagsverhältnisse orientieren die folgenden Zahlen. Sie gelten für den Haupttag eines Kälteeinbruches.

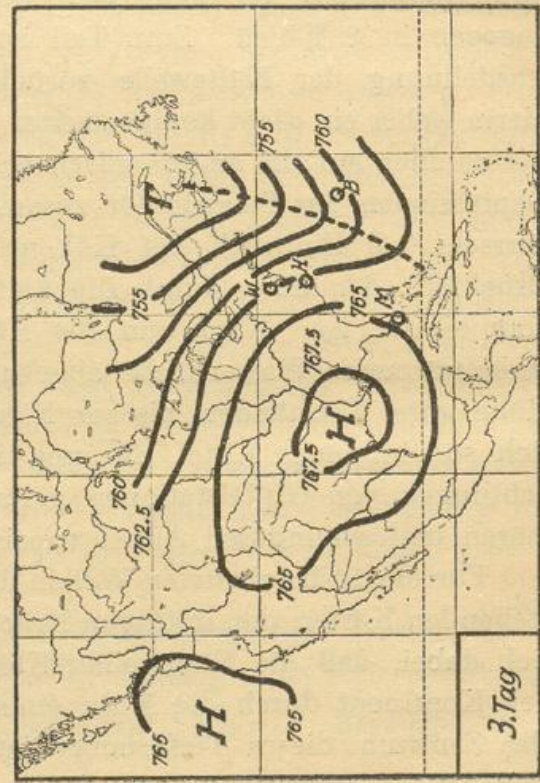
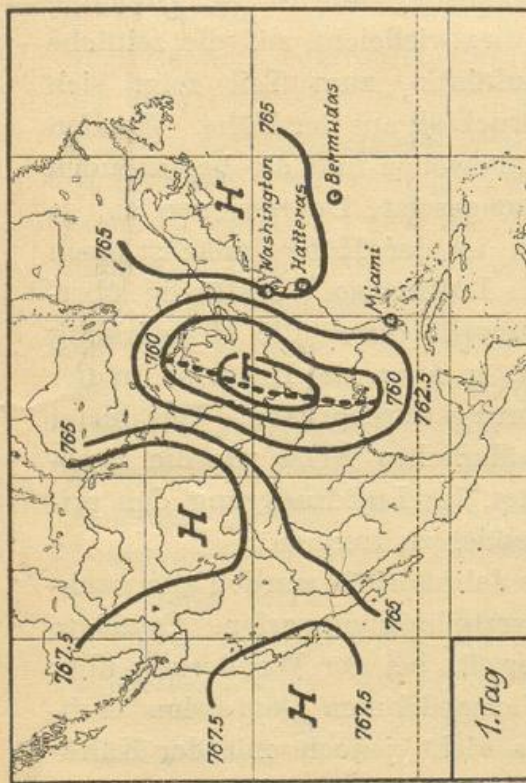
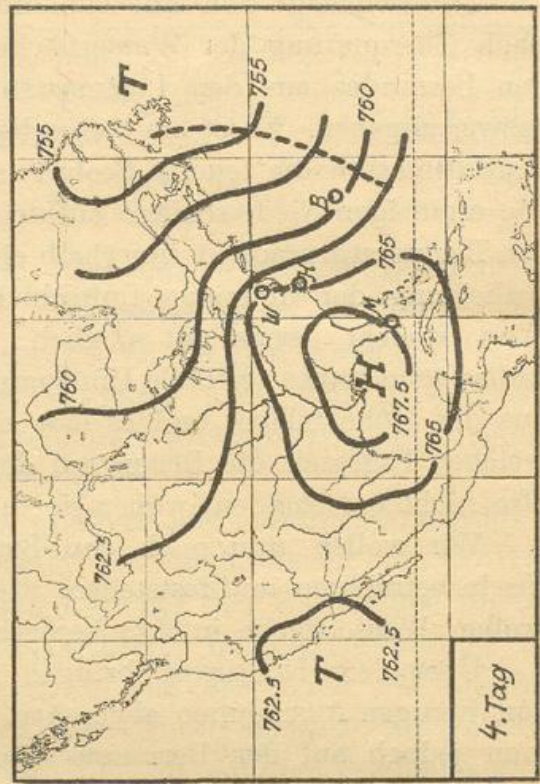
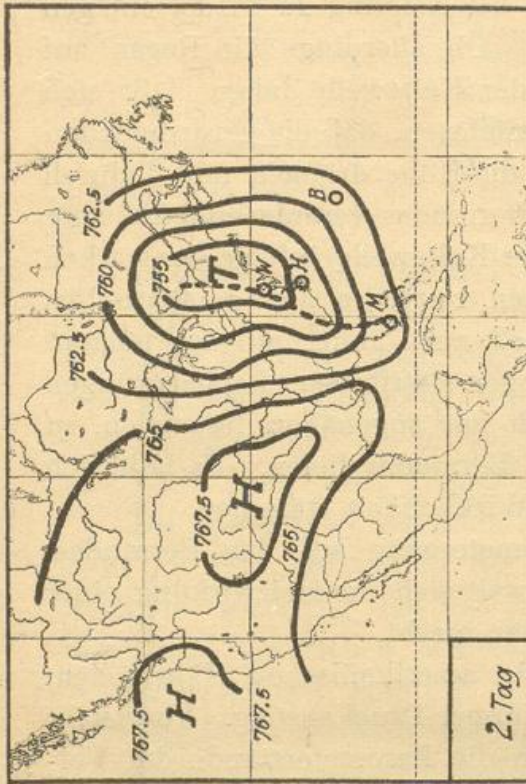
| | Washington | Kap Hatteras | Miami | Bermudas-Inseln |
|------------------------------------|------------|--------------|--------|-----------------|
| Gesamtsumme der Niederschläge: | 1.3 mm | 7.8 mm | 7.6 mm | 190.0 mm |
| Anzahl der Fälle mit Niederschlag: | 1 | 3 | 4 | 15 |

Deutlich zeigt sich eine Zunahme der Neigung zu Niederschlägen nach Überquerung der Wasserfläche. Ob allerdings die Regen auf den Bermudas aus den Luftmassen der Kältewelle fallen, läßt sich schwer angeben. Es ist am wahrscheinlichsten, daß die vordringenden Kaltluftmassen die feuchte Seeluft in die Höhe drängen und dadurch die ergiebigen Niederschläge auf den Bermudas veranlassen. Da aber der Temperaturgradient innerhalb einer Kältewelle infolge der starken Anheizung der untersten Luftschichten zeitweise den adiabatischen Wert erreicht, ist es gut möglich, daß auch innerhalb der polaren Luftmassen starke vertikale Umlagerungen stattfinden. Beobachtungen aus der Höhe fehlen, und es läßt sich nur angenähert feststellen, zu welcher Tageszeit die Regen auf den Bermudas fielen. Es läßt sich also nicht entscheiden, woher sie in Wirklichkeit stammen.

Wir wollen nun noch den Barometergang auf den Bermudas-Inseln betrachten und feststellen, wie weit sich die Heizwirkung einer großen Wasserfläche in ihm bemerkbar macht.

Über dem Kontinent bringen die amerikanischen Kältewellen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, immer Druckanstieg. Vergleicht man jedoch auf den Bermudas-Inseln die Barometerstände des Vor- und Haupttages, so findet sich Druckanstieg nur in 17, Druckfall dagegen in 8 Fällen. Zum Teil ist dies vielleicht auf die zeitliche Ausdehnung der Kältewelle zurückzuführen, zum Teil zeigt sich hierin sicher ein nicht kompensierter Druckfall aus der Höhe. Wenden wir nämlich auf die amerikanischen Kältewellen und die begleitenden Depressionen das Schema für zusammengesetzte Depressionen an, so herrscht bei Einbruch der Kältewelle in der Höhe zunächst noch Druckfall, der aber durch die kalten Luftmassen vollständig überkompensiert ist. Wird nun die Kältewelle durch die Heizwirkung einer wärmeren Wasserfläche abgebaut, so kann der Druckfall in der Höhe unter Umständen bis zur Niederung durchgreifen. Uns bietet sich so ein neues Mittel, das uns in ähnlicher Weise wie die Beobachtungen von Gipfelstationen gestattet, im Luftdruckgang den primären und sekundären Anteil voneinander zu trennen.

Für die 10 bearbeiteten Wellen des Jahres 1920 wurden die nachstehenden Karten der mittleren Druckverteilung entworfen. Es zeigte sich dabei, daß die Front einer Kältewelle bei der Wanderung über den Kontinent durch die Mitte einer ausgedehnten Depression läuft. Das Zentrum dieses Tiefdruckgebietes zieht jedoch mit der Kältewelle nicht ostwärts auf die Bermudas-Inseln zu, sondern wandert



Mittlere Luftdruckverteilung bei Kaltwellen.
----- Front einer Kältequelle.

längs der Küste nach Norden. Diese auffällige Änderung der Fortpflanzungsrichtung erklärt sich vielleicht dadurch, daß in den mittleren und südlichen Teilen der Depression die Quellen der Bewegungsenergie infolge der erwärmenden Wirkung des Wassers fortfallen. Nur in den nördlichen Teilen findet durch das vorspringende Land und den kälteren Ozean eine Angleichung der Temperaturen zwischen Vorder- und Rückseite nicht statt. Und so verschiebt sich dann der Kern des Tiefdruckgebietes immer weiter nach Norden.

Ergebnisse.

Die vorliegenden Daten geben einen kleinen Ausschnitt aus der Umwandlung polarer Luft in Tropikluft, wie sie durch eine warme Wasserfläche vorgenommen wird. Innerhalb 1 bis $1\frac{1}{2}$ Tagen ist die Lufttemperatur außerordentlich gestiegen, meist um mehr als 20° C. Da die Station auf dem Bermudas etwa 50 m über dem Meere liegt, gelten die angegebenen Werte allerdings nur für die untersten Schichten. Wie hoch sich die Anheizung in vertikaler Richtung erstreckt, läßt sich nicht mit Sicherheit feststellen. Immerhin lassen die Berechnung der Höhe einer Kältewelle aus den eingetretenen Druckstufen und Betrachtungen über Temperaturen in der Höhe mit Hilfe möglicher oder glaubhafter Temperaturgradienten es wahrscheinlich erscheinen, daß die Erwärmung schon bis 2000 m hinauf fortgeschritten ist. Trotzdem aber die Temperatur der Polarluft so außerordentlich erhöht wurde, ist sie immer noch kälter als die auf den Bermudas normalerweise vorhandene Seeluft. Auch ist sie noch sehr viel trockener.

Daß die Ergebnisse in einem gewissen Gegensatze zu den Befunden am Kaspischen Meere stehen, wurde schon erwähnt. Dies ist besonders deshalb auffallend, weil Gölles zum Teil erheblich größere Veränderungen konstatierte, obwohl es sich um eine kleinere Wasserfläche und einen kürzeren Zeitraum handelte. Vielleicht weist dies darauf hin, daß sich der Vorgang der Erwärmung polarer Luft in kälteren und wärmeren Gebieten der Erde verschieden abspielt. Doch wurde in dieser Arbeit, ebenso wie beim Kaspischen Meere, eine erhöhte Neigung zu Niederschlägen nach Überquerung der Wasserfläche gefunden.

Es war zu erwarten, daß sich im Luftdruck ebenfalls bedeutende Änderungen vollzogen. Da das Gewicht einer ziemlich hohen Luft-

masse durch Erwärmung vermindert wurde, nahm der Druckeffekt der Kältewelle ab. Ferner erschien es wahrscheinlich, daß durch dieselbe Ursache Druckvorgänge aus der Höhe bis zum Erdboden hinunter bemerkbar wurden. Auch änderte sich beim Auftreffen auf eine wärmere Wasserfläche die Zugrichtung von Depressionen, die an die Front einer Kältewelle gebunden waren. Das Zentrum schlug meist eine nordöstliche Bahn ein, während es vorher mit der Kältewelle ostwärts gewandert war.

Temperatur, Niederschlag und Sonnenschein im Jahre 1926

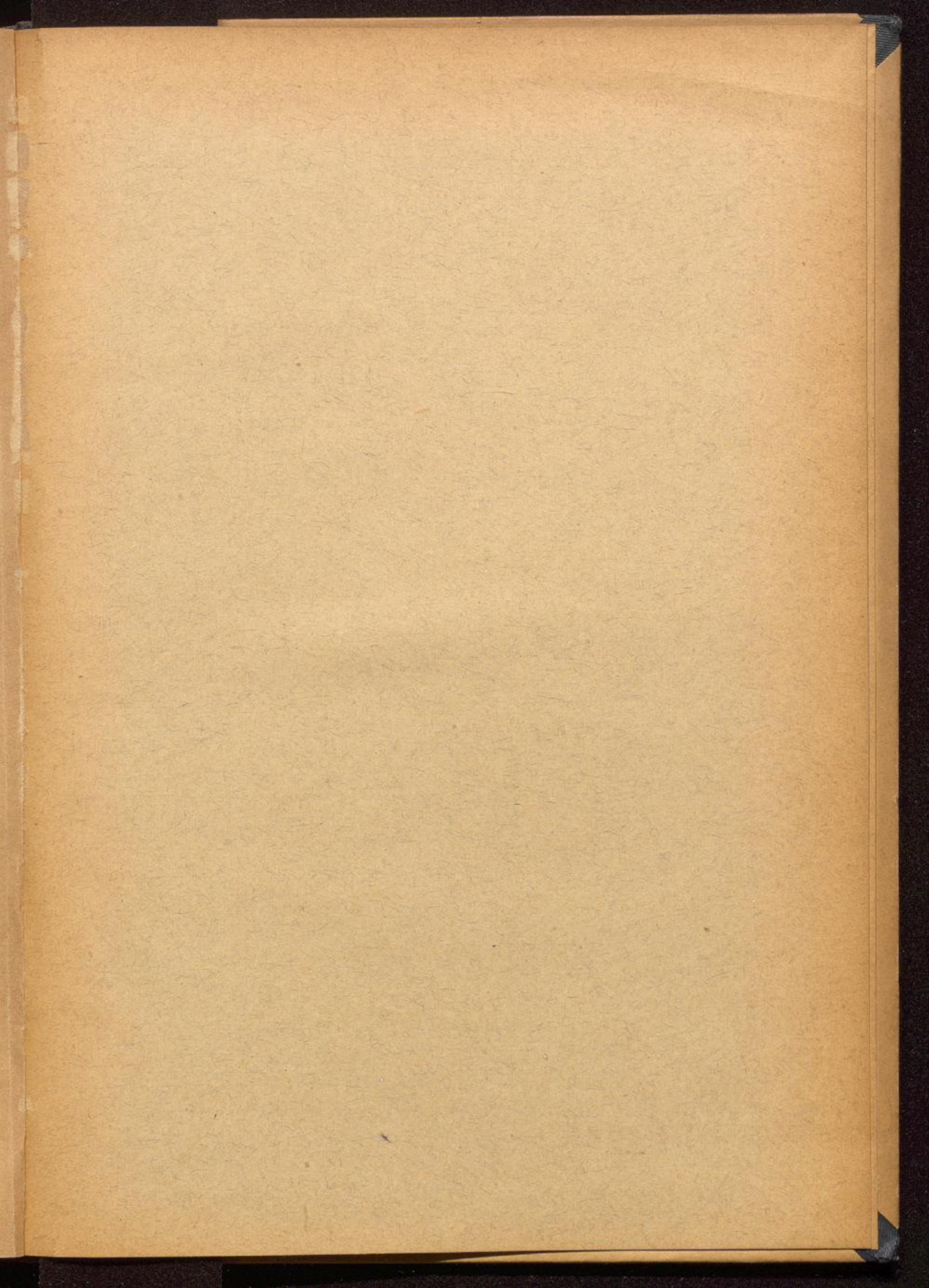
nach den Beobachtungen der im deutschen Witterungsbericht erscheinenden Stationen.

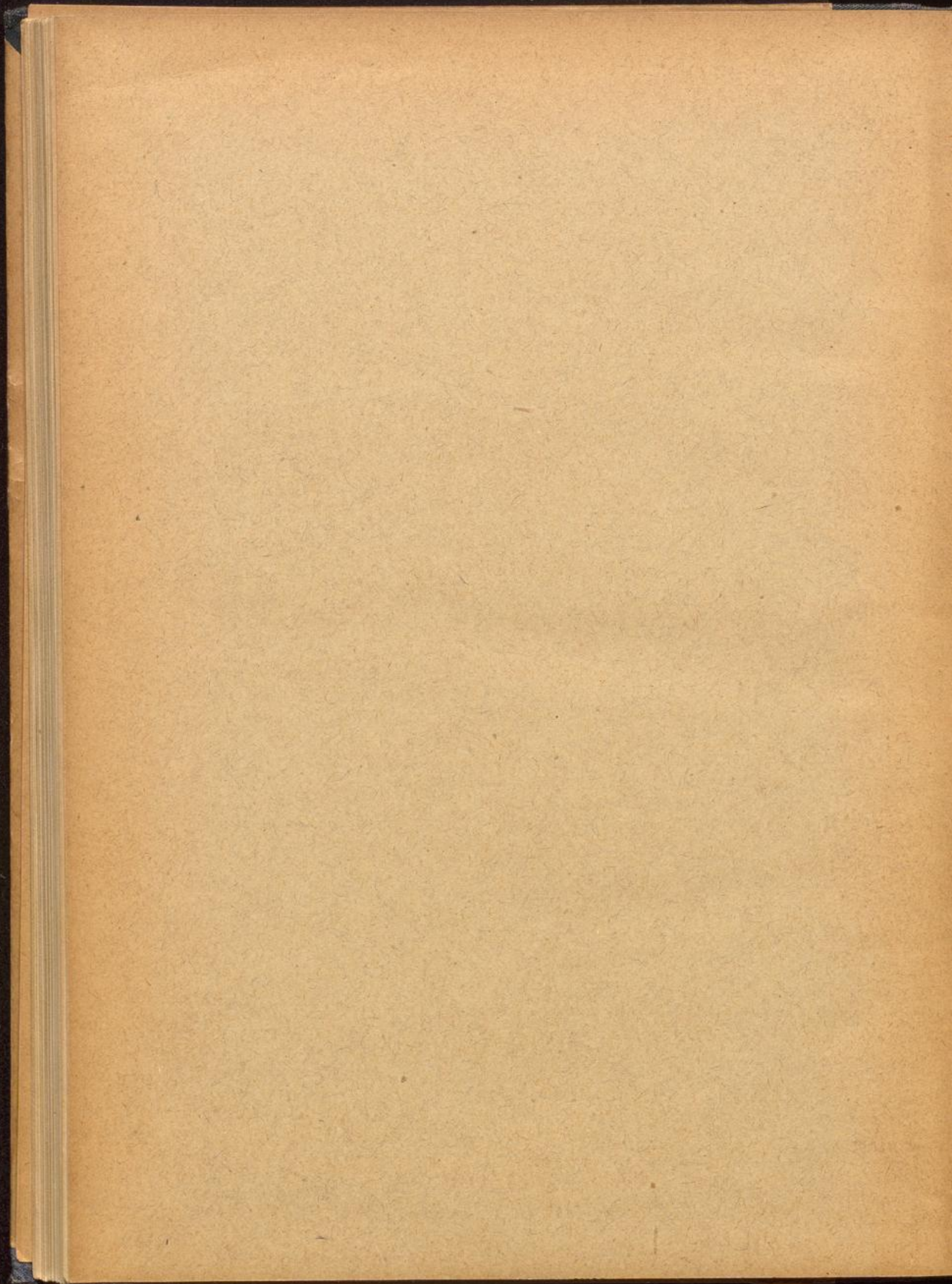
| Stationen | Seehöhe
der Stationen
m | Temperatur | | | | | Niederschlag | | | | |
|--------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------|--------|------------------|--------------|------------------|-------------------------|-------------------|---------|
| | | Mittel
C° | Abweichung v.
der normalen
C° | höchste
C° | Datum | niedrigste
C° | Datum | Gesamthöhe
mm | Prozent
der normalen | Tages-
maximum | |
| | | | | | | | | | | mm | Datum |
| Westerland a. Sylt | 6 | 8.6 | + 0.6 | 28.2 | 14. 7. | - 14.8 | 22. 1. | 635 | 86 | 25.4 | 19. 8. |
| Flensburg | 12 | 8.6 | + 0.8 | 29.3 | 14. 7. | - 17.0 | 22. 1. | 922 | 124 | 30.1 | 19. 8. |
| Neumünster | 22 | 8.7 | + 0.9 | 30.5 | 19. 7. | - 14.9 | 22. 1. | 907 | 125 | 17.7 | 25. 7. |
| Hamburg | 26 | 9.2 | + 0.8 | 30.4 | 14. 7. | - 8.7 | 22. 1. | 918 | 126 | | |
| Schwerin i. M. | 56 | 9.3 | + 1.2 | 32.2 | 14. 7. | - 14.7 | 19. 1. | 793 | 129 | 51.3 | 30. 7. |
| Lüneburg | 20 | 9.3 | + 1.1 | 31.6 | 14. 7. | - 16.1 | 22. 1. | 897 | 148 | 43.7 | 7. 8. |
| Bremen | 16 | 9.8 | + 0.9 | 29.8 | 14. 7. | - 12.7 | 22. 1. | 730 | 109 | 23.9 | 17. 5. |
| Emden | 4 | 9.4 | + 0.9 | 28.2 | 14. 7. | - 11.9 | 22. 1. | 779 | 106 | 25.8 | 14. 6. |
| Hannover | 51 | 9.5 | + 1.1 | 30.4 | 14. 7. | - 12.5 | 22. 1. | 987 | 163 | 47.5 | 1. 11. |
| Cassel | 201 | 9.2 | + 1.0 | 30.1 | 14. 7. | - 10.3 | 13. 1. | 682 | 116 | 22.6 | 6. 7. |
| Arnsberg | 212 | 9.3 | + 0.8 | 29.8 | 15. 7. | - 11.6 | 19. 1. | 1253 | 138 | 49.6 | 1. 11. |
| Münster i. W. | 64 | 9.8 | + 1.0 | 31.4 | 14. 7. | - 10.4 | 14. 1. | 974 | 132 | 36.7 | 1. 11. |
| Cleve | 47 | 9.8 | + 0.7 | 31.8 | 15. 7. | - 9.8 | 14. 1. | 860 | 112 | 37.8 | 17. 5. |
| Köln | 57 | 11.1 | + 0.9 | 31.0 | 14. 7. | - 7.1 | 14. 1. | 802 | 123 | 46.1 | 17. 5. |
| Aachen | 205 | 9.9 | + 0.8 | 30.8 | 31. 8. | - 9.5 | 26. 12. | 1041 | 124 | 73.7 | 5. 7. |
| Neuwied | 66 | 10.4 | + 0.9 | 31.5 | 11. 9. | - 11.2 | 19. 1. | 660 | 119 | 28.9 | 16. 7. |
| Frankfurt a. M. | 120 | 10.5 | + 0.7 | 32.3 | 14. 7. | - 9.1 | 14. 1. | 602 | 102 | 20.1 | 19. 6. |
| Geisenheim | 98 | 10.3 | + 0.8 | 31.1 | 14. 7. | - 9.8 | 26. 12. | 612 | 117 | 39.4 | 5. 7. |
| Trier | 148 | 10.0 | + 1.0 | 31.6 | 18. 7. | - 9.8 | 26. 12. | 805 | 117 | 30.8 | 17. 5. |
| Putbus | 53 | 7.6 | + 0.1 | 27.2 | 14. 7. | - 8.7 | 14. 1. | 745 | 128 | 51.1 | 11. 7. |
| Köslin | 46 | 8.0 | + 0.8 | 29.0 | 19. 7. | - 13.0 | 14. 1. | 818 | 119 | 26.1 | 27. 8. |
| Stettin | 26 | 9.1 | + 0.7 | 32.6 | 18. 7. | - 12.0 | 14. 1. | 740 | 138 | 29.6 | 20. 8. |
| Kyritz | 44 | 9.1 | + 1.2 | 31.5 | 15. 7. | - 12.0 | 19. 1. | 724 | 136 | 37.0 | 9. 7. |
| Berlin | 55 | 9.3 | + 1.0 | 30.9 | 19. 7. | - 11.6 | 13. 1. | 803 | 139 | 47.5 | 27. 11. |
| Frankfurt a. O. | 34 | 9.2 | + 0.7 | 31.3 | 19. 7. | - 15.5 | 26. 2. | 701 | 136 | 29.2 | 16. 6. |
| Torgau | 94 | 9.9 | + 1.0 | 32.0 | 19. 7. | - 14.5 | 18. 1. | 790 | 148 | 43.6 | 16. 7. |
| Magdeburg | 54 | 9.9 | + 1.0 | 32.9 | 19. 7. | - 11.8 | 22. 1. | 836 | 169 | 82.4 | 5. 7. |
| Erfurt | 219 | 9.1 | + 1.3 | 31.5 | 19. 7. | - 15.5 | 25. 12. | 571 | 110 | 24.4 | 23. 5. |
| Plauen | 369 | 8.7 | + 1.0 | 31.0 | 19. 7. | - 15.9 | 27. 12. | 956 | 140 | | |
| Leipzig | 113 | 9.9 | + 1.2 | 32.0 | 19. 7. | - 14.7 | 26. 12. | 956 | 154 | | |
| Dresden | 110 | 10.1 | + 1.1 | 30.6 | 15. 7. | - 13.2 | 26. 12. | 725 | 114 | | |
| Tilsit | 17 | 7.2 | + 0.6 | 29.1 | 20. 7. | - 21.0 | 22. 1. | 833 | 123 | 36.0 | 23. 6. |
| Königsberg i. Pr. | 23 | 7.7 | + 0.7 | 27.6 | 19. 7. | - 17.2 | 13. 1. | 844 | 129 | 47.1 | 21. 7. |
| Marggrabowa | 169 | 6.6 | + 0.9 | 29.3 | 15. 7. | - 19.6 | 13. 1. | 808 | 139 | 36.5 | 14. 8. |
| Osterode i. Ostpr. | 112 | 7.9 | + 1.2 | 30.8 | 15. 7. | - 17.6 | 13. 1. | 688 | 123 | 35.7 | 31. 7. |
| Lauenburg i. Pom. | 43 | 8.0 | + 0.9 | 30.1 | 19. 7. | - 14.0 | 14. 1. | 651 | 105 | 19.4 | 1. 11. |
| Deutsch-Krone | 124 | 8.3 | + 1.0 | 32.3 | 14. 7. | - 15.1 | 13. 1. | 770 | 134 | 35.7 | 18. 4. |
| Grünberg i. Schl. | 154 | 8.8 | + 0.9 | 31.0 | 15. 7. | - 14.2 | 13. 1. | 905 | 146 | 52.5 | 23. 6. |
| Görlitz | 214 | 9.2 | + 1.0 | 29.2 | 15. 7. | - 14.5 | 26. 12. | 916 | 136 | 37.6 | 1. 6. |
| Breslau | 125 | 9.0 | + 1.2 | 31.2 | 15. 7. | - 14.7 | 17. 1. | 724 | 125 | 57.3 | 15. 6. |
| Rosenberg O.-S. | 242 | 8.6 | + 1.4 | 34.3 | 15. 7. | - 15.0 | 13., 14. 1. | 776 | 115 | 18.2 | 2. 8. |
| Ratibor | 191 | 9.2 | + 1.3 | 29.0 | 14. 7. | - 16.0 | 26. 12. | 857 | 133 | 40.6 | 3. 8. |

| Stationen | Seehöhe
der Stationen
m | Temperatur | | | | | | Niederschlag | | | |
|----------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------|-------------|------------------|---------|------------------|-------------------------|-------------------|--------|
| | | Mittel
C° | Abweichung v.
der normalen | höchste
C° | Datum | niedrigste
C° | Datum | Gesamthöhe
mm | Prozent
der normalen | Tages-
maximum | |
| | | | | | | | | | | mm | Datum |
| Kaiserslautern . . . | 238 | 10.0 | + 1.2 | 29.5 | 18. 7. | - 11.5 | 26. 12. | 615 | 87 | | |
| Karlsruhe i. B. . . | 120 | 10.7 | + 0.9 | 31.1 | 19. 7. | - 10.1 | 18. 1. | 731 | 99 | 27.2 | 18. 2 |
| Stuttgart . . . | 269 | 11.0 | + 1.4 | 31.6 | 24. 7. | - 10.8 | 13. 1. | 592 | 88 | | |
| Freudenstadt . . . | 723 | 7.4 | + 0.7 | 31.2 | 18. 7. | - 15.0 | 13. 1. | 1402 | 93 | | |
| Ulm . . . | 479 | 8.9 | + 1.2 | 31.7 | 16. 8. | - 13.6 | 13. 1. | 884 | 129 | | |
| Friedrichshafen . . | 400 | 9.2 | + 0.7 | 28.4 | 19. 7. | - 12.9 | 13. 1. | 1054 | 103 | | |
| Würzburg . . . | 179 | 9.9 | + 1.0 | 31.0 | 14., 19. 7. | - 10.5 | 13. 1. | 597 | 106 | | |
| Nürnberg . . . | 309 | 9.7 | + 1.1 | 31.7 | 19. 7. | - 13.6 | 13. 1. | 674 | 117 | 39.8 | 21. 7. |
| München . . . | 526 | 9.3 | + 1.2 | 30.5 | 19. 7. | - 15.0 | 13. 1. | 997 | 109 | 59.6 | 10. 7. |
| Metten . . . | 328 | 8.3 | + 0.6 | 30.3 | 19. 7. | - 13.5 | 13. 1. | 1275 | 144 | | |
| Feldbergi. Taunus | 801 | 5.8 | + 0.6 | 24.3 | 15. 7. | - 15.2 | 13. 1. | 1024 | 103 | 41.8 | 5. 7. |
| Wasserkuppe . . . | 923 | 5.1 | | 24.0 | 14. 7. | - 16.0 | 13. 1. | 1360 | | 47.7 | 21. 7. |
| Brocken . . . | 1153 | 3.0 | + 0.7 | 21.3 | 19. 7. | - 18.6 | 14. 1. | 1618 | 97 | 71.9 | 5. 7. |
| Fichtelberg . . . | 1213 | 3.3 | + 0.7 | 23.6 | 19. 7. | - 19.4 | 13. 1. | 1670 | 118 | | |
| Schneekoppe . . . | 1610 | 0.8 | + 1.0 | 18.6 | 15. 7. | - 21.2 | 12. 1. | 1544 | 136 | 78.2 | 3. 8. |
| Zugspitze . . . | 2962 | -4.1 | + 0.7 | 12.2 | 19. 7. | - 27.1 | 12. 1. | 1604 | 122 | | |

Sonnenscheindauer in Stunden und in Prozenten
der möglichen Dauer.

| Stationen | Std. | % | Stationen | Std. | % | Stationen | Std. | % |
|--------------------|------|----|-----------------|------|----|--------------------|------|----|
| Westerland a. Sylt | 1536 | 34 | Kolberg . . . | 1685 | 38 | Marggrabowa . . | 1606 | 36 |
| Meldorf . . . | 1374 | 31 | Neubrandenburg | 1563 | 35 | Königsberg i. Pr. | 1590 | 36 |
| Bremen . . . | 1373 | 31 | Potsdam . . . | 1542 | 35 | Osterode i. Ostpr. | 1360 | 30 |
| Emden . . . | 1442 | 32 | Quedlinburg . . | 1296 | 29 | Grünberg i. Schl. | 1576 | 35 |
| Münster i. W. . . | 1433 | 32 | Brocken . . . | 1202 | 26 | Breslau . . . | 1601 | 36 |
| Aachen . . . | 1534 | 34 | Magdeburg . . . | 1358 | 30 | Schneekoppe . . | 1223 | 27 |
| Cassel . . . | 1242 | 28 | Coethen . . . | 1495 | 34 | Karlsruhe . . . | 1638 | 37 |
| Marburg . . . | 1422 | 32 | Erfurt . . . | 1409 | 32 | Nürnberg . . . | 1397 | 31 |
| Frankfurt a. M. . | 1365 | 31 | Plauen . . . | 1444 | 32 | München . . . | 1655 | 37 |
| Feldberg i. T. . . | 1247 | 28 | Dresden . . . | 1249 | 28 | Zugspitze . . . | 1497 | 33 |
| Geisenheim . . . | 1545 | 35 | | | | | | |





△
Tag

