

-39087

Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts

Herausgegeben durch dessen Direktor

H. von Ficker

Nr. 372

Bericht über die Tätigkeit

des

**Preußischen
Meteorologischen Instituts**

im Jahre 1929

Erstattet vom Direktor

Mit einem Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen

Berlin 1930

JULIUS SPRINGER

Preis 10 RM

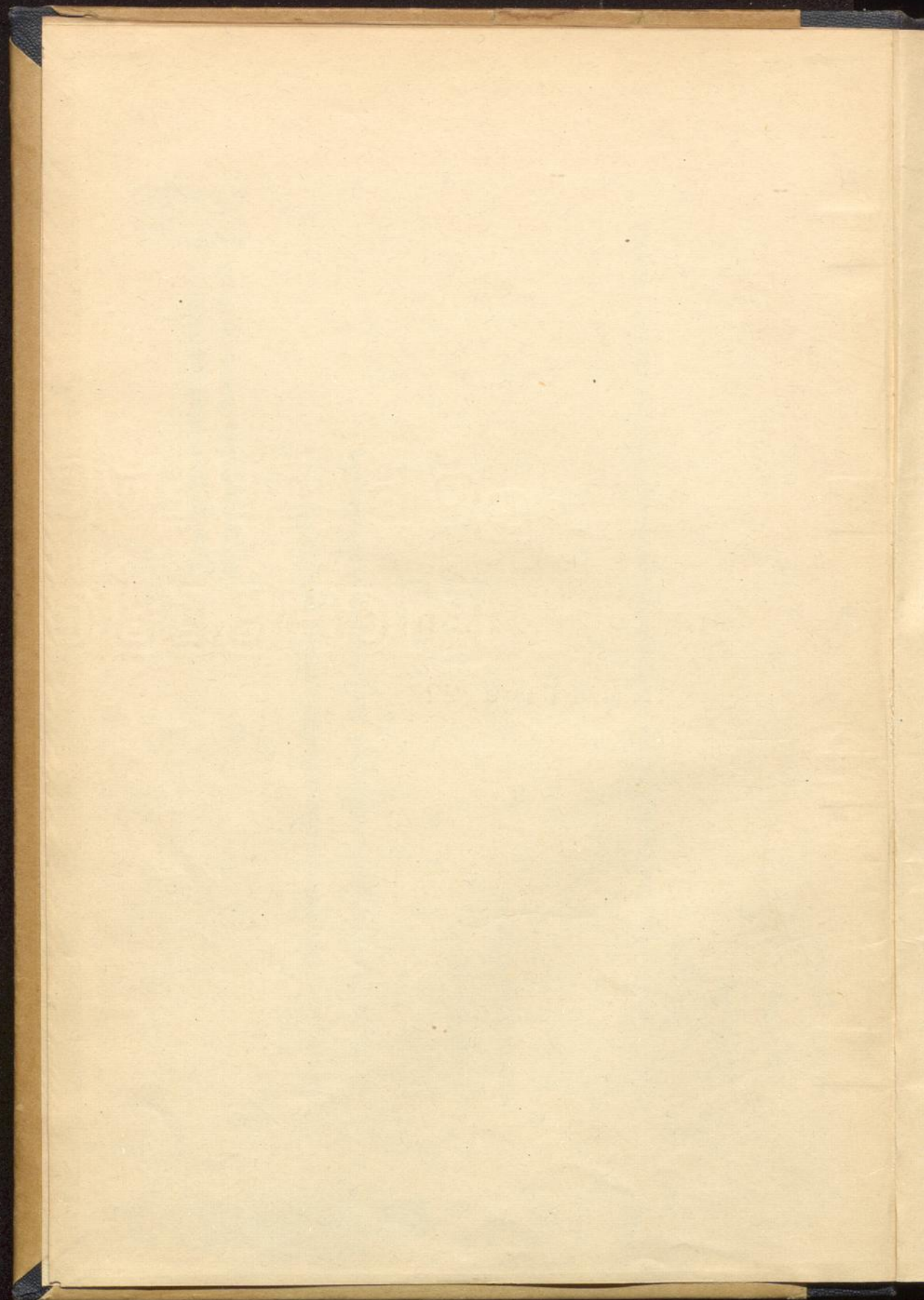
DWD Offenbach / Bibliothek



B23027555

Arbitrium guffintina

I 29



Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts

Herausgegeben durch dessen Direktor

H. von Ficker

Nr. 372

Bericht über die Tätigkeit

des

**Preußischen
Meteorologischen Instituts**

im Jahre 1929

Erstattet vom Direktor

Mit einem Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen

Berlin 1930

JULIUS SPRINGER

Preis 10 RM

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

LECTURE NOTES

PHYSICS 230

1962-63

BY

1963

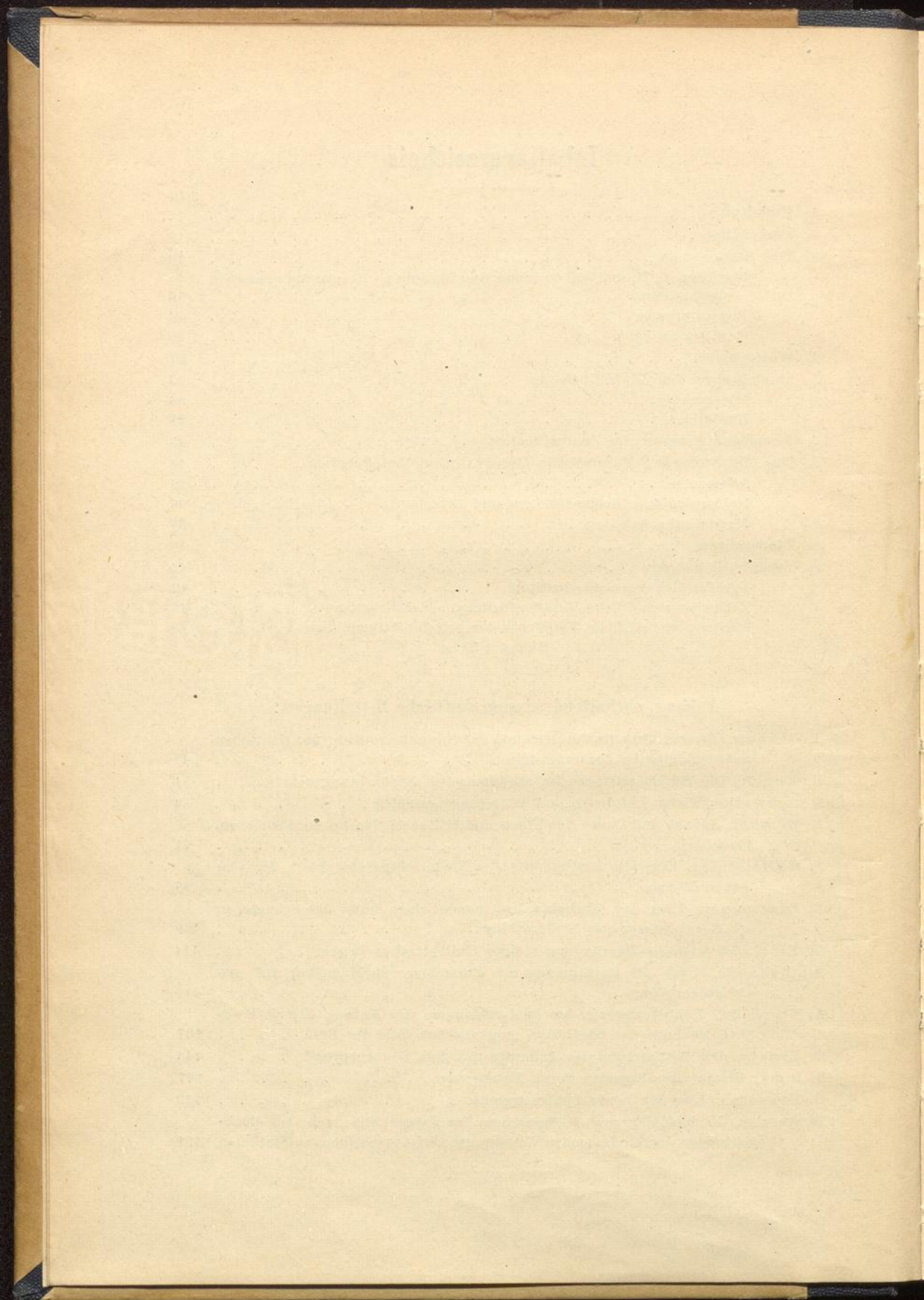
Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	5
2. Personalien	8
3. Das Stationsnetz	10
Stationen I., II. und III. Ordnung und Stationen, die nur Sonnenschein beobachten	10
Regenstationen	16
Gewitterstationen	20
4. Wetterdienst	21
5. Sammlungen des Zentralinstituts	23
Instrumente	23
Bücherei	24
6. Besondere Arbeiten im Zentralinstitut	25
7. Das Meteorologisch-Magnetische Observatorium bei Potsdam	26
Allgemeines	26
Meteorologische Beobachtungen und Arbeiten	26
Magnetische Arbeiten	35
8. Dienstreisen	40
9. Veröffentlichungen	42
Veröffentlichungen des Instituts	42
Fachwissenschaftliche Veröffentlichungen der Beamten	43
Fachwissenschaftliche Veröffentlichungen der Stipendiaten	47

Hierzu 1 Tafel

Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen:

I	J. Grunow, Bericht über die Vergleichung der Normalbarometer der deutschen meteorologischen Zentralanstalten	49
	K. Knoch, Die Säkularstationen im norddeutschen Beobachtungsnetz	54
	G. Schwalbe, Tiefer Luftdruck und Witterungsumschlag	64
	E. Reichel, Anzahl und Dauer der Frost- und Kälteperioden im norddeutschen Flachlande	71
	J. Hoffmeister, Über die Bestimmung des Niederschlagscharakters der einzelnen Monate	96
II	A. Dieckmann, Über den jährlichen und monatlichen Anteil des Schnees an der Gesamtmenge des Niederschlags	109
I	H. Ertel, Theoretische Begründung einiger Guilbertscher Regeln	114
	Ad. Schmidt, Über die Bestimmung der Parameter von Magneten auf galvanischem Wege	119
I.	A. Nippoldt, Neuberechnung der Beobachtungen von James Clark Ross über die Lage des nördlichen magnetischen Pols der Erde	137
	O. Venske, Die Bestimmung des Azimutes mit dem Sonnenspiegel	143
	R. Bock, Ersatz von Magneten durch Stromspulen	147
	G. Fanselau, Über ein neues Spulenaggregat	149
	Temperatur, Niederschlag und Sonnenschein im Jahre 1929 nach den Beobachtungen der im deutschen Witterungsbericht erscheinenden Stationen	151



1. Einleitung.

Am 1. April 1929 trat der Abteilungsvorsteher und Professor Herr Dr. Lüdeling in den Ruhestand, nachdem er 37 Jahre (seit 1. X. 1892) seine ganze Arbeitskraft dem Institut gewidmet hatte. Als gut ausgebildeter Physiker hat er sich namentlich an den Beobachtungsaufgaben des Potsdamer Observatoriums, vor allem im Dienste luftelektrischer Forschung betätigt und sich durch instrumentelle Konstruktionsarbeit große Verdienste erworben. In den schwierigen Jahren nach dem Kriege leitete er, zugleich Stellvertreter des Direktors, die Abteilung I des Instituts und war mit Erfolg bemüht, die während des Krieges entstandenen Bearbeitungsrückstände aufzuarbeiten. Daß er, als Vorgesetzter und Kollege gleich beliebt, infolge der gesetzlichen Bestimmungen vor Erlahmung seiner Arbeitskraft in den Ruhestand treten mußte, bedauert jeder Angehörige unseres Institutes.

Als das wichtigste Ereignis während des Berichtjahres ist anzuführen, daß der Neubau des Magnetischen Observatoriums in Niemegek bei Potsdam so weit gediehen ist, daß das Observatorium im Frühjahr 1930 betriebsfertig wird. Auch an dieser Stelle möchte ich dem vorgesetzten Ministerium den Dank dafür aussprechen, daß es trotz der finanziellen Nöte dieses Werk mit aller Kraft gefördert hat und damit die Kontinuität der magnetischen Beobachtungen sicherstellte.

Am Potsdamer Observatorium, das ja auch international als eine der Zentralstellen der Strahlungsforschung anerkannt ist, ist ein Laboratorium für Strahlungsforschung eingerichtet worden, an dem Dr. Büttner als Stipendiat der Notgemeinschaft (Forschungsgemeinschaft) der deutschen Wissenschaft tätig ist, während ein zweiter Stipendiat, Dr. Scholz, sich hauptsächlich mit luftelektrischen Spezialaufgaben befaßt. Auch die instrumentellen Behelfe für beide Herren sind von der Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellt worden. Der Stipendiat Dr. Fanselau war mit erdmagnetischen Arbeiten, der Stipendiat Dr. Löhle mit Untersuchungen der Durch-

lässigkeit der Luft beschäftigt. Letzterer schied Anfang September 1929 aus. Fügt man hinzu, daß während des Berichtjahres die Weiterarbeit an der Klimatographie Deutschlands ebenfalls nur mit Hilfe der Forschungsgemeinschaft möglich gewesen ist, so ergibt sich von selbst, wie sehr wir auch durch das abgelaufene Jahr der Forschungsgemeinschaft zu Dank verpflichtet wurden.

Die Übernahme des Studienrates Prof. Dr. Kolhörster in eine Observatorstelle des Potsdamer Observatoriums gab uns die Möglichkeit, die Erforschung der sogenannten Höhenstrahlung (Hess-Strahlung) in das Programm der ständigen Observatoriumsarbeiten aufzunehmen.

An der Direktoren-Konferenz des Internationalen Meteorologischen Komitees (16.—21. September 1929) in Kopenhagen nahm der Direktor des Instituts teil. Zu den der Direktorenkonferenz vorausgehenden Sitzungen verschiedener Kommissionen waren die Herren Süring, Venske und Knoch delegiert. Die Einsetzung einer neuen Kommission — Internationale Klimatologische Kommission — durch die Direktoren-Konferenz ist dadurch von Bedeutung für das Institut, daß der Direktor des Instituts zum Präsidenten dieser neuen Kommission gewählt worden ist. Wie sehr das Institut jetzt mit den internationalen meteorologischen Arbeiten verknüpft ist, ergibt sich auch daraus, daß Herr Süring im September zu Beratungen über den neuen internationalen Wolkenatlas nach Paris eingeladen wurde.

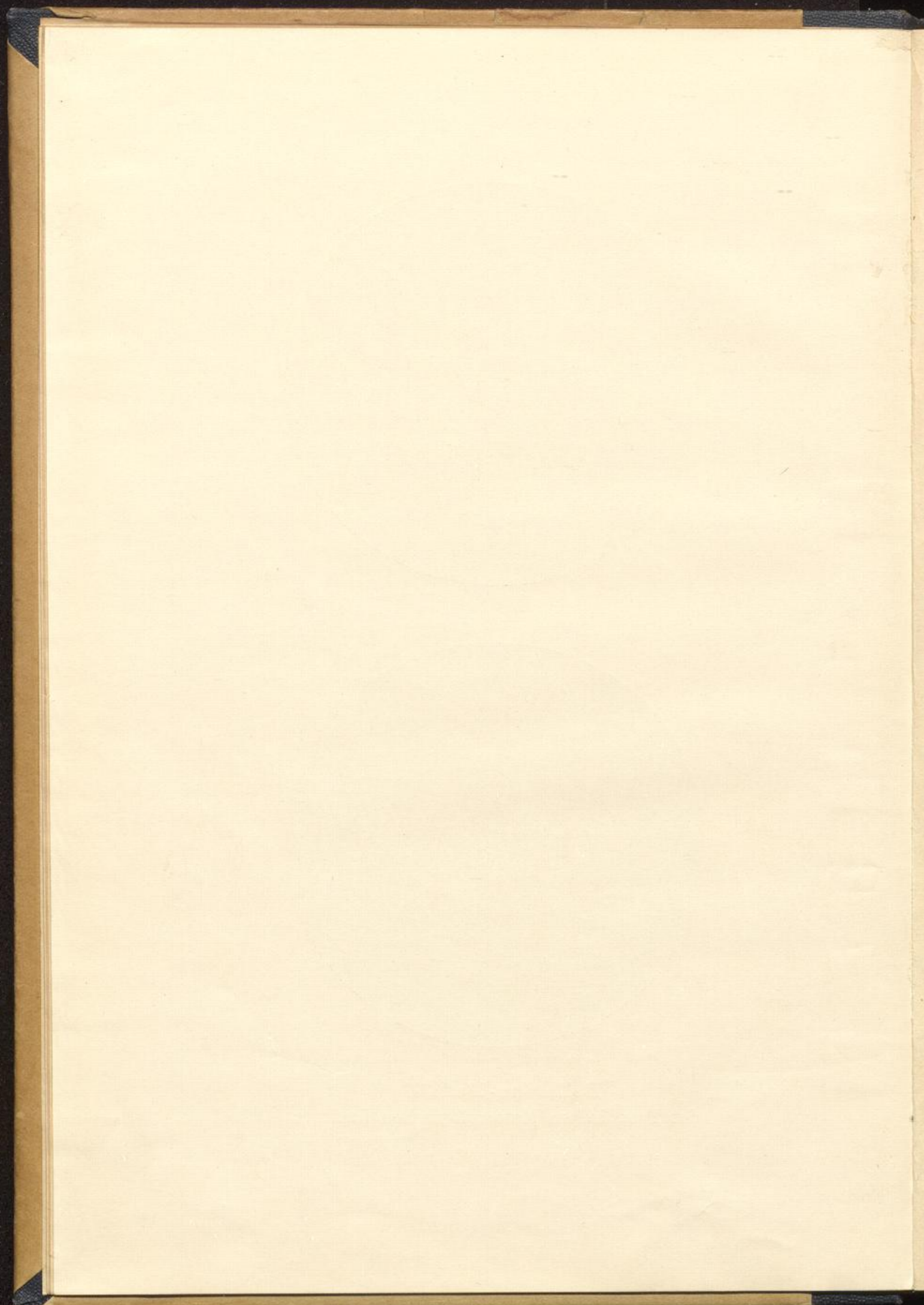
Auf der Direktoren-Konferenz der deutschen meteorologischen Institute mußte sich der Direktor, der im Jahre 1929/30 die Dekanatsgeschäfte der Philosophischen Fakultät der Universität Berlin führt, durch Herrn Prof. Süring vertreten lassen.

Der wissenschaftliche Angestellte des Instituts Dr. Haude ist als Meteorologe der von Sven Hedin geführten schwedisch-chinesischen Sinkiang-Expedition noch immer, nunmehr im 4. Jahr beurlaubt; mit seiner Rückkehr ist erst Ende 1930 zu rechnen.

Zu besonderem Dank hat uns während des Berichtsjahres unser vorgesetztes Ministerium durch Stiftung einer Hellmann-Medaille verpflichtet, die im Bild vorliegendem Bericht beigegeben ist. Den Anlaß zur Stiftung dieser Medaille bot der 75. Geburtstag Herrn Geheimrat Hellmanns. Die Medaille selbst, ein Werk des Bildhauers Isenstein, wird langjährigen Beobachtern unseres Netzes als Anerkennung ihrer dem Institut und der Wissenschaft geleisteten Dienste verliehen. Ich schließe diesen Bericht mit einem Verzeichnis jener Beobachter, denen die Medaille während des Berichtsjahres auf un-



Hellmann-Medaille
des Preußischen Meteorologischen Instituts



seren Antrag durch den Herrn Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung verliehen worden ist:

Stationen höherer Ordnung.

1. Kaufmann Hugo Garthe in Köln,
2. Pflanzenpathologische Versuchsstation der Lehr- und Forschungsanstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau in Geisenheim,
3. Oberlandmesser a. D. Theodor Bötzel in Hildesheim,
4. Landwirtschaftliches Institut der Universität, Abt. für Pflanzenbau und Meteorologie in Halle a. S.,
5. Professor Otto in Eisleben,
6. Aufseher B. Lohmann in Schöninghsdorf b. Gr. Fullen,
7. Fräulein Anna Fink in Sigmaringen,
8. Badedirektor G. Weigelt in Wyk a. Föhr,
9. Lehrer Tr. Jaenisch in Kirche Wang Rsgb.,
10. Landwirtschaftliche Versuchsanstalt in Münster i. W.,
11. Oberpfarrer i. R. P. Gürtler in Fraustadt — ehemaliger Beobachter in Fraustadt,
12. Rektor i. R. J. Koschmieder in Liegnitz — ehemaliger Beobachter in Liegnitz,
13. Lehrer i. R. Thiel in Marbach — ehemaliger Beobachter in Schwarzenborn,
14. Fachschulvorsteher i. R. J. Selke in Stettin — ehemaliger Beobachter in Stettin.

Niederschlagsstationen.

1. Landwirt Ernst Schlottmann in Michaelisbruch,
2. Apotheker Wetschky in Gnadenfeld,
3. Pastor Hirche in Altkemnitz, Rsgb.,
4. Gärtner Georg Janke in Spree (Dom.), Oberlaus.,
5. Amtsrat Wessling in Westeregeln,
6. Amtsrat August Schultz in Vorheide b. Bredenfelde,
7. Fährpächter Dechau in Rothenhusen,
8. Chemiker Meurer in Saarbrücken,
9. Rektor i. R. Pietsch in Schlegel,
10. Rittergutsbesitzer v. Kobylinski in Wöterkeim,
11. Förster Hahn in Groß-Bodungen,
12. Pfarrer Graul in Werbelin,
13. Hofbesitzer R. Bruer in Gitter,
14. Professor Schatte in Herford,

15. Oekonomierat Georg Upmeier in Oberjöllennebeck,
16. Apotheker Zechlin in Salzwedel — ehemaliger Beobachter in Salzwedel,
17. Förster Wilke in Dahlenburg — ehemaliger Beobachter in Neuensund.

2. Personalien.

Wissenschaftliche Beamte und Angestellte.

Für den am 1. April 1929 in den Ruhestand getretenen Abteilungsvorsteher und Professor Dr. Lüdeling hat der Direktor und Professor des Meteorologisch-Magnetischen Observatoriums in Potsdam, Geheimer Regierungsrat Dr. Süring, die ständige Stellvertretung des Direktors übernommen.

Mit Wirkung vom 1. April 1929 sind der Observator und Professor Dr. Knoch zum Abteilungsvorsteher und Professor, der wissenschaftliche Hilfsarbeiter Dr. Albrecht zum Observator ernannt worden; mit der Verwaltung der freigewordenen wissenschaftlichen Hilfsarbeiterstelle ist der bis Ostern 1930 weiter beurlaubte Studienassessor Dr. Hoffmeister beauftragt, die Stelle eines wissenschaftlichen Angestellten wurde an Dr. Wagemann übertragen.

Der Observator Dr. Kolhörster hat die Zusatzbezeichnung „Professor“ erhalten.

Dem Abteilungsvorsteher und Professor Dr. Knoch ist am 1. Oktober 1929 ein Lehrauftrag an der Landwirtschaftlichen Hochschule erteilt worden.

Der Observator Dr. Kähler ist im Oktober 1929 zum nicht-beamteten a. o. Professor in der Philosophischen Fakultät der Universität Berlin ernannt.

Durch Verfügung des Herrn Landwirtschaftsministers hat der dem Hauptinstitut überwiesene Dr. Baur am 1. November 1929 die Leitung der Staatlichen Forschungsstelle für langfristige Wettervorhersage in Frankfurt a. M. übernommen.

Personalbestand des Preußischen Meteorologischen Instituts am Schlusse des Jahres 1929.

Direktor: o. Univ.-Professor Dr. von Ficker (1. IV. 1923)¹⁾.

Stellvertreter: Direktor u. Professor Geh. Regierungsrat Dr. Süring
(1. IV. 1890) [s. u.].

Bücherei: Abteilungsvorsteher u. Professor Dr. Knoch (15. I. 1905)[s. u.].

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

Instrumentensammlung und Drucklegung der Veröffentlichungen:
Observator und Professor Dr. Joester (1. III. 1901).
Beschäftigt beim Direktor: Frl. von 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).
Kanzlist: Müller (1. VIII. 1928).

Amtsmeisterei.

Techn. Gehilfe: Tugend (1. VII. 1899).
Institutsgehilfe: Conrad (1. VII. 1914).
Pfortner: Institutsgehilfe Reinicke (1. VI. 1906).
Buchbinder: Walter (1. II. 1925).
Hilfsdiener: Sammüller (7. VII. 1926).
Heizer: Nietsch (1. X. 1927).

Zentralinstitut in Berlin.

Abteilung I: Stationen I., II. und III. Ordnung.

Abteilungsvorsteher u. Professor: a. o. Univ.-Prof. Dr. Knoch (15. I. 1905)
[s. o.].
Observator u. Professor: Dr. Schwalbe (1. IX. 1891).
Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter: verwaltet von Dr. Hoffmeister
(1. IV. 1927).
Wissenschaftlicher Angestellter: Dipl.-Ing. Grunow (1. VIII. 1926).
Obersekretär: Ullé (1. III. 1921).

Abteilung II: Regenstationen.

Mit der Leitung beauftragt: Observator u. Professor Dr. Henze (1. X. 1902).
Observator u. Professor: Dr. Langbeck (1. IV. 1905).
Observatoren: Dr. Wussow (16. X. 1905), Dr. Treibich (1. X. 1923).
Verwaltungs-Inspektor: Ebert (14. II. 1902).
Verwaltungssekretär: Blechschmidt (1. VIII. 1920).
Beschäftigt in der Abteilung: Schütte.

Abteilung III: Gewitterstationen.

Abteilungsvorsteher u. Professor: Dr. Stade (15. VII. 1891).

Abteilung IV: Wetterdienst.

Abteilungsvorsteher und Professor: Dr. König (1. VII. 1910).
Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter: Dr. Booss (1. X. 1923).

Wissenschaftliche Angestellte: Dr. Thomas (I. X. 1926), Dr. Wagemann (I. X. 1926).

Beschäftigt in der Abteilung: Ewert, Marzilger, Funker Thieroff, Fr. Riecke.

Am Schlusse des Berichtsjahres waren außerdem folgende Aushilfskräfte beschäftigt: Ertel (Bücherei); Fr. Witzke (Zentralbüro); Fr. Isigkeit, Frau Müller, Lieneke, Frau Riemer (Abt. I); Dr. Dieckmann, Teetz, Frau Henning (Abt. II); von Wentzky (Abt. III); cand. Grünberg, Fr. Fetting, Peters, Frau Willke, Schulz (Abt. IV); Dr. Reichel (Klima von Deutschland); Keiser (Zeichner).

Observatorium bei Potsdam.

Vorsteher: Direktor und Professor Geh. Regierungsrat Dr. Süring (1. IV. 1890) [s. u.].

Verwaltungs-Inspektor: Nielbock (I. X. 1921).

Kastellan u. Hilfswerkmeister: Hiltrop (1. IV. 1928).

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

Meteorologische Abteilung.

Abteilungsvorsteher und Professor: Geh. Regierungsrat Dr. Süring (1. IV. 1890) [s. o.].

Observatoren und Professoren: Dr. Kühl (1. IV. 1896); Dr. Marten (15. VIII. 1897), Dr. Kolhörster (I. X. 1928).

Observatoren: a. o. Univ.-Professor Dr. Kähler (1. IV. 1907), Dr. Schindelhauer (1. IV. 1911), Dr. Albrecht (I. X. 1923).

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

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

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

Magnetische Abteilung.

Abteilungsvorsteher und Professor: Dr. Nippoldt (1. IV. 1898).

Observator u. Professor: Dr. Venske (1. IV. 1902).

Wissenschaftlicher Hilfsarbeiter: Dr. Bock (I. X. 1923).

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

Obermechaniker: Urbansky (1. I. 1905).

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

Zur Zeit beurlaubt:

Wissenschaftlicher Angestellter: Dr. Haude (1. VIII. 1923).

3. Das Stationsnetz.

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

Leider sind die Bemühungen des Instituts beim vorgesetzten Ministerium, eine Erhöhung der Dienstaufwandsentschädigungen der meteorologischen Beobachter zu erreichen, auch in dem vergangenen Berichtsjahre nicht in Erfüllung gegangen. In Anbetracht der langsam

aber stetig fortschreitenden Verteuerung der Lebensführung und des erheblichen Aufwandes an Arbeit und Zeit, den ein sorgsam durchgeführter Beobachtungsdienst erfordert, muß das Institut die ihm vorgebrachten zahlreichen Wünsche um Erhöhung der Bezüge als sehr berechtigt anerkennen. Um so mehr bedauert es, daß die Finanzlage des Staates bisher eine solche Erhöhung noch nicht zuließ.

Das ständig zunehmende Interesse der verschiedensten Zweige des praktischen Lebens an meteorologischen Beobachtungen, das äußerlich in der kräftig wachsenden Zahl der vom Institut angeforderten Auskünfte und Gutachten (s. näheres S. 25) zum Ausdruck kommt, und daneben auch die wissenschaftlichen Untersuchungen bestimmter Witterungsereignisse haben immer mehr gezeigt, daß das Stationsnetz an manchen Stellen unbedingt verdichtet werden muß. Um in dieser Hinsicht die dringendsten Mängel abstellen zu können, hat das Institut bei den Anmeldungen zum Staatshaushalt 1930 die Bereitstellung der Mittel für die Einrichtung und Unterhaltung von 10 neuen Stationen III. Ordnung angefordert. Daneben ist aber auch, wie es bereits in manchen Fällen schon früher mit Erfolg geschah, versucht worden, Magistrate oder andere an meteorologischen Beobachtungen interessierte Körperschaften zur Errichtung einer Station zu veranlassen, wobei das Institut die Stellung des Instrumentariums übernimmt.

An Veränderungen im Stationsnetz traten folgende ein:

Neu eingerichtet bzw. neu aufgenommen:

II. O.: Esch, Heinrichau, Hindenburg, Lüdenscheid, Müncheberg.

III. O.: Uelzen.

Sonnenscheinstation: Sonneberg i. Thüringen

„ Braunschweig.

In Anlehnung an die Station Müncheberg ist von dem Versuchsring Lebus I beim Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung in der Umgebung von Müncheberg ein enges Regenbeobachtungsnetz mit zunächst 10 Meßstellen eingerichtet worden. Die Beobachtungsergebnisse werden dem Meteorologischen Institut für besondere Untersuchungen zugeleitet.

Außer dem meteorologischen Observatorium in Potsdam zählte das Beobachtungsnetz des Preußischen Meteorologischen Instituts somit am Ende des Jahres 1929:

Stationen	I. O.	2	} zusammen 177 Stationen höherer Ordnung
„	II. O.	123	
„	III. O.	52	
„	, die nur Sonnenschein beobachten . . .	17.	

Weiterhin erhält das Meteorologische Institut die Beobachtungsergebnisse der Öffentlichen Wetterdienst-Nebenstelle Stettin und einer Parallelstation in Göttingen; außerdem Abschriften der Beobachtungen aller Thüringischen Stationen, des Observatoriums in Danzig (Freistaat) und der (von der Rhön-Rossittengesellschaft eingerichteten) Stationen Gersfeld, Obernhausen, Wüstensachsen und Sieblos, sowie der Fischereischule in Lötzen (Ostpreußen).

Von den Stationen Eberswalde und Blumenthal (Unterweser) gehen dem Institut die Ablesungen der Extrem-Thermometer zu.

Von den genannten 194 Stationen liegen 151 Stationen höherer Ordnung und 15 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.), Osterode, Rossitten (Runder Berg), Tilsit, Treuburg.
	III. O. Heilsberg, Marienburg, Ortelsburg, Rossitten, Stallupönen.
	⊙ Osterode (Seminar), Rossitten, Treuburg (Wasserturm).
Grenzmark:	II. O. Deutsch Krone, Fraustadt.
Brandenburg:	II. O. Berlin (Invalidenstr.), Dahlem, Frankfurt a. O., Jüterbog, Landsberg a. W., Müncheberg, Insel Scharfenberg.
	III. O. Angermünde, Berlin (Friedrichshain), Buch, Groß-Dölln, Kleinbeeren, Kottbus, Kyritz, Neuwedell.
	⊙ Hoppenrade.
Pommern:	II. O. Greifswald, Köslin, Lauenburg, Muhlendorf, Neu-Hammerstein, Paatzig, Putbus, Stettin.
	III. O. Greifenberg, Heinrichshof, Reinwasser.
	⊙ Kolbergermünde.
Schlesien:	I. O. Schneekoppe.
	II. O. Arnsdorf, Beuthen, Breslau, Friedland, Görlitz, Grünberg, Habelschwerdt, Heinrichau, Hindenburg, Krietern, Landeck, Lautawerk, Liegnitz, Oppeln, Proskau, Ratibor, Reinerz, Schreiberhau, Wang, Ziegenhals.
	III. O. Charlottenthal, Grunwald, Krummhübel, Rosenberg, Simsdorf, Weigelsdorf.
	⊙ Niesky, Warmbrunn.
Sachsen:	I. O. Brocken.
	II. O. Bitterfeld, Erfurt, Gardelegen, Halle, Leunawerk, Magdeburg, Nordhausen, 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, Nienburg, Norderney, Osnabrück, Soltan, Stade.
 III. O. Bremervörde, Schöninghsdorf, Uelzen.
 ⊙ Emden (Außer dem Baltentore).
- Westfalen: II. O. Arnsberg, Bochum, Herford, Hövelriege, Kahler Asten, Lüdenscheid, Münster.
 III. O. Alt Astenberg, Dortmund, Siegen.
 ⊙ Münster (Schleuse).
- Hessen-Nassau: II. O. Abmannshausen, Esch, Frankfurt a. M., Fulda, Geisenheim, Hattenheim, Kassel, Kl. Feldberg, Marburg, Oberlahnstein, Wasserkuppe, Wiesbaden, Witzenhausen.
 III. O. Brotterode, Gelnhausen, Hauptschwenda, Mengershausen, Salzburg, Weilburg.
- Rheinprovinz: II. O. Aachen, Bernkastel, Elberfeld, Essen, Kleve, Köln, Krefeld, Leverkusen, Neuwied, Schloßböckelheim, Trier.
 III. O. Blankenrath, Kaisersesch, Koblenz, Schneifelforsthaus.
 ⊙ 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.
- Oldenburg: II. O. Edewechterdamm, Elsfleth, Jever, Lönningen, Oldenburg.
 III. O. Birkenfeld, Eutin, Vechta.
- Braunschweig: II. O. Braunschweig, Helmstedt.
 ⊙ Braunschweig.
- Thüringen: ⊙ Sonneberg.
- Anhalt: II. O. Bernburg, Dessau, Harzgerode, Köthen.
 III. O. Sandersleben, Zerbst.
- Bremen: II. O. Bremen.
- Lübeck: II. O. Lübeck.

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, Frankfurt a. M., Kahler Asten, Kleiner Feldberg (Taunus), Krietern, Magdeburg. 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, und zu wissenschaftlichen Untersuchungen besonderer Witterungserscheinungen.

Bezüglich der weiteren Ausrüstung der Stationen mit Registrierinstrumenten ist zu erwähnen, daß die Stationen Köslin und Stettin mit je einem Thermographen und Hygrographen ausgerüstet worden sind.

Insgesamt verfügte Abteilung I Ende 1929 über Aufzeichnungen von 36 Barographen, 31 Thermographen, 22 Hygrographen, 3 Thermo-Hygrographen, 15 Anemographen und 69 Sonnenscheinautographen. (Die Registrierinstrumente von Potsdam sind hierbei nicht mitgerechnet.)

Von wesentlichen Änderungen an den Stationen II. bzw. III. Ordnung selbst ist hervorzuheben, daß in Bremervörde, Habelschwerdt, Köslin, Marnitz, Rossitten und Tilsit ein Wechsel des Beobachters stattgefunden hat und in Bremervörde, Eisleben, Köslin und Landsberg a. W. eine Umstellung der Instrumente vorgenommen wurde. Die Station II. O. Köslin wurde mit einer Thermometerhütte (bisher Gehäuse) ausgerüstet.

Mit Bezug auf die Beobachter kann ich zu meiner großen Freude erwähnen, daß Herr Professor Otto in Eisleben, Herr Oberlandmesser a. D. Bötzel in Hildesheim und Herr Direktor Dr. Görlitz in Niesky ihr 25jähriges Beobachterjubiläum feiern konnten. 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:

Gymnasiallehrer Körner in Greifenberg (Beob. seit 1906),
Postagent Schroeder in Kirchdorf (Beob. seit 1912),
Seminaroberlehrer a. D. Walter in Köslin (Beob. seit 1907),
Prof. Dr. König in Neubrandenburg (Beob. seit 1901),
Wärter Joh. Spürkel in Poppelsdorf (Beob. seit 1909).

Außerdem ist hier des plötzlichen Ablebens von Prof. Dr. P. Polis zu gedenken, wodurch das mit dem Institut in engen Beziehungen stehende Observatorium in Aachen seines langjährigen Direktors beraubt wurde.

Den Verstorbenen allen wird das Institut ein ehrendes Andenken bewahren.

Im laufenden Dienst war Abteilung I vor allem bestrebt, die Rückstände aus den letzten Jahren aufzuarbeiten. Die erste Hälfte des Berichtsjahres war auf diese Weise noch vollkommen damit ausgefüllt, den Jahrgang 1926 für die Drucklegung vorzubereiten. Kleinere Zusammenstellungen aus diesem Jahrgang zogen sich auch noch bis gegen Ende des zweiten Halbjahres hin. Daneben gelang es aber, in diesem die wissenschaftliche Prüfung der Beobachtungen der beiden Jahrgänge 1927 und 1928 und zwar aller beim Institut eingehenden Stationen zum größten Teile durchzuführen. Auch die verhältnismäßig zeitraubende rechnerische Prüfung des Jahrganges 1927 konnte sehr gefördert werden.

Zur Drucklegung kam der Jahrgang 1926. Er ist bereits so weit abgesetzt, daß er im Frühjahr 1930 erscheinen wird. Das gleiche gilt von dem Teil II des Sammelbandes 1919—1923, dessen Herausgabe Herr Prof. Joester übernommen hat.

In erfreulich steigendem Maße wurde die Abteilung durch die verschiedensten Zweige der Praxis, sowohl von Behörden als auch Privatpersonen, zu Auskünften und Berichten über Witterungsereignisse in Anspruch genommen. Genauere Angaben finden sich darüber auf S. 25. Daneben wurde der allmonatlich in der Statistischen Korrespondenz erscheinende „Deutsche Witterungsbericht“ bearbeitet. In vielen Fällen wurde die Abteilung bei Errichtung von meteorologischen Privatstationen als Beratungsstelle und zur Vermittlung bei Beschaffung der Instrumente in Anspruch genommen.

Die im vorjährigen Bericht von besonderen Arbeiten erwähnte Eichung der Sonnenscheinautographenkugeln nach Campbell-Stokes ist nach einem von Herrn Prof. Lüdeling an die diesjährige Direktoren-Konferenz in Weimar erstatteten Bericht zu einem gewissen Abschluß gekommen. Die weitere Vorbereitung endgültiger Beschlüsse ist einer besonderen Kommission übertragen worden.

Eine im Vorjahr gleichfalls auf Beschluß der Direktoren-Konferenz begonnene Vergleichung der Normalbarometer der deutschen

Beobachtungsnetze wurde zu Ende geführt. Über ihre Ergebnisse berichtet Herr Dipl.-Ing. Grunow im wissenschaftlichen Anhang zu diesem Bericht.

Um einen Überblick darüber zu gewinnen, wie weit die Beobachtungen der Stationen höherer Ordnung des Instituts vom norddeutschen Wetterdienst und von Flugwetterwarten in Anspruch genommen werden, wurde gegen Ende des Jahres eine Umfrage bei den Beobachtern angestellt. Nach den eingelaufenen Meldungen ergibt sich, daß von fast 100 Stationen regelmäßig Meldungen an die genannten Stellen abgegeben werden, wobei die von den an den Wetterdienststellen bestehenden Stationen weitergegebenen Meldungen nicht berücksichtigt sind. Einige Wetterdienststellen lassen sich neben den täglich abgegebenen telegraphischen und telephonischen Meldungen noch Abschriften der vollständigen Monatstabellen zugehen, z. B. Aachen von 10, Bremen von 6, Königsberg von 9, Krietern von 12 Stationen.

Regenstationen.

Der wasserwirtschaftliche Wetternachrichtendienst, über dessen Ausbau an dieser Stelle in den letzten Jahren ausführlich berichtet wurde, hat sich mit seinem täglichen und wöchentlichen Meldedienst in der kurzen Zeit seines bisherigen Bestehens durchaus bewährt. Tägliche Meldungen über Niederschlagshöhe, im Winter auch über Schneedecke und ihren Wassergehalt werden gegeben an

- die Öffentliche Wetterdienststelle in Königsberg von 10 Stationen Ostpreußens,
- die Öffentliche Wetterdienststelle in Breslau-Krietern von 17 Stationen des Odergebietes bis zur Warthemündung,
- die Öffentliche Wetterdienststelle in Magdeburg von 21 Stationen des Elbegebietes ohne Havel- und Eldegebiet, sowie von 5 Stationen des Allergebietes,
- die Öffentliche Wetterdienststelle in Frankfurt a. M. von 17 Stationen des Wesergebietes bis zur Allermündung,
- die Öffentliche Wetterdienststelle in Aachen von 15 Stationen des Rheingebietes,
- die Landesanstalt für Gewässerkunde und Hauptnivellements in Berlin von 17 Stationen aus den Gebieten der Warthe, der Havel, der Elde und der Ems.

Neben diesen dem amtlichen wasserwirtschaftlichen Wetternachrichtendienst angehörenden Dienststellen erhalten entsprechende tägliche Meldungen

die Verwaltung der Märkischen Wasserstraßen in Potsdam von 12 Stationen des Havelgebietes, davon 5 über das Wasserbauamt Kottbus und 3 über das Wasserbauamt Zehdenick, der Herr Landesdirektor der Provinz Brandenburg in Berlin von 6 Stationen des Spreegebietes, die Wasserstraßendirektion in Hannover von 16 Stationen des Wesergebietes, zu denen im Winter noch 11 Stationen mit einer wöchentlichen Berichterstattung hinzutreten, das Meteorologische Observatorium in Essen von 3 Stationen des Ruhr- und des Lippegebietes.

An dem im Odergebiet eingerichteten Sondermeldedienst über starke oder länger andauernde Niederschläge beteiligten sich im Berichtsjahr für die Oderstrombauverwaltung in Breslau 6, für das Staubeckenbauamt in Ottmachau 12 Stationen.

Zu einer wöchentlichen Berichterstattung der täglichen Niederschlagsmengen, täglichen Schneedeckenhöhen und z. T. auch Wassergehaltsbestimmungen der Schneedecke an das Meteorologische Institut sind die 102 dem wasserwirtschaftlichen Wetternachrichtendienst angeschlossenen Stationen und weitere 174 Ergänzungsstationen verpflichtet; ihre Angaben bilden die Grundlagen zur Herausgabe der „Wochenberichte über Niederschlag und Temperaturverlauf in Norddeutschland“ und der „Monatsberichte über die Niederschlagsverhältnisse in Norddeutschland“, die immer mehr und mehr in den Kreisen der Praxis und Technik Eingang finden. Es spricht für die wirtschaftliche Bedeutung der Niederschlagsbeobachtungen, daß trotzdem eine Anzahl von Dienststellen und wirtschaftlichen Verbänden noch auf eine laufende Überlassung von Zusammenstellungen der Niederschlagsbeobachtungen Wert legt. Im Berichtsjahr wurden solche regelmäßig abgegeben an:

1. Öffentliche Wetterdienststelle in Königsberg, 2. Kulturbauamt in Lötzen, 3. Lehrer i. R. K. Müller in Mohrungen, 4. Landwirtschaftskammer für die Grenzmark Posen-Westpreußen in Schneidemühl, 5. Anstalt für Pflanzenbau in Stettin, 6. Landesanstalt für Gewässerkunde und Hauptnivellements in Berlin, 7. Charlottenburger Wasser- und Industriewerke in Berlin, 8. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin, 9. Zeitschrift „Die deutsche Zuckerindustrie“ in Berlin,

10. Wasserbauamt in Neuruppin, 11. Wasserbauamt in Rathenow, 12. Weserstrombauverwaltung in Hannover, 13. I. G. Farbenfabriken in Hannover, 14. Kulturbauamt in Lüneburg, 15. Kreisbauamt in Lüchow, 16. Zweigstelle der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Stade, 17. Neubauamt in Hamm i. W., 18. Essener Steinkohlenbergwerke A.-G. in Essen, 19. Lippeverband in Essen, 20. Niersverband in Viersen, 21. Wasserbauamt in Kassel, 22. Kanalbauamt für den Mittellandkanal in Merseburg, 23. Landwirtschaftskammer in Sigmaringen, 24. Bayerische Landesstelle für Gewässerkunde in München, 25. Landesstelle für Wetter- und Gewässerkunde in Darmstadt, 26. Sächsische Landeswetterwarte in Dresden, 27. Hydrologische Staatsanstalt in Prag.

Monatliche Meldungen der Niederschlagsergebnisse gingen von 2273 dem Beobachtungsnetz angehörenden Regenstationen und 177 Stationen höherer Ordnung ein; auch wurden nach Ablauf jeden Monats von der Thüringischen Landeswetterwarte in Weimar die Niederschlagsbeobachtungen der 158 ihr unterstellten Stationen dem Institut mitgeteilt.

Die Zahl der im Jahre 1929 von der Niederschlagsabteilung erteilten Auskünfte hat sich weiter erhöht und ist, ungerechnet der von der Regenversicherung angeforderten Sonderberichte auf 922 gestiegen. Sie bezogen sich vornehmlich auf wasser- und landwirtschaftliche Fragen, mehrfach dienten sie der Durchführung von Talsperren- und Kanalbauten, besonders zahlreich waren aber wieder die Fälle, in denen es sich um eine Entscheidung in Finanzsachen und in Zivil- und Strafprozessen handelte.

Die Drucklegung der „Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen“ konnte im Berichtsjahr aus äußeren Gründen leider nicht in der gewünschten Weise gefördert werden; immerhin ist es gelungen, den Druck des Jahrganges 1927, der, einem lang gehegten Wunsch seitens der Praxis Rechnung tragend, zum ersten Mal auch eine Zusammenstellung der Stark- und Dauerregen nach den Aufzeichnungen des Hellmannschen registrierenden Regenmessers an 46 gleichmäßig über Norddeutschland verteilten Stationen enthält, noch vor Ende des Jahres zum Abschluß zu bringen. Die Aufarbeitung der folgenden Jahrgänge 1928 und 1929, bei der sich die seit November 1927 laufende Herausgabe der „Monatsberichte über die Niederschlagsverhältnisse in Norddeutschland“ insofern vorteilhaft auszuwirken beginnt, als die Veröffentlichung von täglichen Niederschlagshöhen in den „Ergebnissen der Niederschlagsbeobachtungen“ nunmehr in

Wegfall kommt, ist inzwischen soweit vorgeschritten, daß die Drucklegung ohne Unterbrechung fortgeführt werden kann.

Bezüglich der instrumentellen Ausrüstung der Stationen ist zu erwähnen, daß es sich im wasserwirtschaftlichen Meldedienst als erforderlich herausgestellt hatte, die Schneeausstecher-Geräte an der Außenseite mit einer Messingskala zu versehen, damit die Beobachter den festgestellten Wassergehalt auch jeweils immer auf die entsprechende Höhe der Schneedecke beziehen. Die notwendigen Mittel für diese Verbesserungen sowie für die Anschaffung von 28 unter den 32 Schneepegeln, die an Ergänzungsstationen abgegeben wurden, sind in entgegenkommender Weise vom Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten getragen worden.

Vom Meteorologischen Institut wurden zu Beginn des Sommerhalbjahres 5 registrierende Regenmesser zur Aufstellung gebracht und zwar in Marienwerder, Hammer im Netzebruch, Kraschnitz i. Schles., Arnsdorf i. Riesengeb. und Lintzel in der Lüneburger Heide. Da zuverlässige Angaben über die Intensität starker Regen für die Regulierung der Abflußverhältnisse im Meliorationswesen, beim Kanalbau, bei der Anlage von Kanalisationen u. a. ein wichtiges Erfordernis sind, wird eine Vermehrung derartiger mit Registrierinstrumenten ausgerüsteten Stationen auch weiterhin anzustreben sein. Bezeichnenderweise führen Kommunal- und Interessenverbände in eigener Selbstverwaltung schon seit längerer Zeit vielfach die Aufstellung solcher Registrierinstrumente durch, und es wird Aufgabe des Instituts sein müssen, bei den Inspektionsreisen namentlich durch Rücksprache mit den Leitern der Kulturbauämter solche mit öffentlich-rechtlichen Mitteln eingerichtete Stationen den Zwecken des Instituts und damit denen der Wissenschaft und des Allgemeinwohles mit nutzbar zu machen.

Gebirgsregenmesser mit einer Auffangfläche von 500 qcm wurden nach Frauenwald im Thüringerwald und nach Giehren am Isergebirge abgegeben, so daß die Zahl der mit solchen Instrumenten ausgerüsteten Stationen nunmehr 32 beträgt.

Leider hat auch im Jahre 1929 das Institut wieder eine Reihe von langjährigen verdienten Niederschlagsbeobachtern durch den Tod verloren; es starben: Rittergutsbesitzer Hummel in Groß-Karzenburg (Beobachter seit 1889), Bürgermeister Huschke in Zahna (1890), Rentner Schnitker in Rheda (1895), Altsitzer Trettin in Vierraden (1906) und Pfarrer Seyb in Elm (1906).

Gewitterstationen.

Neben sorgfältiger Überwachung des Stationsnetzes lag der Abteilung III hauptsächlich die Fortsetzung der Neubearbeitung der Gewitterverhältnisse Norddeutschlands im Rahmen der 1927 in Angriff genommenen Klimakunde Deutschlands ob, und zwar bestand die durch eine rechnerische Hilfskraft unterstützte wissenschaftliche Arbeit vornehmlich in der Prüfung und Ergänzung der 35jährigen Reihen von 1891 bis 1925 und in der Darstellung der Jahresperiode. Daneben wurde mit der Bearbeitung der Gewitterverhältnisse Gesamtdeutschlands fortgeföhren.

Das Stationsnetz hat im abgelaufenen Jahre keine wesentlichen Änderungen erfahren. Zwar waren recht zahlreich, wie von jeher, die Fälle, daß Beobachter, teils durch Versetzung in ein anderes Amt und dadurch veranlaßte Verlegung ihres Wohnsitzes gezwungen, teils infolge Nachlassens der Liebe zur Sache, ihr Beobachteramt niederlegten; doch gelang es fast immer, mit Hilfe der um Beistand angegangenen zuständigen Behörden — Landratsämter, Stadt-, Forst- und Kreis-schulverwaltungen usw. — sofortigen zuverlässigen Ersatz zu finden. So traten an 101 Stationen neue Beobachter in Tätigkeit. Nur 3 Stationen mußten aufgehoben werden, weil sich kein neuer Beobachter fand; demgegenüber wurden 7 Stationen neu begründet, teils zur Verdichtung des Netzes an solchen Stellen, wo sich örtliche Einflüsse auf die Gewittertätigkeit geltend machen, teils in Berücksichtigung freiwilliger Meldungen zur Mitarbeit.

12 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 den Meldungen über Gewittererscheinungen beteiligten sich wie bisher auch 16 hessische Stationen, deren Beobachtungsergebnisse dem Preußischen Meteorologischen Institut durch die Hessische Landes-anstalt für Wetter- und Gewässerkunde in Abschriften übermittelt werden.

Unter den besonderen Berichten, die dem Institut neben den Gewitter- und Wetterleuchtenmeldungen zgingen, befanden sich unter anderen: 5 über Kugel- und Perlschnurblitze, 16 über Tromben, darunter 1 über eine Wasserhose, 2 über Mondregenbogen, 8 über Nordlicht und 7 über Meteore.

Auskünfte und Gutachten wurden in 19 Fällen erteilt, und zwar 2 an Staatsbehörden, 3 an Elektrizitätswerke und Elektrizitäts-

gesellschaften, 5 an Versicherungsgesellschaften, 8 an Privatpersonen und 1 an eine meteorologische Anstalt des Auslandes.

Auch im Jahre 1929 wurde dem Institut leider wieder eine größere Anzahl von Gewitterbeobachtern durch den Tod entrissen. Außer den bereits in den Berichten der Abteilungen I und II genannten Beobachtern, die auch Gewitter meldeten, nämlich den Herren Professor Dr. Polis, Direktor des von ihm im Jahre 1896 begründeten Meteorologischen Observatoriums zu Aachen (Beobachter des Instituts seit 1894), Professor Dr. König in Neubrandenburg (Beobachter seit 1901), Oberschullehrer Körner in Greifenberg und Pfarrer Seyb in Elm (1906), Seminaroberlehrer Walter in Köslin (1907) und Postagent Schröder in Kirchdorf (1912) verlor es noch die Gewitterbeobachter: Oberförster Treskow in Friedrich Erdmannshöhe (Beobachter seit 1895), Institutsdirektor Busche in Mandelsloh (1897), Kaufmann Fischer in Tzschelln (1899), Realgymnasiallehrer Voigt in Dessau (1903), Forstmeister Dorst in Waldfish (1912), Konrektor Hinke in Lüben (1914), Kantor Noack in Forst (Laus.) (1919), Gemeindeempfänger Schürgers in Wehr (1922) und Förster Peters in Biestorf (1926).

4. Wetterdienst.

Die internen Arbeitsmethoden des Wetterdienstes wurden im Berichtsjahre insofern etwas geändert, als die Zahl der Nebenkarten verringert und alle Angaben der Wettertelegramme auf zwei Arbeitskarten vereinigt wurden. Damit wurde eine weitere Annäherung an die Bergener Methode erzielt, die grundsätzlich alle Angaben auf einer einzigen Arbeitskarte unterbringt. Der völlige Übergang zu diesem Verfahren verbot sich aus technischen Gründen. Die neue Eintragungsmethode kommt der Wetteranalyse nach norwegischem Vorbild, die durch eine neue umfassende Veröffentlichung Bergerons eigentlich erst möglich geworden ist, sehr zu stanno. Es zeigte sich dabei bereits, daß die Ergebnisse der an verschiedenen Instituten vorgenommenen Analysen große Übereinstimmung aufweisen, wenn man streng von den Definitionen der Bergener Schule ausgeht und sich auf deren aus mehrjähriger Erfahrung abgeleitete Regeln und Kennzeichen stützt. Freilich tritt auch immer mehr zu tage, daß die verbesserte Analyse wohl ein wesentlich tieferes Verständnis der einzelnen Witterungsvorgänge vermittelt, daß aber die Vorhersagetätigkeit den erhofften Gewinn nicht in vollem Umfange davonträgt. Wohl ist eine merkbare Hilfe für kurzfristige Prognosen auf

6—12 Stunden Dauer zu verspüren, aber von dieser Verbesserung können nur wenige Interessenten Nutzen ziehen, die mit der Wetterdienststelle in telephonischen Verkehr treten und solche Kurzfristvorhersagen noch verwenden können. Die übliche Vorhersage auf 36 Stunden oder gar die über diese Zeitspanne hinausgehenden Langfristprognosen werden auch durch die genauesten Analysen der augenblicklichen Wetterlage kaum gesicherter. Eine exakte und objektive Kritik solcher Prognosen, die zahlenmäßig auf bestimmte Termine von 12stündigen Abständen abgestellt waren, zeigte deutlich das Abfallen der Treffsicherheit mit der Länge der Prognosenfrist.

Die neue Einrichtung, nach welcher die Vorhersage des nächsten Tages von Teilnehmern des Großberliner Fernsprechnetzes durch das Amt erfragt werden kann, hat sich gut eingeführt und die Wetterdienststelle von einer großen Zahl direkter Anfragen entlastet. Gleichwohl nimmt der Telephonverkehr der Wetterdienststelle immer größeren Umfang an, so daß besondere Richtlinien für seine Verteilung und Bewältigung ausgearbeitet werden mußten. Die von der Wetterdienststelle selbst gedruckte öffentliche Wetterkarte findet mehr und mehr zu Unterrichtszwecken in den Schulen Verwendung, außerdem wurde sie im letzten Jahre durch 30 Aushängekästen in Berlin dem Publikum allgemeiner zugänglich gemacht. Die Rundfunkwetterberichte werden jetzt, um auch die Bezirke der Nebensender mit zu erfassen, mittags und abends in der Weise ausgegeben, daß die Prognosen der Magdeburger und Stettiner Wetterdienststelle für die Provinzen Sachsen und Pommern eingeholt und mit der Berliner zu einem gemeinsamen Bericht verarbeitet werden. Nachdem die Reichsbahnzentrale für den deutschen Reiseverkehr ihre eigenen Berichte über die Winter-sportverhältnisse eingestellt hat, werden von der Berliner Wetterdienststelle alle deutschen Reisebüros mit den amtlichen Wintersport-meldungen aus den deutschen Gebirgen versorgt. Zur Förderung dieses Sonderdienstes wie auch des sommerlichen Reisewetterdienstes wurden die Beziehungen zu den deutschen Verkehrsvereinen weiter gepflegt und durch Teilnahme an deren Versammlungen und durch Vorträge gefestigt.

Bei den im Wetterdienst gebrauchten meteorologischen Registrierinstrumenten erwiesen sich in diesem Jahre Ersatz und Reparaturen in größerem Umfange notwendig. Vor allem aber wurde die lang-erstrebt Außenfunkstation errichtet, die einen Teil der Wetter-telegramme von den Störungen der Stadt befreien und als Ergänzung

zu den Empfangsanlagen am Schinkelplatz hinzutreten sollte. Sie hat sich bis jetzt bewährt und erfüllt ihren Zweck. In einer Polizeikaserne in Reinickendorf wurden Räumlichkeiten gemietet und für den besonderen Zweck hergerichtet, von der Post ist ein Telephonkabel zum Schinkelplatz gegen entsprechende Gebühr bereitgestellt worden. Alle technischen Neueinrichtungen wie auch die erforderliche Personalvermehrung haben sich ohne besondere staatliche Zuschüsse aus gesteigerten Einnahmen der Wetterdienststelle bestreiten lassen. Der Personalbestand der Wetterdienststelle beläuft sich am Schluß des Berichtsjahres auf 20 Köpfe, der Platzmangel in den Diensträumen wird deshalb immer fühlbarer.

5. Sammlungen des Zentralinstituts.

Instrumente.

Neben der notwendigen Ergänzung des Bestandes an Stationsinstrumenten wurden im Berichtsjahr 2 Kontaktanemometer Lambrecht, 2 Anemographen Grunow-Blume, 2 Aneroidbarometer Bohne, 3 Schwarzkugelthermometer, 4 Katathermometer, 2 Schleuderpsychrometer, 6 Schleuderthermometer, 2 Wolkenpiegel Thomas angeschafft.

An die Stationen wurden abgegeben:

4 Stationsbarometer	6 Hygrographen
25 $\frac{1}{5}^{\circ}$ Thermometer	5 Chronographen
1 $\frac{1}{2}^{\circ}$ Thermometer	7 Sonnenscheinautographen
45 Maximumthermometer	9 Thermometerhütten
42 Minimumthermometer	146 Regenmesserpaare
2 Six-Thermometer	83 einzelne Regenmesser
27 Erdbodenthermometer	1 Gebirgsregenmesser
41 Psychro-Aspiratoren	3 registrierende Regenmesser
11 Haarhygrometer	467 Meßgläser
7 Anemometer	3 Schneeausstecher
3 Windfahnen mit Stärketafel	13 Schneepegel
9 Barographen	1 Aneroidbarometer
9 Thermographen	1 Thermo-Hygrograph.

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

Zu Forschungszwecken wurde eine größere Anzahl von Instrumenten verliehen und zwar:

an Herrn Notar Bauer für die Himalayaexpedition 2 Aneroidbarometer,

an Herrn Professor Dr. Schultze-Jena für eine Expedition nach Mexiko 1 kleines Abmannsches Aspirationspsychrometer, 1 Schleuderpsychrometer, 4 Schleuderthermometer, 2 Maximum-, 2 Minimumthermometer, 6 Erdbodenthermometer für verschiedene Tiefen, 1 Reiseanemometer, 2 Wolken Spiegel, 2 Schwarzkugelthermometer, 1 Graukeilphotometer, 2 Katathermometer,

an Herrn Schmid-Curtius-Locarno 1 Reiseanemometer,

an Herrn stud. Herbert Fleischmann für Untersuchungen im Zoologischen Institut der Universität 1 Thermograph, 1 Haarhygrometer,

an Herrn Dipl.-Ing. Fischer für vergleichende Untersuchungen des Temperaturverlaufs im Freien und in geschlossenen Räumen getrennt nach Ost- und Westlage 2 Thermographen,

an die Bioklimatische Station in Swinemünde 1 Katathermometer, 1 Kontaktanemometer, 1 Schalenkreuzanemometer, 1 Abmannsches Aspirationspsychrometer.

Bücherei.

Dadurch, daß das vorgesetzte Ministerium einen Betrag im Extraordinarium außerhalb des laufenden Fonds bewilligt hatte, war es möglich, auch in diesem Jahre die wichtigere ausländische Literatur möglichst vollständig zu sammeln und vor allem einige Lücken in den Zeitschriftenbeständen auszufüllen.

Der Zuwachs ist weiterhin hoch geblieben. Er betrug 1012 Nummern, so daß am Ende des Berichtsjahres der Gesamtbestand der Bücherei an selbständigen Werken und Sonderdrucken die Zahl 38 699 erreicht hatte.

Leider konnte aber die bereits seit mehreren Jahren erwähnte Überfüllung der Regale nicht beseitigt werden. Wirksame Abhilfe wäre in dieser Hinsicht nur noch durch Hinzunahme neuer Räume zu schaffen.

Da die Sammlung als Fachbibliothek einen hohen Grad der Vollständigkeit erreicht hat, wird sie in steigendem Maße durch Studierende und andere Personen, die außerhalb des Instituts stehen und auch häufig von auswärts kommen, benutzt. Hinsichtlich der immer wieder gestellten Anträge auf Ausleihungen von Büchern muß aber betont werden, daß die Bücherei des Instituts 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 3247 belief (gegen 2453 im Vorjahre). Davon wurden von Abt. I 2306, von Abt. II 922 und von Abt. III 19 bearbeitet.

Von den Auskünften entfielen auf:

Gerichtsbehörden	214	Land- und Forstwirtschaft	152
Kultur- und Wasserbauämter	141	Berufsgenossenschaften und Schiedsgerichte	111
Militärbehörden und Truppenteile	5	Versicherungsanstalten	618
Finanzämter	38	Städtische Verwaltungen	70
Deutsche Reichsbahngesellschaft	26	Rechtsanwälte	118
Sonstige Behörden	223	Sportverbände	72
Wissenschaftliche Anstalten	312	Privatleute	740
Industrie-, Handels- und Bauunternehmungen	348	Presse	59

Nach ihrem Inhalt bezogen sich auf:

Menge und Form der Niederschläge	985	Gewitter	29
Luftdruck	65	Mehrere Witterungselemente zugleich	977
Temperatur	526	Klimatische Verhältnisse	215
Bewölkung, Sonnenschein, Helligkeit	78	Meteorologische Literatur	64
Windrichtung und Stärke	190	Instrumente	118

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.

Bearbeitung einer Klimakunde von Deutschland.

Die in den früheren Jahren erwähnten Neuberechnungen der zahlenmäßigen Unterlagen wurden fortgesetzt, indem die Zusammenstellungen bezüglich aller Elemente mit Ausnahme von Sonnenschein und Niederschlag für den Zeitraum 1881—1925 fertiggestellt wurden. Die Bearbeitung des letzteren für die Periode 1891—1925 wurde in Angriff genommen und zum größten Teile beendet. Auch die Verarbeitung des Materials in kartographischen Darstellungen wurde weiter gefördert, indem die Karten der wirklichen Temperaturverteilung, aperiodischen Tagesschwankung, Frost und Zahl der Eis- und Sommertage gezeichnet wurden.

Außer den früher genannten Kräften wurde Herr Hinsche vom 1. Januar bis gegen Ende Oktober als Rechner beschäftigt.

7. Das Meteorologisch-Magnetische Observatorium.

Allgemeines.

Das Jahr 1929 brachte verschiedene bauliche Veränderungen von großer Bedeutung. An erster Stelle ist zu erwähnen, daß die Anlagen des neuen Magnetischen Observatoriums bei Niemeck im Rohbau fertiggestellt sind; über Einzelheiten wird unter „Magnetische Arbeiten“ berichtet. Auf dem Gelände des Potsdamer Magnetischen Observatoriums ist ein Unterstand für Kraftwagen gebaut und eine Starkstromleitung nach den magnetischen Häusern gelegt worden.

Im Hauptgebäude des Observatoriums ist die Umwandlung der früheren Wohnung von Geheimrat Schmidt in Dienstzimmer vollzogen. Auf diese Weise sind 9 neue Arbeitszimmer gewonnen, von denen das größte als Laboratorium für Strahlungsmessungen an starken künstlichen Lichtquellen ausgebaut ist. Zwei Schalttafeln ermöglichen die Abnahme von Spannungen bis zu 440 Volt und Stromstärken bis zu 25 Ampère. Drei weitere Räume sind gleichfalls zu experimentellen Arbeiten hergerichtet; zwei von ihnen werden hierzu bereits benutzt. Für Verbesserung der Beheizung und Beleuchtung des Hauptgebäudes wurden dankenswerter Weise größere Mittel zur Verfügung gestellt. Alle Diensträume des Hauptgebäudes sind jetzt an die Zentralheizung angeschlossen, und mit der Auswechslung der Steigeleitungen für die alten Heizkörper durch neue Rohre ist Ende d. Js. begonnen.

Sehr stark wurde das Gastzimmer benutzt; wiederholt hielten sich sogar gleichzeitig zwei Besucher zu längeren Arbeiten hier auf. In solchen Fällen stellte der Direktor des Preuß. Meteorologischen Instituts sein Potsdamer Arbeitszimmer und sein Schlafzimmer zur Verfügung. Im Berichtsjahre wurden die Gastzimmer von den Herren Geheimrat Adolf Schmidt-Gotha, Dr. Corlin-Lund, Dr. Holzappel-Wien, Prof. Jensen-Hamburg, Dr. Grotewahl-Kiel, Brazdziunas-Kaunas und den Damen Dr. Sutter-Berlin und Riese-Gießen benutzt.

Meteorologische Beobachtungen und Arbeiten.

Der Jahrgang 1928 der „Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam“ ist fertiggestellt; die Bearbeitung der Beobachtungen von 1929 liegt zum größten Teil bereits druckfertig

vor. Das Bestreben, die Beobachtungen durch Registrierungen zu ergänzen und diese Aufzeichnungen möglichst nach verschiedenen Methoden vorzunehmen, um sich gegenseitig zu kontrollieren, wurde weiter verfolgt. Es wurden ein zweiter Aneroidbarograph (System der Askania-Werke-Friedenau) und elektrisches Temperaturmeßgerät (Registrator von Hartmann & Braun) beschafft. Desgleichen wurde der Pyrheliograph von Moll-Gorzynski an einen Hartmann & Braun-Schreiber angeschlossen. Über die neuen Registriergeräte von Prof. Kühl und Dr. Albrecht wird weiter unten berichtet.

Im Zusammenhang mit der im September in Kopenhagen abgehaltenen internationalen Direktoren-Konferenz ergab sich für das Potsdamer Observatorium eine lebhafte Beteiligung an den Arbeiten der internationalen Kommissionen für Wolkenforschung und für Sonnenstrahlung (Süring). Für den 1930 erscheinenden internationalen Wolkenatlas wurden sowohl bezüglich der textlichen Bearbeitung als auch des Bildmaterials fast alle deutschen Wünsche erfüllt. In der internationalen Strahlungskommission wurde u. a. das Observatorium um weitere Förderung der Arbeiten zur Schaffung eines Standard-Aktinometers und um Bildung einer mitteleuropäischen Zentralstelle zur Sammlung und Veröffentlichung von Beobachtungen der Intensität der direkten Sonnenstrahlung gebeten.

Sonnen- und Himmelsstrahlung. Prof. Marten beschäftigte sich hauptsächlich instrumentell mit Aktinometerfragen. Die Prüfungen des Strahlungsregistrators Moll-Gorzynski sind zum Abschluß gebracht und die Ergebnisse in den „Ergebnissen der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam 1928“ veröffentlicht. Ferner hat er das Bimetallaktinometer Michelson-Martens einem Umbau unterzogen. Das handliche Instrument in seiner endgültigen Form hat sich als sehr leistungsfähig erwiesen und ist auch für Flugzeugmessungen adaptiert worden. Beschreibung und Gebrauchsanweisung sollen demnächst veröffentlicht werden. Wie in früheren Jahren wurden auch im Berichtsjahre eine Reihe von Strahlungsinstrumenten verwandter Institute an unser Hauptnormal angeschlossen.

Die von der „Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft“ unterstützten, im Jahre 1928 ausgeführten Messungen der Durchlässigkeit der spektral zerlegten Sonnenstrahlung in verschiedenen Höhen (Süring, Marten, Stipendiat Dr. Büttner) sind jetzt zum größten Teil berechnet und graphisch dargestellt; aus Mangel an geeigneten Rechenhilfskräften kommt die Arbeit nur langsam voran. Die übrigen

von der „Notgemeinschaft“ für Strahlungsmessungen zur Verfügung gestellten Mittel wurden zur experimentellen und theoretischen Untersuchung von verschiedenen Apparate-Typen (Albrecht, Büttner), zu Strahlungsmessungen im Flugzeug (Büttner) und zu vergleichenden Strahlungsmessungen von Berlin und Potsdam (Büttner, Frl. Dr. Sutter) verwendet. Als Ergebnis der erstgenannten Untersuchungen ist zunächst eine Abhandlung zur Theorie von Aktinometern und Pyranometern in „Gerlands Beiträge zur Geophysik“, Bd. 22 S. 13 erschienen. Im Anschluß an die von Dr. Albrecht 1927 entwickelte Theorie des Schwarzkugelthermometers ist hier die Theorie des Michelson-Aktinometers zum ersten Male vollständig durchgerechnet worden. Das Ergebnis veranlaßte Dr. Büttner zu einer grundsätzlichen und bei Höhenflügen wahrscheinlich notwendigen Abänderung dieses Instrumentes (Gegeneinanderschaltung von zwei äquivalenten Bimetall-Lamellen zur Beseitigung der Nullpunktschwankungen bei raschen Temperaturveränderungen).

Die Strahlungsmessungen im Flugzeug konnten mit dem Höhenflugzeug des Aeronautischen Observatoriums Lindenberg, dem Zeitungsflugzeug der Hamburger Verkehrsgesellschaft und einem Passagierflugzeug der Deutschen Lufthansa ausgeführt werden. Infolge des weitgehenden Entgegenkommens und der tatkräftigen Unterstützung durch Herrn Geheimrat Hergesell wurden lang- und kurzwellige Sonnenstrahlung, Himmels-Einstrahlung, Ausstrahlung und Effektivstrahlung bis zur Höhe von 5500 m gemessen. Vorläufige Ergebnisse sind in den „Naturwissenschaften“ und in der „Meteorol. Zeitschrift“ erschienen; technische Einzelheiten enthält eine Veröffentlichung in „Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre“.

Durch gemeinsames Arbeiten des Berliner Universitätsinstituts für Strahlenforschung (Direktor Professor Dr. Friedrich, Beobachterin Fräulein Dr. Sutter) und des Potsdamer Meteorologischen Observatoriums konnte der Einfluß des Großstadtdunstes auf die Sonnen- und Himmelsstrahlung viel gründlicher als bisher untersucht werden. Die Messungen wurden mit Photozellen für verschiedene Spektralbezirke bis herab zu $310 \text{ m}\mu$ ausgedehnt; dabei wurde mit größter Genauigkeit für vollständige Vergleichbarkeit der Apparate und Gleichzeitigkeit der Beobachtungen Sorge getragen. An klaren Sommer- und Herbsttagen ist hiernach die Sonnenstrahlung je nach der Sonnenhöhe in Berlin um 20—50 % kleiner als in Potsdam und zwar auffallender Weise fast unabhängig von der Wellenlänge; die Himmels-

strahlung ist an beiden Orten nahezu gleich groß. Vorläufige Ergebnisse dieser Untersuchungen sind von Dr. Büttner und Dr. Sutter (teils einzeln, teils gemeinsam) in den „Naturwissenschaften“, in der „Meteorologischen Zeitschrift“ und in der „Strahlentherapie“ bekannt gegeben.

Die Untersuchungen von photoelektrischen Zellen und Filtern wurden fortgesetzt und so weit gefördert, daß die Potsdamer Erfahrungen zu einer für den engeren Kreis von Mitarbeitern bestimmten „Anweisung über Anordnung, Messung, Berechnung und Eichung von photoelektrischen Apparaturen“ zusammengefaßt werden konnten. Prof. Süring untersuchte eine von Herrn Dr. Suhrmann-Breslau hergestellte, aber nur behelfsmäßig zusammengesetzte Natrium-Zelle unter tropischen Verhältnissen; Dr. Büttner konnte den Anschluß unserer Cadmium-Zelle an die Normal-Apparatur von Davos bei außerordentlich günstigen Witterungsverhältnissen und mit Unterstützung des jetzigen Leiters des Physikalisch-Meteorologischen Observatoriums in Davos, Herrn Dr. W. Mörikofer, zu Ende führen. Außerdem hielt sich Dr. Büttner einige Tage in Wyk auf Föhr zur Eichung der dortigen photoelektrischen Zellen auf.

Mit dem Doppelmonochromator des Observatoriums beobachtete Herr Dr. von Schubert-Berlin Intensitätsschwankungen des kurzwelligen Endes des Sonnenspektrums. Da unsere Hilfsmittel nicht für eine genügend genaue parallaktische Nachführung des Instruments ausreichen, stellte das Astrophysikalische Observatorium in bekannter kollegialer Hilfsbereitschaft eine bei Sonnenfinsternissen benutzte Polachse auf ein Jahr leihweise zur Verfügung. Der Aufbau auf dem Gelände des Einstein-Turmes ist Ende des Jahres fertig geworden, und die Messungen sollen im nächsten Frühjahr fortgesetzt werden.

Die Messungen der kurzwelligen Strahlung von Sonne und Himmel mit photoelektrischen Zellen, insbesondere mit der seit Jahren bewährten und gut kontrollierten galvanometrisch arbeitenden Kaliumzelle, wurden von Prof. Kühl in der im vorigen Bericht geschilderten Weise fortgesetzt. Der ebendort erwähnte Registrierapparat für die Gesamthelligkeit unter Milchglasplatte wurde im Anfang des Berichtsjahres von der Firma Toepfer fertiggestellt; er besitzt ein automatisches Wechselwerk für Lichtfilter, so daß man bis zu 4 Spektralbezirke abwechselnd je drei Minuten lang registrieren kann. Außerdem ist ein ebenfalls automatischer Blendenwechsel vorgesehen, so daß die Zeiten niedriger Sonnenstände mit größerer Empfindlichkeit aufgezeichnet

werden können. Nach mehrfachen Versuchen und Änderungen gelang es, diesen Apparat gut in Gang zu setzen, nur befriedigten die neuen Kaliumzellen nicht, da sie nach jedem Wechsel unangenehme Nachwirkungen zeigten. Es wird daher der Apparat jetzt mit einer alten, früher in Kolberg benutzten Kaliumzelle in Betrieb genommen werden.

Dr. Albrecht führte seine Bemühungen um Dauerregistrierung von gesamer Sonnen- und Himmelsstrahlung, Effektivstrahlung und Gegenstrahlung zu Ende, so daß die Apparate gebrauchsfertig sind und nunmehr fortlaufend arbeiten sollen. Die Experimente wurden unterbrochen, aber trotzdem indirekt wesentlich gefördert dadurch, daß die „Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft“ in großzügigster Weise außer den astronomischen Sonnenfinsternis-Expeditionen auch eine meteorologische Expedition zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis am 9. Mai 1929 auf Sumatra ausrüstete. Im Programm der meteorologischen Expedition (Süring, Albrecht) standen an erster Stelle mehrwöchentliche optische und aktinometrische Messungen in den Tropen und auf der Reise dahin und erst in zweiter Linie Beobachtungen des Verlaufs der Sonnenfinsternis. Der erste Teil des Programms konnte unter unerwartet günstigen Witterungsverhältnissen durchgeführt werden, während die Beobachtung der Sonnenfinsternis durch Wolken gestört wurde. Auf der Seereise wurden beobachtet: Sonnen und Himmelsstrahlung in verschiedenen Spektralbereichen, Gegenstrahlung der Atmosphäre, Himmelspolarisation und andere optische Erscheinungen, Wolkenveränderungen, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit. Diese Messungen wurden während eines sechswöchentlichen Aufenthaltes in Idi auf Sumatra ergänzt durch Registrierungen aller Strahlungsströme und der Temperaturen der Luft und des Erdbodens in verschiedenen Höhen, so daß nunmehr ein vollständiges Beobachtungsmaterial auch für den Strahlungs- und Wärmehaushalt einer tropischen Küstenstation vorliegt, welches für ein größeres Klimagebiet charakteristisch sein dürfte.

Aus den 1927 in Lappland erhaltenen Beobachtungsergebnissen und den in Potsdam in den Jahren 1924 und 1925 gewonnenen Feinregistrierungen der Luft- und Erdoberflächentemperatur wurde von Dr. Albrecht eine Theorie des Zusammenhanges des täglichen Temperaturganges mit dem Strahlungshaushalt entwickelt, über die auf der Tagung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft in Dresden ein Bericht gegeben ist.

Luftelektrizität. Die Registrierung des Potentialgefälles wurde im neuen luftelektrischen Beobachtungshause in derselben Weise wie bisher mit zwei verschiedenen empfindlichen Benndorf-Elektrometern fortgesetzt. Eine Neubestimmung des Reduktionsfaktors ist in die Wege geleitet worden, aber noch nicht abgeschlossen.

Mit dem durch das Dach des Beobachtungshauses in das Innere des großen Meßzimmers geführten Meßkondensator wurde von Prof. Kähler eine große Anzahl von Beobachtungen der Ionenbeweglichkeit und Ionenzahl angestellt. Dabei wurde die Außenluft durch einen Motor mit Ventilator in den Meßapparat gesaugt und die Fördermenge mit einer Gasuhr gemessen. Durch Veränderung der Durchsauggeschwindigkeit und Verwendung von Spannungen von 2 bis 2000 Volt konnte so festgestellt werden, daß stets ein ganzes „Spektrum“ von Ionen aller Beweglichkeiten in der Atmosphäre vorhanden ist: sehr leichte, leichtbewegliche, mittelbewegliche, kleine und gewöhnliche schwerbewegliche Ionen und ferner noch bisher unbekannt große schwerbewegliche Ionen.

Am 1. Oktober 1929 ist der Stipendiat Dr. Scholz nach einjährigem Aufenthalt in Graz nach Potsdam zurückgekehrt; er beschäftigt sich mit Untersuchungen der elektrischen Leitfähigkeit der Atmosphäre, insbesondere mit der Verwendbarkeit der verschiedenen Methoden, mit denen bisher dieses luftelektrische Element bestimmt wurde. Es wurde die Auflademethode mit der Entlademethode beim Aspirationszylinderkondensator verglichen, gleichzeitig erfolgten Parallelmessungen nach diesen beiden Methoden und der Zerstreungsmethode. Bei der Zerstreungsmethode wurde auf die Innenelektrode eines vertikal gestellten Ebertschen Ionenzählers nach Entfernung der Außenelektrode der Zerstreungskörper aufgesetzt. Letzterer befand sich im Freien unter dem Drahtnetz, das über das luftelektrische Haus gespannt ist, während der Aspirationszylinderkondensator im Innern des Hauses war und die Luft durch Zuführung von außen durch ihn gesaugt wurde.

Die Versuche mit der provisorisch aufgebauten Anordnung zur Aufzeichnung der Elektrizität der Niederschläge mußten wegen Mangel eines betriebsfähigen Registrierwerks unterbrochen werden.

Richtung und Anzahl der elektromagnetischen Störungen in höheren Luftschichten (Arbeiten der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, ausgeführt von Dr. Schindelhauer), gemessen mit dem Peilgerät nach Watson Watt, wurden fortlaufend aufgezeichnet. Stundenwerte von Richtung und Anzahl der Störungen wurden aus-

gewertet und bearbeitet. Neuere Ergebnisse sind in „Elektrische Nachrichtentechnik“ veröffentlicht. Die Versuche zur Aufsuchung der Störungen auf kurzen Wellen mußten unterbrochen werden, da das für diesen Zweck eingerichtete Wellblechhaus im Winter wegen Nässe nicht zu benutzen war und deshalb erst mit Korkmasse und Holzplatten bekleidet werden mußte. Die Telefunkengesellschaft hat mehrere Großstationskurzwellenempfänger und einen Siphon recorder für diese Versuche freundlichst hergegeben. Für die Untersuchung der Form der Störungen wurde ein Kathodenstrahloszillograph beschafft. Es soll versucht werden, die Kurvenform der Strömungen photographisch aufzunehmen. — Das Observatorium beteiligt sich seit kurzem an englischen Versuchen zur Feststellung der Reichweite der Störungen durch Bildfunkempfang. Die dazu nötigen Apparate sind von englischen Kollegen geliehen worden.

Durchdringende Höhenstrahlung (Prof. Kolhörster, zum Teil Dr. Schuppe und Dr. Corlin als Gäste). Probleme der Höhenstrahlung werden für die luftelektrische Forschung von immer größerer Bedeutung und scheinen auch auf den Erdmagnetismus herüberzuspielen. Es ist deshalb ein besonderes Laboratorium für diese Arbeiten in Potsdam geplant. Inzwischen wurden die bisherigen Untersuchungen noch überwiegend an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführt.¹⁾ Erst nach Fertigstellung der neuen Räume in Potsdam sind sie seit Juli am Observatorium fortgesetzt worden. Sämtliche benötigten Instrumente hat die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft²⁾ für Kolhörster zur Verfügung gestellt; ferner haben eine ganze Anzahl von Firmen, insbesondere Günther & Tegetmeyer-Braunschweig Instrumente leihweise, kleinere Hilfsmittel kostenlos überlassen. Herr Dr. Axel Corlin, Observator in Abisko, war zwecks Information über Höhenstrahlungsmessungen im Juli Gast des Observatoriums.

Da in Potsdam für dauernde Registrierung geeignete Räume erst geschaffen werden sollen, wurden zunächst die laufenden Arbeiten an der Ionisations-, an der photographischen und an der Zählmethode besonders zu fördern versucht.

Bei den nach der Ionisationsmethode arbeitenden Strahlungsapparaten konnten die elektrischen Konstanten zur Ermittlung der

¹⁾ Der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt sei auch an dieser Stelle hierfür besonders gedankt.

²⁾ Auf diese für die Arbeiten ganz wesentliche Hilfe der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft sei hier mit besonderem Danke hingewiesen.

Reststrahlung und Eveschen Zahlen weiter geprüft und verbessert werden. Für Kapazitätsmessungen ist eine neue absolute Methode (α -Strommessung) ausgearbeitet worden. Die beiden bekannten Eichverfahren mit Zusatzkondensator bzw. Ladungsteilung ließen sich erst nach Neukonstruktion einer Sonde von besonders kleiner Kapazität verwendungsfähig machen. Zusammen mit der Schwingungsmethode der Reichsanstalt konnten somit die Ergebnisse von 4 unabhängigen Verfahren miteinander verglichen werden, so daß kleinere Kapazitäten nunmehr auf $\frac{1}{100}$ cm sicher zu messen sind. Eine wesentliche Verbesserung der Schlingen-Elektrometer gelang durch Konstruktion ungekitteter Fäden. Die Ausarbeitung einer neuen Mikroskop-Optik für verbesserte Sättigungsstromverhältnisse wurde begonnen; die Ionisationsgefäße wurden auf Dichthalten und andere mechanische Eigenschaften dauernd geprüft. Altblei zur Abschirmung konnte in größerer Menge (3 Tonnen) mit Unterstützung der Notgemeinschaft beschafft werden, nachdem das Material, vom Heiliggeist-Kirchturm Potsdam, als strahlungsfrei befunden worden war. Ein hieraus hergestellter Panzer wurde im Berlepsch-Schacht in Staßfurt benutzt (Veröffentlichung Nr. 5) und für weitere Versuche dort gelassen. In gleichem Zusammenhang mußte Barren-Gold auf Strahlungseigenschaften untersucht werden. Bis zu 125 t Feingold (99,96%) ließen keine γ -Eigenstrahlung erkennen. Absorptionsversuche an Höhenstrahlen mit Schichtdicken bis 65 cm Gold (entsprechend 13 m Wasser) zeigten kein besonderes Verhalten von Gold als Absorber. Dabei wurde auch der Barometereffekt studiert. Veröffentlichungen hierüber sollen demnächst erscheinen.

Zur Untersuchung der photographischen Methode sind seit längerem Versuche mit Prof. Dr. J. Eggert, Filmfabrik Wolfen und Unterstützung der I. G. Farbenindustrie im Gange. Proben sämtlicher von ihr hergestellter Filme wurden in drei Paketen ungeschützt bzw. schwach mit Eisen gepanzert über Tage und vollständig geschützt im Berlepsch-Schacht unter Tage gelagert. Teile der über Tage gelagerten Emulsionen sind bereits zweimal auf Dunkelpunkte ausgezählt worden, die ersten Zählungen von unter Tage lagerndem Material wurden soeben ausgeführt. Ein abschließendes Urteil ist jedoch erst in längerer Zeit zu erwarten.

Für die Zählmethode bei Verwendung der Geiger-Müllerschen Zählrohre wurde die Entdeckung der Koinzidenzen von besonderer Bedeutung. Sie wurden bei qualitativen Versuchen zur Richtungsbestimmung der Höhenstrahlung gefunden (Veröffentlichung Nr. 1) und

sollen sobald als nur irgend möglich zur quantitativen Beobachtung benutzt werden, doch fehlen bisher Registrierplatz und Registrier-einrichtung. Die Methode wurde weiter ausgebaut und zur Untersuchung von Sekundärelektronen gemeinsam mit Regierungsrat Prof. Dr. Bothe benutzt (Veröffentlichung Nr. 2). Dabei stellte sich heraus, daß die vermeintlichen Sekundärelektronen der Höhenstrahlung die primäre Höhenstrahlung selbst sind, daß also die Höhenstrahlung korpuskularer Natur ist (Veröffentlichungen 3—7). Die sich hieraus ergebende neue Auffassung über ihren Ursprung (Veröffentlichungen 6 und 7) soll zunächst durch Untersuchungen über den Breiteneffekt der Höhenstrahlung geprüft werden. Hierzu werden die Vorbereitungen zur Fahrt mit dem Vermessungsschiff Meteor der Reichsmarineleitung für 1930 getroffen. Direkte Laboratoriumsbestimmungen in dieser Richtung können solange nicht ausgeführt werden, als die hierzu benötigten besonderen instrumentellen Einrichtungen noch fehlen. Die Koinzidenzenmethode bietet ganz außerordentliche Vorteile. Sie ist aber mit der bisher üblichen Auszählung der Registrierstreifen zu zeitraubend und mühevoll (zur Arbeit Nr. 5 mußten weit über 100 000 Ausschläge auf 1 km Filmlänge ausgezählt werden). Es wurde deshalb eine Röhrenverstärkung mit automatischer Koinzidenzzählung ausgearbeitet, die ein Auflösungsvermögen von etwa $\frac{1}{1000}$ sec erreichen läßt. Eine noch einfachere Schaltung ist zurzeit in Erprobung.

Die Kalium γ -Strahlung hat sich von gleicher Bedeutung wie die Radium γ -Strahlen für Probleme der Höhenstrahlung erwiesen. Mit dieser steht sie auch instrumentell in besonders engem Zusammenhang. Die Weiterführung dieser Untersuchungen (Kolhörster) ist der Kaliforschungsanstalt des Kalisyndikats zu danken, welche die Mittel bewilligt und ihren Mitarbeiter, Herrn Dr. Schuppe, hierfür zur Verfügung gestellt hat. Herr Dr. Schuppe arbeitet seitdem als Gast am Observatorium. Zur Unterbringung der großen Kalimengen (15 t) und Bleimassen — 5 t des erwähnten Altbleis wurden zu Panzermaterial verarbeitet — mußte ein einfaches Holzhaus aufgestellt werden. Es wurde bisher die Intensitätsmessung an Kalisalzen verschiedener Konzentration ausgeführt und mit der Konstruktion eines neuen, besonders empfindlichen Strahlungsapparates begonnen. Das Ziel der Untersuchungen ist ein möglichst allseitiges Studium der Kalium γ -Strahlung und Schaffung einer für Analysen geeigneten Apparatur.

Sonstiges. Als Vertreter des Preuß. Meteorologischen Instituts im Fachausschuß für Staubtechnik des Vereines deutscher Ingenieure

hatte Prof. Süring unter Mitwirkung von Dr. Albrecht mehrfach Anlaß, sich mit der Kritik der Meßgeräte und Meßverfahren für Staubgehalt zu beschäftigen; er arbeitete ein Arbeitsprogramm für die in physikalischer Hinsicht zur Zeit notwendigsten Untersuchungen aus. Der Verein deutscher Ingenieure hat zur Durchführung des Programms für dieses Jahr eine Summe von RM. 4400.— bereitgestellt.

Die Schallversuche der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft wurden im ersten Vierteljahr von 1929 noch fortgesetzt und erforderten instrumentelle Arbeit und Dienstreisen durch Prof. Kühl; sie sind jetzt zu einem vorläufigen Abschluß gekommen.

Der Stipendiat der „Notgemeinschaft“ Dr. Löhle hat die Bearbeitung seiner auf dem Sonnblick angestellten Untersuchungen über Lichtzerstreuung und Sicht zu Ende geführt und Anfang September Potsdam verlassen mit der Absicht, seine Arbeiten am Physikalischen Institut in Zürich fortzusetzen. Infolge einer Erkrankung von Dr. Löhle ist die Drucklegung seiner Sonnblick-Studie noch nicht möglich gewesen. Seine übrigen Potsdamer Arbeiten sind in der „Meteorol. Zeitschrift“, in den „Annalen der Hydrographie“ und in der „Zeitschrift für Physik“ veröffentlicht.

Magnetische Arbeiten.

Im Vordergrund der Tätigkeit standen in diesem Jahre Bauarbeiten.

Gleichzeitig mit der Herstellung meteorologischer Arbeitsräume in der früheren Dienstwohnung des Vorstehers der Magnetischen Abteilung wurden vier magnetische Arbeitszimmer hergerichtet. Das größte unter ihnen, das Zimmer der Rechner, ist zugleich als Zeichenzimmer gedacht und entsprechend ausgestattet worden.

Sodann begann im Berichtsjahr die Umarbeitung der seitherigen magnetischen Beobachtungshäuser in Potsdam in geomagnetische Laboratorien. Diese sehr umfangreichen Bauarbeiten bestanden bis jetzt in der Hauptsache in der Einführung elektrischer Leitungen, Schalttafeln, Akkumulatorenzellen und Umformern und werden in absehbarer Zeit vollendet sein. Bei diesen Umarbeitungen ist das Absolute Observatorium sorgfältig weiterhin eisenfrei erhalten worden, damit seine eigenartige Konstruktion als ein Gebäude für magnetische Beobachtungen unzerstört bleibt. Schon aus rein wirtschaftlichen Gründen, daneben aber auch aus sachlichen ist es nicht angängig, die rein physikalisch-magnetischen Arbeiten der Laboratoriumsaufgaben etwa ebenfalls nach Niemeck zu verlegen. Die Störung durch die

Streuströme der Eisenbahnen kommt hier glücklicherweise meist nicht in Betracht. Ferner gestattet es die Fülle der laufenden Arbeiten an der Zentralstelle nicht anders diese Laboratoriumstätigkeit durchzuführen, als daß sie sich in erstere einschaltet. Aus diesen Gründen ist das Absolute Haus auch weiterhin gänzlich eisenfrei erhalten worden.

Die in baulicher Hinsicht bedeutendste Tätigkeit ist die Errichtung der neuen Gebäude des Observatoriums in Niemeck.

Am 3. April fand seitens des Observatoriums Potsdam die erste Auslegung der Baulinien des dortigen Variationshauses und des Absoluten Hauses statt. Die Bauausführung liegt in den Händen der Hochbauabteilung II der Regierung zu Potsdam. Sie begann im Juni und Juli die Pflasterung des Hauptweges, die Errichtung des Zaunes und des sogenannten Wirtschaftsgebäudes. In rascher Folge entstanden dann das Haupt- und Wohngebäude und die Betonmauern und Betonklötze der Pfeileranlagen in den beiden genannten magnetischen Häusern. Im Herbst wurde das Fachwerk des Variationshauses aufgesetzt und das Dach gedeckt. Im Absoluten wurde zunächst nur der spätere Hauptpfeiler errichtet, im Freien ein Außenpfeiler aufgestellt, und von beiden aus das Azimut der Miren astronomisch bestimmt. Zu Ende des Jahres, nach Abschluß dieser Messungen wurde auch die Pfeileranlage des Absoluten vollendet, das Fachwerk und das Dach errichtet, so daß nun die wichtigsten Baulichkeiten sich der Fertigstellung nähern. Inzwischen begannen schon verschiedene Installationsarbeiten bezüglich Wasser, Gas, Heizung und Versorgung mit Elektrizität sowie überhaupt die Fertigstellung im Innern der Gebäude.

Die eigenartigen Zweckanforderungen aller dieser Bauten bedingten ein stetes, enges Zusammenarbeiten der Hochbauabteilung und des Observatoriums. Es sei daher den Herren der Hochbauabteilung, insbesondere Herrn Baurat Reling und Herrn Regierungsbauführer Schmank auch an dieser Stelle der herzlichste Dank für diese Mitarbeit ausgesprochen.

Auf die Rechnung des Niemecker Baues geht auch die Errichtung einer Garage für den Kraftwagen des Magnetischen Observatoriums, die innerhalb der Umzäunung des einstigen Potsdamer Variationshauses zur Aufstellung kam.

Am 26. Oktober wurde zwischen dem Preußischen Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung und der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ein Vertrag abgeschlossen, welcher die Verteilung der Kosten der Verlegung des erdmagnetischen Betriebs von Potsdam und später von Seddin nach Niemeck regelt.

Am 23. Juli gab der Direktor des Meteorologischen Instituts die Einführung des elektrischen Betriebs der Straßenbahn der Stadt Potsdam vom Schützenplatze nach dem Neuen Schützenhause durch die neue Hauptstraße durch Wald-Potsdam frei. Hierbei war auf kurze Strecken die Verlegung der Telephonleitung nach Seddin erforderlich. Der Betrieb war jedoch am Schlusse des Berichtsjahres noch nicht seitens der Stadt aufgenommen.

Die regelmäßigen, laufenden erdmagnetischen Beobachtungen finden, wie im vorangegangenen Bericht schon geschildert, nur noch ausschließlich in Seddin statt. Die Durchführung der absoluten Beobachtungen und die Verarbeitung der Registrierungen geschahen durch Dr. Bock und Dr. Fanselau. Die Arbeiten am alten Instrumentarium von Seddin lagen wie in den letzten Jahren in den Händen von Prof. Venske. Die nichtständige Hilfskraft Herr Kraatz trat am 31. Januar aus dem Dienst des Seddiner Observatoriums aus; bis zum 31. Oktober besorgte an seiner Stelle Frau Kraatz den Dienst, der von da an der im Observatorium wohnenden Frau Derdey übertragen wurde. Die Betreffenden wechselten im Laufe des Jahres in ihrem Dienst wochenweise mit dem Staatlichen Förster Hillebrand ab, der in der Hauptsache im Bedienen der Registrierapparate, der Lampen und in der Überwachung der Heizung bestand. Die Erfahrungen des kalten Winters 1928/29 führten dazu, die provisorische Heizung des Absoluten Hauses durch Petroleumöfen in eine Heizung mittels eines eisenfreien Kachelofens zu verwandeln.

Die Ergebnisse der magnetischen Beobachtungen in Potsdam und Seddin im Jahre 1927 sind zu Anfang des Berichtsjahres einschließlich eines Sachregisters über alle seither herausgegebenen Bände veröffentlicht worden. Der in der Vorbereitung befindliche Band der Ergebnisse für 1928 bringt nur noch für das erste Halbjahr Beobachtungen von Potsdam und geht dann auf Seddin allein über.

Die Durchführung des selbstverständlich jetzt komplizierteren inneren Betriebes des Magnetischen Observatoriums und die Mitwirkung an den verschiedenen Bauarbeiten ließen natürlich nicht viel Zeit für Sonderstudien übrig. Trotzdem sind auch solche Arbeiten gefördert worden. Hier sind zu nennen: die von Herrn Geheimrat Schmidt weiterhin geleiteten Versuche an einer unmagnetischen Waage; die Vornahme der hierher gehörigen Registrierungen und die mechanische Ausgestaltung des Instrumentes wurden von Herrn Obermechaniker Urbansky besorgt. Ferner prüfte Herr Prof. Venske das im letzten

Bericht erwähnte Gerät zur Bestimmung der Horizontalintensität auf galvanischem Wege. Herr Dr. Bock untersuchte mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft den Einfluß elektrischer Wellen auf die Permeabilität von verschiedenen Metallen; über die Ergebnisse soll später im Zusammenhang berichtet werden. Schließlich wurde gegen Schluß des Jahres ein Doppelkompaß nach der Bauart von Bidlingmaier in den Askaniawerken-Friedenau im Auftrage der Magnetischen Abteilung der Carnegie-Institution in Washington hergestellt und im hiesigen Observatorium untersucht. Das Instrument soll gelegentlich der Arktischen Expedition mit Hilfe des Luftschiffs der Aeroarktik zur Benutzung kommen. Bei diesen Arbeiten stellte sich Herr Dr. Grotewahl-Kiel als Mitarbeiter zur Verfügung. An Neuanschaffungen bestellte das Observatorium bei den Askaniawerken ein Prüfungsgerät für Magnetometer nach Fanselau, das in einem großen Bereich ein homogenes Feld zu erzeugen imstande ist; es kommt erstmalig bei der Prüfung des Doppelkompasses zur Anwendung. In der Werkstätte des Observatoriums wurden außer der schon genannten unmagnetischen Waage noch durch Obermechaniker Urbansky ein registrierendes Inklinatorium und eine elektrische Waage nach Dr. Bock in Angriff genommen.

Die unter Mitwirkung des früheren Abteilungsleiters Dr. Ad. Schmidt erfolgenden Rechenarbeiten wurden teils von Dr. Fanselau selbst, teils unter seiner Aufsicht durchgeführt. Sie betrafen den Abschluß einer Untersuchung über den Vektor der Nachstörung an mehreren Observatorien, die Ableitung des Mondeinflusses aus den Beobachtungen des Samoa-Observatoriums und eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der bisherigen Berechnungen des erdmagnetischen Potentials als Grundlage für die Untersuchung der Säkularvariation.

Der Reisetheodolit Hechelmann 2003 blieb auch das Berichtsjahr über zu Händen des Herrn Prof. Brückmann an die Meteorologische Zentralanstalt zu Zürich für Zwecke der erdmagnetischen Landesaufnahme der Schweiz entliehen. Der von dem verstorbenen Herrn Geheimrat Prof. Dr. K. Schering-Darmstadt vor Jahren dem Magnetischen Observatorium zur Verfügung gestellte Erdinduktor nebst Galvanometer ist dem Geophysikalischen Observatorium Groß-Raum der Universität zu Königsberg zu Händen des Herrn Prof. Dr. C. Andrée leihweise zur Benutzung übergeben worden, ebenso das Reisedeklinometer Schulze 5.

Anschlußmessungen besorgten in Seddin die Herren Prof. Brückmann-Zürich, Dr. Burmeister-München, Dr. Filchner,

Prof. N. Rose-Leningrad. Herr Shuito Imamiti verließ uns im Frühjahr, um nach dem Observatorium von Kakioka zurückzukehren. An seine Stelle trat Herr Prof. Hasegawa. Einen längeren Aufenthalt nahm Herr P. Dr. Carlos Ortiz aus Bogotá in Columbien, um zur geplanten Errichtung eines Magnetischen Observatoriums bei Bogotá Vorschläge auszuarbeiten. Herr Dr. Grotewahl-Kiel war mehrere Male zu Besuch, um an den Vorbereitungen zur magnetischen Ausrüstung der geplanten Luftschiffahrt nach der Arktis freiwillig teilzunehmen. Zu eingehender Besichtigung der Bauweise der magnetischen Häuser der drei Observatorien weilte der Direktor des Geophysikalischen Instituts der Universität Leipzig, Prof. Weickmann, in Begleitung einiger Bausachverständigen in Niemeck, Seddin und Potsdam. Ferner besuchten uns: Prof. H. Arctowsky-Lemberg, Prof. Bartels-Eberswalde, Direktor Dr. La Cour-Kopenhagen, Oberregierungsrat Dr. Hessen-Wilhelmshaven, Prof. Dr. C. Heiland-Golden (Colorado), Geheimrat Haußmann-Schwäbisch-Gmünd, Bergrat Dr. Kaemmerer und Dr. H. Reich von der Geologischen Landesanstalt zu Berlin, P. Prof. Dr. Rodès-Tortosa, Ministerialrat Prof. Dr. H. Maurer-Berlin, Prof. Dr. K. Popoff-Sofia, Prof. Dr. W. Pollak-Prag, Dr. Stenz-Lemberg und Prof. Dr. B. Weinberg-Leningrad. Zum Schluß des Jahres kam im Auftrage der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Kaunas in Litauen Herr Bradziunas auf einige Wochen her, um sich in die Technik einer magnetischen Landesaufnahme einzuarbeiten.

Dem Archiv des Observatoriums sind eine Anzahl z. T. sehr wertvoller Zuwendungen gemacht worden. So übereignete Herr Geheimrat Schmidt bei seinem Fortgang eine Anzahl Schriftstücke aus dem Nachlaß von Georg von Neumayer, vorwiegend erdmagnetische Fragen betreffend. Herr Dr. H. Schering-Dresden stiftete die gesamten Akten der Hessischen Magnetischen Landesaufnahme aus den Jahren 1910 und 1911, außerdem die Literatur-Zusammenstellungen seines Vaters zu dessen bekannten Berichten über die Fortschritte unserer Kenntnisse vom Erdmagnetismus in Wagner's Geographischen Jahrbüchern. Wir sagen den verehrten Spendern auch hier den besten Dank des Observatoriums. Ferner sind die von dem Vorsteher der Magnetischen Abteilung seither privat geführten Akten der deutschen magnetischen Aufnahme auf dem Balkan in den Jahren 1917/18 und jene über die interbaltische magnetische Vermessung der Ostsee und Ostseeländer dem Archiv eingereicht worden.

8. Dienstreisen.

Der berichterstattende Direktor nahm vom 16.—21. September an der Direktoren-Konferenz des internationalen Komitees in Kopenhagen teil.

Am 7. August besuchte der Abteilungsvorsteher Professor Dr. Knoch von Blanckenburg aus das Observatorium auf dem Brocken, um sich von der baulichen Beschaffenheit des Gebäudes zu unterrichten und dienstliche Angelegenheiten mit dem Beobachter zu regeln.

Vom 6. bis 12. September weilte er in Kopenhagen und nahm dort an den Sitzungen der internationalen Kommission für Landwirtschaftliche Meteorologie teil, deren Mitglied er ist.

Im Berichtsjahr wurden die folgenden Stationen höherer Ordnung besucht:

durch Dr. Hoffmeister vom 24. Juni bis 1. Juli Muhlendorf, Kolberg, Köslin, Neu-Hammerstein, Lauenburg, Reinwasser, Neuwedell, Landsberg a. d. W., Frankfurt a. d. O.,

durch Dipl.-Ing. Grunow am 28. und 30. April Krüssau und Magdeburg, vom 8.—30. Oktober Dömitz, Lüneburg, Soltau, Nienburg, Hameln, Hövelriege, Dortmund, Kleve, Köln, Leverkusen, Elberfeld, Lüdenscheid, Möhnewarte, Arnsberg, Mengerlinghausen, Witzenhausen, Göttingen, Eigenrieden, Brotterode, Eisleben und Köthen.

Zur Durchführung von Barometer-Vergleichsmessungen suchte Dipl.-Ing. Grunow in der Zeit vom 29. April bis 17. Mai folgende Institute auf: die Wetterdienststelle in Magdeburg, die Thüring. Landeswetterwarte in Weimar, die Bayr. Landeswetterwarte in München, das Universitätsinstitut für Meteorologie und Geophysik in Frankfurt a. M., das Taunusobservatorium auf dem Kl. Feldberg, die Bremische Landeswetterwarte in Bremen, die Filiale der Deutschen Seewarte in Bremerhaven und die Deutsche Seewarte in Hamburg.

Am 28. 10. nahm er an den Besprechungen der Direktorenkonferenz in Weimar teil.

Zum Besuch von Regenstationen wurden im Berichtsjahre folgende Dienstreisen ausgeführt:

vom Observator und Professor Dr. Henze in den Tagen vom 5.—10. August nach Braunenbruch, Detmold, Lage, Nassengrund,

Veldrom, Forsthaus Donoperteich, Forsthaus Am Möhrt und Forsthaus Fuchsberg,

vom Observator und Professor Dr. Langbeck vom 22. Mai bis 4. Juni nach Königsberg, Tilsit und Insterburg zur mündlichen Besprechung mit den Vorständen der preußischen Kulturbauämter und nach den Stationen Palmnicken, Fischhausen, Wehrdamm, Konradswaldau, Mednicken, Thierenberg, Rauschen, Sarkau, Transsau, Schaaksvitte, Rathswalde, Klein-Naujock, Florweg, Petricken, Klein-Inse, Neukirch, Ibenhorst, Tramischen, Kloken, Schillupischken, Grünheide, Lindenberg, Darkehmen, Norkitten, Wehlau, Groß-Schirrau, Tapiau.

Der Abteilungsvorsteher Professor Dr. Stade nahm behufs Vertretung meteorologischer Interessen an dem vom 29. Juni bis zum 1. Juli in Essen abgehaltenen 23. Deutschen Luftfahrttage teil.

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Süring nahm vom 10.—16. September an den Tagungen der internationalen Kommissionen zum Studium der Wolken und für Sonnenstrahlung in Kopenhagen teil. Vom 27.—29. Oktober vertrat er in Weimar das Preuß. Meteorologische Institut auf der Direktoren-Konferenz der deutschen meteorologischen Institute. Vom 5.—11. November unternahm er eine Reise nach Paris zu Besprechungen im Office National Météorologique über die Herausgabe des internationalen Wolken-Atlas.

Die Dienstreisen der magnetischen Abteilung betrafen nur den Verkehr mit Seddin und Niemeck. Jener nach Seddin konnte, nachdem die Instrumente, wie im vorigen Bericht erwähnt war, zur Aufstellung und in Gang gebracht waren, etwas eingeschränkt werden; dagegen hat der Beginn des Baues in Niemeck natürlich eine große Steigerung der Fahrten gebracht. Abgesehen von den Reisen in rein baulichen Angelegenheiten kamen auch solche zu besonderen magnetischen Zwecken zur Ausführung. Hierher gehören die Ausrichtung der Observatorien nach den exakten Himmelsrichtungen, die Durchführung einer Lokalvermessung des ganzen Geländes und seiner näheren Umgebung und die Bestimmung der Azimute der Miren aus astronomischen Messungen.

Der Observator und Professor Dr. Venske reiste vom 11.—18. September 1929 als Mitglied der internationalen Kommission für Erdmagnetismus und Luftelektrizität zu deren Tagung nach Kopenhagen.

9. Veröffentlichungen.

Veröffentlichungen des Instituts.

- Nr. 362. Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts im Jahre 1928. Erstattet vom Direktor. Mit einem Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen. 8°. 131. S. 1 Taf.
Der Anhang enthält: H. Stade, Nachruf auf Professor Dr. Theodor Arendt. — A. Nippoldt, Verlegung der magnetischen Observatorien von Potsdam und Seddin wegen Elektrisierung der Vorortbahnen. — O. Venske, Eine konstruktive Verbesserung einer Lloydschen Wage. — O. Venske, Nachtrag zur Abhandlung: Ein Vergleich der erdmagnetischen Normalinstrumente von Potsdam und Rude Skov. — W. Marten, Über einen Fehler bei Strahlungsmessungen. — Joh. Grunow, Mikroanemometrische Untersuchungen. — E. Reichel, Der Trockenheitsindex, insbesondere für Deutschland. — J. Hoffmeister, Über die Niederschlagsverteilung im Harz. — J. Hoffmeister, Über die Übergangsschicht zwischen verschiedenen temperierten Luftmassen. — H. Ertel, Wärmeleitung und quasistatische Zustandsänderungen in der Atmosphäre. — Temperatur, Niederschlag und Sonnenschein im Jahre 1928 nach den Beobachtungen der im deutschen Witterungsbericht erscheinenden Stationen.
- Nr. 363. Ergebnisse der Magnetischen Beobachtungen in Potsdam und Seddin im Jahre 1927, mit einem Gesamtsachregister aller Jahrgänge der Reihe 1890 bis 1927, von A. Nippoldt. 4°. 44 S. 1 Kurventafel, 6 lose Kurvenblätter.
- Nr. 364. Abhandlungen Bd. IX, Nr. 2. Über Steiggebiete des Luftdruckes bei russischen Kältewellen (Ein Beitrag zur Erklärung der Luftdruckschwankungen am Boden), von H. Wagemann. 4°. 62 S.
- Nr. 365. Abhandlungen Bd. IX, Nr. 3. Untersuchung der jährlichen Schwankungen der atmosphärischen Zirkulation, von E. Ekhart. 4°. 21 S.
- Nr. 366. Abhandlungen Bd. IX, Nr. 4. Die Häufigkeit zu nasser und zu trockener Sommermonate im mittleren Norddeutschland, von G. Wussow. 4°. 22 S.
- Nr. 367. Ergebnisse der Niederschlags-Beobachtungen im Jahre 1927, von H. Henze. 4°. XXIV, 111 S.
- Nr. 368. Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1928, von R. Süring. 4°. XI, 80 S.
- Monatsübersichten der Witterung als Beilagen der vom Statistischen Landesamt herausgegebenen „Statistischen Korrespondenz“ unter dem Titel: „Deutscher Witterungsbericht für (Monatsname) 1929 nach Ergebnissen der einzelstaatlichen Beobachtungsnetze bearbeitet vom Preußischen Meteorologischen Institut“.
- Monatsberichte über die Niederschlagsverhältnisse in Norddeutschland, bearbeitet von der Niederschlagsabteilung des Preuß. Meteorol. Instituts.
- Wochenberichte über Niederschlag und Temperaturen von Norddeutschland,

als Beilagen zur täglichen Wetterkarte, sowie zu freiem Bezug als Sonderblätter, herausgegeben von der Niederschlagsabteilung des Preuß. Meteorologischen Instituts.

Täglicher Wetterbericht der Öffentlichen Wetterdienststelle Berlin.

Fachwissenschaftliche Veröffentlichungen der Beamten.

H. v. Ficker.

Der Sturm in Norddeutschland am 4. Juli 1928. (Sitzungsberichte der Preuß. Akademie der Wissenschaften. Phys.-math. Klasse 1929, S. 290—326.)

R. Süring.

Ergebnisse und Aufgaben der meteorologischen Strahlungsmessungen. (Zeitschr. für Geophysik 1928, S. 387—394.)

Forschungsmethoden der Sonnen- und Himmelsstrahlung. (Strahlentherapie 1929, S. 325—329.)

Über Sonnen- und Himmelsstrahlungsmessungen in verschiedenen Spektralbereichen. (Première Conférence Internationale de la Lumière, Lausanne et Leysin. Paris 1929, S. 117—118.)

Arthur Berson als Meteorologe. (Zeitschr. für Flugtechnik 1929, S. 358—359.)

Arthur Berson zum 70. Geburtstag. (Zeitschr. für techn. Physik 1929, S. 343—345.)

Giuseppe Ciro Periclo Chistoni †. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 180.)

Franz Josef Bosch †. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 180—181.)

Redaktion der »Meteorologischen Zeitschrift« (gemeinsam mit F. M. Exner.)

H. Stade.

Nachruf auf Professor Dr. Theodor Arendt. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1928, S. 45—52.)

W. König.

80jährige Mittelwerte der Lufttemperatur für jeden Tag des Jahres in Berlin (Reihe 1848—1927). (Zeitschrift für angewandte Meteorologie. Das Wetter 1929, S. 129—132.)

Die Grundlagen der Bergener Wetteranalyse. (Ebenda S. 245—252.)

A. Nippoldt.

Verlegung der magnetischen Observatorien von Potsdam und Seddin wegen Elektrisierung der Vorortbahnen. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1928, S. 52—60.)

Ergebnisse der erdmagnetischen Beobachtungen in Potsdam und Seddin im Jahre 1928. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 393—395.)

Die Verteilung der regelmäßigen täglichen Variationen des Erdmagnetismus in Mitteleuropa. (Zeitschr. für Geophysik 1929, S. 80—83.)

Kapitel »Erdmagnetismus und Polarlicht« in Einführung in die Geophysik, Verlag Julius Springer, S. 1—168.

Anleitung zu wissenschaftlichem Denken. Kl. 8^o, 227 S., 16. bis 24. Tausend, Verlag von Bonness und Hachfeld, Potsdam und Leipzig 1929.

K. Knoch.

Die Klimafaktoren und Übersicht der Klimazonen der Erde. (E. Blanck, Handbuch der Bodenlehre. II. Band, S. 1—53. Berlin 1929.)

Betrachtungen über das Klima von Bad Harzburg. (Bad Harzburgs Kurmittel, S. 7—12.)

G. Hellmann zum 75. Geburtstag. (Zeitschrift für angewandte Meteorologie. Das Wetter 1929, S. 193—194. 1 Tafel.)

Heiße Sommer und strenge Winter im 14. bis 17. Jahrhundert in Norddeutschland (Aus einer alten Chronik). (Ebenda 1929, S. 221—224.)

Bericht über die Arbeiten aus dem Gebiete der geographischen Meteorologie 1926—28. (Geographisches Jahrbuch Band 44, S. 37—114.)

G. Schwalbe.

Der kalte Februar 1929 in Berlin. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 114.)

Der Winter 1928—1929 in Deutschland. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 146—149.)

Die Eisverhältnisse der Elbe bei Magdeburg im Winter 1928—1929 im Vergleich zu früheren Jahren. (Zeitschrift für angewandte Meteorologie. Das Wetter 1929, S. 254—256.)

Eisverhältnisse und Temperaturverteilung. (Erde und Wirtschaft, 1929, S. 62—67.)

W. Marten.

Über einen Fehler bei Strahlungsmessungen. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1928, S. 64—73.)

Absolute Sonnenstrahlungsmessungen in der freien Atmosphäre im Flugzeug. Gemeinsam mit P. A. Galbas. (Zeitschr. für Geophysik 1929, S. 322.)

Registrierungen der Sonnenstrahlung in Potsdam mit dem thermoelektrischen Pyrheliographen Moll-Gorzynski. (Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1928, S. V—XI.)

H. Henze.

Ozeanität und Kontinentalität bei den sommerlichen Niederschlägen Norddeutschlands. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 129—137.)

O. Venske.

Eine konstruktive Verbesserung einer Lloydschen Wage. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1928, S. 60—64.)

Nachtrag zur Mitteilung: O. Venske, Ein Vergleich der erdmagnetischen Normalinstrumente von Potsdam und Rude Skov. (Ebenda S. 64.)

G. Wussow.

Die Häufigkeit zu nasser und zu trockener Sommermonate im mittleren Norddeutschland. (Abhandlungen des Preuß. Meteorolog. Instituts, Band IX, Nr. 4.)

K. Kähler.

Einführung in die atmosphärische Elektrizität. Bd. 9 der »Sammlung geophysikalischer Schriften«. Gebr. Borntraeger, Berlin 1929, 244 Seiten.

F. Schindelbauer.

Elektromagnetische Störungen II. (Elektr. Nachrichten-Technik 1929, S. 231—236.)

L'influence du champ magnétique terrestre sur les atmosphériques de la télégraphie sans fil. (Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences, congrès du Havre.)

W. Kolhörster.

Eine neue Methode zur Richtungsbestimmung von γ -Strahlen. (Die Naturwissenschaften 1928, S. 1044.)

Eine neue Methode für Absorptionsmessungen an sekundären β -Strahlen. Gemeinsam mit W. Bothe. (Die Naturwissenschaften 1928, S. 1045.)

Die Natur der Höhenstrahlung. Gemeinsam mit W. Bothe. (Die Naturwissenschaften 1929, S. 271—273.)

The Nature of the Penetrating Radiation. (Nature 1929, S. 638.)

Das Wesen der Höhenstrahlung. Gemeinsam mit W. Bothe. (Zeitschr. für Physik 1929, S. 751.)

Untersuchungen über die Natur der Höhenstrahlung. Gemeinsam mit W. Bothe. (Forschungen und Fortschritte 1929, S. 333.)

Die Natur der Höhenstrahlung. Gemeinsam mit W. Bothe. (Physik. Zeitschrift 1929, S. 516.)

Neuere Arbeiten über Höhenstrahlung. (Die Naturwissenschaften 1929, S. 279.)

F. Albrecht.

Zur Theorie von Aktinometern und Pyranometern I. Zusammen mit K. Büttner. (Gerlands Beiträge zur Geophysik 1929, S. 13—28.)

Über den Zusammenhang zwischen täglichem Temperaturgang und Strahlungshaushalt. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 520—521.)

R. Bock.

Über die Homogenität des magnetischen Feldes in der Helmholtz-Gaugain'schen Doppelkreisanordnung. (Zeitschrift für Physik 1929, S. 257—259.)

J. Hoffmeister.

- Grenzflächen mit gleichförmiger Geschwindigkeit zwischen verschiedenen temperierten Luftmassen. (Meteorol. Zeitschrift 1928, S. 50—55.)
- Zwei Berechnungen über vertikale Luftströme. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts 1927, S. 61—67.)
- Über die Niederschlagsverteilung im Harz. (Ebenda 1928, S. 105—111.)
- Über die Übergangsschicht zwischen verschiedenen temperierten Luftmassen. (Ebenda 1928, S. 111—120.)
- Der strenge Winter 1928/29. (Heimatkalendar für den Kreis Prenzlau 1930, S. 38—40.)

H. Thomas.

- Untersuchung über kurzperiodische Druckwellen und die physikalischen Bedingungen für ihr Auftreten. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 369—380.)

H. Wagemann.

- Über Temperaturveränderungen in einer 6 km hohen Luftschicht und gleichzeitig eintretende Schwankungen des Bodendruckes. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 27—32.)
- Über Steiggebiete des Luftdruckes bei russischen Kältewellen. (Ein Beitrag zur Erklärung der Luftdruckschwankungen am Boden). (Abhandlungen des Preuß. Meteorol. Instituts, Bd. IX, Nr. 2.)

Joh. Grunow.

- Mikroanemometrische Untersuchungen. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Institutes im Jahr 1928, S. 73—84.)
- Ein neues Registriergerät für Richtung und Geschwindigkeit des Windes. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 96—102.)
- Über den Einfluß eines Holzschutzes auf die Geschwindigkeit der Temperaturanpassung eines Thermometers. (Ebenda 1929, S. 184—186.)

✕ E. Reichel.

- Der Trockenheitsindex, insbesondere für Deutschland. (Bericht über die Tätigkeit des Preuß. Meteorol. Instituts im Jahre 1928, S. 84—105.)

✕ A. Dieckmann.

- Die Differenzen der mittleren Niederschlagssummen der Monate Mai/Juli—Aug./Okt. als Kennzeichnung der Ozeanität und Kontinentalität der Niederschläge in Nord- und Südamerika. (Zeitschr. für angewandte Meteorologie. Das Wetter 1929, S. 367—371.)

Fachwissenschaftliche Veröffentlichungen der Stipendiaten.

J. Scholz.

- Elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre und Kondensationskernzahl. (Die Naturwissenschaften 1928, S. 760—761.)
- Über die Verwendung von Selenzellen zur Registrierung des Potentialabfalles von Quadrantelektrometern. (Physik. Zeitschrift 1928, S. 702.)
- Über ein Problem der vertikalen Luftbewegung (Geografiska Annaler 1928, S. 372.)

K. Büttner.

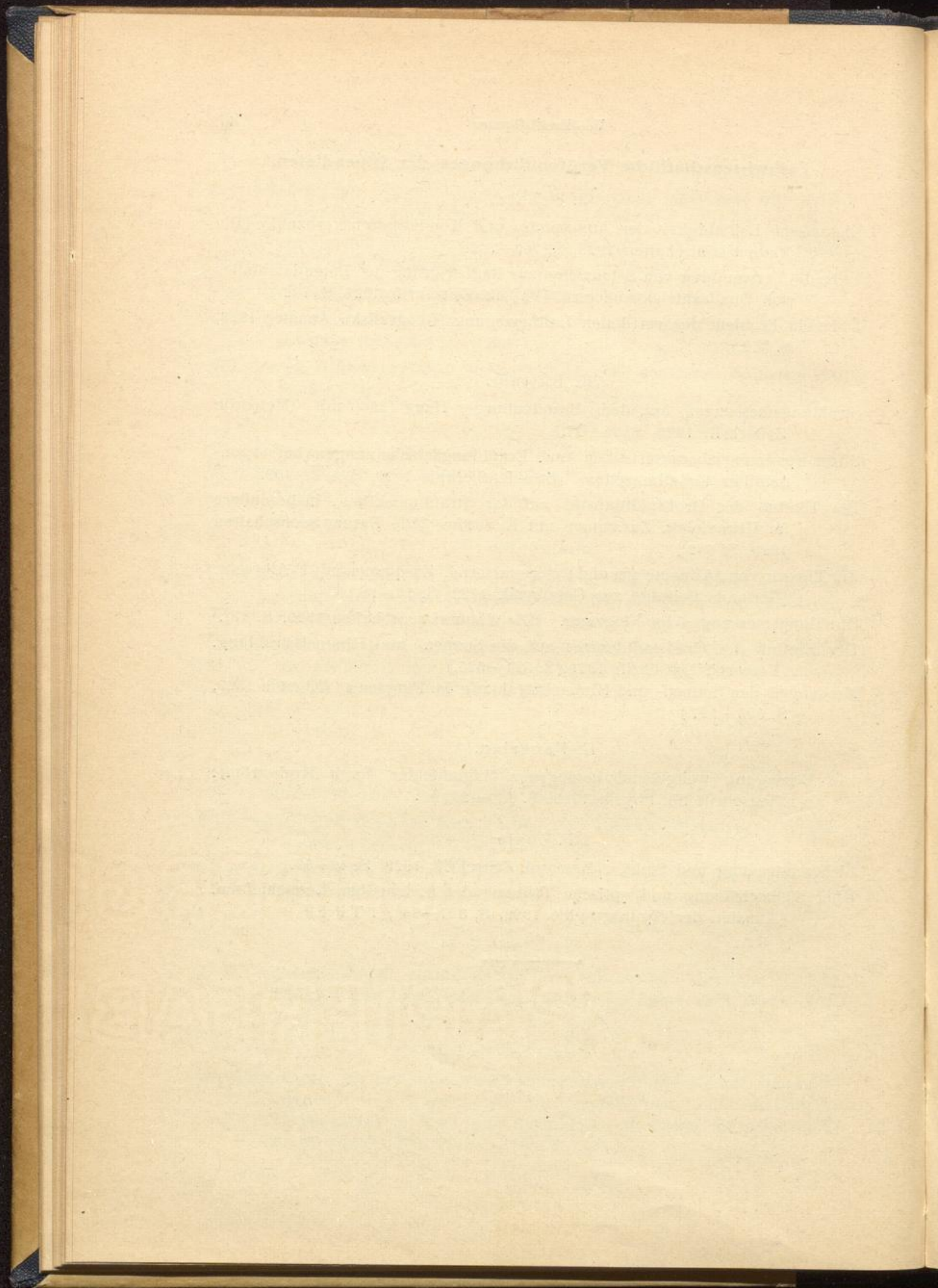
- Strahlungsmessungen auf dem Brandenburger Haus (3300 m). (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 25—27.)
- Strom-Spannungscharakteristiken und Ermüdungserscheinungen bei argongefüllten Cadmiumzellen. (Strahlentherapie 1929, S. 403—406.)
- Der Einfluß des Großstadtdunstes auf das Strahlungsklima, insbesondere im Ultraviolett. Zusammen mit E. Sutter. (Die Naturwissenschaften 1929, S. 652.)
- Zur Theorie von Aktinometern und Pyranometern I. Zusammen mit F. Albrecht. (Gerlands Beiträge zur Geophysik 1929, S. 13—28.)
- Strahlungsmessungen im Flugzeug. (Die Naturwissenschaften 1929, S. 877.)
- Der Einfluß des Großstadtdunstes auf die Sonnen- und Himmelsstrahlung. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 521—525.)
- Messungen der Sonnen- und Himmelsstrahlung im Flugzeug. (Ebenda 1929, S. 525—527.)

G. Fanselau.

- Die Erzeugung weitgehend homogener Magnetfelder durch Kreisströme. (Zeitschrift für Physik 1929, S. 260—269.)

F. Löhle.

- Lichtzerstreuung und Sicht. (Meteorol. Zeitschrift 1929, S. 49—59.)
- Über Sichtschätzung und optische Trübung der bodennahen Luftschichten. (Annalen der Hydrographie 1929, S. 327—341, 1 Tafel.)
-



A n h a n g

enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen

Bericht über die Vergleichung der Normalbarometer der deutschen meteorologischen Zentralanstalten.

Von J. Grunow.

Auf der Direktorenkonferenz 1928 in Stuttgart wurde das Preuß. Meteorologische Institut beauftragt, eine Vergleichung der Normalbarometer der deutschen meteorologischen Zentralanstalten einzuleiten. In Ausführung dieses Beschlusses fiel dem Preußischen Meteorologischen Institut die Aufgabe zu, die Vergleichsmessungen bei den Landeswetterwarten in Bremen, München und Weimar, bei der Deutschen Seewarte in Hamburg und Bremerhaven und dem Universitätsinstitut für Meteorologie und Geophysik in Frankfurt a. M. durchzuführen, während die Landeswetterwarten in Dresden und Stuttgart selbst die Vergleiche in Berlin vornahmen. Ebenfalls wollte das Aeronautische Observatorium in Lindenberg die Messungen in Berlin durchführen, während die Zentralanstalten in Darmstadt und Karlsruhe zwecks Kostenersparnis Anschluß an das Stuttgarter Barometer nehmen wollten.

Den Vergleichen wurden die Normalbarometer der Physikalischen Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg zu Grunde gelegt. Hierbei ist zu beachten, daß von der P. T. R. als „normaler Luftdruck“ der Mittelwert aus den Angaben der auf 0⁰ reduzierten Barometer Fuess Nr. 271, 464, 236, 625 und 418 angenommen wird.

Durch Anschlußmessungen in Charlottenburg wurde für das Normalbarometer Wild-Fuess Nr. 553 eine Korrektion von + 0,09 mm und für das Normalbarometer Wild-Fuess Nr. 76 eine Korrektion von + 0,05 mm gefunden. Diese beiden Instrumente dienten als Vergleichs- bzw. Reisebarometer. Hinsichtlich ihrer äußeren Einrichtung stimmen

sie völlig überein. Die Quecksilberröhre hat einen Durchmesser von 11 mm; die Nonien gestatten eine direkte Ablesung von 0,05 mm. Ein Vergleich des Normalbarometers W. F. Nr. 553 mit dem Hauptnormalbarometer des Preuß. Meteorol. Instituts Wild-Fuess Nr. 423 ergab sowohl vor, als auch nach den Anschlußmessungen in Charlottenburg

$$423 - 553 = - 0.02 \text{ mm,}$$

so daß unter Berücksichtigung der in der P. T. R. für Nr. 553 festgestellten Korrektur von + 0,09 mm sich eine Korrektur ergibt von

$$B_0 - \text{Berlin } 423 = + 0.11 \text{ mm.}$$

Gelegentlich einer Dienstreise des Herrn Professor Kleinschmidt-Stuttgart führte dieser gemeinsam mit dem Berichterstatter am 22. u. 23. Nov. 1928 Vergleichsmessungen in Berlin mit dem Normalbarometer der Württemberg. Landeswetterwarte W. F. Nr. 868 und dem Normalbarometer W. F. Nr. 443 (Berlin) aus. Es ergab sich

$$443 - 868 = - 0,12 \text{ mm (11 Abl.)}$$

Die Bestimmung der Korrektur für Nr. 443 ergab:

$$553 - 443 = - 0.05 \text{ mm}$$

$$\text{Korr. } 553 = + 0.09 \text{ mm}$$

$$B_0 - \text{Berlin } 443 = + 0.04 \text{ mm}$$

$$\text{also } B_0 - \text{Stuttgart } 868 = - 0.08 \text{ mm.}$$

Gelegentlich der im April und Mai stattgefundenen Dienstreise des Berichterstatters zwecks Vergleichs der Normalbarometer an einigen Zentralanstalten wurde in Stuttgart nochmals ein Vergleich zwischen dem Stuttgarter Normalbarometer Nr. 868 und dem Normalbarometer W. F. Nr. 553 durchgeführt. Dieser ergab jedoch eine von dem obigen Wert stark abweichende Korrektur. Auf Grund der von Herrn Prof. Kleinschmidt angestellten Vergleiche wurde gefunden:

$$553 - 868 = - 0.08 \text{ mm (11)}$$

$$\text{Korr. } 553 = + 0.09 \text{ mm}$$

$$B_0 - \text{Stuttgart } 868 = + 0.01 \text{ mm.}$$

Es dürfte jedoch den ersteren Vergleichsmessungen, die in Berlin ausgeführt wurden, die größere Bedeutung beizumessen sein, da diese über eine größere Zeit waren, das Barometer genügend Zeit hatte, sich der Temperatur anzupassen und übereinstimmende Werte von zwei Beobachtern ergab. Eine eingehende Prüfung dieser Differenz wird noch erfolgen.

Am 4. u. 5. März 1929 führte Herr Dr. Goldschmidt die Vergleichsmessungen mit dem Normalbarometer W. F. Nr. 163 der Sächsischen Landeswetterwarte Dresden gemeinsam mit dem Berichterstatter in Berlin durch. Die in sich gut übereinstimmenden Messungen ergaben eine Abweichung gegen Nr. 553 von

$$553 - 163 = - 0.10 \text{ mm (14)}$$

$$\text{Korr. 553} = + 0.09 \text{ mm}$$

$$B_0 - \text{Dresden 163} = - 0.01 \text{ mm}$$

Im April wurde der Berichterstatter seitens des Preuß. Meteorol. Instituts beauftragt, die Barometervergleiche an den Zentralanstalten durchzuführen, die diese dem Preuß. Meteorol. Inst. übertragen hatten. Außer den bereits genannten bat auch die Öffentliche Wetterdienststelle Magdeburg, in die Vergleiche miteinbezogen zu werden.

Diese Reise berührte die Orte Magdeburg, Weimar, München, Frankfurt, Bremen, Bremerhaven, Hamburg. Als Vergleichsbarometer dienten die Barometer Nr. 553 und 76.

Am 29. u. 30. April wurden in Magdeburg die Vergleichsmessungen mit dem dort befindlichen Normalbarometer W. F. Nr. 96 und dem Präzisionsbarometer Nr. 390 vorgenommen. Die Barometer sind aufgehängt in einem fensterlosen Raum im II. Stock, der durch Abtrennung des Endes eines Korridors durch eine Tür entstanden ist. Die Messungen ergaben folgende Korrekturen:

$$76 - 96 = - 0.12 \text{ mm (8)}$$

$$76 - 390 = + 0.03 \text{ mm (6)}$$

$$\text{Korr. 76} = + 0.05 \text{ mm}$$

$$B_0 - \text{Magdeburg 96} = - 0.07 \text{ mm}$$

$$B_0 - \text{Magdeburg 390} = + 0.02 \text{ mm.}$$

Am 30. April und 1. Mai 29 wurden die Vergleiche in Weimar bei der dortigen Landeswetterwarte durchgeführt. Die Barometer sind in einem sehr großen Raum untergebracht, der gleichzeitig als Instrumentenzimmer dient, außerdem aber noch große Aktenregale des Landgerichts enthält. Die Wand, an der die Barometer aufgehängt waren, liegt nach Westen zu, ist aber, da das Zimmer bereits im Dachgeschoß gelegen ist, durch starke Zwischenräume von den Ziegeln isoliert. Die Temperaturen dürften daher ziemlich gleichmäßig sein. Das dortige Normalbarometer ist ein Gefäßheberbarometer der Vereinigten Glastechnischen Werkstätten in Ilmenau und

hat einen Rohrdurchmesser von etwa 14 mm. Die gefundenen Abweichungen betragen:

$$553 - (\text{Ilm.}) = - 0.27 \text{ mm (9)}$$

$$\text{Korr. } 553 = + 0.09 \text{ mm}$$

$$B_0 - \text{Weimar (Ilm.)} = - 0.18 \text{ mm.}$$

Bei der Landeswetterwarte in München wurden die Vergleiche am 3. u. 4. Mai durchgeführt. Die Barometer sind dort im 2. Stock des Gebäudes in einem Eckzimmer untergebracht, das je 2 Fenster nach Westen und nach Norden hat. Die Barometer sind an einem Regal vor einem Westfenster aufgehängt. Durch einen Vorhang wird in den Nachmittagsstunden die Sonne abgedeckt. In dem Zimmer sind noch andere Instrumente untergebracht, die auch häufig abgelesen werden (u. a. eine Thermometer-Fensteraufstellung). Verglichen wurden das Gefäßheberbarometer Wild-Fuess Nr. 275 (mit Fernrohrablesung), das Gefäßbarometer Wild-Fuess Nr. 4 (mit 1/10 Nonius) und das Gefäßheberbarometer Wild-Fuess Nr. 84. Das letztere, welches auch als Reisebarometer benutzt wird, hatte eine so kurze Stellschraube zum Hochdrehen des unteren Quecksilberspiegels, daß die Vergleiche am 4. Mai, an dem der Barometerstand gegen den Vortag etwas gestiegen war, für dieses Barometer nicht mehr vorgenommen werden konnten.

Die in sich gut übereinstimmenden Ablesungen ergaben folgende Korrekturen:

$$553 - 84 = - 0.20 \text{ mm (8)}$$

$$553 - 275 = - 0.17 \text{ mm (12)}$$

$$553 - 4 = - 0.34 \text{ mm (13)}$$

$$553 - 76 = - 0.04 \text{ mm (13)}$$

$$B_0 - \text{München } 84 = - 0.11 \text{ mm}$$

$$B_0 - \text{München } 275 = - 0.08 \text{ mm}$$

$$B_0 - \text{München } 4 = - 0.25 \text{ mm.}$$

In Frankfurt/M. fanden die Vergleichsmessungen am 8. Mai statt. Es ist dort beim Universitätsinstitut für Meteorologie und Geophysik lediglich ein gewöhnliches Stationsbarometer vorhanden, das in dem Dienstzimmer der Wetterdienststelle in der Nähe eines Arbeitsplatzes aufgehängt ist. Die am Vormittag ausgeführten Vergleichsmessungen ergaben:

$$553 - 1147 = - 0.03 \text{ mm (8)}$$

$$B_0 - \text{Frankfurt/M } 1147 = + 0.06 \text{ mm.}$$

Da von Herrn Professor Linke Wert darauf gelegt wurde, auch einen Vergleich mit dem Barometer im Taunus-Observatorium auf den Kl. Feldberg durchzuführen, wurde das Vergleichsbarometer mit einem Kraftwagen auf den Feldberg gebracht und bereits 1 $\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Aufhängen mit dem Vergleichen begonnen. In weiteren 1 $\frac{1}{2}$ Stunden wurden 4 Vergleichsmessungen durchgeführt, die gut übereinstimmten. Das dortige Barometer Nr. 1907 ist ein Kompensations-Gefäßbarometer und in dem dortigen Instrumentenzimmer aufgehängt. Die Vergleiche ergaben:

$$553 - 1907 = - 0.74 \text{ mm (8)}$$

$$B_0 - \text{Kl. Feldberg 1907} = - 0.65 \text{ mm.}$$

Am 13. Mai 1929 wurden die Vergleichsmessungen bei der Bremischen Landeswetterwarte in Bremen durchgeführt. Das dortige Barometer ist ein Stationsbarometer und in dem Dienstzimmer der Wetterdienststelle aufgehängt. Die Vergleiche ergaben:

$$553 - 790 = - 0.11 \text{ mm (16)}$$

$$B_0 - \text{Bremen 790} = - 0.02 \text{ mm.}$$

In Bremerhaven wurde bei der dortigen Hauptagentur der Deutschen Seewarte das zu Prüfungen für Schiffsbarometer benutzte Kompensations-Gefäßbarometer Nr. 945 am 14. u. 15. Mai verglichen. Dieses Barometer ist in einem gußeisernen Kasten aufgehängt, der oben durch eine aufgeschliffene Platte abschließbar ist, so daß es auch für Prüfungen bei niederem Druck verwendet werden kann. Die Ablesung geschieht durch ein in etwa 2 m Entfernung befindliches Kathetometer. Es ist in einem Zimmer aufgestellt, dessen einziges Fenster durch einen dicht davor gebauten Giebel eines Nebenhauses als fensterlos gelten kann und keine direkten Außenwände hat. Es wurde weiterhin das in einem Nebenzimmer aufgehängte Komp. Gef. Barometer Nr. 1498 verglichen, das zur Prüfung von Aneroid-Barometern benutzt wird. Dieser Raum wird auch gleichzeitig zu Bürozzwecken benutzt. Die Vergleiche ergaben:

$$553 - 945 = + 0.29 \text{ mm (13)}$$

$$553 - 1498 = + 0.22 \text{ mm (11)}$$

$$B_0 - \text{Bremerhaven 945} = + 0.38 \text{ mm}$$

$$B_0 - \text{Bremerhaven 1498} = + 0.31 \text{ mm.}$$

Am 16. u. 17. Mai wurden schließlich Vergleichsmessungen in Hamburg bei der Deutschen Seewarte durchgeführt. Das dortige Normalbarometer Adie-London Nr. 2279 ist ein Gefäßheberbarometer

mit Schneideneinstellung. Da es oben ein wenig überhing, mußte als Nullpunkt die Mitte der Schneide genommen werden, da sich diese in einem geringen Winkel der Quecksilberoberfläche näherte. Das Barometer ist in einem Kellerraum untergebracht, dessen nach Westen gelegene Fenster mit Papptafeln verstellt waren, um eine Erwärmung durch die Sonne am Nachmittag unmöglich zu machen. Die gemeinsam mit Herrn Dr. Heiss durchgeführten Vergleichsmessungen ergaben:

$$553 - 2279 = - 0.22 \text{ mm (14)}$$

$$B_0 - \text{Hamburg } 2279 = - 0.13 \text{ mm.}$$

Die nach Rückkehr von dieser Reise durchgeführten Vergleichsmessungen des Barometers Nr. 553 mit dem Hauptnormalbarometer Nr. 423 im Meteorologischen Institut ergaben:

$$423 - 553 = - 0.02 \text{ mm.}$$

Es ist derselbe Wert, der vor Beginn der Dienstreise in zwei Meßreihen festgestellt wurde. Es ist daher anzunehmen, daß sich das auf der Reise mitgeführte Barometer Nr. 553 auf der Reise nicht geändert hat. Das zur Reserve mitgeführte Barometer Nr. 76 zerbrach bei der Abfahrt von München, hatte jedoch bis dahin gegen das Barometer Nr. 553 die vorher im Institut festgestellte Abweichung

$$553 - 76 = - 0.04 \text{ mm.}$$

Die Säkularstationen im norddeutschen Beobachtungsnetz.

Von K. Knoch.

Die im September 1905 in Innsbruck tagende internationale meteorologische Direktorenkonferenz faßte auf Antrag von G. Hellmann folgenden Beschluß:

„Die Konferenz empfiehlt den meteorologischen Zentralanstalten, in ihren Netzen, je nach ihrer Größe, an einer oder mehreren Stationen die Beobachtungen in möglichst unveränderter Weise ununterbrochen fortzusetzen und die Beobachtungen dieser Säkularstationen regelmäßig zu publizieren.“

Daß das, was dieser Antrag fordert, unbedingt zweckentsprechend ist, ist durch die weitere Entwicklung der Meteorologie und Klimato-

logie gezeigt worden. Die neuerdings sehr intensiv aufgenommene Beschäftigung mit den periodischen und nichtperiodischen Änderungen der meteorologischen Elemente im Verlauf von längeren Zeiträumen verlangt zuverlässige lange Beobachtungsreihen. Und deshalb muß jede Verwaltung eines meteorologischen Netzes mehr als je in die Zukunft schauen und danach trachten, bereits vorhandene lange Beobachtungsreihen auch noch für die weitere Zukunft zu sichern. Dabei ist es sicher zweckmäßig, von vornherein die Stationen zu bestimmen, die als Säkularstationen zu gelten haben. Bei ihnen wird es dann angebracht sein, falls Schwierigkeiten bezüglich der Fortführung der Beobachtungsreihen entstehen, besondere Anstrengungen zu machen, die Station am gleichen Ort zu erhalten und Vorsorge zu treffen, daß bei einer etwaigen nicht zu vermeidenden Inhomogenität die notwendigen Vergleichsdaten zwischen alter und neuer Aufstellung gewonnen werden.

Im folgenden soll gezeigt werden, welche langen Beobachtungsreihen aus dem norddeutschen Beobachtungsnetz zur Verfügung stehen und welche Reihen als Säkularstationen anzusprechen sind. Dabei sollte vor allem die Frage einmal geklärt werden, wie weit es in den verflossenen Jahrzehnten gelungen ist, die Homogenität der Reihen zu wahren.

Die Geschichte der Entwicklung meteorologischer Beobachtungsnetze in Deutschland zeigt, daß Preußen verhältnismäßig spät daran ging, ein systematisch organisiertes Beobachtungsnetz einzurichten. In Baden, Bayern, Sachsen, Württemberg waren derartige Bestrebungen schon seit Jahrzehnten im Gange, als in Preußen mit der Gründung des Königlichen Meteorologischen Instituts zu Berlin im Jahre 1847 die planmäßige meteorologische und klimatologische Erkundung Norddeutschlands einsetzte. Nur in einzelnen Provinzen, wie namentlich in Schlesien und in den thüringischen Ländern waren schon vorher von privater Seite aus Versuche zwecks Einrichtung von Beobachtungsnetzen unternommen. Dieser privaten Initiative verdanken wir es somit, daß aus Norddeutschland einige Reihen vorhanden sind, die über das Gründungsdatum der staatlichen Organisation z. T. viele Jahrzehnte weiter zurück in die Vergangenheit reichen.

In nachstehender tabellarischen Zusammenstellung sind die längsten bis über das Jahr 1860 zurückreichenden Beobachtungsreihen nachgewiesen. Dabei sind von der ersten Gruppe diejenigen Stationen

aufgezählt, die aus der eigentlichen Organisationsperiode des Netzes, d. h. aus den Jahren 1847 bis 1850 sich bis zur Gegenwart hinübergerettet haben, da es doch interessant genug erschien, nachzuprüfen, wie das Verhältnis zu der damals geschaffenen Gesamtzahl der Stationen ist. Außer dem Zeitpunkt des Beginns der Beobachtungsreihe sind Angaben über Stationsverlegungen, Änderungen der Aufstellungsart, ob Gehäuse oder Hütte, u. a. m. gemacht. Ganz kurz ist auch ein Urteil über die Homogenität der Reihe gegeben. Es bezieht sich entweder auf Feststellungen, die schon veröffentlichten lokalklimatologischen Monographien entnommen werden konnten oder die sich bei Prüfung der Reihe für die zurzeit am Preußischen Meteorologischen Institut in Arbeit befindliche Klimakunde von Deutschland oder schon vorher bei anderen vergleichenden Betrachtungen ergaben. Teilweise ist bei diesen Prüfungen mit scheinbar sehr großer Genauigkeit vorgegangen worden. So wurden z. B. Homogenitätsstörungen bis zu 0.1° herab gewissenhaft vermerkt. Da aber diese Prüfungen von mehreren Bearbeitern durchgeführt wurden und augenscheinlich stark von subjektiven Auffassungen beeinflusst sind, erscheint es angebracht, von diesen kleinen Störungen überhaupt abzusehen. Aus diesem Grunde sind auch nur in wenigen Fällen die absoluten Beträge der Störung, die durch Vergleiche der Jahresmittel ermittelt sind, angegeben, im übrigen konnte nur mit allgemeinen Ausdrücken der Grad der Homogenität bezeichnet werden. Alle Angaben gelten nur für die Temperaturreihe der betreffenden Station und sind nicht ohne weiteres auch auf die anderen Elemente zu übertragen. Ihre Berücksichtigung wurde leider absichtlich außer Betracht gelassen. Behandelt wurden auch nur die Stationen, die heute noch im Bereiche des Verwaltungsgebiets des Preußischen Meteorologischen Instituts liegen.

Nicht aufgeführt sind aus diesem Grunde einige bekannte lange Reihen aus Nord- und Mitteldeutschland, wie Bremen, Hamburg, Dresden, Leipzig, die anderen Zentralstellen unterstehen.

Als Beginn der Reihe ist im allgemeinen der Zeitpunkt angegeben, an dem die Beobachtungen nach mehreren festen Terminen mit einwandfreiem Instrumentarium ihren Anfang nehmen. Von den meisten Reihen sind noch kürzere oder auch längere Vorläufer vorhanden, die aber klimatisch nicht so sicher auswertbar sind wie die spätere, ununterbrochen fortgesetzte Hauptreihe. Über die Vorläufer kann man sich übrigens leicht durch das von G. Hellmann bear-

beitete Repertorium der deutschen Meteorologie¹⁾ unterrichten, wo alles Wissenswerte einschließlich der notwendigen Literaturangaben im zweiten Teil (Katalog der Beobachtungen) zu finden ist. Teilweise umfassen diese „Vorläufer“ einen sehr ansehnlichen Zeitraum; so liegt z. B. von Magdeburg bereits eine von 1824 wahrscheinlich bis 1872 reichende Beobachtungsreihe mit 3 bis 4 mal täglichen, vermutlich aber nicht festen Terminen vor (Hellmann, Repertorium S. 798), während die systematisch durchgeführte Reihe mit festen Terminen 8, 14, 20^h erst 1879 beginnt.

Aus der Tabelle 1, in der die vor 1850 beginnenden und nur mit einer Ausnahme heute noch bestehenden Beobachtungsreihen aufgeführt sind, ergibt sich zunächst, daß von den bei der Organisation des norddeutschen Netzes eingerichteten Beobachtungsstellen sich ein hoher Prozentsatz bis auf die heutige Zeit am gleichen Ort hat halten lassen. Selbstverständlich ist dies leicht dadurch zu erklären, daß es sich dabei meist um große Städte handelt, in denen es nicht schwer hält, einen Beobachter zu finden. Die im Jahrgang 1885 der Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen gegebene Zusammenstellung der im Archiv des Preußischen Meteorologischen Instituts vorhandenen Beobachtungsjournale weist im Jahre 1848 32 Stationen höherer Ordnung nach. Davon liegen jetzt 3 außerhalb der neuen Grenzen. Von den restlichen 29 sind in Tabelle 1 noch 16 als bestehend aufgeführt. Die gleichfalls in Tabelle 1 genannte Station Gütersloh ist leider 1924 eingegangen. Somit konnten 55^{0/0} der 1848 bestehenden Stationen am gleichen Orte bis auf den heutigen Tag fortgeführt werden.

Wie steht es aber mit der Homogenität dieser Reihen? Nur einer Station konnte das Prädikat „Homogen“ ganz uneingeschränkt gegeben werden. Dies ist Gütersloh, wo die meteorologischen Beobachtungen 90 Jahre lang von Mitgliedern der Familie Stohlmann ausgeführt wurden. Leider ist diese Station im Jahre 1924 eingegangen. Es soll aber erneut der Versuch unternommen werden, in Gütersloh die Beobachtungen wieder aufzunehmen, und zwar möglichst unter den gleichen Bedingungen wie an der alten Station. Selbst wenn dann eine Lücke vorhanden ist, wird sich immer noch mit Hilfe von Nachbarstationen der Anschluß an die alte gute Reihe erreichen lassen.

¹⁾ G. Hellmann, Repertorium der deutschen Meteorologie. Leistungen der Deutschen in Schriften, Erfindungen und Beobachtungen aus dem Gebiete der Meteorologie und des Erdmagnetismus von den ältesten Zeiten bis zum Schluß des Jahres 1881. Leipzig 1883.

Tab. 1. Die vor 1850 beginnenden, jetzt noch meistens bestehenden Beobachtungsreihen.

Ort	Aus der Geschichte der Station	Bemerkungen über die Homogenität
Berlin	Die verschiedenen Teilreihen des Zeitraumes 1719 bis 1907 sind bearbeitet in Abhandl. d. Preuß. Met. Inst. Bd. III, Nr. 6. Spätere Stationsverlegung März 1910 (Hütte). Ende März 1918 geht die Station in der Innenstadt ein. Zur Zeit bestehen noch: Berlin N, Invalidenstraße seit Dezember 1882 und Berlin-Dahlem seit 1. April 1908.	Nicht homogen.
Breslau	Seit 1791 ununterbrochene Reihe der alten Sternwarte in der Mitte der Stadt. Über Instrumente und Veränderungen ihrer Aufstellung siehe Galle: Mitteilungen der Sternwarte zu Breslau 1879. Am 1. April 1921 Verlegung nach der neuen Sternwarte im Osten der Stadt (Hütte).	Alte Reihe scheinbar teilweise nicht ganz homogen. Neue Reihe (seit 1921) 0,3° kühler gegenüber alter Reihe.
Erfurt	Teilreihen 1781—1784, 1815—1825, 1848 bis 1890, 1871—1888 (sämtlich im Innern der Stadt), dann 1888—1923 und 1923 bis Jetztzeit. Näheres siehe H. Zinke. Das Klima von Erfurt. 1925.	Nicht homogen. Ältere Reihen bis 1887 zu hoch. Reihe seit 1888 in sich homogen.
Frankfurt a.O.	Beginn 1847. Lage mehrfach wechselnd, doch stets ziemlich günstig. Mit dem Stationswechsel am 1. April 1902 Übergang vom Gehäuse zur Hütte. Seit 1920 ausgesprochene Außenlage. 1 April 1925 Stationsverlegung.	Homogenität bis 1920 scheinbar nur wenig, dann aber stärker gestört.
Frankfurt a.M.	Beginn 1834 im Senckenbergianum (Gehäuse). Seit 1899 englische Hütte. Am 1. September 1907 Verlegung nach dem Neubau des Physik. Vereins. Am 1. April 1926 Verlegung nach dem neuen Geophysikal. Institut. Literatur: J. Ziegler und W. König, Das Klima von Frankfurt a. M., Frankfurt a. M. 1896.	Erst seit 1908 homogen.
Görlitz	Beginn 1847. Mehrfacher Beobachter- und Stationswechsel, aber stets Innenstadt (Gehäuse).	Keine stärkeren Homogenitätsstörungen.
Gütersloh	Seit Beginn im Jahre 1835 in der Verwaltung der Familie Stohlmann. Stationsverlegungen 1853 ($H_1 = 5.5$ m) und 1922 ($H_1 = 4.2$ m). Gehäuse. Anfang 1924 geht die Station ein.	Homogen.
Kleve	Beginn 1848. Stationsverlegungen: 1880 (ob auch vorher?) 1897, 1898 und 1907. Hütte seit April 1893, vorher Gehäuse.	Ziemlich homogen.
Köln	Beginn 1847, Stationsverlegung 1867, Gehäuse (H_1 etwa 4 m). Ausgesprochene Stadtstation mit stärkeren Veränderungen in der Umgebung.	Inhomogen, langsam wärmer werdend.

Tab. 1. (Fortsetzung.)

Ort	Aus der Geschichte der Station	Bemerkungen über die Homogenität
Königsberg	Mai 1848 bis Juli 1887 Sternwarte, 1887 bis Oktober 1889 Botanischer Garten, dann städtische Pumpstation Nähe Ostbahnhof. Am 1. Oktober 1922 Verlegung nach dem Flugplatz Devau. Daneben seit 1. September 1921 neue Station an der Sternwarte. Literatur: H. Kienast, Das Klima von Königsberg. Königsberg 1907.	Ziemlich homogen bis 1922. Neue Reihe an der Sternwarte um 0.3 ^o kühler.
Köslin	Beginn Mitte 1848. Vor 1882 mehrfacher Wechsel der Lage zwischen Innen- und Außenbezirk der Stadt. Dann am Lehrerseminar, Gehäuse mit wechselnder Reserveaufstellung. H ₁ = 5.5 m. August und Oktober 1929 Verlegungen.	Vor 1882 inhomogen, seitdem homogen bis 1929.
Krefeld	Von 1847—1879 inmitten der Stadt. Seit 1887 am Südwestende der Stadt. Stationsverlegung am 1. November 1895. (Gehäuse in wechselnder Höhe).	Homogenität nur wenig gestört.
Ratibor	Beginn 1842. Verlegungen in den Jahren 1874, 1876, 1883, 1884, 1891, 1896, 1901, 1919 und 1923. Vor Juni 1901 Gehäuse, dann Hütte.	Stark inhomogen.
Stettin	Beginn 1836. Stationsverlegungen 1874, 1879, 1881, 1888, 1893, 1927. Seit April 1927 Hütte, vorher Gehäuse.	Bis 1926 in sich ziemlich homogen. Sommerwerte aber zu hoch. Von 1927 kühler.
Tilsit	Beginn 1819, von 1822 bis 1917 an der gleichen Stelle (Familie Heydenreich). 1906 Verlegung der Hilfsaufstellung. Seit August 1914 Außenstation in der Stadtgärtnerei. Der Anfang der Reihe ist bearbeitet in: F. F. Heydenreich, Die klimatischen Verhältnisse von Litthauen im Regierungsbezirk Gumbinnen nach den 50jährigen Beobachtungen in der meteorologischen Station Tilsit. Tilsit 1870.	Alte Reihe nicht ganz homogen, ab 1906 um 0.6 ^o wärmer als vorher. Neue Reihe beträchtlich kühler.
Torgau	Beginn 1847. Stationsverlegungen 1866, 1886, 1905, 1920.	Inhomogen.
Trier	Beginn 1849. Stationsverlegungen 1879, 1900 und 1904. Bis 1. April 1904 ungünstige Aufstellungen in der Innenstadt (Gehäuse), seitdem außerhalb der Stadt (Hütte, aber mehrmals umgestellt).	Stark inhomogen.

Keine stärkeren Homogenitätsstörungen zeigen die bisherigen Reihen von Görlitz, Kleve und Krefeld. Alle anderen Reihen müssen als inhomogen bezeichnet werden, wenigstens wenn man die Gesamtreihe betrachtet. Dies ist sicher kein gutes Ergebnis, es be-

weist aber schlagend, wie schwierig es ist, an größeren Städten eine längere homogene Beobachtungsreihe zu erhalten. Die Änderung in der Stärke der Bebauung innerhalb des Weichbildes der Stadt und dann die immer weiter hinausgeschobene Bebauungsgrenze selbst sind vor allem die Momente, die die Homogenität stören. In den Großstädten ist fast jede Stationsverlegung mit einer Homogenitätsstörung verbunden. In den meisten Fällen entschließt man sich nämlich erst zu einem Platzwechsel, wenn die Verhältnisse an dem alten Orte ganz unhaltbar geworden sind.

Man könnte sich allerdings vorstellen, daß sich im Innern der Großstadt eine Station, die auf einem flachen Dache eines größeren Gebäudes untergebracht ist, leidlich homogen erhalten läßt. Aber nachdem man heute allmählich dazu übergeht, auch in unseren Großstädten Hochbauten auszuführen, wird sich auch eine solche erhöhte Lage sicher nicht auf die Dauer homogen erhalten lassen, denn mit dem weiteren Emporheben der Dachflächen in der Umgebung der Station ändern sich auch die meteorologischen Bedingungen im Niveau der Station. In nordamerikanischen Großstädten sind derartige Erfahrungen auch schon mehrfach gemacht worden.

Aus der Tabelle 2, die die im Zeitraum 1850—1860 beginnenden Beobachtungsreihen aufzählt, ergibt sich ein bedeutend günstigeres Verhältnis zwischen nichthomogenen und befriedigend homogenen Reihen. In dieser Tabelle überwiegen aber nicht mehr die größeren Städte so sehr wie in Tabelle 1, sondern es sind in ihr eine ganze Reihe von mittleren und auch von kleineren Orten enthalten. Als befriedigend homogen sind hier folgende Stationen bezeichnet worden: Elsfleth, Emden, Halle, Kirchdorf, Lönningen, Lüneburg und schließlich auch Putbus, wenn man hier von einer vorübergehenden Störung in den Jahren 1922—1927 absieht. Von 17 jetzt noch bestehenden Stationen der Gruppe 2 genügen also 7 den Anforderungen, wie wir sie oben näher definiert haben.

Dabei ist es sehr bemerkenswert, daß sich unter den eben aufgezählten Orten vier, nämlich Elsfleth, Emden, Kirchdorf und Putbus, befinden, die an oder in der Nähe der Küste liegen. Der hier im Mittel vorhandene stärkere Luftaustausch trägt sicher dazu bei, daß die Folgen einer Stationsverlegung nicht fühlbar werden, da es hier leicht ist, gut ventilierte Aufstellungsplätze für die Instrumente zu finden. Andererseits ist an diesen kleineren Orten die Änderung in

Tab. 2. Die im Zeitraum 1850—1860 beginnenden Beobachtungsreihen.

Ort	Aus der Geschichte der Station	Bemerkungen über die Homogenität
Elsfleth	1857 bis 1868 Beobachter v. Freeden an zwei verschiedenen Stellen. Seit 1870 Navigationsschule (Gehäuse).	Homogen.
Emden	Mitte 1854—1880 Beobachter Prestel, dann Navigationsschule (Gehäuse, $H_i = 5.0$). April 1919 Stationsverlegung (Gehäuse, $H_i = 5.5$ m), Juli 1919 desgl. (Gehäuse, $H_i = 2.1$ m).	Anscheinend homogen, nur Jahrgänge 1916—1918 starke Lücken.
Eutin	1856—1859 Innenstadt, 1859—1869 westliche Außenstadt, dann weitere Verlegungen in den Jahren 1873, 1878, 1887, 1894, 1912. Station lag zeitweise in der Innen-, zeitweise in der Außenstadt.	Stark inhomogen.
Göttingen	Beginn 1856, Physikalisches Institut der Universität. Umstellung Sommer 1890, Einführung der Hütte. Oktober 1902 erneute Umstellung, wieder Gehäuse. August 1905 Verlegung in das Neue Physikalische Institut (Hütte). Juni 1919 Verlegung nach dem Landwirtschaftlichen Institut (Hütte). April 1921 Verlegung nach der Sternwarte, dort August 1925 Umstellung der Hütte.	Stark inhomogen.
Halle	1851—1913 Station unverändert (Kleemann), altes preuß. Thermometergestell. Seit 1898 Reihe des Landwirtschaftlichen Instituts, hier Hütte seit 1908, sonst unverändert.	Keine wesentlichen Störungen. Neue Reihe schließt gut an.
Hannover	1855 bis 1886 Aufstellung im engen Hof der Tierarzneischule im Stadtinnern, dann Technische Hochschule. Zunächst Gehäuse, seit November 1895 Hütte. November 1920 geht die Station ein. Als Außenstation besteht seit 1. April 1911 eine Station bei der Kläranlage.	Alte Reihe bis 1920 nicht homogen. Neue Reihe in sich homogen; gegen Hochschulreihe um 0.3° zu kühl.
Jever	Von 1856—1878 an verschiedenen Stellen der inneren Stadt; von 1878—1911 an der gleichen Stelle (Innenstadt), seit 1890 Hütte, vorher Gehäuse. Herbst 1905 Umstellung der Hütte. 1. Dezember 1911 Verlegung in die nordwestliche Außenstadt. Weitere Stationsverlegungen Juli 1918 und Dezember 1921.	Homogenität etwas gestört.
Kirchdorf a. P.	Von Ende 1852 bis 1. Oktober 1902 Station im Pfarrhaus (Gehäuse). Dann Verlegung nach der Küsterei (Hütte). Nochmalige Verlegung 1. Oktober 1912.	Keine stärkeren Störungen.
Klaußen	Von 1838—1847 und 1851—1892 der gleiche Beobachter (Vogt), altes eisernes Gestell. Juni 1892 Neuaufstellung mit Hütte. Oktober 1893 Stationsverlegung. 31. März 1908 Station geht ein.	Keine stärkere Störung zu erkennen.

Tab. 2. (Fortsetzung.)

Ort	Aus der Geschichte der Station	Bemerkungen über die Homogenität
Klausthal	Beginn 1855. Stationsverlegungen November 1906, Mai 1909, Februar 1911 (Gehäuse).	Prüfung wegen der besonderen Lage der Station nicht möglich.
Löningen	Beginn 1854. Bis 1917 verwaltet durch Familie König. September 1917 Beobachterwechsel, ob Stationsverlegung? Stationsverlegung 1. März 1919. Seit Dezember 1919 Hütte, vorher Gehäuse.	Anscheinend homogen, jedenfalls keine stärkeren Störungen.
Lüneburg	Beginn 1854. Zunächst am Ostrande der Stadt, dann im Innern (seit wann?), Juni 1891 Verlegung nach dem Museum. Station geht 1. Oktober 1903 ein (abgeänderte Wildsche Hütte). Seit 1. Oktober 1902 besteht eine neue Station auf der Saline (Hütte).	Homogenität nur wenig gestört.
Münster.	Beginn 1852, Stationsverlegung 1872 nach dem Stadtinnern; 1876 nach dem Süden, März 1878 nach dem Norden der Stadt. Seit März 1896 Hütte. Station geht Januar 1900 ein. Seit Dezember 1898 neue Station im Botanischen Garten (Hütte). Mai 1904 Verlegung nach der Landwirtschaftlichen Versuchsstation im Süden der Stadt.	Inhomogen.
Oldenburg	Beginn Ende 1856. Häufiger Wechsel. April 1920 Ende der Reihe (stets Gehäuse). Seit 1. Januar 1914 eine neue Reihe der Versuchs- und Kontrollstation der Landwirtschaftskammer (Hütte).	Alte Reihe inhomogen. Neue Reihe ziemlich homogen.
Oppeln	Beginn 1858. Stationsverlegung Oktober 1879. Umstellung der Instrumente Januar 1904 und November 1926 (Gehäuse mit wechselndem H.). Ausgesprochene Innenstation.	Nicht homogen, wird allmählich wärmer.
Putbus	Beginn 1853, Stationsverlegung 1879. Seit Oktober 1897 Hütte. Juli 1902 Verlegung nach dem Pädagogium. Mehrfach Beobachterwechsel, aber Thermometeraufstellung ungeändert.	Homogenitätsstörung 1922—1927, sonst keine stärkeren Störungen erkennbar.
Rostock	Beginn 1852. Stationsverlegungen Mai 1866, November 1877, März 1879. 1. Januar 1922 Verlegung nach der Luftwarte.	Nicht ganz homogen. Neue Reihe gegenüber der alten um 0.4° kühler.
Schwerin	Beginn Mitte 1852. Bis 1895 zehnmaliger Wechsel. Spätere Verlegungen: 1. Juli 1899 und 1. Oktober 1900. Am 1. April 1909 Umstellung der Hütte.	Bis 1900 nicht homogen, dann, abgesehen von einer wegen Sommerzeit anzubringenden Korrektur (1916 bis 1918) homogen.

der Stärke der Bebauung lange nicht so intensiv wie in den größeren Orten).

Man hat früher schon so häufig darauf hingewiesen, daß es für die klimatische Erforschung eines Landes durchaus nicht von Nutzen ist, daß ein großer Teil der Stationen in größeren Städten untergebracht ist, da ihre Angaben des manchmal sehr starken Großstadteinflusses wegen nur für die Stadt selbst, nicht aber für die Umgebung Geltung haben. Von einem anderen Gesichtspunkt aus haben die obigen Ausführungen zu einem ähnlichen Ergebnis geführt. Es ist eine Unmöglichkeit, in einer Großstadt eine homogene Beobachtungsreihe über einen langen Zeitraum zu erzielen. Viel leichter ist dies an kleineren Orten, wenn es hier auch schwerer fallen mag, einen Beobachter zu finden.

Selbstverständlich ist es nicht möglich, auf die Beobachtungsreihen in den Großstädten zu verzichten. Schon aus praktischen Gründen ist gerade hier eine fortdauernde Überwachung der Witterung notwendig. Man denke nur an die vielen Anfragen aus den verschiedensten Berufskreisen, die sich auf diese Städte beziehen.

Daneben aber wird noch besonders auf die Erhaltung der Reihen in kleineren Orten zu achten sein. Bisher ist man vielleicht leicht geneigt gewesen, eine Beobachtungsreihe in einem kleinen Landstädtchen zu unterbrechen, als Beobachterschwierigkeiten auftraten. Nach den vorhergehenden Ausführungen ist es aber unbedingt notwendig, vorher zu prüfen, ob damit eine längere homogene Reihe abgebrochen wird, und wenn dies der Fall ist, empfiehlt es sich, besondere Anstrengungen zu machen, um die Reihe zu erhalten.

Nicht die Großstädte, sondern die kleineren Orte sind die Stellen, wo homogene Reihen gewonnen werden. Und wenn auch die letzteren heute noch nicht mit hundertjährigen Rekordreihen prunken können, so wird ihnen später aber doch für die exakte Durcharbeitung aller mit dem Problem der Klimaänderung und Klimaschwankung zusammenhängenden Fragen eine mindestens ebenso große, wenn nicht sogar größere Bedeutung beizumessen sein als den bekannten langen Reihen der Großstädte.

¹⁾ Eine systematische Störung der Homogenität beim Übergang vom Gehäuse zur Hütte ist übrigens nicht festzustellen. Das hängt ganz von der natürlichen Ventilation der Gehäusenaufstellung ab. Eher kommt schon der Einfluß des Terminwechsels (z. B. 1887 Übergang von 6, 14, 22 in 7, 14, 21) zum Ausdruck. Er macht sich weniger im Jahresmittel als in den einzelnen Monatsmitteln bemerkbar und muß, wenn es erforderlich ist, durch Anbringung einer entsprechenden Korrektur ausgeschaltet werden.

Tiefer Luftdruck und Witterungsumschlag.

Von G. Schwalbe.

Am Abend des 25. November 1928 betrug der auf den Meeresspiegel bezogene Luftdruck in Berlin 727.0 mm, nachdem eine am Morgen des 23. November zwischen Island und Irland befindliche Depression unter Vertiefung bis nach dem Skagerrak vorgedrungen war, wo am Morgen des 24. November Barometerstände von weniger als 715 mm im Meeresspiegel zur Beobachtung gelangten. Für Berlin war dies der tiefste bisher überhaupt beobachtete Luftdruck. Der bis dahin niedrigste Barometerstand betrug im Meeresspiegel 729.2 mm und wurde am 9. Februar 1889 festgestellt, als ein tiefes Minimum von weniger als 725 mm unter Schneestürmen und Gewittererscheinungen sich von den Shetlands bis nach Dänemark bewegt hatte. Der niedrige Luftdruck war am 25. und 26. November 1928 in Norddeutschland von starken Regenfällen und schweren Stürmen verbunden mit Sturmfluten im Nordseegebiete begleitet. Er bildete gewissermaßen den Abschluß einer Periode sehr nassen Wetters, die etwa am 1. November begonnen hatte und mit Ausnahme des 10. und 11. November bis zum 25. November angehalten hatte. Bereits an den folgenden Tagen wurde es erheblich kühler, und wenn auch noch nicht unmittelbar Frostwetter eintrat, so nahmen doch bereits die Niederschläge erheblich ab. Bemerkenswert ist jedenfalls, daß sich die Depressionstätigkeit erschöpft hatte. Anstelle der bisher vorherrschenden Südwestwinde trat bereits im Dezember 1928 als vorherrschende Windrichtung der Ostwind, der bis Anfang März 1929 die Oberhand behielt. Gleichzeitig nahm der Luftdruck erheblich zu und erreichte im Februar 1929 außergewöhnlich hohe Werte (am 21. Februar in Berlin 781.7 mm im Meeresspiegel. Das Monatsmittel des Luftdruckes im Februar 1929 betrug noch 768.5 mm). Die Frostperiode dieses strengen Winters hatte am 8. Dezember, also etwa 2 Wochen nach dem Tiefstand des Barometers eingesetzt. Ein ähnlicher Fall scheint sich 1854/55 ereignet zu haben. Wenngleich genaue Luftdruckbeobachtungen fehlen, so steht doch folgendes fest: Nach warmem Dezember hatte die Elbmündung in der Neujahrsnacht mit einer ungewöhnlich schweren Sturmflut zu kämpfen. Bis zum 12. Januar blieb das Wetter noch milde, sodann setzte anhaltender Frost ein, der erst Anfang März nachließ. Im Februar 1855 war die

Kälte so streng, daß sein Monatsmittel das zweitniedrigste seit 1720 in Berlin gewesen ist, während der Februar 1929 der überhaupt kälteste war. Im folgenden soll der Versuch gemacht werden, festzustellen, ob eine Wechselbeziehung zwischen sehr niedrigem und sehr hohem Luftdruck in den Einzeljahren besteht und wie sich diese Beziehung in den Witterungserscheinungen äußert. Dies kann nur auf synoptischem Wege erfolgen.

Zunächst müssen die Fälle, in denen ungewöhnlich tiefer Luftdruck in Norddeutschland als Ausläufer eines über Nordwesteuropa gelegenen Depressionszentrums anzusehen ist, von denen unterschieden werden, in denen sich der Kern des Minimums entweder über Mitteleuropa selbst oder doch in seiner nächsten Nähe, z. B. auf der mittleren Ostsee, befunden hat und der Luftdruck in der weiteren Umgebung wesentlich höher war. Ersteres war z. B. am 24. Januar 1884 der Fall. Fast während des ganzen Monats wurde Nordeuropa von tiefen Depressionen durchzogen, deren Kern am 27. bei den Hebriden lag, wo im Meeresspiegel nur etwa 700 mm beobachtet wurden. Aber auch an den Tagen, an welchen uns der Kern des Minimums näher lag, wie z. B. am 24. über den Dänischen Inseln, war nur an der unmittelbaren Rückseite dieses Kernes ein Teilhoch zu bemerken, während die allgemeine Luftdruckverteilung über Europa unverändert war. Über Nordeuropa war der Luftdruck andauernd tief. Dem sehr niedrigen Barometerstand am 24. (Berlin 736.5, Klaussen 733.8, Aachen 735.7 mm) konnte daher an der Rückseite nur ganz vorübergehend etwas Schnee und Abkühlung verbunden mit starkem Sturm folgen. Bald mußte erneute Erwärmung eintreten. Ähnlich lagen die Verhältnisse am 23. und 24. Januar 1890 (Luftdruck Marggrabowa 739.8, Berlin 732.4, Aachen 733.2 mm). Am Abend des 23. Januar bedeckte ein Teilminimum Deutschland. Es herrschte stürmisches Wetter mit Regen und Schnee. Dieses Minimum war aber nur durch ein Teilhoch von geringer Ausdehnung von dem westeuropäischen Minimum getrennt. Allerdings hatte die ungewöhnliche Depressionstätigkeit in Nordeuropa in beiden Jahren 1884 und 1890 höheren Luftdruck im Februar zur Folge. Aber es handelte sich nur um einen allgemeinen Ausgleich der Luftdruckgegensätze über Europa, so daß in Deutschland häufiger als im Januar hoher Luftdruck, aber auch die verstärkte Sonnenstrahlung zur Geltung kommen konnte und die Niederschläge abnehmen mußten. Im Jahre 1884 war daher auch der Februar milde. Im Jahre 1890 trat am 29. Januar Frostwetter ein, das im

wesentlichen während des Februar bis in den März hinein anhielt. Zur Entwicklung bedeutender Kältegrade kam es aber nicht. Die übrigen Fälle ungewöhnlich tiefen Luftdrucks sollen nun in chronologischer Reihenfolge im nachstehenden untersucht werden.

Tiefstand des Luftdruckes vom 9. Februar 1889.

(Im Meeresspiegel: Klaussen 729.6, Berlin 728.8, Aachen 740.4 mm.)

Wie bereits erwähnt, kam der sehr tiefe Barometerstand dadurch zu stande, daß ein tiefes Minimum sich von den Shetlands bis nach Dänemark bewegte. Diese Witterung muß als eine Reaktion angesehen werden auf den sehr hohen Luftdruck, der bei strenger Kälte und trockenem Wetter während des größeren Teiles des Januar 1889 in Norddeutschland bestand. (Mittlerer Luftdruck im Januar in Klaussen 766.6, Berlin 766.6, Aachen 765.8 mm). Seit Ende Januar herrschte Tauwetter und anhaltend stürmische Witterung, und zwar unter dem Einfluß von Depressionen, die uns wiederholt sehr nahe kamen. Mehrfach traten selbst im Binnenlande Ende Januar und Anfang Februar Gewitter auf. Seit dem 2. Februar gingen die Niederschläge mehr und mehr in Form von Schnee hernieder, und am 9. hatte sich bereits eine Wetterlage herausgebildet, die für Schneefälle in Mitteleuropa kennzeichnend ist. Es bildete sich in Deutschland eine ausgedehnte Schneedecke, die bei wieder zunehmendem Luftdruck bald zu abermaliger Verstärkung des Frostes führte.

Tiefstand des Luftdruckes vom 24. November 1890.

(Marggrabowa (Treuburg) 734.6, Berlin 733.8, Aachen 736.4 mm.)

Ein äußerst typischer Fall. Während des größeren Teiles des November 1890 hatte bei tiefem Luftdruck in Nordeuropa über dem ganzen Erdteil mildes Wetter geherrscht. Vom 21. ab wurden die Depressionen mit der Ausbildung hohen Luftdruckes über Nordosteuropa immer weiter südlich gedrängt. Am 25. bedeckte das Minimum Norddeutschland. Es traten seit dem 22. starke Regenfälle ein, die in Mitteldeutschland verheerende Überschwemmungen verursachten und bereits im Laufe des 24. in Schnee übergingen. Der von Nordosteuropa nach Abzug der Depression sofort nachdrängende hohe Luftdruck bewirkte einen außerordentlich schroffen Temperaturabfall. Am 26. November lag das Tagesmittel in Berlin 15 Grad unter dem normalen. Es war dies das niedrigste bisher im November beobachtete Tagesmittel. Gleichzeitig waren diese Tage der Auftakt zu

einem strengen Winter. Die Kälteperiode hielt im wesentlichen bis zum 24. Januar 1891 mit zum Teil hohen Kältegraden an. In diesem Falle begann also der strenge Winter unmittelbar nach dem beobachteten Tiefstande des Barometers. Der höchste Luftdruck trat Ende Dezember ein.

Tiefstand des Luftdruckes vom 21. Februar 1907.

(Marggrabowa 733.0, Berlin 730.9, Aachen 735.5 mm.)

Einen Monat vor Eintritt dieses Minimums war der Luftdruck außergewöhnlich hoch gewesen. Am 23. Januar trat in Berlin der bisher überhaupt beobachtete Höchststand des Barometers ein (792.4 mm im Meeresspiegel). Am 20. und 21. hatte ein Maximum über 795 mm über Nordosteuropa gelegen, das sich am Morgen des 23. mit einem Kern über 800 mm bei Riga befand. Mit dem 21. trat die zweite Kälteperiode des Winter 1906/07 ein, die anfangs unter dem Einfluß der dem Hochdruckgebiete entströmenden sehr kalten Luft stand, aber auch nach dem Nachlassen des strengen Frostes noch bis zum 15. Februar anhielt. Plötzliches starkes Fallen des Barometers am Abend dieses Tages bewirkte bereits am 16. Februar Tauwetter. Von nun an stand das Wetter zunächst unter dem Einfluß von Depressionen. Am Morgen des 20. Februar befand sich ein ungewöhnlich tiefes Minimum von etwa 700 mm über der nördlichen Nordsee, am 21. lag der Kern des tiefen Luftdruckes (weniger als 715 mm) über Südschweden. Gleichzeitig war am Morgen dieses Tages auch in Norddeutschland der Luftdruck ungewöhnlich niedrig (Berlin 730.9 mm). Es herrschten starke bis stürmische Südwest- und Westwinde. Der anfängliche Regen ging beim Vorübergang dieses Minimums in Schnee über. Auch hier sehen wir, wenn auch in umgekehrter Reihenfolge, eine deutlich ausgesprochene Wechselwirkung zwischen sehr hohem und sehr niedrigem Luftdruck.

Der tiefe Luftdruck vom 25. November 1928 und der Winter 1928/29.

Das Wetter war bis zum 25. November in Norddeutschland außerordentlich regnerisch, da Nordeuropa fast beständig von Tiefdruckgebieten in der Richtung von West nach Ost durchzogen wurde. Am Abend des 25. befand sich der Kern der Depression über dem Skagerrak, während nach Südwesten und Nordosten hin der Luftdruck zunahm. Es ist nun bemerkenswert, daß das nordeuropäische

Hochdruckgebiet sich bereits seit Tagen auf der Wetterkarte bemerkbar gemacht hatte, daß es aber mit dem weiteren Vordringen der Depression zunächst etwas zurückgedrängt wurde, vom 28. November ab aber sich plötzlich verstärkte und die Neigung zeigte, nach Westen hin vorzudringen, während Mitteleuropa zunächst immer mehr unter den Einfluß des von Südwesten her vordringenden Hochs geriet und daher anfänglich noch mildes Wetter hatte. Erst als unter dem Einfluß nordeuropäischer Minima der Luftdruck in Deutschland wieder sank, kam es unter der Wechselwirkung des östlichen Hoch und des tieferen Luftdruckes über Deutschland zum Eintritt kälteren Wetters mit Schneefällen; das Vordringen des hohen Luftdruckes von Mitte Dezember ab führte sodann zur ersten Periode strengerer Kälte in diesem denkwürdigen Winter.

Aus dem vorstehenden gewinnt man folgendes Bild: Nicht nur an einzelnen Tagen beim Vorübergang barometrischer Minima, sondern auch im Mittel längerer Perioden findet im Winter ein Ausgleich in der Weise statt, daß auf Perioden sehr tiefen Luftdruckes Perioden hohen Luftdruckes im Mittel folgen und umgekehrt. Auch in längeren Perioden ist zu unterscheiden:

1. Die Verdrängung tiefen Luftdruckes durch hohen.

Dies kann durch einen allgemeinen Ausgleich der Luftdruckgegensätze über Europa erfolgen. In diesem Falle machen sich zu Zeiten des hohen Luftdruckes in erster Reihe die Strahlungsverhältnisse geltend (Februar 1884 vermehrte Einstrahlung gegenüber dem Januar oder wie nach dem sehr trüben Januar 1890 vermehrte Ausstrahlung im Februar). Die auf sehr tiefen Luftdruck folgenden Perioden strenger Winterkälte sind in letzter Linie auf nordosteuropäische Hochdruckgebiete zurückzuführen, die sich zunächst in der Weise auswirken, daß der tiefe Luftdruck aus Nordwest- und Nordeuropa immer weiter nach Süden gedrängt wird, bis sich schließlich der Kern des Tiefdruckgebietes entweder über der Ostsee oder Norddeutschland befindet. In der Folgezeit dringt sodann entweder das Hochdruckgebiet plötzlich nach Süden hin vor und bedingt einen schroffen Übergang zu Winterkälte (November 1890) oder der Übergang erfolgt allmählich wie z. B. im November und Dezember 1928 dadurch, daß der hohe Luftdruck zunächst zurückgedrängt wird und erst später in Wechselwirkung mit dem tieferen Luftdruck weiter im Westen tritt.

2. Perioden sehr hohen Luftdruckes werden oft nach dem Zerfall des Hochdruckgebietes durch Perioden ungewöhnlich niedrigen Luftdruckes abgelöst, in denen die Depressionen eine südlichere Bahn einschlagen, als es sonst im Winter die Regel ist und daher oft genug von Schneeböen begleitet sind. Im Jahre 1907 war dies vorübergehend, während 1889 eine neue Kälteperiode begann.

Der November 1928 und die osteuropäischen Hochdruckgebiete.

Wenn wir die normale Luftdruckverteilung im November über Rußland und Asien betrachten (Atlas climatologique de l'Émpire de Russie, publié par l'Observatoire physique central Nicolas, St. Pétersbourg 1900), so ergibt sich folgendes Bild: Der niedrigste Luftdruck findet sich in ganz Europa und Asien im Norden. Im nördlichsten Europa nimmt er bis auf unter 754 mm, in Nordsibirien bis auf unter 758 mm ab. In Ostasien mit der Annäherung an den Großen Ozean senken sich die Isobaren nach Süden, so daß an der Pazifischen Küste 758 mm zum Teil schon in 45° angetroffen werden. Der höchste Luftdruck von etwa 775 mm findet sich im Inneren Asiens in etwa 50° Breite. Vergleichen wir hiermit die Verhältnisse im November 1928 auf Grund der russischen Wetterkarten.

Am Morgen des 16. November findet sich im Zirkumpolaregebiet zwischen Grönland und Spitzbergen ein nur mäßig hohes barometrisches Maximum von etwas über 760 mm, das sich vom 19. ab verstärkte und durch von Westen her nachdrängenden niedrigen Druck sich weiter nach Osten hin ausbreitete. Vom 20. November ab befindet es sich als geschlossenes Gebiet über dem Festland, und zwar zunächst über Lappland, wo es über 775 mm erreicht. Vom 23. ab breitet es sich unter Verstärkung auf über 780 mm weiter nach Osten und Süden hin aus und erreicht am 25. und 26. (an den Tagen des niedrigen Luftdruckes über Mitteleuropa) seine östlichste Lage. In den darauffolgenden Tagen stößt es unter abermaliger Verstärkung weiter nach Westen hin vor und liegt in den beiden letzten Tagen des November mit einem Zentrum von über 790 mm in etwa 70° östlicher Länge und zwischen 45 und 60° Breite. In seinem Innern entwickelten sich jetzt bereits hohe Kältegrade von mehr als 30° . Von hier aus breitete es sich sodann noch etwas nach Westen hin aus, so daß in Deutschland, wo der Luftdruck verhältnismäßig niedrig war, bereits vor Mitte Dezember Ostwinde auftraten, während später

mit steigendem Luftdruck strenge Kälte erfolgte. Auch die besonders starke Kälte im Februar 1929 in Mitteleuropa verdankte ihre Entstehung in letzter Linie den immer wieder sich erneuernden Vorstoß hohen Luftdruckes aus dem Inneren Asiens nach Westen hin bis an die Küsten des Atlantischen Ozeans und der Nordsee heran. Schon seit dem 21. Januar traten über dem asiatischen Kontinent wiederum Maxima mit einem Kern von zeitweise über 795 mm im Meeresspiegel auf. Da der vordringende hohe Luftdruck über Mitteleuropa eine hohe Schneedecke antraf und die Mitteltemperaturen daselbst schon im Januar sehr niedrige waren, so waren die Bedingungen für den Eintritt außergewöhnlich strenger Kälte im Februar vorhanden.

In der Presse ist oft von Wetterprognosen auf lange Sicht die Rede. Schon wenn sich der Fachmann darauf beschränken wollte, für die kommenden Wochen und Monate einigermaßen zuverlässige Wettervorhersagen zu stellen, so würde hierzu die Kenntnis des Wetters in den Wintermonaten für die ganze nördliche Halbkugel erforderlich sein, also nicht nur über dem Nordatlantischen Ozean, sondern nach obigen Ausführungen auch über Nordost- und Osteuropa sowie über Asien. Innerhalb der nördlichen und östlichen Hochdruckgebiete aber müßten an geeigneten Orten Flugwetterstationen bestehen, so daß auch Höhenbeobachtungen aus diesen Gegenden regelmäßig zur Verfügung ständen, die über die Stabilität dieser Maxima Aufschluß geben könnten. Prognosen auf noch längere Zeit hinaus erscheinen mir gänzlich aussichtslos. Selbst die lange Berliner Beobachtungsreihe seit 1720 läßt keine Gesetzmäßigkeit in der Wiederkehr kalter oder milder Winter erkennen. Dazu kommt, daß z. B. kalte Winter bei ganz verschiedenen Luftdruckverteilungen zustande kommen können, was schon daraus hervorgeht, daß die kältesten Winter in Ostpreußen mit den kältesten Wintern im Rheinland nicht identisch sind; dasselbe gilt von Nord- und Süddeutschland. Es wird also viel wichtiger sein, die säkularen Veränderungen der Luftdruckverteilung auf der nördlichen Halbkugel zu erfassen, als diejenige der Temperatur. In dieser Beziehung stehen wir aber erst im Anfange einer Entwicklung, da erst seit 1876 synoptische Wetterkarten überhaupt entworfen werden. Es muß einer späteren Zeit vorbehalten bleiben, die Schlußfolgerungen aus dem auf synoptischem Wege gewonnenen Beobachtungsmateriale zwecks langfristiger Wettervorhersagen zu ziehen.

Anzahl und Dauer der Frost- und Kälteperioden im norddeutschen Flachlande.

Von E. Reichel.

I.

Ebenso wie eine ausführliche Behandlung der mittleren Temperaturverhältnisse ein Eingehen auf die Veränderlichkeit etwa des Tagesmittels verlangt, ist mit einer weiter reichenden Untersuchung über die Frostverhältnisse eine Betrachtung über deren Veränderlichkeit an einem Orte verknüpft. Einen brauchbaren Ausdruck dafür gibt die mittlere Länge einer Frostperiode ab; für die Praxis hat wohl auch die mittlere Länge einer Folge von Eistagen Bedeutung, die wir hier mit „Kälteperiode“ bezeichnen wollen, wobei unter einer „Periode“ eine ununterbrochene Folge von Tagen mit Frost oder Kälte verstanden werden soll; deren Anzahl die „Dauer“ der Periode ergibt. Die vorliegende Untersuchung soll vornehmlich der Beschaffung und Diskussion brauchbarer Werte für die gesuchten Größen dienen. Wegen des dazu nötigen Aufwands vor allem an rechnerischen Arbeiten schien es vorteilhaft, sie zunächst auf ein in gewisser Weise einheitliches Gebiet wie das norddeutsche Flachland zu beschränken, woran sich in entsprechender Weise eine ähnliche Bearbeitung für das mittel- und süddeutsche Bergland und für einige Höhenstationen schließen könnte.

Angaben über die gesuchten Periodenlängen finden sich bereits in den Arbeiten V. Kremers über die norddeutschen Stromgebiete¹⁾. Während dort von einigen Orten die Werte für 15 bis 20jährige verschiedene Beobachtungsreihen vorliegen (Kassel, Prag, Hamburg, Königsberg, Krakau), ist die Auszählung auf den 40jährigen Zeitraum 1850/51—1889/90 für Emden, Berlin, Stettin, Breslau ausgedehnt worden. So liegt mangels geeigneter Beobachtungen hier nur spärliches Material vor, dem sich die auf wieder andere Zeiträume bezogenen Werte der Lokalklimatographien von Erfurt²⁾ und Königsberg³⁾ und

¹⁾ V. Kriemser, Klimatische Verhältnisse. Oder-Werk: S. 14, Tabellen S. 24; Elbe-Werk: S. 44—48, Tabellen S. 49—50; Memel-, Pregel- und Weichselwerk: S. 48—51, Tabellen S. 31; Weser- und Ems-Werk: S. 54—59, Tabellen S. 34—35.

²⁾ H. Zinke, Das Klima von Erfurt. Jahrb. Ak. gemeinnütz. Wiss. Erfurt, Neue Folge, Heft 46, S. 55—57, 1925.

³⁾ H. Kienast, Das Klima von Königsberg i. Pr. Teil III, S. 28—29, 43, 1907.

einige Berechnungen O. Meißners¹⁾ und K. Knoch's²⁾ aus der Potsdamer Umgebung zugesellen. Zudem sind die Erörterungen über die gewonnenen Zahlenangaben insofern noch zu erweitern, als die z. B. innerhalb der Stromgebiete vorgenommenen Vergleiche mit Vorteil über das ganze nunmehr betrachtete Gebiet erstreckt werden können. Vor allen Dingen lag es nahe, die Ermittlung neu für eine einheitliche Beobachtungsperiode vorzunehmen, die man zweckmäßig wegen der um 1885 erfolgten Einführung der Extremthermometer in das norddeutsche Netz mit dem der „Klimakunde“ zugrunde gelegten Zeitraum 1881—1925 zusammenfallen läßt.

Die Auswahl der Stationen sollte neben gleichmäßiger Verteilung über das ganze Gebiet und möglicher Vollständigkeit der Reihe vor allem die Bedingungen erfüllen, daß die Thermometer möglichst in zwei Meter Höhe über dem Erdboden aufgestellt waren und daß dieselben keiner erheblichen lokalen Beeinflussung unterlagen, weder durch Stadtlage noch infolge besonderer Frostgefährdung; als gutes Kriterium für letztere Bedingung konnten die von K. Knoch abgeleiteten³⁾ mittleren und äußersten Frostgrenzen benutzt werden. Unter diesen Gesichtspunkten ergab sich die aus den Tabellen ersichtliche Auswahl der Stationen, die insofern noch recht unvollkommen ist, als in Köslin und Liegnitz die Thermometer an 6 m hoch angebracht sind, wie es ähnlich in Neustrelitz im größeren Teile der Reihe, in Ratibor und Landsberg im kleineren Teile der Fall war. Die Lücken in den Reihen wurden in der Weise ergänzt, daß auf Grund der Beobachtungen an Nachbarstationen und auf Grund der anderweitig vorgenommenen Berechnungen der Mittelwerte 1881—1925 für tägliche Minima bzw. Maxima und die daraus herzuleitenden Temperaturdifferenzen zwischen der Hauptstation und ihren Nachbarstationen die Frost- und Kälteperioden eingetragen wurden.

Im einzelnen wurden folgende Ergänzungen notwendig. Kleve: 6 Mon. nach Krefeld. Lönigen: 60 Mon. nach Lingen. Keitum: 37 Mon. nach Westerland, Wyk. Lüneburg: —. Quedlinburg: 72 Mon. nach Braunschweig. Rostock: 16 Mon. nach Wustrow. Neustrelitz: 58 Mon. nach Waren. Köslin: 23 Mon. nach Lauenburg. Landsberg: —. Liegnitz: 35 Mon. nach Guhrau, Breslau. Ratibor: 11 Mon. nach Beuthen. Königsberg: 12 Mon. nach Insterburg. Treuburg (früher Marggrabowa genannt): 49 Mon. nach Klaußen, Angerburg, Insterburg.

¹⁾ O. Meißner, Die Dauer der Kälte- und Wärmeperioden in Potsdam in den Jahren 1894—1900. Das Wetter 1907, S. 94—100.

²⁾ K. Knoch, Der Einfluß geringer Geländeverschiedenheiten auf die meteorologischen Elemente im norddeutschen Flachlande. Abh. Kgl. Preuß. Met. Inst. IV, 3, S. 32—33, 1911.

³⁾ K. Knoch, Die Eintrittszeiten der Spät- und Frühfröste in Norddeutschland. Abh. Preuß. Met. Inst. VIII, 10, 1927.

Zur Kontrolle der Sicherheit der Ableitung aus einer 45jährigen Reihe ist für zwei Stationen die Untersuchung auf einen längeren Zeitraum ausgedehnt worden. Für Cleve wurde eine zweite („alte“) Reihe aus den Beobachtungen IX. 1849 — 1880, 1926 — VI. 1929, für Königsberg aus der Periode IX. 1848 — 1880, 1926 — VI. 1929 gewonnen, so daß hier noch zwei 35 bzw. 36jährige Reihen zur Verfügung stehen; in den tabellarischen Zusammenstellungen ist stets eine Umrechnung auf einen 45jährigen Zeitraum vorgenommen, so daß die gegebenen Zahlen direkt vergleichbar sind, sofern dies nicht wie z. B. bei den Prozentwerten selbstverständlich erscheint.

Allen anderen Erörterungen vorgreifend soll das Ergebnis dieses Vergleichs kurz angegeben werden. Bei Königsberg ist — wegen der größeren Häufigkeit der Ereignisse und der damit verbundenen größeren Genauigkeit der statistischen Verfahren — sowohl bei den Frostperioden wie bei den Kälteperioden die Übereinstimmung sehr gut. Bei Cleve sind die Ergebnisse bezüglich der Kälteperioden weniger günstig, aber beide Stationen zeigen beim Vergleich der entsprechenden Tabellen Unterschiede mindestens in der gleichen Richtung, so daß der Schluß erlaubt ist, daß ein anderer Ablauf der Witterungseignisse, wie er in anderen Beobachtungszeiträumen vor sich geht, sich in gleicher Weise bei den beiden entfernten Stationen, damit wohl auch im gesamten Gebiet dieser Untersuchung bemerkbar macht; also sind Ergebnisse, die aus einem einheitlichen Zeitraum herrühren, insofern streng vergleichbar, als in einem anderen Zeitraum sich die Verhältnisse der gewonnenen Größen untereinander nicht wesentlich ändern. Es sei dem Leser überlassen, dieses Ergebnis sich aus den Tabellen für Cleve und Königsberg herzuleiten.

Die für die Bearbeitung erforderlichen Auszüge wurden so vorgenommen, daß in einem Koordinatenpapier mit den Kalendertagen in der Abszissenrichtung und den laufenden Jahrgängen in der Richtung der negativen Ordinate die Frost- und Eistage (getrennt!) durch Striche markiert wurden. Diese Methode hat den Vorteil, daß sich leicht die Häufigkeit der Frost- und Eistage für jeden Tag des Jahres ermitteln läßt, worüber an anderer Stelle einige Mitteilungen gemacht werden sollen. — Die Auszüge und ein Teil der Berechnungen für Lüneburg wurden mir von Herrn Dr. Hoffmeister¹⁾ in freundlicher Weise zur Verfügung gestellt. — Für die Auszählungen ist noch zu

¹⁾ J. Hoffmeister, Das Klima Niedersachsens. Hannover 1930.

beachten, daß über mehrere Monate reichende Perioden dem Monat zugerechnet werden, in dem die Mitte der Periode liegt, so daß die in einem Monat verrechnete Zahl der Tage nicht mit der Zahl der darin wirklich vorgekommenen und durch das Monatsmittel dargestellten Tage übereinstimmt.

II.

Um das ganze zunächst in Zusammenhang mit bekannten Mittelwerten zu bringen, sind in Tabelle 1 und 2 die Monats- und Jahreswerte für die Frost- und Kältehäufigkeit an unseren Stationen gegeben. Sie geben einen Überblick über die Häufigkeitszunahme nach Osten,

Tab. 1. Mittlere Zahl der Frosttage.

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Jahr
Cleve	—	2.0	9.3	13.3	16.2	14.4	11.8	3.7	0.2	—	70.9
Cleve, alte Reihe . .	—	1.2	9.0	14.9	15.2	13.2	11.2	2.9	0.3	—	67.9
Löningen	0.1	3.5	11.0	15.0	18.4	16.8	14.7	7.8	1.4	0.0	88.7
Keitum	—	0.6	6.1	11.0	16.1	14.7	11.3	2.0	0.1	—	61.9
Lüneburg	0.3	4.2	11.3	15.5	19.2	16.8	14.6	7.0	1.3	0.0	90.2
Quedlinburg	0.2	3.4	11.8	16.1	19.0	17.2	13.9	5.1	0.5	—	87.2
Rostock	0.1	3.0	11.2	17.2	20.6	19.2	16.3	6.3	0.5	—	94.4
Neustrelitz	0.2	3.8	12.4	18.8	22.1	20.0	16.6	7.1	1.3	0.0	102.3
Köslin	0.2	3.7	12.8	20.2	23.0	21.9	18.8	9.2	1.1	—	110.9
Landsberg	0.2	4.1	14.2	20.7	23.0	20.7	17.3	7.3	1.0	—	108.5
Liegnitz	0.4	4.0	13.5	20.1	22.7	20.0	14.9	5.4	0.4	—	101.4
Ratibor	0.2	3.3	13.0	20.0	23.6	20.8	15.3	5.5	0.6	—	102.3
Königsberg	0.2	3.7	12.1	20.2	23.6	21.7	19.1	7.7	0.8	—	109.1
Königsberg, alte Reihe	0.1	3.0	13.3	21.4	23.7	22.8	21.6	7.8	1.6	—	115.3
Treuburg	0.8	7.7	17.1	25.3	27.8	25.1	23.8	12.0	1.9	—	141.5

Tab. 2. Mittlere Zahl der Eistage; mittlere Frost- und Kältengrenzen.

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	Apr.	Jahr	Frost			Kälte		
									erster	letzter	Z. ¹⁾	erste	letzte	Z. ¹⁾
Cleve	—	0.5	3.5	5.3	2.4	0.4	—	12.1	28. X.	18. IV.	173	17. XII.	4. II.	50
Cleve, alte R. . . .	—	1.1	5.9	6.0	3.5	0.6	—	17.1	30. X.	17. IV.	170	13. XII.	10. II.	60
Löningen	—	1.0	4.5	6.9	3.5	0.9	—	16.8	18. X.	4. V.	199	9. XII.	14. II.	68
Keitum	—	0.6	3.2	6.9	4.9	2.0	0.0	17.6	15. XI.	3. IV.	142	17. XII.	20. II.	66
Lüneburg	—	1.2	5.0	8.2	5.0	1.8	—	21.2	15. X.	3. V.	201	29. XI.	21. II.	75
Quedlinburg	0.0	2.0	5.0	8.3	5.1	1.9	—	22.4	19. X.	23. IV.	187	2. XII.	23. II.	84
Rostock	—	1.6	4.8	8.9	5.9	2.2	0.0	23.4	21. X.	24. IV.	186	5. XII.	26. II.	84
Neustrelitz	—	1.7	5.9	9.7	5.9	2.2	—	25.4	18. X.	30. IV.	195	1. XII.	26. II.	88
Köslin	0.0	2.0	6.4	10.9	7.6	3.1	0.0	30.0	18. X.	30. IV.	195	29. XI.	4. III.	96
Landsberg	0.0	2.5	6.9	10.9	6.7	2.3	—	29.3	17. X.	28. IV.	194	26. XI.	1. III.	96
Liegnitz	0.0	2.4	6.6	9.7	6.3	2.3	—	27.3	14. X.	22. IV.	191	26. XI.	1. III.	96
Ratibor	0.0	2.5	7.1	11.4	7.3	2.3	—	30.6	21. X.	23. IV.	185	23. XI.	28. II.	98
Königsberg	0.2	3.7	9.6	12.9	10.1	4.4	0.1	41.0	22. X.	25. IV.	186	23. XI.	9. III.	107
Königsberg, a. R.	0.1	4.6	12.9	15.3	11.8	5.0	0.1	49.8	22. X.	2. V.	193	23. XI.	16. III.	114
Treuburg	0.5	6.0	13.8	17.0	14.0	5.8	0.2	57.3	11. X.	7. V.	209	15. XI.	19. III.	125

1) Zwischenzeit.

indem sich beim Frost die Jahreswerte wie 1:2, bei der Kälte aber wie 1:5 verhalten, wenn Cleve und Treuburg verglichen werden. Beachtung verdient die Stellung des am stärksten maritimen Keitum, das zwar die geringste Frosthäufigkeit, nicht aber die wenigsten Eistage hat; im ersteren Umstand spiegelt sich die Lage am Meer, in letzterem die höhere Breite wider. Auch die angegebenen Frost- und Kältengrenzen lassen die eben besprochenen Züge des Gesamtbildes erkennen. Besonders letztere geben im Verein mit den Häufigkeitszahlen eine auch im Satzbild anschauliche Vorstellung von Beginn und Ende des Winters an den einzelnen Orten, die durch die in

Tab. 3. Außerste Frost- und Kältengrenzen.

	Frost				Kälte			
	erster früh.	spät.	letzter früh.	spät.	erste früh.	spät.	letzte früh.	spät.
Cleve	5. X	24. XI	14. III	15. V	11. XI	14. II	3. XII	20. III
Cleve, alte R.	6. X	15. XI	22. III	11. V	9. XI	13. II	25. XI	26. III
Löningen	23. IX	17. XI	30. III	16. VI	3. XI	3. II	16. XII	24. III
Keitum	19. X	8. XII	11. III	6. V	4. XI	12. II	5. XII	6. IV
Lüneburg	5. IX	17. XI	30. III	5. VI	1. XI	¹⁾ 27. I	¹⁾ 16. XII	23. III
Quedlinburg	20. IX	17. XI	21. III	17. V	30. X	4. XII	31. XII	24. III
Rostock	21. IX	4. XII	7. IV	16. V	3. XI	10. II	31. XII	5. IV
Neustrelitz	21. IX	16. XI	29. III	1. VI	1. XI	27. I	1. I	24. III
Köslin	19. IX	20. XI	1. IV	26. V	29. X	11. I	26. XII	4. IV
Landsberg	17. IX	15. XI	14. III	21. V	29. X	11. I	25. I	26. III
Liegnitz	12. IX	12. XI	26. III	14. V	30. X	23. I	24. I	26. III
Ratibor	22. IX	21. XI	26. III	17. V	20. X	31. XII	28. I	30. III
Königsberg	19. IX	27. XI	25. III	22. V	20. X	29. XII	1. II	6. IV
Königsberg a. R.	23. IX	12. XI	5. IV	20. V	29. X	31. XII	18. II	17. IV
Treuburg	17. IX	26. XI	10. IV	27. V	17. X	8. XII	22. II	21. IV

Tabelle 3 gegebenen extremen Frost- und Kältengrenzen ergänzt wird. Während die äußersten Frostgrenzen in dieser Zusammenstellung kaum auffällige Züge erkennen lassen²⁾, zeigen die Grenzen der Eistage aufs deutlichste die Verfrühung der ersten Termine um einen (beim frühesten) bzw. um zwei Monate (beim spätesten) mit wachsender Kontinentalität, ebenso wie sich die letzten Termine um zwei beim frühesten und um einen Monat beim spätesten gegen Osten verspäten. Von der Betrachtung der beiden inneren Spalten unter „Kälte“ ausgehend erkennt man, daß es in Cleve eine Zeit von über zwei Monaten gibt, während der eine vom Herbst hereinreichende und eine bis zum Frühjahr fortbestehende kältefreie Zeit nebeneinander in der ganzen Beobachtungsreihe vorkommen können, eine Erscheinung, die erst bei

¹⁾ Ein Winter ohne Eistag.

²⁾ Vgl. im übrigen die oben zitierte Arbeit von K. Knoch.

Landsberg nicht mehr auftritt, von wo an also ein fester Abschnitt im Jahre besteht, der immer von Eistagen umgeben ist; er wächst bei Treuburg auf 2½ Monate an.

Indem wir nun in die Diskussion der mittleren Zahl der Frost- und Kälteperioden (Tabelle 4) eintreten, nähern wir uns dem eigentlichen Thema. Gemeinsam mit den darunter stehenden Werten über

Tab. 4. Mittl. Zahl und Dauer der Frost- und Kälteperioden.

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Jahr	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	Apr.	Jahr														
	Frost											Mittlere Zahl											Kälte										
Cleve	—	0.9	2.5	2.8	2.8	2.6	3.0	2.0	0.2	—	16.8	—	0.3	1.2	1.6	1.0	0.2	—	4.3														
Cleve, alte R. . .	—	0.7	2.6	2.8	2.7	2.5	3.1	1.5	0.2	—	16.1	—	0.5	1.7	1.5	1.2	0.3	—	5.2														
Löningen	0.1	1.6	2.8	3.4	3.1	2.9	3.7	3.3	0.9	0.0	21.8	—	0.6	1.4	1.9	1.3	0.5	—	5.7														
Keitum	—	0.2	1.5	2.6	2.6	2.7	2.7	0.8	0.1	—	13.2	—	0.3	1.0	1.8	1.4	0.8	0.0	5.3														
Lüneburg	0.3	1.8	3.1	3.5	3.0	2.8	3.9	3.5	0.9	0.0	22.8	—	0.7	1.6	2.1	1.6	0.8	—	6.8														
Quedlinburg . .	0.1	1.5	2.6	3.3	2.6	2.5	3.6	2.2	0.4	—	18.8	0.0	1.0	1.3	1.9	1.7	0.6	—	6.5														
Rostock	0.0	1.7	2.8	3.3	2.7	2.8	3.4	2.9	0.4	—	20.0	—	0.8	1.5	2.0	1.8	0.9	0.0	7.0														
Neustrelitz . . .	0.1	1.7	3.0	3.3	2.9	2.7	3.7	3.1	0.9	0.0	21.4	—	0.9	1.8	2.0	1.8	0.7	—	7.2														
Köslin	0.1	1.7	3.2	3.0	2.6	2.7	3.6	3.3	0.9	—	21.1	0.0	1.0	2.0	2.2	2.2	1.1	0.0	8.5														
Landsberg	0.2	1.8	3.0	3.4	2.8	2.8	3.7	3.0	0.7	—	21.4	0.0	1.0	1.8	2.1	2.1	0.8	—	7.8														
Liegnitz	0.3	1.8	3.2	3.6	2.7	2.8	3.5	2.5	0.3	—	20.7	0.0	1.1	2.0	2.1	1.9	0.9	—	8.0														
Ratibor	0.2	1.6	2.9	2.9	2.6	2.7	3.5	2.6	0.4	—	19.4	0.0	1.2	1.9	2.3	2.0	0.9	—	8.3														
Königsberg . . .	0.1	1.5	2.7	3.0	2.6	2.3	3.1	3.3	0.6	—	19.2	0.1	1.2	2.4	2.4	2.2	1.4	0.1	9.8														
Königsbg., a. R.	0.1	1.4	2.6	3.0	2.5	2.6	3.2	3.0	1.1	—	19.5	0.1	1.5	2.7	2.4	2.5	1.6	0.1	10.9														
Treuburg	0.4	2.7	3.1	2.4	1.8	1.6	2.6	3.4	1.2	—	19.2	0.2	1.5	2.7	3.2	2.8	2.0	0.1	12.5														
	Frost											Mittlere Dauer											Kälte										
Cleve	—	2.1	3.8	4.9	5.5	6.2	3.4	2.0	1.3	—	4.2	—	1.7	3.0	3.2	2.6	2.4	—	2.8														
Cleve, alte R. . .	—	1.5	3.4	6.0	5.8	5.4	3.4	1.9	1.7	—	4.2	—	2.1	3.6	3.9	3.0	1.9	—	3.3														
Löningen	1.4	2.3	3.8	4.7	5.7	5.8	3.8	2.3	1.6	1.0	4.1	—	1.6	3.5	3.5	2.7	1.9	—	3.0														
Keitum	—	2.3	3.9	4.6	6.2	5.3	4.0	2.6	1.0	—	4.7	—	1.9	3.4	3.9	3.2	2.4	1.0	3.3														
Lüneburg	1.3	2.3	3.6	5.0	6.2	6.0	3.6	2.0	1.3	1.0	4.0	—	1.7	3.2	3.8	3.3	2.2	—	3.1														
Quedlinburg . .	1.8	2.1	4.3	5.1	7.2	7.5	3.4	2.3	1.4	—	4.6	1.5	2.0	4.0	4.5	3.0	2.9	—	3.5														
Rostock	1.5	1.7	3.8	5.6	7.1	7.9	4.4	2.2	1.3	—	4.7	—	1.9	3.3	4.3	3.3	2.6	2.0	3.3														
Neustrelitz . . .	1.2	2.0	4.3	5.7	7.8	7.6	4.1	2.3	1.4	1.0	4.8	—	1.9	3.4	4.6	3.3	3.3	—	3.5														
Köslin	2.2	2.1	3.8	6.2	8.7	9.5	4.9	2.7	1.2	—	5.2	1.0	2.3	3.2	5.0	3.7	2.6	1.0	3.5														
Landsberg	1.4	2.3	4.9	6.1	7.9	8.0	4.4	2.2	1.4	—	5.1	1.0	2.5	3.7	5.2	3.2	2.8	—	3.7														
Liegnitz	1.3	2.3	4.3	5.4	8.8	7.2	3.9	2.2	1.7	—	4.9	1.0	2.2	3.4	4.4	3.5	2.7	—	3.4														
Ratibor	1.4	2.1	4.3	6.7	8.9	9.1	3.9	2.2	1.4	—	5.3	1.5	2.1	4.0	4.8	3.6	2.5	—	3.7														
Königsberg . . .	1.4	2.6	4.5	6.8	9.3	10.2	5.3	2.5	1.2	—	5.7	1.3	2.9	3.9	5.6	4.4	3.0	1.3	4.2														
Königsbg., a. R.	1.5	2.0	4.5	7.3	9.1	9.7	6.6	2.5	1.5	—	5.9	2.0	3.5	4.7	6.2	4.9	2.9	2.0	4.6														
Treuburg	2.0	3.0	5.2	9.1	17.7	18.4	6.5	3.4	1.5	—	7.4	2.0	4.0	5.2	5.6	4.8	2.8	1.2	4.6														

die mittlere Dauer dieser Perioden geben diese Zahlen eine Zusammenfassung der späteren, ins einzelne gehenden Erörterungen über die Häufigkeit der verschiedenen Periodenlängen. Bezüglich des Frostes wird das Zahlenmaterial durch Fig. 1 veranschaulicht, wenn wir den Jahresgang betrachten wollen. Die Zahl der Frostperioden pro Monat erreicht fast stets im März ihr Maximum, so daß dieser Monat als der in dieser Hinsicht veränderlichste Monat gelten kann, dem

der Dezember in der Regel recht nahe kommt. Dazwischen liegt eine gegen Osten stärker werdende Abnahme der Häufigkeit, die nur in dem milden Keitum fehlt. An den mehr maritimen Stationen Lönningen, Lüneburg, Rostock, Neustrelitz und Köslin erreicht auch der April eine relativ große Häufigkeit, die gegen Osten zum Maximum wird. Indem auch Treuburg diese Erscheinung zeigt, ist diese Verspätung

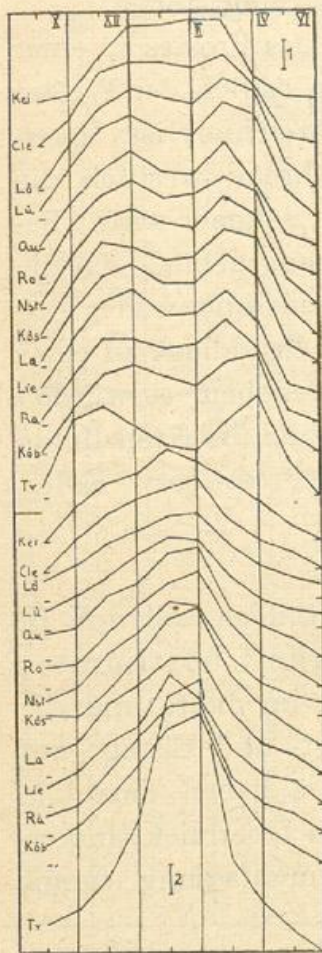


Fig. 1. Mittlere Zahl und Dauer der Frostperioden.

charakteristisch sowohl für maritimes Klima als auch für winterkalte Stationen, die in der kalten Jahreszeit wenig unterbrochene Frostperioden haben, so daß sich hier das Dezembermaximum der Periodenhäufigkeit analog auf den November verschiebt. Das Bild von Königsberg ist etwa ein Mittel aus den Kurven für Köslin und Treuburg. Ersteres zeigt übrigens auch schon den Eintritt des ersten Maximums im November. — Auch die Zahlen in der Jahrespalte sind recht aufschlußreich. In der Mitte der Reihe tritt ein Maximum der Veränderlichkeit ein, dem der Westen mit seiner Begünstigung und mit seinem selteneren Frost auf der einen Seite, der Osten mit seiner Neigung zu langdauernden Frostperioden und darum deren geringeren Häufigkeit gegenübersteht. Bei der mittleren Dauer der Perioden finden wir daher unter „Jahr“ eine ununterbrochene Zunahme der Länge, die sich aus den Verhältnissen in den einzelnen Monaten ergibt, indem sie eine Funktion der in Fig. 1 zutage tretenden Amplituden ist. Bei Keitum fällt hier das Maximum auf den Januar, wie es bei der Dauer der Kälteperioden in unserem Gebiet überall ist, während weiter östlich der Februar an Bedeutung gewinnen dürfte, da beim Frost fast alle übrigen Stationen das Februarmaximum bereits innerhalb unseres Gebietes erreichen, was an der Küste stärker ausgeprägt als im Binnenland ist. Auffällig aber ist die starke Zunahme der Länge in Treuburg, wo sich Dezember, Januar und Februar durch besonders hohe mittlere Periodenlängen auszeichnen.

Bei der Häufigkeit der Kälteperioden findet man eine konstante Zunahme gegen Osten — das Gebiet langdauernder Perioden

ist noch nicht erreicht —, die sich in allen Monaten etwa gleich auswirkt. Auch bei der Länge der Perioden bietet sich das gleiche Bild, und in beiden Fällen gibt sich der Januar durch das Maximum als die Wintermitte zu erkennen, während in sehr kalten Gebieten mit einer Einsattelung der Häufigkeitskurve für die Periodenzahl eine erhebliche Vergrößerung der mittleren Dauer im Winter entsprechend dem Verhalten beim Frost in unserem Gebiet eintreten dürfte.

So ist das norddeutsche Flachland bezüglich des Frostes in einer Hinsicht als ein Grenzgebiet zu betrachten, indem östlich der Winter durch lang dauernde und seltene Perioden ausgezeichnet ist, deren längste auf den Februar zu liegen kommen, während westlich die Zahl der Perioden infolge der Wärme des Winters seltener wird. Bezüglich der Kälteperioden aber ist es ein Übergangsbereich, da die Häufigkeit noch ständig zunimmt, so daß die Grenzlinie weiter östlich zu liegen kommt. Die Möglichkeit, auf dieser Grundlage zu einer Klassifikation der Winterstrenge zu kommen, ist gegeben, es würden sich ohne weiteres drei Zonen ausscheiden lassen, und die Grenzlinien wären eindeutig durch die Bestimmung maximaler Frost- bzw. Kälteperiodenhäufigkeit zu ermitteln.

III.

Die Auflösung des damit gewonnenen Gesamtbildes soll nun in der Weise vorgenommen werden, daß die Häufigkeit bestimmter Periodenlängen in den einzelnen Monaten und im Jahre und die Verteilung der in jedem Monat verrechneten Frost- und Eistage auf diese Stufen erörtert werden soll. Tabelle 5 und 6 geben dazu die Unterlage; in Fig. 2—5 findet man einen gewissen Überblick, indem hier die genannten Größen in stärkerer Zusammenfassung veranschaulicht werden.

An allen Stationen und in allen Monaten sind die kürzesten Frostperioden von 1—3 Tagen (Fig. 2, oberer Teil) weitaus am häufigsten; bei den Jahreswerten erreicht ihre Zahl mit 600—700 in 45 Jahren in der Mitte des Gebietes ihr Maximum, und wir finden darin den wesentlichsten Faktor zur Erklärung der oben dargelegten Verhältnisse der mittleren Periodenhäufigkeit. Jedoch zeigt der Gang während des Winters einige auffällige Züge. Die Wintermitte hat stets die wenigsten Frostperioden von 1—3 Tagen Dauer, das Maximum tritt in der zweiten Hälfte des Winters ein. Die dazwischen befindliche Einsattelung ist am tiefsten in Treuburg, wo nur 23—24 Perioden pro Monat in 45 Jahren vorgekommen sind, während man im Westen

das dreifache findet. Als bevorzugter Monat in der ersten Hälfte des Winters erscheint der Dezember, und je weiter man nach Osten fortschreitet, um so früher tritt dieses Maximum ein, bis es in Treuburg auf den Oktober fällt, überall mit der annähernd gleichen Häufigkeit um 80 und 90. Ebenso wie sich das erste Maximum vorverlegt, verspätet sich das zweite beim Fortschreiten gegen Osten vom März

um nur einen Monat auf den April, wobei die Häufigkeit gegen Osten von 130 auf 100 sinkt. Bei jenem zeichnen sich die Stationen in Meeresnähe besonders aus; man vergleiche: Lönigen, Lüneburg — Quedlinburg; Köslin — Landsberg, Liegnitz, Ratibor. Im übrigen ist es dem Meereseinfluß zuzuschreiben, daß zu Beginn des Winters das erste Maximum um zwei Monate später auftritt, während es an dessen Ende sich um nur einen Monat verfrüht.

Der Gang der besprochenen mittleren Häufigkeit fällt nicht, wie bei den Jahreswerten, mit derjenigen der Perioden von 1—3 Tagen fast zusammen. Vielmehr treten vor allem noch die Perioden von 4—9 Tagen als Komponente in den Vordergrund, die ihr Maximum im Jahresgang rund um einen bis zwei Monate nach bzw. vor dem der Perioden von 1—3 Tagen haben. Da die übrigen Längenstufen kaum oder im gleichen Sinne wie 4—9 ins Gewicht fallen, ist aus der Betrachtung des Jahresganges für 1—3 bzw. 4—9 die Kurve für die Häufigkeit aller Perioden gewonnen. Im unteren Teile der Fig. 2 ist noch die Häufigkeit für 4—15 Tage Periodendauer dargestellt, die das oben Gesagte ungefähr wiedergibt. Hier tritt aber der erste Teil

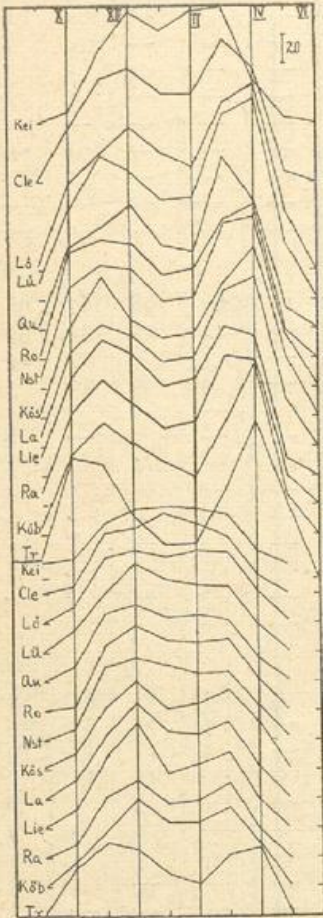


Fig. 2. Anzahl der Frost- und Kälteperioden von 1—3 und von 4—15 Tagen Dauer.

des Winters, der Dezember bzw. der November, mehr in den Vordergrund. Sind die kürzesten Perioden im Frühjahr häufiger, so sind diejenigen von mittlerer Dauer an den Anfang des Winters gebunden, nachdem sie an dessen Ende oder in der Mitte keinen Platz mehr finden, denn diese sind dann von den Perioden von 16—30 Tagen Dauer, die im Januar ihr Häufigkeitsmaximum haben, und von denen mit über 30 Tagen Dauer eingenommen, die wiederum im Februar

Frost

Tab. 5. Zahl und Länge der

Länge	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Jahr	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.
Cleve																
1-3	—	35	69	77	61	60	96	77	7	482	—	32	77	67	67	66
4-6	—	3	20	21	25	22	22	9	—	122	—	1	23	28	22	15
7-9	—	1	12	9	18	12	13	2	—	67	—	—	12	12	13	17
10-12	—	1	9	9	8	7	3	—	—	37	—	—	3	4	5	5
13-15	—	—	—	5	3	7	1	1	—	17	—	—	—	4	6	—
16-18	—	—	1	2	4	1	—	—	—	8	—	—	—	4	1	6
19-21	—	—	—	2	2	1	—	—	—	5	—	—	3	3	1	1
22-24	—	—	—	1	2	2	1	—	—	6	—	—	—	1	4	—
25-27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
28-30	—	—	—	—	1	2	1	—	—	4	—	—	—	1	—	1
31-40	—	—	—	1	1	2	—	—	—	4	—	—	—	1	1	—
41-50	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1
51-60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Keitum																
1-3	—	8	49	76	63	76	79	28	3	382	11	64	98	87	68	69
4-6	—	3	17	18	18	20	20	6	—	102	—	11	20	34	30	25
7-9	—	—	7	6	11	10	11	2	—	47	—	1	9	7	10	13
10-12	—	—	3	11	5	5	3	—	—	27	—	3	9	10	5	6
13-15	—	—	—	2	5	3	—	1	—	11	—	—	2	9	4	2
16-18	—	—	1	1	4	4	4	—	—	14	—	—	2	—	6	5
19-21	—	—	—	1	3	—	—	—	—	4	—	—	1	2	4	—
22-24	—	—	—	—	1	—	1	—	—	2	—	—	—	1	4	—
25-27	—	—	—	1	2	—	1	—	—	4	—	—	—	—	2	—
28-30	—	—	—	—	—	2	—	—	—	2	—	—	—	1	—	3
31-40	—	—	—	—	3	1	1	—	—	5	—	—	—	—	2	2
41-50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
51-61	—	—	—	1	—	2	—	—	—	3	—	—	—	1	—	—
Rostock																
1-3	2	74	81	78	57	61	94	108	18	573	6	69	83	81	59	61
4-6	—	2	23	30	27	20	27	16	—	145	—	4	25	29	25	23
7-9	—	1	10	12	11	14	15	4	—	67	—	4	11	12	10	12
10-12	—	—	8	13	5	9	3	1	—	39	—	—	11	12	10	8
13-15	—	—	3	3	5	4	4	—	—	19	—	—	3	3	6	3
16-18	—	—	2	4	7	2	3	—	—	18	—	—	2	3	3	4
19-21	—	—	—	2	2	2	2	—	—	8	—	—	1	4	3	2
22-24	—	—	—	1	5	1	1	—	—	8	—	—	—	1	3	1
25-27	—	—	—	1	2	2	1	—	—	6	—	—	—	—	1	—
28-30	—	—	—	1	—	1	—	—	—	2	—	—	—	1	2	1
31-40	—	—	—	—	3	3	1	—	—	7	—	—	1	—	6	5
41-50	—	—	—	—	—	3	—	—	—	3	—	—	—	1	1	1
51-64	—	—	—	1	—	1	—	—	—	2	—	—	—	1	—	1
Landsberg																
1-3	7	67	83	76	58	61	106	115	32	605	13	67	92	83	61	65
4-6	—	10	20	34	25	17	25	16	—	147	—	7	24	43	16	19
7-9	—	2	10	13	9	15	19	5	—	73	—	4	11	11	10	14
10-12	—	1	9	12	7	7	7	—	—	43	—	2	7	12	5	8
13-15	—	—	5	6	5	5	1	1	—	23	—	—	6	5	7	3
16-18	—	—	4	2	4	5	4	—	—	19	—	—	1	2	4	4
19-21	—	—	3	3	7	2	4	—	—	19	—	—	1	1	2	3
22-24	—	—	—	1	6	1	1	—	—	9	—	—	2	1	6	2
25-27	—	—	1	—	—	1	—	—	—	2	—	—	—	1	1	2
28-30	—	—	—	1	—	3	—	—	—	4	—	—	1	—	3	2
31-40	—	—	1	2	4	3	1	—	—	11	—	—	—	2	5	2
41-50	—	—	—	1	1	4	—	—	—	6	—	—	—	—	2	2
51-61	—	—	—	1	1	—	—	—	—	2	—	—	—	1	1	—
Lüne-																
Neu-																
Lieg-																

Frost- und Kälteperioden.

Frost

März	April	Mai	Juni	Jahr	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Jahr	Länge
alte Reihe					Löningen											
90	64	8	—	471	5	59	79	97	80	70	113	128	39	1	671	1—3
31	5	1	—	126	—	8	21	25	23	27	28	14	1	—	147	4—6
13	—	—	—	67	—	2	13	8	13	9	13	7	1	—	66	7—9
4	—	—	—	21	—	—	9	10	5	8	6	1	—	—	39	10—12
1	—	—	—	11	—	1	—	6	4	5	1	—	—	—	17	13—15
1	—	—	—	12	—	—	3	2	5	4	4	1	—	—	19	16—18
—	—	—	—	8	—	—	—	2	5	1	—	—	—	—	8	19—21
—	—	—	—	5	—	—	—	2	2	1	—	—	—	—	5	22—24
—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	3	25—27
—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	3	28—30
—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	3	1	—	—	—	5	31—40
—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	41—50
—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	51—60
burg					Quedlinburg											
125	136	39	2	699	4	58	69	85	57	53	117	84	15	—	542	1—3
27	14	1	—	162	—	6	23	28	23	22	22	9	1	—	134	4—6
7	5	—	—	52	—	4	10	6	10	9	11	5	—	—	55	7—9
9	—	—	—	42	—	—	10	9	5	8	8	2	—	—	42	10—12
2	—	—	—	19	—	—	3	9	6	6	1	—	—	—	25	13—15
1	1	—	—	15	—	—	3	4	3	3	1	—	—	—	14	16—18
1	—	—	—	8	—	—	1	1	6	2	—	—	—	—	10	19—21
—	—	—	—	5	—	—	—	2	2	—	1	—	—	—	5	22—24
—	—	—	—	2	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	3	25—27
1	—	—	—	5	—	—	—	—	2	2	1	—	—	—	5	28—30
1	—	—	—	5	—	—	—	1	3	2	—	—	—	—	6	31—40
—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	2	41—50
—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	51—61
strelitz					Köslin											
113	116	38	1	627	4	65	95	66	54	57	92	115	41	—	589	1—3
27	17	1	—	151	1	8	25	28	18	17	24	22	—	—	143	4—6
12	5	1	—	67	—	3	8	14	12	18	20	7	—	—	82	7—9
4	1	—	—	46	—	—	9	14	8	7	8	3	—	—	49	10—12
4	—	—	—	19	—	—	1	4	4	3	2	—	—	—	14	13—15
2	1	—	—	15	—	—	2	3	3	4	6	—	—	—	18	16—18
2	—	—	—	12	—	—	3	3	3	2	2	1	—	—	14	19—21
—	—	—	—	5	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	3	22—24
1	—	—	—	2	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	3	25—27
—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	28—30
2	—	—	—	14	—	—	—	4	5	6	1	—	—	—	16	31—40
—	—	—	—	3	—	—	—	—	3	3	1	—	—	—	7	41—50
—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	51—64
nitz					Ratibor											
101	95	12	—	589	8	63	85	67	53	57	101	98	20	—	552	1—3
30	14	—	—	153	—	6	18	24	15	12	32	12	—	—	119	4—6
14	5	—	—	69	—	2	11	13	11	11	6	3	—	—	57	7—9
5	—	—	—	39	—	1	7	9	8	5	8	3	—	—	41	10—12
2	—	—	—	23	—	—	5	6	3	11	5	—	—	—	30	13—15
6	—	—	—	17	—	—	2	3	5	4	5	—	—	—	19	16—18
—	—	—	—	7	—	—	3	2	2	6	—	—	—	—	13	19—21
—	—	—	—	11	—	—	—	—	7	2	—	—	—	—	9	22—24
—	—	—	—	4	—	—	1	3	3	3	—	—	—	—	10	25—27
—	—	—	—	6	—	—	—	—	3	1	—	—	—	—	4	28—30
—	—	—	—	9	—	—	—	1	3	3	—	—	—	—	7	31—40
—	—	—	—	4	—	—	—	2	1	3	—	—	—	—	6	41—50
—	—	—	—	2	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	3	51—61

) Köslin. Zum Februar, Länge 71—81: 3. Zum Jahre, Länge 71—81: 3.

Frost

Tab. 5.

Länge	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Jahr	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.
Königsberg																
1—3	5	52	76	62	50	40	76	117	27	505	2	56	72	79	49	52
4—6	—	13	21	28	15	18	24	19	—	138	—	7	22	18	18	18
7—9	—	3	5	13	12	12	19	6	—	70	—	1	6	8	11	15
10—12	—	1	7	12	12	9	8	2	—	51	—	—	8	8	10	4
13—15	—	—	5	6	5	5	3	—	—	24	—	—	5	4	6	5
16—18	—	—	4	4	4	5	4	2	—	23	—	—	4	5	5	6
19—21	—	—	1	2	5	1	5	—	—	14	—	—	—	2	4	—
22—24	—	—	—	1	3	2	—	—	—	6	—	—	—	2	3	5
25—27	—	—	1	1	2	—	1	—	—	5	—	—	—	1	—	1
28—30	—	—	—	—	2	3	1	—	—	6	—	—	—	1	1	1
31—40	—	—	1	3	3	2	—	—	—	9	—	—	—	3	3	1
41—50	—	—	—	—	1	1	—	—	—	2	—	—	—	4	1	4
51—60	—	—	—	—	1	2	—	—	—	3	—	—	—	—	—	2
61—70	—	—	—	1	—	1	—	—	—	2	—	—	—	—	2	1
71—82	—	—	—	—	1	1	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—

Kälte

Länge	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Jahr	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Jahr
Cleve																
1—5	—	13	48	64	41	7	—	173	—	21	62	51	46	13	—	193
6—10	—	1	6	8	1	1	—	17	—	1	8	10	5	—	—	24
11—15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	4	1	—	—	10
16—20	—	—	—	2	—	—	—	2	—	—	3	1	1	—	—	5
21—25	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
26—30	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Cleve, alte Reihe																
1—5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6—10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11—15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16—20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21—25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26—30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Keitum																
1—5	—	14	36	65	57	33	1	206	—	29	60	72	62	32	—	255
6—10	—	—	7	9	3	3	—	22	—	1	10	17	5	1	—	34
11—15	—	—	2	3	3	—	—	8	—	—	2	3	4	1	—	10
16—20	—	—	—	3	1	—	—	4	—	—	—	3	—	—	—	3
21—25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26—30	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Lüneburg																
1—5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6—10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11—15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16—20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21—25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26—30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Neustrelitz																
1—5	—	38	67	66	70	21	—	262	2	41	76	67	77	43	1	307
6—10	—	1	11	15	4	8	—	39	—	2	9	19	11	7	—	48
11—15	—	—	3	6	7	—	—	16	—	—	1	5	5	—	—	11
16—20	—	—	1	2	1	—	—	4	—	—	1	4	3	—	—	8
21—25	—	—	1	1	—	—	—	2	—	—	1	2	1	—	—	4
26—30	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Köslin																
1—5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6—10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11—15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16—20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21—25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26—30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ratibor																
1—5	2	53	69	72	72	38	—	306	3	49	86	73	77	57	3	348
6—10	—	1	9	19	13	3	—	45	—	2	15	21	13	6	—	57
11—15	—	—	2	10	2	—	—	14	—	1	5	8	7	1	—	22
16—20	—	—	3	2	1	—	—	6	—	1	3	3	1	1	—	9
21—25	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	1	1	—	—	—	2
26—30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	3
31—40	—	—	1 ¹⁾	1	—	—	—	1 ¹⁾	—	—	—	2	1	—	—	3

¹⁾ Ratibor. Zum Dezember, Länge 41—50: 1. Zum Jahre, Länge 41—50: 1.

(Fortsetzung).

Frost

März	April	Mai	Juni	Jahr	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Jahr	Länge	
alte Reihe					Treiburg												
66	111	46	—	533	17	84	78	42	23	24	60	107	52	—	487	1— 3	
31	15	1	—	130	2	25	31	22	13	7	19	25	2	—	146	4— 6	
14	4	—	—	59	—	5	6	9	6	4	11	15	—	—	56	7— 9	
10	2	—	—	42	—	3	8	8	5	5	8	5	—	—	42	10— 12	
4	1	—	—	25	—	2	5	7	5	6	4	1	—	—	30	13— 15	
4	—	—	—	24	—	1	5	5	4	—	2	1	—	—	18	16— 18	
4	1	—	—	11	—	—	2	4	2	7	6	—	—	—	21	19— 21	
4	—	—	—	14	—	—	—	2	3	5	2	—	—	—	12	22— 24	
2	—	—	—	8	—	—	1	3	2	—	2	—	—	—	8	25— 27	
1	—	—	—	4	—	—	—	2	1	1	—	1	—	—	5	28— 30	
1	—	—	—	8	—	—	2	3	5	4	1	—	—	—	15	31— 40	
1	—	—	—	10	—	—	—	1	2	3	1	—	—	—	7	41— 50	
—	—	—	—	2	—	—	—	1	4	—	—	—	—	—	5	51— 60	
—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	61— 70	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	2	71— 80	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	81— 90	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	5	91— 100	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	101— 110	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	111— 120	
Kälte																	
Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Jahr										Länge
—	26	49	70	52	22	—	219										—
—	—	10	13	4	—	—	27										—
—	—	1	1	1	—	—	3										—
—	—	—	1	—	—	—	1										—
—	—	—	1	—	—	—	1										—
—	—	1)	—	—	—	—	1)										—
Löningen																	
—	26	49	70	52	22	—	219										—
—	—	10	13	4	—	—	27										—
—	—	1	1	1	—	—	3										—
—	—	—	1	—	—	—	1										—
—	—	—	1	—	—	—	1										—
—	—	1)	—	—	—	—	1)										—
Kälte																	
Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Jahr										Länge
—	26	49	70	52	22	—	219										—
—	—	10	13	4	—	—	27										—
—	—	1	1	1	—	—	3										—
—	—	—	1	—	—	—	1										—
—	—	—	1	—	—	—	1										—
—	—	1)	—	—	—	—	1)										—
Quedlinburg																	
2	44	40	62	69	26	—	243										—
—	1	14	15	5	3	—	38										—
—	—	3	5	—	—	—	8										—
—	—	—	1	—	—	—	1										—
—	—	—	1	1	—	—	2										—
—	—	—	—	—	—	—	—										—
Landsberg																	
2	43	65	66	81	31	—	288										—
—	1	12	16	5	5	—	39										—
—	2	3	8	6	—	—	19										—
—	—	1	3	2	—	—	6										—
—	—	1	2	—	—	—	3										—
—	—	—	1	—	—	—	1										—
Königsberg, alte Reihe																	
3	51	89	68	83	63	3	360										—
—	12	15	20	18	7	—	72										—
—	2	10	11	5	1	—	29										—
—	—	4	1	4	1	—	10										—
—	—	1	4	3	—	—	8										—
—	—	—	3	2	—	—	5										—
—	—	1	—	—	—	—	1										—
Rostock																	
—	35	57	73	66	34	1	266										—
—	1	10	12	9	4	—	36										—
—	—	1	3	6	1	—	11										—
—	—	1	3	—	—	—	4										—
—	—	—	—	—	—	—	—										—
—	—	—	1	—	—	—	1										—
Liegnitz																	
1	48	76	68	68	33	—	294										—
—	—	8	16	11	5	—	40										—
—	—	6	7	4	1	—	18										—
—	—	1	—	1	—	—	2										—
—	—	—	2	—	—	—	2										—
—	—	—	1	—	—	—	1										—
Treiburg																	
8	54	85	100	92	78	6	423										—
1	9	18	24	22	8	—	82										—
—	3	10	7	3	3	—	26										—
—	2	5	7	3	—	—	17										—
—	—	3	3	2	—	—	8										—
—	—	1	2	2	—	—	5										—
—	—	—	2	—	—	—	2										—

1) Löningen. Zum Dezember, Länge 31—40: 1. Zum Jahre, Länge 31—40: 1.

Frost

Tab. 6. Zahl der zu den einzelnen Periodenlängen

Länge	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Jahr	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.
Cleve											Cleve,					
1—3	—	62	27	23	13	12	32	60	100	23.4	—	90	32	18	18	17
4—6	—	17	23	16	17	15	25	24	—	18.5	—	10	27	21	15	12
7—9	—	9	23	12	21	13	22	9	—	16.8	—	—	22	13	15	20
10—12	—	12	23	16	12	11	7	—	—	12.5	—	—	7	6	8	9
13—15	—	—	—	11	6	14	3	7	—	7.4	—	—	—	8	13	—
16—18	—	—	4	6	10	2	—	—	—	4.3	—	—	—	9	3	18
19—21	—	—	—	7	6	3	—	—	—	3.2	—	—	12	7	4	4
22—24	—	—	—	3	6	6	5	—	—	4.2	—	—	—	5	12	—
25—27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	6
28—30	—	—	—	—	4	8	6	—	—	3.6	—	—	—	6	—	6
31—40	—	—	—	6	5	10	—	—	—	4.7	—	—	—	7	7	—
41—50	—	—	—	—	—	6	—	—	—	1.4	—	—	—	—	—	8
51—60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Keitum											Lüne-					
1—3	—	44	30	24	15	19	24	44	100	22.1	100	51	31	20	13	14
4—6	—	56	32	16	12	14	19	25	—	17.2	—	27	19	21	17	15
7—9	—	—	20	9	12	12	18	16	—	13.3	—	5	15	8	9	14
10—12	—	—	12	22	8	9	7	—	—	10.7	—	17	19	15	7	9
13—15	—	—	—	5	10	7	—	15	—	5.8	—	—	6	16	7	3
16—18	—	—	6	4	9	9	16	—	—	8.5	—	—	6	—	12	11
19—21	—	—	—	4	9	—	—	—	—	3.0	—	—	4	5	9	—
22—24	—	—	—	—	3	—	5	—	—	1.7	—	—	—	3	11	—
25—27	—	—	—	—	5	7	—	5	—	3.6	—	—	—	—	6	—
28—30	—	—	—	—	—	9	—	—	—	2.1	—	—	—	4	—	12
31—40	—	—	—	—	15	5	6	—	—	6.0	—	—	—	—	9	10
41—50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
51—61	—	—	—	11	—	16	—	—	—	6.0	—	—	—	8	—	—
Rostock											Neu-					
1—3	100	83	28	18	12	11	25	57	100	22.2	100	68	21	17	10	10
4—6	—	8	23	16	16	10	20	28	—	16.3	—	13	20	17	11	12
7—9	—	9	15	12	10	11	17	11	—	12.4	—	19	15	12	7	11
10—12	—	—	18	18	6	10	5	4	—	10.3	—	—	21	16	11	10
13—15	—	—	9	5	8	6	8	—	—	6.2	—	—	8	5	8	5
16—18	—	—	7	8	13	4	8	—	—	7.1	—	—	6	6	5	7
19—21	—	—	—	5	4	4	4	—	—	3.5	—	—	3	9	6	4
22—24	—	—	—	3	13	2	4	—	—	4.2	—	—	—	3	7	2
25—27	—	—	—	3	6	5	4	—	—	3.7	—	—	—	—	3	—
27—30	—	—	—	4	—	3	—	—	—	1.4	—	—	—	3	6	3
31—40	—	—	—	—	12	15	5	—	—	6.7	—	—	6	—	21	20
41—50	—	—	—	—	—	13	—	—	—	3.1	—	—	—	5	5	10
51—64	—	—	—	8	—	6	—	—	—	2.9	—	—	—	7	—	6
Landsberg											Lieg-					
1—3	100	58	21	14	10	9	24	58	100	20.2	100	54	23	16	9	12
4—6	—	27	14	17	11	8	17	25	—	14.3	—	17	19	24	7	11
7—9	—	9	12	11	7	12	19	13	—	11.8	—	17	15	9	7	13
10—12	—	6	15	14	7	8	10	—	—	9.5	—	12	12	16	5	10
13—15	—	—	10	9	7	7	2	4	—	6.5	—	—	13	8	9	5
16—18	—	—	10	4	7	9	9	—	—	6.5	—	—	3	4	6	8
19—21	—	—	9	7	14	4	11	—	—	7.8	—	—	3	2	4	6
22—24	—	—	—	3	14	2	3	—	—	4.2	—	—	7	3	13	5
25—27	—	—	4	—	—	3	—	—	—	1.1	—	—	—	3	2	6
28—30	—	—	—	3	—	9	—	—	—	2.4	—	—	5	—	9	6
31—50	—	—	5	7	14	11	5	—	—	8.0	—	—	—	8	16	8
41—50	—	—	—	4	4	18	—	—	—	5.4	—	—	—	—	8	10
51—61	—	—	—	7	5	—	—	—	—	2.3	—	—	—	7	5	—

gehörenden Tage (in Prozent der Gesamtzahl).

Frost

März	April	Mai	Juni	Jahr	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Jahr	Länge
alte Reihe					Lönningen											
31	77	67	—	25.7	100	56	27	24	15	12	29	57	82	100	26.3	1—3
31	23	33	—	20.2	—	23	21	17	14	17	22	18	8	—	17.9	4—6
21	—	—	—	16.4	—	12	21	9	13	10	15	17	10	—	13.1	7—9
9	—	—	—	7.2	—	—	20	15	7	11	10	3	—	—	10.4	10—12
4	—	—	—	5.3	—	9	—	11	7	9	2	—	—	—	5.9	13—15
4	—	—	—	6.9	—	—	11	5	10	9	11	5	—	—	8.1	16—18
—	—	—	—	4.9	—	—	—	5	13	2	—	—	—	—	4.0	19—21
—	—	—	—	3.8	—	—	—	6	6	3	—	—	—	—	2.9	22—24
—	—	—	—	2.3	—	—	—	—	6	3	—	—	—	—	1.9	25—27
—	—	—	—	2.5	—	—	—	—	4	4	5	—	—	—	2.2	28—30
—	—	—	—	3.1	—	—	—	—	5	14	6	—	—	—	4.7	31—40
—	—	—	—	1.7	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	1.1	41—50
—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	1.5	51—60
burg					Quedlinburg											
35	63	92	100	26.9	100	60	19	20	11	11	35	56	83	—	22.0	1—3
21	20	8	—	18.9	—	20	22	18	13	13	19	19	17	—	16.6	4—6
8	12	—	—	10.2	—	20	15	7	9	8	16	16	—	—	10.8	7—9
16	—	—	—	11.4	—	—	22	13	6	11	16	9	—	—	11.8	10—12
4	—	—	—	6.6	—	—	8	16	10	10	2	—	—	—	8.8	13—15
3	5	—	—	6.1	—	—	10	9	6	6	3	—	—	—	6.1	16—18
3	—	—	—	4.0	—	—	4	3	14	5	—	—	—	—	5.1	19—21
—	—	—	—	2.8	—	—	—	6	5	—	4	—	—	—	2.9	22—24
—	—	—	—	1.3	—	—	—	3	3	3	—	—	—	—	2.0	25—27
5	—	—	—	3.7	—	—	—	—	6	7	5	—	—	—	3.6	28—30
5	—	—	—	4.4	—	—	—	5	12	8	—	—	—	—	5.4	31—40
—	—	—	—	2.2	—	—	—	—	5	5	—	—	—	—	2.2	41—50
—	—	—	—	1.5	—	—	—	—	—	13	—	—	—	—	2.7	51—61
strelitz					Köslin											
27	55	81	100	21.3	64	60	29	13	10	8	20	46	100	—	19.3	1—3
20	25	7	—	15.9	36	26	21	16	8	7	16	26	—	—	13.9	4—6
13	12	12	—	11.6	—	14	12	13	9	12	20	14	—	—	13.1	7—9
7	3	—	—	11.2	—	—	17	19	9	7	11	9	—	—	10.7	10—12
8	—	—	—	5.8	—	—	3	7	6	4	4	—	—	—	3.9	13—15
5	5	—	—	5.5	—	—	7	6	5	6	13	—	—	—	6.4	16—18
6	—	—	—	5.2	—	—	11	7	6	4	5	5	—	—	5.6	19—21
—	—	—	—	2.5	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	1.3	22—24
4	—	—	—	1.2	—	—	—	3	5	—	—	—	—	—	1.5	25—27
—	—	—	—	2.5	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	0.6	28—30
10	—	—	—	10.8	—	—	—	16	17	18	5	—	—	—	11.6	31—40
—	—	—	—	4.0	—	—	—	—	13	11	6	—	—	—	6.4	41—50
—	—	—	—	2.5	—	—	—	—	5	1)	—	—	—	—	1)1.0	51—64
nitz					Ratibor											
28	59	100	—	20.8	100	63	23	14	9	8	27	57	100	—	18.8	1—3
23	26	—	—	16.1	—	20	15	13	7	6	26	21	—	—	12.6	4—6
18	15	—	—	11.9	—	10	15	12	8	8	7	9	—	—	9.6	7—9
9	—	—	—	9.5	—	7	14	11	9	5	15	13	—	—	9.7	10—12
5	—	—	—	7.1	—	—	12	9	4	14	11	—	—	—	9.0	13—15
17	—	—	—	6.4	—	—	6	6	8	6	14	—	—	—	7.0	17—18
—	—	—	—	3.1	—	—	10	5	4	11	—	—	—	—	5.7	19—21
—	—	—	—	5.6	—	—	—	—	16	4	—	—	—	—	4.5	22—24
—	—	—	—	2.3	—	—	5	9	7	7	—	—	—	—	5.7	25—27
—	—	—	—	3.8	—	—	—	—	8	3	—	—	—	—	2.5	28—30
—	—	—	—	7.0	—	—	—	4	11	10	—	—	—	—	5.4	31—40
—	—	—	—	3.9	—	—	—	10	4	13	—	—	—	—	5.9	41—50
—	—	—	—	2.5	—	—	—	7	5	5	—	—	—	—	3.6	51—61

1) Köslin. Zum Februar 71—81: 20%. Zum Jahre: 71—81: 4.7%.

Frost

Tab. 6.

Länge	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Jahr	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.
Königsberg																
1—3	100	48	22	13	9	6	18	50	100	17.2	100	67	23	16	9	8
4—6	—	34	18	15	7	9	16	23	—	13.5	—	26	21	8	8	7
7—9	—	12	7	12	9	9	20	12	—	11.0	—	7	10	6	9	10
10—12	—	6	14	15	12	10	12	6	—	11.5	—	—	15	8	11	4
13—15	—	—	12	9	7	6	6	—	—	6.7	—	—	13	5	9	7
16—18	—	—	13	8	6	8	9	9	—	8.0	—	—	12	8	8	9
19—21	—	—	4	4	9	2	12	—	—	5.6	—	—	—	5	8	—
22—24	—	—	—	3	6	4	—	—	—	2.8	—	—	—	6	6	10
25—27	—	—	4	3	5	—	3	—	—	2.6	—	—	6	10	—	3
28—30	—	—	—	—	5	9	4	—	—	3.6	—	—	—	3	4	3
31—40	—	—	6	11	9	7	—	—	—	6.3	—	—	—	9	8	4
41—50	—	—	—	—	4	5	—	—	—	2.0	—	—	—	16	5	15
51—60	—	—	—	—	5	11	—	—	—	3.4	—	—	—	—	—	12
61—70	—	—	—	7	—	6	—	—	—	2.7	—	—	—	—	—	8
71—82	—	—	—	—	7	8	—	—	—	3.1	—	—	—	—	15	—

Kälte

Länge	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Jahr	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Jahr
Cleve																
1—5	—	76	55	58	75	68	—	62.0	—	83	42	44	55	100	—	50.0
6—10	—	24	28	26	5	32	—	22.5	—	17	20	30	23	—	—	23.0
11—15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	17	9	—	—	15.8
16—20	—	—	—	16	—	—	—	6.4	—	—	15	9	13	—	—	11.2
21—25	—	—	—	—	20	—	—	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—
26—30	—	—	17	—	—	—	—	4.9	—	—	—	—	—	—	—	—
Cleve, alte Reihe																
Keitum																
1—5	—	100	48	45	64	64	100	55.0	—	88	57	40	64	74	—	55.5
6—10	—	—	37	20	12	36	—	21.4	—	12	32	35	15	12	—	26.2
11—15	—	—	15	11	16	—	—	12.2	—	—	11	10	21	14	—	12.9
16—20	—	—	—	16	8	—	—	8.2	—	—	—	15	—	—	—	5.4
21—25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26—30	—	—	—	8	—	—	—	3.2	—	—	—	—	—	—	—	—
Lüneburg																
Neustrelitz																
1—5	—	86	45	34	49	44	—	44.5	100	84	58	31	40	61	100	45.7
6—10	—	14	30	26	12	56	—	25.3	—	16	25	32	22	39	—	27.2
11—15	—	—	12	18	33	—	—	17.6	—	—	4	13	17	—	—	10.2
16—20	—	—	6	9	6	—	—	6.0	—	—	6	14	14	—	—	10.0
21—25	—	—	7	6	—	—	—	4.0	—	—	7	10	7	—	—	6.9
26—30	—	—	—	7	—	—	—	2.6	—	—	—	—	—	—	—	—
Köslin																
Ratibor																
1—5	100	95	41	31	56	80	—	48.4	100	70	41	25	40	60	100	40.0
6—10	—	5	21	28	31	20	—	24.1	—	10	27	27	23	24	—	24.1
11—15	—	—	8	23	8	—	—	12.2	—	8	14	17	20	7	—	15.0
16—20	—	—	16	7	5	—	—	7.6	—	12	12	9	4	9	—	8.9
21—25	—	—	—	4	—	—	—	1.6	—	—	6	3	—	—	—	2.4
26—30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	6	—	—	4.5
31—40	—	—	1)	7	—	—	—	2.5	—	—	—	10	7	—	—	5.1

1) Ratibor. Zum Dezember, Länge 41—50: 14%. Zum Jahre, Länge 41—50: 3.6%.

(Fortsetzung).

Frost

März	April	Mai	Juni	Jahr	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Jahr	Länge
alte Reihe					Treiburg											
10	52	89	—	17.1	73	36	19	7	3	3	12	33	86	—	12.3	1—3
16	20	11	—	12.2	27	33	21	10	5	2	12	24	14	—	11.2	4—6
12	8	—	—	8.9	—	11	6	7	3	2	12	22	—	—	6.9	7—9
11	8	—	—	8.6	—	9	12	9	4	4	12	10	—	—	7.2	10—12
6	5	—	—	6.8	—	7	10	10	5	6	7	2	—	—	6.5	13—15
7	—	—	—	7.7	—	4	12	9	5	—	5	3	—	—	4.8	16—18
8	7	—	—	4.4	—	—	6	8	3	9	16	—	—	—	6.6	19—21
9	—	—	—	6.1	—	—	—	5	5	8	6	—	—	—	4.4	22—24
7	—	—	—	4.5	—	—	4	8	4	—	7	—	—	—	3.2	25—27
4	—	—	—	2.8	—	—	—	6	2	2	—	6	—	—	2.3	28—30
4	—	—	—	5.1	—	—	10	11	12	10	5	—	—	—	8.5	31—40
6	—	—	—	8.4	—	—	—	5	6	9	6	—	—	—	4.9	41—50
—	—	—	—	2.6	—	—	—	5	15	—	—	—	—	—	4.2	51—60
—	—	—	—	4.8	—	—	—	—	—	9	—	—	—	—	2.2	61—70
—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	5	—	—	—	—	2.3	71—80
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	1.3	81—90
—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	25	—	—	—	—	7.6	91—100
—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	1.7	101—110
—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—	—	—	—	1.9	111—120

Kälte

Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Jahr
------	------	------	------	-------	------	-------	------

Löningen

—	100	46	53	74	100	—	60.5
—	—	32	30	18	—	—	24.9
—	—	6	5	8	—	—	5.1
—	—	—	5	—	—	—	2.1
—	—	—	7	—	—	—	2.8
—	—	1)	—	—	—	—	—

Kälte

Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Jahr	Länge
------	------	------	------	-------	------	-------	------	-------

Quedlinburg

100	91	38	38	69	72	—	52.9
—	9	45	33	21	28	—	30.5
—	—	17	17	—	—	—	10.1
—	—	—	5	—	—	—	4.7
—	—	—	7	10	—	—	1.8
—	—	—	—	—	—	—	—

Rostock

—	91	54	44	46	61	100	51.7	1—5
—	9	32	24	26	28	—	25.6	6—10
—	—	5	10	28	11	—	12.8	11—15
—	—	9	14	—	—	—	7.1	16—20
—	—	—	—	—	—	—	—	21—25
—	—	—	8	—	—	—	2.8	26—30

Landsberg

100	76	42	29	52	63	—	44.3
—	5	32	24	12	37	—	22.5
—	19	14	20	24	—	—	17.5
—	—	5	11	12	—	—	8.3
—	—	7	10	—	—	—	5.3
—	—	—	6	—	—	—	2.1

Liegnitz

100	100	48	35	51	58	—	49.7	1—5
—	—	22	28	27	32	—	24.1	6—10
—	—	25	21	16	10	—	18.0	11—15
—	—	5	—	6	—	—	2.9	16—20
—	—	—	10	—	—	—	3.2	21—25
—	—	—	6	—	—	—	2.1	26—30

Königsberg, alte Reihe

100	45	36	24	31	59	100	34.8
—	41	18	23	23	24	—	23.5
—	14	22	22	11	8	—	17.0
—	—	11	3	13	9	—	7.8
—	—	5	15	13	—	—	7.9
—	—	—	13	9	—	—	7.0
—	—	8	—	—	—	—	2.0

Treiburg

—	56	48	29	27	39	63	100	36.2	1—5
—	44	23	22	22	29	23	—	24.0	6—10
—	—	15	19	12	6	14	—	12.8	11—15
—	—	14	14	15	9	—	—	11.7	16—20
—	—	—	11	8	7	—	—	7.0	21—25
—	—	—	5	7	10	—	—	5.6	26—30
—	—	—	—	9	—	—	—	2.7	31—41

1) Löningen. Zum Dezember, Länge 31—40: 16 0/0. Zum Jahre, Länge 31—40: 4.6 0/0.

am häufigsten sind. So wird jeder Monat bezüglich der Länge der Frostperioden charakterisiert. Im Herbst und im Frühjahr haben die kürzesten Perioden den Vorrang, am Anfang besonders und am Ende des Winters treten die Perioden von 4—15 Tagen hervor, dann folgt der Januar und zuletzt der Februar mit den relativ häufigsten langen Perioden. In diesem Verhältnis der drei Wintermonate erkennt man den bedeutenden Einfluß der Bewölkung, mit deren Abnahme die längeren Perioden immer häufiger werden, bis schließlich im März die allgemeine Zunahme der Temperatur die Vorherrschaft des Frostes auch in den Nächten häufiger unterbricht und die längeren Perioden seltener werden.

Die Häufigkeit der kurzen Kälteperioden nimmt wie die mittlere Häufigkeit nach Osten ständig zu, von 170 auf 420 in 45 Jahren. Wie es schon oben berührt wurde, steht Keitum hier zu

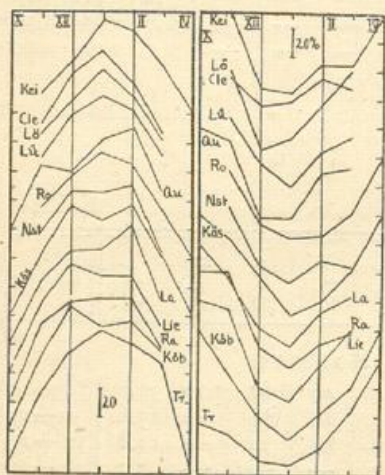


Fig. 3. Links: Zahl der Kälteperioden von 1—5 Tagen Dauer.

Rechts: Zahl der Eistage in den Perioden von 1—5 Tagen Dauer (in %).

festzustellen genügt, daß der Januar fast stets in der Mitte steht, während der Dezember und vor allem der Februar zurücktreten. Wieder ist es lohnend, kurz einen Vergleich mit dem Gang der Bewölkung zu ziehen, die mit ihrem Maximum im Dezember verhindert, daß höhere Mittagstemperaturen erzielt werden, während im Februar eine Unterbrechung der Kälteperioden an sich häufiger möglich ist. Dem steht allerdings besonders in der Nähe des Meeres der Gang der Lufttemperatur entgegen, eine Folge der starken Advektion kalter

Cleve in einer anderen Beziehung als beim Frost, wo es stets die günstigsten Verhältnisse hatte, während bei den Kälteperioden die nördliche Lage und im Spätwinter die Nachbarschaft des Meeres erheblichen Einfluß ausüben. Der Jahresgang der Häufigkeit 1—5 (Fig. 3) bietet nichts Wesentliches. Im Westen hat der Januar die meisten Perioden dieser Art, in der Mitte der Februar, im Osten wieder der Januar, von einzelnen Störungen abgesehen. Die drei am Meer gelegenen Stationen haben noch im April Eistage gehabt. Die Amplitude der Kurven wächst wie die Häufigkeit im Jahre. Bei den übrigen Periodenlängen wird das Bild unregelmäßiger — die Seltenheit des Ereignisses wirkt sich hier natürlich aus —, sodaß

Luft bei den Hochdrucklagen, der das Hervortreten des Januar bestimmt und dem Februar wiederum auch längere Perioden zukommen läßt. Ebenso spielt in anderem Sinne die Häufigkeit der Zyklonen mit ihren Wärmeeinbrüchen bei der Beurteilung dieser Dinge eine Rolle.

Die Ausführungen über die Häufigkeit der Periodenlängen werden zweckmäßig ergänzt, indem man die Zahl der zu jeder Längensstufe gehörenden Tage ermittelt und diese in Hundertteilen der zu einem Monat bzw. zum Jahre gehörenden Frost- und Eistage darstellt. Hierbei unterliegen, wie überhaupt in allen Teilen der

Untersuchung, die ersten und die letzten Monate mit Frost oder Kälte einer gewissen Unsicherheit, deren Grund schon berührt wurde.

In Fig. 4, die auf den Werten der Tabelle 6 beruht, findet man zunächst eine Übersicht über das Jahr. Zwischen 27% und 12% der Frosttage treten in Perioden von 1—3 Tagen Länge auf, und sehr schnell geht zunächst die Abnahme zu den größeren Längensstufen vor sich. Der 10%-Anteil wird im Westen bei der Länge von 10—12 Tagen erreicht, im Osten haben die kleineren Längen nicht

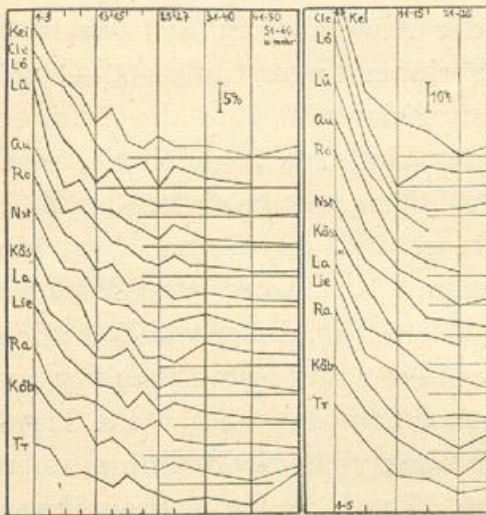


Fig. 4. Zahl der in den einzelnen Längensstufen befindlichen Frost- bzw. Eistage im Jahre (in %).

so viel Tage, sodaß diese Stufe schon unter 10% aufweist. Dafür — dies tritt in den Figuren nicht so deutlich hervor, obgleich überall die Nulllinie eingetragen wurde — liegen die auf größere Längen sich beziehenden Teile höher über dieser. Hierbei sei bemerkt, daß die Figuren wegen der Zusammenfassung zu Stufen von 10 Tagen, die bei 31 Tagen Dauer eintritt, nur die Werte so zeigen, als ob sie sich auf gleich kurze Perioden (Intervalle von drei Tagen) wie anfangs bezögen, sodaß man sich die gleichen Ordinaten dreimal hintereinander aufgetragen denken kann. Bei den Stationen der Mitte tritt für die Stufe 31—40 ein geringes Maximum ein, das bei Liegnitz und Ratibor etwas früher liegt, während es bei Königsberg und Treuburg auf das letzte Intervall 51—60 und mehr fällt. — Die Verteilung der Eistage zeigt dasselbe Bild etwas geschlossener, indem

auf die erste Stufe im Westen über 60 0/0, im Osten knapp 40 0/0 entfallen, von welchem Wert ein dadurch bedingter mehr oder weniger steiler und ausgedehnter Abfall zum Anteil der Stufen mit größerer Periodenlänge erfolgt.

Der Jahresgang der in der Stufe 1—3 erfaßten Frosttage ist sehr einfach und einheitlich. Von 100 0/0 oder 60 0/0 in den Übergangsmonaten sinkt der Anteil der hier erfaßten Frosttage im Westen auf 12 0/0, im Osten auf 8 0/0 oder sogar 3 0/0. Das Minimum tritt vorwiegend im Februar ein. In Fig. 5 ist sodann der Anteil für die Längen von 4—15 Tagen gegeben. Diese Kurven sind recht anschaulich.

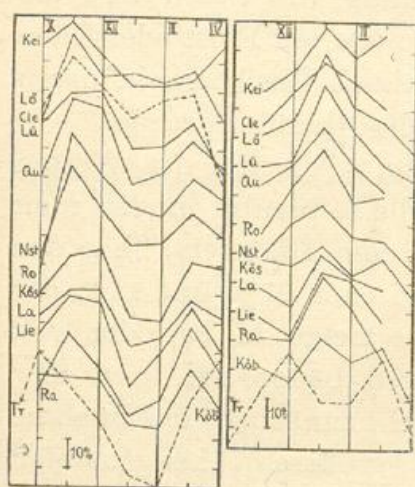


Fig. 5. Zahl der Frosttage in den Perioden von 4—15 und von 16—30 Tagen Dauer (in 0/0).

Während bei den westlichen Stationen der November in Ermangelung größerer Periodenlängen mit 60—70 0/0 das Maximum darstellt und die übrigen Monate unter sich etwa gleichen Anteil aufzuweisen haben, tritt im Osten der März stärker hervor, und dazwischen liegt ein ausgesprochenes Minimum. Der März ist im Osten winterlicher, daher weist er noch so viele Tage in den Stufen mit längerer ununterbrochener Frostdauer auf. Bei Treuburg verschieben sich die Kulminationen um je einen Monat, und zwischen ihnen wird im Februar ein Minimum von 14 0/0 erreicht. Sonst ist der Eintritt des Minimums im Westen mehr an den Januar gebunden,

im Osten tritt es im Binnenland ebenfalls im Januar, an der Küste im Februar auf. Der Anteil der Tage, die in Perioden von 16—30 Tagen erfaßt werden (Fig. 5), hat im Westen ein ausgesprochenes Maximum im Januar, indem in diesem Monat etwa ein Viertel aller Frosttage in solchen Perioden vorkommt. Nach Osten steigt dieser Satz zunächst auf 35—40 0/0 bei den schlesischen Stationen, um dann wieder erheblich zurückzugehen. So tritt bei Köslin und Königsberg der März mit einem hohen Anteil auf, während der Februar wegen der dort vorkommenden längeren Perioden ein Minimum aufweist, und bei Treuburg liegen die Maxima mit 35 0/0 im Dezember und März, zwischen denen nunmehr sogar zwei Monate mit relativ großem Anteil der Perioden von über 30 Tagen liegen. So hat in der Wintermitte der Westen den größeren Anteil in den Stufen 4—15 und 16—30 (Keitum,

Cleve), weiter östlich haben die Perioden von 16—30 Tagen den Vorrang, bis im Osten (Königsberg, Treuburg) die noch längeren Perioden in der Mitte des Winters die meisten Frosttage in sich erfassen.

Bezüglich der Kälteperioden ist in Fig. 3 ein Bild für die Stufe 1—5 gegeben. Es läßt erkennen, daß der Anteil dieser Periodenlängen im Winter stark zurückgeht, immerhin sind in Cleve rund 60%, in Ostpreußen 25% aller Eistage in der Wintermitte durch diese Perioden erfaßt. Hier hat der Dezember Neigung, das Minimum aufzuweisen, eine Folge der schon berührten Bewölkungsverhältnisse, die diesem Monat teilweise längere Kälteperioden verschaffen. Deutlich wird vor allem im Westen der höhere Anteil des Februar an den kürzeren Perioden, Stationen am Meer — Rostock, Köslin — weisen relativ niedrige Werte für Februar auf. Der Rest der noch verbleibenden Eistage liegt zu einem großen Teile in der Stufe 6—10, östlich vor allem gewinnen die längeren Perioden einen höheren Anteil. In Keitum und an diesen östlichen Stationen tritt somit die Stufe 6—10 in der Wintermitte (vor allem Februar) zurück, so daß die noch größeren Längen bis an 50% der Eistage im Januar noch erfaßt werden können, während im Westen die Verteilung der Prozentzahlen in diesen Stufen mehr vom Zufall bestimmt ist.

IV.

Soweit es nicht in beschränktem Maße aus den bisher gegebenen Tabellen hervorging, ist die Frage nach den längsten Perioden, während deren Frost oder Kälte ununterbrochen geherrscht haben, nicht beantwortet. Sie soll in der Weise in Angriff genommen werden, daß aus jedem Winter der verarbeiteten Reihe die längste Frost- oder Kälteperiode herausgesucht wird. Die erhaltenen Längen werden nach Stufen zusammengefaßt und ausgezählt, aber auch ihr Mittel wird berechnet. In Tabelle 7 findet man das Ergebnis dieser Rechnungen. Hinzugefügt wurde schließlich die in der gewonnenen Zahlenreihe vorkommende längste Periode — also die absolut längste Periode der Beobachtungsreihe — und das kleinste Maximum, aus dem man eine Vorstellung gewinnen kann, eine wie lange Frost- oder Kälteperiode mindestens in jedem Winter erwartet werden kann. Schließlich bietet der Vergleich der Tabelle 7 mit den Jahreszahlen in Tabelle 5 einen Anhalt dafür, wie lange Perioden in einem Jahre nicht zweimal vorkommen, indem dies so lange der Fall ist, als die Zahlen der Tabelle 5 mit denen der Tabelle 7 übereinstimmen, also nicht größer werden; hierauf soll jedoch nicht weiter eingegangen werden.

Tab. 7.

Jährliche Höchstwerte für die Länge der Frost- und Kälteperioden nach Stufen und im Mittel.

Länge	Stationen														
	Cleve	Cleve, alte R.	Löninge	Keitum	Lüneburg	Quedlinburg	Rostock	Neustrelitz	Köslin	Landsberg	Liegnitz	Ratibor	Königsberg	Königsbg., a. R.	Treuburg
Frostperioden.															
1—10	10	10	7	12	2	4	4	2	—	—	1	—	1	—	—
11—20	22	21	19	17	24	20	16	16	16	14	14	10	14	10	3
21—30	8	10	12	8	12	11	13	8	5	14	16	19	12	14	10
31—40	4	3 ¹⁾	5	5	4	6	7	14	14	9	8	7	9	5	9
41—50	1	1	1	—	2	2	3	3	6	6	4	6	2	10	7
51—60	—	—	1	2	—	2	1	1	1	1	1	2	3	2	4
61—70	—	—	—	1	1	—	1	1	—	1	1	1	2	4 ¹⁾	2
71—80	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	1	—	2
81—90	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	2
Mittel . . .	18.1	17.9	21.1	19.7	21.6	23.3	24.7	27.5	30.9	27.9	27.0	29.2	31.2	33.9	49.9
Maximum .	46	41	60	61	61	54	64	61	81	61	61	61	82	67	120
Minimum .	6	7	8	5	5	9	5	6	11	11	9	13	10	15	20
Kälteperioden.															
1—5	31	17	18	19	13	14	17	10	10	12	13	12	5	2	—
6—10	10	15	21	14	19	21	13	15	16	8	13	14	10	10	10
11—15	—	8	3	7	9	7	10	13	8	15	14	10	13	10	7
16—20	2	5	1	4	3	1	4	4	7	6	2	6	9	9	14
21—25	1	—	1	—	—	2	—	2	4	3	2	1	2	8	7
26—30	1	—	—	1	—	—	1	1	—	1	1	—	3	5	5
31—40	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	1	1
41—50	—	—	—	—	3 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
Mittel . . .	5.3	7.5	7.2	7.6	8.2	8.4	8.9	10.1	10.6	11.3	9.4	11.0	14.4	16.4	17.8
Maximum .	27	17	35	26	19	25	30	30	25	28	26	49	32	35	41
Minimum .	1	2	1	1	0	1	1	1	3	2	2	3	3	5	6

¹⁾ Differenz zu Tabelle 5 durch die Umrechnung auf 45 Jahre entstanden.

²⁾ Ferner in Treuburg: 91—100: 5, 101—110: 1, 111—120: 1.

³⁾ Ein Winter (1897/98) ohne Eistag!

In den Mittelwerten treten einfache Verhältnisse zutage: Sowohl bei den Frost- wie bei den Kälteperioden sind die kleinsten Werte bei den westlichen Stationen zu finden, und von dort aus findet die oft besprochene Zunahme gegen Osten statt, die stetig in der Reihe bis Königsberg fortschreitet, von wo aus sich wenigstens beim Frost ein scharfer Sprung zu dem Wert 50 für Treuburg ergibt, der an die ähnlichen Verhältnisse bei den mittleren Frostperiodenlängen (Fig. 1) erinnert. Dieses Gesamtbild wird durch die Häufigkeitszahlen jeder Längenstufe erklärt: Im Westen sind maximale Frostperioden von 11—20 Tagen am häufigsten, im Osten tritt die Stufe 21—30 mehr

hervor, jedoch sinken deren Ziffern recht stark, sodaß den größeren Längen schließlich relativ hohe Häufigkeiten zukommen. In den Extremen jedoch sind die Verhältnisse einfacher: Abgesehen von Cleve war die längste Periode fast überall etwa 60 Tage lang, nur Köslin und Königsberg weisen über 80, Treuburg sogar 120 Tage auf, und noch in einem guten Viertel aller Winter kommen hier Perioden von über 60 Tagen Dauer vor. Die kleinsten Werte für das Jahresmaximum zeigen wieder eine Zunahme von 5 auf 20 Tage gegen Osten. — Bei den größten Kälteperioden liegt das Maximum der Häufigkeit im Westen in der Stufe 1–5, wo besonders Cleve einen wohl etwas zu hohen Wert aufweist. Von Lüneburg ab tritt die Stufe 6–10 mehr hervor, von Landsberg ab haben die Perioden von 11–15 Tagen die größte Häufigkeit, bis bei Treuburg die Stufe 16–20 am stärksten hervortritt. Die absolut längsten Perioden hat hier einmal das ebenfalls stark kontinentale, sonst aber schon den Einfluß der südlichen Breite zeigende Ratibor mit 49 Tagen, dem Treuburg mit 41 Tagen folgt, von wo aus die betrachtete Größe auf unter 20 Tage bei Lüneburg sinkt. Bei den meisten Stationen sind schon Winter vorgekommen, in denen die Eistage nur einzeln auftraten. — Lüneburg hatte einmal sogar keinen Eistag — erst im Osten tritt der Mindestwert 3 auf, nur in Königsberg und Treuburg kommen in jedem Winter Perioden von 5 Tagen vor.

V.

Es erscheint angebracht, die in vorstehendem in mehr beschreibender Art dargelegten Tatsachen über die Andauer der Frost- und Kälteperioden in Zusammenhang mit einigen Größen zu bringen, die mit den betrachteten Erscheinungen in enger Verbindung stehen. Die Zunahme der Winterkälte gegen Osten, die so lange andauernde Frost- und Kälteperioden zur Folge hat, wird aus den in Tabelle 8 mitgeteilten Werten für die mittleren täglichen Minima und Maxima deutlich. Dieser Einfluß überragt alle anderen in Erscheinung tretenden Faktoren, durch ihn werden die Vorgänge der Erwärmungen und Abkühlungen schließlich so weit unter den Nullpunkt gedrückt, daß sie sich in größerer Zahl im Bereich des Frostes abspielen und damit die langen Frost- und Kälteperioden bedingen. Die Temperaturabnahme ist beim Minimum größer als beim Maximum, und dies hat zur Folge, daß sich alle darauf gegründeten Erscheinungen beim Frost stärker zeigen als bei der Kälte. Im März ist dann die Abnahme beim Maximum besonders stark, und es wurde gezeigt, wie im Osten

Tab. 8. Übersicht über einige klimatologische Elemente.

	Oktober	Novbr.	Dezbr.	Januar	Februar	März	April	Mai
Mittlere tägliche Minima.								
Cleve . . .	5.8	2.0	0.0	-1.2	-0.7	1.0	3.4	7.7
Landsberg . .	4.2	0.0	-2.4	-4.4	-3.5	-1.0	2.4	6.9
Treuburg . .	2.8	-1.7	-5.4	-7.9	-7.6	-4.3	1.0	6.0
Mittlere tägliche Maxima.								
Cleve . . .	13.4	7.8	4.8	3.9	5.5	8.8	13.0	18.3
Landsberg . .	12.3	5.6	2.0	0.9	2.7	6.9	12.6	18.7
Treuburg . .	10.2	3.0	-0.7	-2.4	-1.0	3.0	10.5	17.8
Mittlere Bewölkung.								
Cleve . . .	6.2	6.8	7.2	7.0	6.5	6.2	5.6	5.4
Landsberg . .	6.6	7.5	8.1	7.4	7.2	6.8	6.0	5.6
Treuburg . .	6.8	8.0	8.4	7.8	7.4	6.9	6.2	5.3
Mittlere aperiodische Tagesschwankung.								
Cleve . . .	7.6	5.8	4.8	5.1	6.2	7.8	9.6	10.6
Landsberg . .	8.1	5.6	4.4	5.3	6.2	7.9	10.2	11.8
Treuburg . .	7.4	4.7	4.7	5.5	6.6	7.3	9.5	11.8
Mittlere interdiurne Veränderlichkeit der Lufttemperatur (Tagesmittel). ¹⁾								
Löningen . .	1.7	1.8	2.1	2.0	2.0	1.8	1.8	1.8
Landsberg . .	1.7	1.8	2.1	2.1	1.8	1.8	1.7	2.0
Ratibor . .	1.7	1.7	2.4	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8
Klaussen . .	1.7	1.8	2.9	2.7	2.6	2.0	2.0	2.0
Mittlere Häufigkeit der interdiurnen Temperaturschwankungen von mehr als 5 ^{0.1)}								
Gütersloh . .	0.6	1.2	1.9	1.4	1.2	1.1	1.2	1.2
Berlin . . .	0.4	0.7	1.9	1.7	0.9	0.8	0.7	1.2
Ratibor . .	1.1	0.9	2.1	2.5	1.7	2.0	1.8	1.9

dieser Monat noch als ein Wintermonat gelten kann. Der vielfach aufgezeigte Meereseinfluß spiegelt sich naturgemäß auch in diesen Tabellen wieder.

Die Bewölkung (Tabelle 8) weist überall das Maximum im Dezember auf; infolgedessen tritt das Minimum in der täglichen Wärmeschwankung (Tabelle 8) in diesem Monat auf. Dies hat zur Folge — am mittleren Maximum ist es ersichtlich —, daß der Dezember begünstigt erscheint, längere Kälteperioden aufzuweisen, wenn man z. B. den Februar zum Vergleich heranzieht, während die Frostperioden mehr zurücktreten müssen. Für den Osten gilt dies allerdings bezüglich der Kälteperioden nicht mehr, da auch beim Maximum der Februar kälter wird. Wir fanden diese Aussagen bezüglich des Frostes oben bestätigt, nicht aber sind die Kälteperioden im Dezember besonders lang, sondern der Februar tritt doch stärker in den Vordergrund, beinahe bis an die Westgrenze des untersuchten Gebietes.

¹⁾ Nach den Klimatabellen V. Kremers in den Stromwerken.

Hierfür findet man die Erklärung, wenn man die Stabilität der Witterung z. B. in den beiden verglichenen Monaten untersucht. Ein annähernder Ausdruck dafür ist in der mittleren interdiurnen Veränderlichkeit des Tagesmittels gegeben, die in Tabelle 8 mitgeteilt ist. Sie erreicht im Dezember im Zusammenhang mit der lebhaften Depressionstätigkeit ihren größten Wert, dem der Januar noch recht nahe kommt, während die späteren Wintermonate zurücktreten. Es sind also die häufig wechselnden Kalt- und Warmlufteinbrüche des ersten Teiles des Winters, die eine häufige Unterbrechung der Kälteperioden, aber auch der Frostperioden, zur Folge haben. So wird durch die Veränderlichkeit die Wirkung der kleinen Tagesschwankung einerseits aufgehoben, andererseits — beim Frost — verstärkt. Jedoch verdienen die Zahlen dieser Tabelle noch anderweitige Beachtung. Zunächst ist der Vergleich, der — auch bei dem Abschnitt über die Bewölkung — nur auf die Monate Dezember und Februar ausgedehnt wurde, in etwa gleichlautender Weise auf die Monate November und März und Oktober und April zu beziehen. Im letzteren Falle ist allerdings im Westen das Maximum im April kleiner, so daß man an den Stationen in Meeresnähe noch späte Eistage findet. Dazu aber tritt die Betrachtung der absoluten Werte der Veränderlichkeit, die zu ergeben scheint, daß der Osten wegen des größeren Betrages zu kürzeren Perioden neigen müßte. Dieses Bild wird durch die Zahlen der Tabelle 8 ergänzt, in der die mittlere Anzahl der Erwärmungen und Erkaltungen von mehr als 5° aufgeführt ist, woraus hervorgeht, daß der größere Betrag der Veränderlichkeit nicht so sehr durch häufige als vielmehr durch größere Temperaturwechsel verursacht wird; ist doch dem kontinentalen Klima besonders im Winter der Charakter beständiger Witterung eigentümlich. Zudem spielen sich, wie schon bemerkt, diese Vorgänge auf einer tieferen Temperaturstufe ab, und wir kehren somit in dieser Betrachtung zu dem ausschlaggebenden Faktor zurück, unter dessen Wirkung sich das geschilderte Bild in der Hauptsache entwickelt: die abnehmende Wintertemperatur, die ebenfalls eine Folge der zunehmenden Kontinentalität ist, bestimmt die Zunahme in der Länge unserer Perioden beim Fortschreiten gegen Osten.

Über die Bestimmung des Niederschlagscharakters der einzelnen Monate.

Von J. Hoffmeister.

Es soll im folgenden versucht werden, zur Bestimmung des Niederschlagscharakters der einzelnen Monate die Niederschlagshäufigkeit an jedem einzelnen Tage des Jahres und zusammengefaßt zu fünftägigen Mitteln sowie die Anzahl der in einem Monat vorkommenden Niederschlags- und Trockenperioden heranzuziehen. Es wird dies an Hand eines Beispielles geschehen. Für Lüneburg sind für die 75 Jahre von 1855—1929 die Tage mit mindestens 0.1 mm Niederschlag ausgezählt worden, gesondert für jeden einzelnen Tag des Jahres, außerdem die Anzahl der Niederschlags- und Trockenperioden für jeden Monat, gesondert nach der Dauer der Perioden. Auf die gefallenen Mengen ist eine weitere Rücksicht hierbei nicht genommen worden.

Die Tabelle 1 gibt uns Auskunft über die Niederschlagshäufigkeit an den einzelnen Tagen und, besonders wenn man die Werte in Beziehung zu dem Monatsmittel setzt, damit auch über den monatlichen Verlauf. Danach scheint es in jedem Monat ausgezeichnete Punkte in der Kurve zu geben, die eine besonders hohe oder besonders niedrige Häufigkeitszahl aufweisen, von Schmauss¹⁾ Singularitäten genannt. Es erscheint aber zweifelhaft, daß ihnen in dem aus der Tabelle 1 ersichtlichen Maße eine ursächliche Bedeutung zukommt, vielmehr scheinen die Zahlen noch stark dem Zufall unterworfen zu sein, wie dies z. B. daraus hervorgeht, daß der Wert 28 vom 11. Januar zwischen 38 und 37 steht, der von 27 am 15. sogar zwischen zwei von 39. Es läßt sich noch eine Reihe ähnlicher, wenn auch meist nicht so extremer Fälle finden. Jedenfalls deutet dies darauf hin, daß auch die Reihe von 75 Jahren für die Auszählung noch zu kurz ist; man muß also bedeutend längere Reihen zur Verfügung haben, um einen von Zufällen unabhängigen durch einzelne Tage dargestellten Verlauf zu erhalten. Es werden dann vermutlich die offensichtlich nicht in der Natur begründeten Unstetigkeiten verschwinden. Man kann jedoch gerade die extremen Werte zur Charakterisierung der Monate verwenden, indem man z. B. die Maxima und Minima der

¹⁾ A. Schmauss, Singularitäten im jährlichen Witterungsverlaufe von München. Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1928. Bayern. S. B 1—22.

Tab. 1.

Anzahl der Fälle, daß in den 75 Jahren von 1855—1929 in Lüneburg ein Tag ein Niederschlagstag mit mindestens 0.1 mm Niederschlag war.

Tag	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1	34	34	39	37	36	29	39	37	36	29	31	39
2	36	41	39	34	37	27	36	40	40	38	36	36
3	42	43	37	26	39	37	33	37	33	38	36	41
4	45	40	34	35	29	34	41	38	30	36	41	40
5	36	35	40	36	33	33	34	35	29	42	39	36
6	35	34	42	32	25	27	34	41	33	37	37	45
7	37	29	37	35	26	31	42	36	36	33	38	39
8	35	33	48	32	26	35	41	37	40	34	40	40
9	35	34	42	33	32	36	28	37	30	37	43	37
10	37	40	38	36	36	33	38	33	33	31	28	38
11	28	29	39	36	35	40	33	35	27	34	37	36
12	38	33	36	33	39	32	34	38	34	37	40	46
13	39	31	37	38	43	34	31	36	32	43	38	39
14	39	28	32	35	37	38	26	32	40	41	33	40
15	27	32	28	29	30	39	29	36	41	40	35	39
16	39	35	30	26	31	30	32	34	29	37	39	45
17	39	38	37	35	32	27	38	42	30	34	39	46
18	30	39	32	33	33	35	34	37	36	38	40	37
19	36	37	32	32	31	34	41	36	32	31	37	40
20	39	29	27	25	35	33	36	37	28	36	38	36
21	38	32	33	31	34	39	34	35	28	36	36	38
22	38	30	33	32	31	39	38	42	34	35	37	29
23	39	34	31	27	26	41	37	40	38	33	36	37
24	36	34	31	30	36	36	42	35	31	37	38	30
25	36	35	39	35	33	36	43	34	28	31	36	36
26	44	31	31	39	27	38	42	38	24	31	37	40
27	38	38	39	36	29	41	38	42	26	36	40	37
28	40	40	40	36	32	32	39	36	26	34	36	36
29	42	(8)	27	34	33	41	41	33	33	42	39	45
30	45		31	35	32	35	42	40	36	35	39	42
31	35		41		30		43	45		40		42

Maxima der Häufigkeitszahlen.

45	43	48	38	43	41	43	45	41	43	43	46
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Minima der Häufigkeitszahlen.

27	28	27	26	25	27	26	32	24	29	28	29
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Differenz.

18	15	21	12	18	14	17	13	17	14	15	17
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Monatliche Mittel der Häufigkeitszahlen.

37.3	34.9	35.5	33.1	32.5	34.7	36.7	37.2	32.4	36.0	37.3	38.9
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Mittlere Zahl der Tage mit mindestens 0.1 mm Niederschlag (1855—1929).

15.4	13.0	14.7	13.2	13.4	13.9	15.2	15.4	13.0	14.9	14.9	16.1
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Mittlere Zahl der Tage mit mindestens 0.1 mm Niederschlag (1881—1925).

15.1	12.6	14.9	13.9	13.9	12.8	14.8	16.3	12.8	15.0	14.5	15.8
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Häufigkeitszahlen (Tabelle 1) für jeden Monat feststellt, die anders als die Monatsmittel den Vorzug haben, in gewissem Sinne von der Länge der Monate unabhängig zu sein. Diese Werte zeigen überraschenderweise im Jahresverlauf nur eine geringe Schwankung;

während aber die Maxima der Häufigkeitszahlen doch zwischen 38 im April und 48 im März sich bewegen, also um 10 verschieden sind, ergibt sich die Differenz der Minima aus 32 im August und 25 im Mai nur zu 7. Die Zahlen lassen offenbar schon einen im Hinblick auf ihren geringen Inhalt guten Schluß auf den Niederschlagscharakter der einzelnen Monate zu. Am günstigsten steht der April da, in dem kein Tag durch besonders hohe Häufigkeitswerte ausgezeichnet ist. Da auch die Minimalzahl niedrig ist, wird durch beide Umstände auf diesem Wege der April als ein Monat mit verhältnismäßig vielen schönen Wetterlagen gekennzeichnet, die sich im Laufe vieler Jahre ziemlich gleichmäßig über den ganzen Monat verteilen. Es ist dies ein hier noch nicht sicherer Schluß, den wir aber nachher auf andere Weise bestätigt finden werden. Ähnlich wie der April, aber nicht ganz so extrem, verhält sich der September, in dem die Maximalzahl höher, die Minimalzahl aber niedriger als im April ist. Die Extreme nach der anderen Seite stellt eine Reihe von Monaten dar, die sich nicht wesentlich unterscheiden, aber doch nicht durchweg auf eine Stufe gestellt werden können. Besonders der August zeichnet sich durch hohe Häufigkeitswerte aus, der einzige Monat, in dem die Minimalzahl für 75 Jahre 30 überschreitet. Die höchste Maximalzahl hat der März mit 48, doch hat er andererseits auch eine niedrige Minimalzahl, so daß hier die Differenz am größten von allen Monaten ist. Es deutet dies auf eine große Ungleichheit der Verteilung im Laufe dieses Monats hin. Im April beträgt diese Differenz nur 12. Es läßt dies auf eine gleichmäßige Verteilung der in diesem Monat auftretenden Wetterlagen schließen. Ob es sich um Schön- oder Schlechtwetterlagen handelt, läßt sich aus der absoluten Höhe der Zahlen ermitteln, die im April nur gering ist. Ob die mit Hilfe dieser ziemlich rohen Methode gewonnenen Anhaltspunkte für die Charakteristik der einzelnen Monate eine genügende Sicherheit haben, muß erst weiter unten mit Hilfe feinerer Methoden festgestellt werden.

Die Darstellung der Niederschlagshäufigkeit nach einzelnen Tagen ließ gewisse Unstetigkeiten im Verlauf der Kurve erkennen, die wir nicht als ursächlich begründet ansehen konnten. Eine wesentlich höhere Sicherheit im Verlauf muß selbstverständlich den 5tägigen Mitteln der Häufigkeitszahlen (Tabelle 2, Fig. 1) zuerkannt werden, wenn die Kurve auch noch eine unruhige Form hat. Bemerkenswert sind einige Spitzen und Senken, denen wohl, wenn auch nicht dem

Tab. 2.

Fünftägige Mittel der Häufigkeitszahlen der Tage mit mindestens 0.1 mm Niederschlag für 75 Jahre (1855—1929) in Lüneburg.

Januar		März		Mai		Juli		Sept.		Nov.	
1—5	38.6	2—6	38.4	1—5	34.8	30—4	36.8	3—7	32.2	2—6	37.8
6—10	35.8	7—11	40.8	6—10	29.0	5—9	35.6	8—12	32.8	7—11	37.2
11—15	34.2	12—16	32.6	11—15	36.8	10—14	32.4	13—17	34.4	12—16	37.0
16—20	36.6	17—21	32.2	16—20	32.4	15—19	34.8	18—22	31.6	17—21	38.0
21—25	37.4	22—26	33.0	21—25	32.0	20—24	37.4	23—27	29.4	22—26	36.8
26—30	41.8	27—31	35.6	26—30	30.6	25—29	40.6	28—2	32.4	27—1	38.6

Febr.		April		Juni		August		Okt.		Dez.	
31—4	38.6	1—5	33.6	31—4	31.4	30—3	39.8	3—7	37.2	2—6	39.6
5—9	33.0	6—10	33.6	5—9	32.4	4—8	37.4	8—12	34.6	7—11	38.0
10—14	32.2	11—15	34.2	10—14	35.4	9—13	35.8	13—17	39.0	12—16	41.8
15—19	36.2	16—20	30.2	15—19	33.0	14—18	36.2	18—22	35.2	17—21	39.4
20—24	31.8	21—25	31.0	20—24	37.6	19—23	38.0	23—27	33.6	22—26	34.4
25—1	36.6	26—30	36.0	25—29	37.6	24—28	37.0	28—1	36.4	27—31	40.4
						29—2	38.8				

absoluten Betrage nach, ein Wirklichkeitswert innewohnt. Bemerkenswert ist das Maximum der Häufigkeit bei allgemein fallender Tendenz in der letzten Januarpentade, sowie das ebenfalls stark ausgeprägte Maximum in der zweiten Märzpentade. Sie werden flankiert von Minima, die verhältnismäßig tief liegen. Das Minimum der dritten Januarpentade fällt zusammen mit einem Minimum der Temperatur. Um diese Zeit treten häufig Hochdruckwetterlagen auf mit klarem Himmel ohne Niederschläge und niedrigen Temperaturen. Auch das Minimum der dritten Februarpentade verdankt diesem Umstand sein

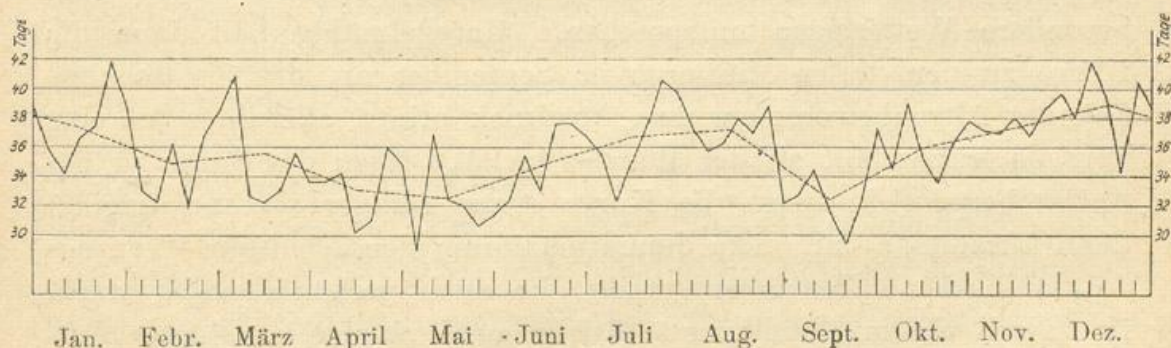


Fig. 1.

Jährlicher Verlauf der Niederschlagshäufigkeit nach 5tägigen (—) und monatlichen (---) Mitteln in Lüneburg (1855—1829). (Anzahl der Tage mit mindestens 0.1 mm Niederschlag in den 75 Jahren.)

Bestehen. Umgekehrt sind die Maxima im Winter, wenn auch nicht so ausgeprägt, meist an Maxima der Temperatur gebunden. Warme feuchte Luft vom Ozean gibt also den Grund für die Entstehung ab. Auch im weiteren Verlauf ist die Kurve sehr unruhig. Hierbei tritt die Beziehung zum Temperaturverlauf infolge des raschen Anstiegs der Temperatur weniger in die Erscheinung. Fast jeder Monat hat einen charakteristischen Maximal- oder Minimalpunkt zu verzeichnen. Für den April ist das Minimum in der 4. Pentade, eine Häufung von Schönwetterlagen meist zur Zeit der Obstblüte, ein Maximum in der 6. Pentade charakteristisch. Im Mai ist dann besonders bemerkenswert das überhaupt niedrigste Pentadenminimum vom 6.—10. Mai, dem unmittelbar das Maximum des Monats folgt. Es scheint dies mit den Wetterlagen zur Zeit der Eismänner zusammenzuhängen. Nach vorwiegend schönem Wetter, bei dem aber auch niedrige Strahlungstemperaturen vorkommen, folgt niederschlagsreiches, kaltes Wetter mit zum Teil klaren Nächten, die die für Lüneburg wenigstens für die Periode 1881—1928 nachgewiesene größere Frosthäufigkeit¹⁾ vom 11.—14. Mai hervorrufen. Ende Mai ist die Niederschlagshäufigkeit verhältnismäßig gering. Sie steigt dann aber zu einem größeren Werte in der 3. Junipentade an, der mit den Kaltlufterbrüchen zur Zeit der Schafkälte zusammenhängt. Die Häufigkeit wird Ende Juni noch größer und jetzt offenbar durch die zahlreichen Gewitterregen zur Zeit stärkerer Erwärmung des Landes hervorgerufen. Auffallend ist das tiefe Minimum der 3. Julipentade, in der die Mitteltemperatur etwa die gleiche wie in der letzten Pentade ist, wo ein ziemlich hohes Maximum der Niederschlagshäufigkeit erreicht wird. Es kann also als Ursache in diesem Falle wohl eine mehr oder weniger starke Gewittertätigkeit nicht allein in Frage kommen, vielmehr müssen wohl besondere Wetterlagen mitsprechen. Unregelmäßig fällt dann die Kurve zu dem tiefen Minimum im September ab, das die trockene Zeit des Altweibersommers zum Ausdruck bringt, allerdings um eine Pentade früher fällt als der Wärmerückfall. Nach der Spitze in der 3. Oktoberpentade steigt die Kurve etwas ruhiger an und erreicht dann zusammen mit dem Januarmaximum den höchsten Wert des Jahres in der 3. Dezemberpentade, die auch verhältnismäßig warm ist. Nach einem Abfall zur 5. erfolgt noch einmal ein starker Aufstieg zur letzten Pentade, in der häufig wandernde Zyklonen Hochdruckwetterlagen beenden.

¹⁾ J. Hoffmeister, Das Klima Niedersachsens. Hannover 1930.

Wesentlich ausgeglichener ist die Kurve der monatlichen Mittel (Tabelle 1, Figur 1), die die größte Häufigkeit im Dezember erkennen läßt, ein sekundäres Maximum im August. Sie werden getrennt durch 2 ziemlich gleich tiefe Minima im Mai und September.

Bei allen diesen Betrachtungen muß man berücksichtigen, daß die in den Häufigkeitszahlen auftretenden Differenzen gegenüber der möglichen Zahl von 75 doch ziemlich klein sind.

Der Vollständigkeit wegen seien noch die mittleren monatlichen Zahlen der Tage mit mindestens 0.1 mm Niederschlag angegeben (Tab. 1), durch die aber der jährliche Verlauf infolge der ungleichen Länge der Monate weniger gut dargestellt wird als durch die täglichen Häufigkeitszahlen. Zum Vergleich werden sowohl die 75jährigen Mittel für 1855—1929, als auch die 45jährigen für 1881—1925 mitgeteilt. Man erkennt, daß bis auf den Juni und August die Unterschiede nicht sehr erheblich sind. Während in der 45jährigen Reihe der August deutlich als niederschlagsreicher, also maritimer als der Juli erscheint, steht er in der 75jährigen Reihe mit dem Juli ziemlich auf gleicher Stufe.

Im folgenden werden zur Beurteilung des Niederschlagscharakters der Monate weiter die Zahlen der Niederschlags- und Trockenperioden herangezogen (Tabelle 3 und 4). Beide sind nicht unabhängig voneinander. Da auf eine Niederschlagsperiode stets eine Trockenperiode folgt, kann die Anzahl der Trockenperioden von der der Niederschlagsperioden höchstens um 1 verschieden sein, und zwar gilt dies für jeden beliebigen Zeitabschnitt. Ist also m die Anzahl der Niederschlagsperioden, so kann die Zahl der Trockenperioden in demselben Zeitraum nur zwischen $m + 1$ und $m - 1$ schwanken. Aber auch die Gesamtzahl der Perioden ist beschränkt; offenbar erhält man die Höchstzahl der Perioden, wenn ihre Dauer stets nur einen Tag beträgt, also die Summe sämtlicher Perioden gleich der Anzahl der Tage ist. Hat man eine Periode von n Jahren, darunter a Schaltjahren, so beträgt die Anzahl aller Perioden im Höchsthalle also $n \cdot 365 + a$, die der Niederschlags- oder Trockenperioden allein also höchstens $\left[\frac{n \cdot 365 + a}{2} \right]$, wobei die eckige Klammer bedeuten soll, daß, wenn der Zähler ungerade ist, für die eine Zahl die nächst höhere bzw. niedrigere ganze Zahl zu wählen ist. Auch in den einzelnen Monaten kann die Differenz zwischen den Zahlen der Niederschlags- und Trockenperioden nicht beliebig sein. Da für einen Monat

Tab. 3.

Anzahl der Niederschlagsperioden in den 75 Jahren von 1855—1929 in Lüneburg.

Dauer der Periode in Tagen	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktober	Novbr.	Dezbr.	Jahr	Anzahl der Tage
1	155	139	139	160	169	152	171	172	166	141	160	170	1894	1894
2	93	76	81	77	79	87	80	83	69	82	93	92	992	1984
3	36	33	51	30	52	45	62	58	44	55	39	47	552	1656
4	34	26	29	29	26	26	29	24	32	33	33	32	353	1412
5	22	17	16	10	19	24	21	34	6	31	17	26	243	1215
6	11	19	17	17	14	14	14	13	17	13	15	7	171	1026
7	8	8	9	11	8	9	9	7	4	6	10	20	109	763
8	11	3	7	10	6	5	9	6	5	6	4	9	81	648
9	8	7	9	6	2	2	9	4	3	5	2	7	64	576
10	7	5	2	3	—	4	2	2	4	6	7	2	44	440
11	2	2	5	3	4	5	2	4	3	2	2	—	34	374
12	2	—	1	1	1	1	2	3	2	1	2	1	17	204
13	3	2	2	—	2	1	1	—	2	1	3	3	20	260
14	1	1	1	—	1	—	—	—	1	2	1	2	10	140
15	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	3	45
16	—	1	—	1	1	—	—	1	—	—	—	1	5	80
17	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	2	34
18	—	—	1	1	1	—	1	—	1	—	1	—	6	108
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	19
20	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	1	—	3	60
21	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	21
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	23
Mittlere Dauer einer Periode	3.0	2.9	3.0	2.8	2.6	2.7	2.8	2.8	2.7	2.9	2.9	2.9	2.8	
Zusammenfassung.														
1—3	284	248	271	267	300	284	313	313	279	278	292	309	3438	5534
4—6	67	62	62	56	59	64	64	71	55	77	65	65	767	3653
7—9	27	18	25	27	16	16	27	17	12	17	16	36	254	1987
10—12	11	7	8	7	5	10	6	9	9	9	11	3	95	1018
13—15	4	4	3	—	3	1	1	1	3	4	4	5	33	445
16—18	—	1	1	2	2	—	2	1	1	—	1	2	13	222
19—21	1	—	—	—	—	1	—	1	—	—	2	—	5	100
22—24	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	23
Anzahl der Perioden ≥ 10 Tage	16	12	12	9	10	12	9	12	14	13	18	10	147	1808

jedes Jahres die Differenz zwischen beiden Periodenzahlen höchstens 1 beträgt, können sich für die n Jahre die Periodenzahlen in einem Monat höchstens um n unterscheiden, in unserem Falle von Lüneburg also um höchstens 75. Dieser Fall tritt jedoch äußerst selten ein, meist ist die Differenz bedeutend geringer (s. Tabelle 6). Man erkennt aber jedenfalls aus diesen Beziehungen, daß es bei der Verteilung der Perioden im wesentlichen auf die Verschiebung der Perioden innerhalb der gegebenen Grenzen ankommt.

Tab. 4.

Anzahl der Trockenperioden in den 75 Jahren von 1855—1929 in Lüneburg.

Dauer der Periode in Tagen	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktober	Novbr.	Dezbr.	Jahr	Anzahl der Tage
1	171	127	151	146	114	151	179	181	134	145	177	188	1864	1864
2	71	67	67	60	88	75	84	73	71	82	71	90	899	1798
3	46	46	37	32	51	39	42	51	46	39	51	46	526	1578
4	38	25	25	34	34	31	23	33	21	30	28	28	350	1400
5	19	13	26	20	31	22	18	29	19	23	23	15	258	1290
6	12	15	14	15	13	16	10	16	15	15	13	18	172	1032
7	6	12	11	13	9	12	15	8	18	11	15	7	137	959
8	9	4	8	13	10	9	10	7	11	10	4	4	99	792
9	6	6	5	9	7	4	7	5	5	6	1	5	66	594
10	3	4	9	7	3	11	3	7	7	3	2	3	62	620
11	5	5	4	8	3	3	5	2	6	3	3	5	52	572
12	3	2	3	1	5	—	1	1	5	2	1	1	25	300
13	—	2	3	3	4	1	1	1	2	1	4	1	23	299
14	1	—	1	2	4	1	4	1	—	2	—	—	16	224
15	2	4	1	—	1	1	—	1	1	—	1	—	12	180
16	1	3	—	—	1	1	3	—	3	1	—	1	14	224
17	—	3	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	5	85
18	—	—	—	1	—	1	—	—	2	2	1	—	7	126
19	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	19
20	1	—	3	1	—	—	—	—	—	—	—	1	6	120
21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	21
22	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	3	66
23	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	23
24	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	2	48
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	26
30	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	30
38	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	2	76
42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	42
Mittlere Dauer einer Periode	2.9	3.3	3.3	3.5	3.4	3.2	2.9	2.8	3.5	3.2	2.8	2.7	3.1	

Zusammenfassung.

1—3	288	240	255	238	253	265	305	305	251	266	299	324	3289	5240
4—6	69	53	65	69	78	69	51	78	55	68	64	61	780	3722
7—9	21	22	24	35	26	25	32	20	34	27	20	16	302	2345
10—12	11	11	16	16	11	14	9	10	18	8	6	9	139	1492
13—15	3	6	5	5	9	3	5	3	3	3	5	1	51	703
16—18	1	6	—	1	1	3	3	—	5	3	1	2	26	435
19—21	1	—	3	1	—	1	—	—	—	—	1	1	8	160
22—24	1	—	1	1	—	—	—	1	—	1	—	1	6	137
25—27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	26
28—30	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	30
38	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	2	76
42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	42
Anzahl der Perioden ≥ 10 Tage	17	23	25	25	21	22	17	14	27	16	14	14	235	3101

Die oberen Teile der Tabellen 3 und 4 geben ein genaues Bild der Verteilung der einzelnen Perioden. Die Aufschlüsse, die man aus ihnen erhält, sind zum Teil bemerkenswert. Man erkennt das Überwiegen der einzelnen Tage selbst über die 2tägigen Perioden, das Abnehmen der Perioden mit wachsender Periodenlänge, das aber bei den höheren Perioden nicht mehr durchweg gilt. Doch ist dies dann offenbar auf die verhältnismäßige Kürze der Beobachtungszeit zurückzuführen, wenn auch manche längere Perioden eine Neigung zu größerer Häufigkeit zu haben scheinen. Maximum und Minimum in den verschiedenen Perioden schwanken stark hin und her, ein Zeichen

Tab. 5.

Prozente der zu den einzelnen Gruppen der Tab. 3 u. 4 gehörigen Niederschlags- und Trockentage von der Gesamtzahl der Tage eines Monats.

Peri- oden (Tage)	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Niederschlagstage.													
1-3	19.3	18.4	19.5	18.0	20.8	20.5	22.2	22.0	19.4	20.2	20.6	21.3	20.2
4-6	13.4	14.3	12.8	11.9	12.2	13.7	13.1	14.8	11.6	15.7	13.6	12.9	13.3
7-9	9.3	6.7	8.6	9.4	5.2	5.4	9.3	5.7	4.2	5.8	5.3	11.8	7.3
über 9	8.2	6.7	6.2	4.8	5.6	6.2	4.9	6.5	7.9	6.4	10.0	5.7	6.6
Trockentage.													
1-3	19.4	18.8	17.0	16.1	19.1	18.6	20.3	20.6	18.4	18.3	21.0	21.8	19.1
4-6	13.7	12.0	13.5	14.5	15.9	14.7	10.4	16.0	12.0	14.0	13.6	12.7	13.6
7-9	7.2	8.0	8.0	12.3	8.9	8.5	10.7	6.8	11.5	9.1	6.5	5.4	8.6
über 9	9.6	14.4	13.8	14.6	11.3	13.2	9.2	7.3	16.0	10.5	8.8	8.0	11.3

noch zu großer Unausgeglichenheit. Man müßte ein mehr gleichmäßiges Verhalten aufeinanderfolgender Perioden erwarten. Bei den Niederschlagsperioden liegt das Maximum z. B. bei den eintägigen Perioden im August, bei den 2tägigen im November und Januar, bei den 3tägigen im Juli usw. Daß hier durchweg wirkliche Ursachen vorliegen, ist sehr zweifelhaft; immerhin können wohl einige mitwirken.

Einen wesentlich klareren Überblick erhält man schon durch Zusammenfassung der Zahlen von je 3 Periodenlängen, wobei aber natürlich die Feinheiten zum Teil verloren gehen. Hier gilt schon bis zu den 12tägigen Perioden stets die Abnahme der Anzahl der Perioden mit Zunahme der Länge. Man kann auch mit Hilfe der gewonnenen Zahlen eine Charakteristik der einzelnen Monate geben, wobei sich allerdings die ungleiche Länge der Monate etwas störend bemerkbar macht. Nur beim Vergleich innerhalb derselben Spalte

kommt natürlich dieser Mangel nicht in Frage. Jeder Monat hat seine Eigentümlichkeiten; es lassen sich die Monate nicht in eine Rangfolge einordnen, da ihr Verhalten für die verschiedenen Perioden ganz verschieden ist. Immerhin kann man von einigen extremen Monaten sprechen. Man erkennt dies für April und September auf der einen Seite, Dezember, Juli und August auf der anderen.

Einen wesentlichen Beitrag zur Bestimmung des Niederschlagscharakters liefert aber die mittlere Dauer der Niederschlags- und Trockenperiode; sie läßt besonders deutlich in den Trockenperioden wieder das extreme Verhalten von April und September erkennen, während aber die geringste mittlere Dauer der Niederschlagsperioden

Tab. 6.

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Anzahl der Niederschlagsperioden (1855—1929).												
394	340	370	359	385	376	413	413	360	385	391	420	4606
Anzahl der Trockenperioden (1855—1929).												
395	338	369	367	378	381	405	417	367	377	397	415	4606
Summe.												
789	678	739	726	763	757	818	830	727	762	788	835	9212
Prozente der Summe von Niederschlags- und Trockenperioden von der Zahl der möglichen Perioden.												
33.9	32.8	31.8	32.3	32.8	33.6	35.2	35.7	32.3	32.8	35.0	35.9	33.6

der Mai hat. Die längsten Niederschlagsperioden haben durchschnittlich Januar und März, die kürzeste Trockenperiode der Dezember. Allgemein sind die Differenzen nur gering. Den Zusammenstellungen der Tabellen 3 und 4 haften noch Mängel an. Zunächst ist die ungleiche Länge der Monate nicht ausgeschaltet, die sich doch zum Teil unangenehm bemerkbar macht. Dann sind in der unteren Zusammenfassung die einzelnen Gruppen in sich nicht homogen, da sie aus Perioden verschiedener Länge zusammengesetzt sind, vorausgesetzt, daß man als Grundeinheit stets 1 Tag wählt. Es muß dies bei Vergleichen berücksichtigt werden. Die Schwierigkeiten werden vermieden, wenn statt der Perioden die Tage betrachtet werden, die zu einer Periodengruppe gehören. Die Ungleichheit der Monate wird ausgeschaltet, indem man die Zahl der Periodentage in Prozenten der möglichen Tage darstellt, wobei aber zu beachten ist, daß die Summe der Prozente eines Monats meist nicht 100 ergibt, da die Perioden zum Teil in die nächsten Monate hinüberrauchen. Die

so gewonnenen Prozentzahlen (Tabelle 5) sind zu Vergleichen in der Spalte und in der Zeile gut geeignet.

Einen weiteren Beitrag zur Charakterisierung der einzelnen Monate geben die Summen der Perioden (Tabelle 6). Je größer die Summen von Niederschlags- und Trockenperioden sind, desto öfter hat regnerisches mit trockenem Wetter gewechselt. Die Summen sind also ein Maß für die Veränderlichkeiten des Wetters in den einzelnen Monaten. Dadurch, daß man sie in Beziehung setzt zu der Zahl der überhaupt möglichen Perioden in einem Monat, die mit der Gesamtzahl der Tage eines Monats in den 75 Jahren übereinstimmt, erzielt man eine bessere Vergleichbarkeit. Am höchsten ist die Veränderlichkeit im Dezember, August und Juli. In den beiden Sommermonaten macht das Auftreten von Gewittern mit starkem Regen zwischen trockenen Tagen die Veränderlichkeit so hoch, im Dezember sind es Tage mit geringen Niederschlägen zwischen trockenen. Eine Reihe von Monaten, besonders der März, April und September, weist eine gewisse Beständigkeit auf. Bei den beiden letzten Monaten entspricht dies den Anschauungen, die wir auf andere Weise von ihrem Charakter gewonnen haben, für den März ist das Ergebnis etwas überraschend. Man darf übrigens nicht übersehen, daß dem absoluten Betrage nach die Schwankung nur wenig mehr als 4% ausmacht.

Die bis jetzt gewonnenen Zahlen genügen im allgemeinen schon, um von dem Charakter der Niederschlagshäufigkeit der einzelnen Monate ein deutliches Bild zu geben.

Greift man zunächst den April heraus, so findet man, daß er in gewissem Sinne ein extremer Monat ist. Er ist verhältnismäßig trocken, kein Tag hat eine besonders hohe Niederschlagshäufigkeit (Tabelle 1). Ausgesprochen günstig ist die Zeit vom 16.—20. mit vielen trockenen Tagen, während am Ende des Monats wieder häufiger mit schlechtem Wetter zu rechnen ist (Tabelle 2). Die Wetterlagen sind ziemlich beständig (Tabelle 6). Die mittlere Dauer der Niederschlagsperioden ist gering (Tabelle 3), die der Trockenperioden hoch (Tabelle 4). Es treten in ihr nur wenig kurze bis 6tägige Niederschlags- und zum Teil auch Trockenperioden auf, während die Zahl der mittleren 7—9tägigen Perioden ziemlich hoch ist (Tabelle 5). Wenn also im April einmal schlechtes oder schönes Wetter einsetzt, so hält es längere Zeit an; doch überwiegen bei weitem die Trockenperioden, besonders wenn man noch die ganz langen von mindestens 10 Tagen beachtet. Die Niederschlagsperioden von dieser Länge sind

in keinem Monat so selten wie im April, während die Zahl der Trockenperioden die zweithöchste ist. Einen ähnlichen Charakter wie der April hat der September, doch ist in ihm die Häufigkeit etwas ungleicher verteilt als im April. Sonst ist er der Monat mit der geringsten Zahl von Regentagen; besonders selten fallen Niederschläge vom 23. bis 27. Die mittlere Dauer der Trockenperioden ist ebenso groß wie im April. Die Beständigkeit des einmal eingetretenen Wetters ist ziemlich groß. Er unterscheidet sich vom April aber dadurch, daß die langen Perioden im allgemeinen von noch größerer Dauer sind. Kein Monat hat so viel 10tägige und längere Trockenperioden wie der September. Etwa in jedem dritten Jahre ist mit einer solchen zu rechnen. Auch die Zahl der längeren Niederschlagsperioden ist bedeutend, von denen auf 5 Jahre durchschnittlich eine entfällt. Ein weiterer Monat von geringer Niederschlagshäufigkeit ist der Mai. Die Verteilung auf den Monat ist jedoch ziemlich ungleich. Zu Anfang und etwas vor Mitte des Monats fallen häufig Niederschläge, während die anderen Zeiten zum Teil besonders trocken sind. Die Beständigkeit des Wetters ist aber nicht so groß wie im April. Die mittlere Dauer der Niederschlagsperioden ist besonders kurz. Die Verteilung der Perioden ist anders als im April, die kurzen sind zahlreicher, während die langen mehr zurücktreten. Es ist dies auf die schon häufiger auftretenden Gewitter zurückzuführen. Man kann diese 3 Monate als extrem insofern bezeichnen, als sie im großen und ganzen doch den Charakter eines trockenen Monats haben, wenngleich ihr Verhalten im einzelnen zum Teil dem Extrem nach der anderen Seite zustrebt (mittlere Perioden im April, lange Perioden im September). Eine genaue Stufenfolge der Monate läßt sich, wie schon oben betont wurde, überhaupt nicht angeben, da jeder Monat seine Eigenarten hat. Doch kann man wohl die Monate Dezember, Januar, November, August und Juli zu den extrem engengesetzten rechnen. Der Dezember hat die höchste Niederschlagshäufigkeit, die besonders vom 12. bis 16. bedeutend ist. Sie kommt aber nicht durch lange Niederschlagsperioden zustande, sondern es tragen vornehmlich die kleinen und besonders die mittleren dazu bei. Es äußert sich dies auch wieder in der Veränderlichkeit, die im Dezember von allen Monaten am höchsten ist. Die mittlere Dauer der Trockenperioden ist im Dezember am kürzesten. Lange Trockenperioden sind verhältnismäßig selten. In den 75 Jahren sind nur 10 von mindestens 10 Tagen Dauer beobachtet worden. Der Charakter des November

hat große Ähnlichkeit mit dem des Dezember. Abgesehen von einer geringeren Häufigkeit und gleichmäßigeren Verteilung des Niederschlags über den Monat besteht ein wesentlicher Unterschied darin, daß hier neben den kurzen Perioden besonders die ganz langen stark vertreten sind. Sie überragen in ihrer Bedeutung die der anderen Monate bei weitem. Es sind 18 in den 75 Jahren vorgekommen, d. h. etwa in jedem vierten Jahre muß man mit einer rechnen. Der Charakter des Januar ist etwas verschieden. Die Gesamthäufigkeit ist zwar dieselbe wie im November, und die Verteilung ist ebenso ungleichmäßig wie im Dezember. Aber das Schwergewicht verschiebt sich doch etwas von den kürzeren nach den längeren Perioden zu. Die mittlere Dauer einer Niederschlagsperiode ist höher, die Veränderlichkeit etwas geringer. Bei den Trockenperioden ist dies auf die im Januar häufiger auftretenden Hochdruckwetterlagen mit klarem, niederschlagsfreiem Frostwetter zurückzuführen. Von diesen 3 extremen Herbst- und Wintermonaten unterscheiden sich der Juli und August bei vielen ähnlichen Zügen im wesentlichen dadurch, daß die mittleren und die langen Niederschlagsperioden zurücktreten. So hat der Juli mit dem April zusammen die geringste Zahl Niederschlagsperioden von 10 tägiger und längerer Dauer. Im August ist dies nicht so ausgeprägt. Dafür sind dort aber die mittlerer Länge weniger von Bedeutung. Sonst besteht ein wesentlicher Unterschied noch darin, daß zur Zahl der trockenen Tage in erheblichem Maße die kurzen Perioden beitragen. Die Veränderlichkeit ist in beiden Monaten ziemlich gleich, die Verteilung im August aber gleichmäßiger. Die noch bleibenden 4 Monate nehmen zum Teil durchaus keine Mittelstellung ein. Eine gewisse Verwandtschaft zeigen der Februar und März. Die Häufigkeit ist nicht sehr verschieden. Charakteristisch ist für beide der große Anteil der langen Trockenperioden an den trockenen Tagen. Es ist dies auch beim März wohl noch auf das Auftreten von winterlichen Hochdruckwetterlagen zurückzuführen. Die isolierten Trockentage treten besonders im März stark zurück. Bemerkenswert ist die große mittlere Dauer der Niederschlagsperioden und die geringe Veränderlichkeit im März, die aber nicht auf das Hervor- oder Zurücktreten extremer Perioden zurückzuführen ist. Die Schwankung der Häufigkeitszahlen ist in ihm besonders extrem. Teilweise Übereinstimmung mit Februar und März zeigt der Juni, der wie alle Monate des Vorfrühlings und Frühlings viele lange Trockenperioden hat und sich dadurch scharf von den eigentlichen Sommermonaten Juli und August unterscheidet. Er hat aber an

deren Charakter auch gewisse Anklänge, die in der Veränderlichkeit deutlich zum Ausdruck kommen. Der Oktober nimmt im Herbst eine ziemlich isolierte Stellung ein, er hat eine ziemlich hohe Niederschlagshäufigkeit, wodurch er sich scharf von dem September mit seinen Trockenperioden trennt, wenn auch die längste überhaupt vorgekommene Trockenperiode überwiegend gerade auf den Oktober gefallen ist. Von dem November trennt ihn der geringe Anteil ganz langer Niederschlagsperioden. Charakteristisch ist für ihn das Hervortreten 4—6tägiger Niederschlagsperioden. Sonst ähnelt er dem Juni, mit dem er auch die gleichmäßigere Verteilung der Niederschlagshäufigkeit gemeinsam hat.

Über den jährlichen und monatlichen Anteil des Schnees an der Gesamtmenge des Niederschlags.

Von A. Dieckmann.

Für eine umfangreiche Darstellung allgemeiner Schneeeverhältnisse in Deutschland benutzte Hellmann¹⁾ die Ergebnisse von Niederschlagsmessungen, bei denen der Beobachter bereits in der Weise die Trennung der Niederschlagsmessungen vorgenommen hatte, daß Schneemengen in den Aufzeichnungen stets von Niederschlägen anderer Art getrennt wurden, insbesondere, wenn an einem Tage etwa Schnee und Regen gefallen waren.

So konnte mit Rücksicht auf eine gewisse Unsicherheit, die den winterlichen Niederschlagsmessungen gegenüber den sommerlichen überhaupt anhaftet, der wahre Anteil des Schnees an der Gesamtmenge des Niederschlages mit größter Annäherung festgestellt werden.

Die Untersuchung von Hellmann beruht auf durchweg 20—30jährigen Mitteln.

Später unterblieb allgemein die Trennung der Niederschlagsmengen nach der Art ihrer Herkunft. Es war nicht mehr möglich, den Anteil des Schnees direkt aus den Beobachtungsjournalen zu entnehmen.

G. Schwalbe²⁾ gab dann eine Methode an, wie der Anteil des Schnees zu berechnen ist, wenn der Beobachter sorgfältige Angaben

¹⁾ G. Hellmann, Die Niederschläge in den norddeutschen Stromgebieten. Berlin 1906. Bd. I, S. 229 ff.

²⁾ G. Schwalbe, Über Regenwindrosen und über den Anteil des Schnees an der Gesamtmenge des Niederschlags. Ber. Tät. Pr. Met. Inst. 1914. Berlin 1915. S. 102 ff.

über die Form des Niederschlags gemacht hat, obgleich die Niederschlagsmengen immer nur für 24 Stunden angegeben sind.

Danach ist der wahre Anteil des Schnees dargestellt durch die Mengen, die als reine Schneemessungen bezeichnet sind (die also unzweifelhaft nur von Schnee herrühren) und zusätzlich durch die Hälfte jener Niederschlagsmengen, die von Schnee und Regen zugleich gebildet werden. Dabei werden als reine Schneemengen auch solche bezeichnet, an denen ausdrücklich nur einige Regentropfen beteiligt sind und umgekehrt als Regenmengen solche Messungen, die nur einige Schneeflocken enthalten.

Diese Methode wandte Schwalbe an auf die beiden Stationen Potsdam und Kassel. Es ergab sich eine große Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Hellmann: der Unterschied des Jahresanteils des Schnees ergab nur 2⁰/₁₀. Das Ergebnis würde, da Hellmann 20—25 jährige Mittel verwandte, hinreichend genau sein, und die Richtigkeit der Methode wäre nachgewiesen, wenn nicht leicht angenommen werden könnte, daß bei den dreijährigen Mittelwerten, die Schwalbe zugrunde legt (1911/1913), nur eine zufällige Übereinstimmung vorläge.

Sowohl aus diesem Grunde, als um eine längere Beobachtungsreihe auf diese Verhältnisse hin zu untersuchen und einen Beitrag zu einer späteren regional umfassenden Arbeit zu liefern, sollen hier nach der genannten Methode die Ergebnisse von 3 norddeutschen Stationen, Breslau, Emden und Kleve mitgeteilt werden. Die Mittelwerte wurden berechnet aus der 20jährigen Reihe von 1893 bis 1912.

Wie bei einem Vergleich 20jähriger Mittel des Gesamtniederschlags die Jahresmittel untereinander eine größere Übereinstimmung als die Mittelwerte der einzelnen Monate zeigen, stimmen auch hier die Jahresmittel des Schneeanteils mit den von Hellmann gefundenen besser, ja geradezu völlig überein. Nach Tabelle 1 ergeben die Mittelwerte für die Jahre 1893 bis 1912 abgerundet die gleichen Prozentwerte, die Hellmann fand.

Tab. 1. Anteil des Schnees am Gesamtniederschlag.

Breslau	(1859—1879)	14 ⁰ / ₁₀	(1893—1912)	14.2 ⁰ / ₁₀
Emden	(1855—1879)	9 ⁰ / ₁₀	(1893—1912)	8.6 ⁰ / ₁₀
Kleve	(1849—1879)	7 ⁰ / ₁₀	(1893—1912)	7.4 ⁰ / ₁₀

Die dazu gehörigen Schneemengen in mm sind in Tabelle 2 gegeben.

Tab. 2. Schneemenge in mm.

Breslau . . .	(nach Hellmann)	76.4	(1893—1912)	82.4
Emden . . .	"	66.1	(1893—1912)	61.2
Kleve . . .	"	59.6	(1893—1912)	54.8

Mit der neuen Methode wird das alte Ergebnis bestätigt, daß der Jahresanteil des Schnees wenigstens im norddeutschen Flachland von Osten nach Westen langsam abnimmt.

In Ostpreußen rühren 16% aller Niederschläge von Schnee her, in Trier nur noch 5%. In den Gebirgen steigt der Schneeanteil auf über 30% an.

Die genannten neuen Mittelwerte (1893—1912) setzen sich nun zusammen aus den reinen Schneemessungen (trockener Schnee) und der Hälfte der Messungen, die Schnee und Regen zugleich enthalten. Der Anteil der beiden Komponenten der Gesamtschneemenge ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tab. 3.
1893—1912.

	Reine Schneemengen in		Schnee und Regen in	
	% des Ges.-Niederschl.	mm	% des Ges.-Niederschl.	mm
Breslau . . .	12	68.4	2	14.4
Emden . . .	7	47.3	2	13.9
Kleve . . .	5	36.2	3	19.6

Die zusätzliche Menge ist klein. Sie ist in Kleve, der am weitesten westlich gelegenen Station, am größten. Ob vielleicht eine allgemeine langsame Zunahme des Anteils der Messungen, die von Schnee und Regen herrühren, von Osten nach Westen vorliegt, kann erst unter Hinzunahme einer größeren Zahl von Stationen gesagt werden.

Daraus würde sich ergeben, daß die Sicherheit der Ergebnisse, die mit dem hier angewandten Verfahren berechnet sind, von Osten nach Westen abnimmt.

Es darf wohl angenommen werden, daß die Methode geeignet ist, mit hinreichender Genauigkeit den mittleren jährlichen Anteil des Schnees am Niederschlag zu bestimmen.

Anders allerdings liegen die Dinge bei Betrachtung der mittleren monatlichen Werte. Hier treten größere Unterschiede gegenüber den von Hellmann gegebenen Zahlen auf. Die Differenzen sind wohl darauf zurückzuführen, daß in beiden Fällen die benutzten Reihen für diesen Zweck noch nicht ausreichen. Es wird notwendig sein,

und zur Verringerung des möglichen Fehlers noch mehr, als bei der Berechnung von langjährigen Mittelwerten des Gesamtniederschlags, längere als etwa zwanzigjährige Reihen zu verwenden. Vergl. Tab. 4 und 5.

Tab. 4. Anteil des Schnees an der Gesamtmenge des Niederschlags (1893—1912).

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V
Mittl. monatl. Anteil des reinen Schnees in mm.								
Breslau . . .	0.3	7.2	12.7	13.5	13.5	15.7	5.5	0.0
Emden . . .	—	3.4	9.7	16.2	9.7	6.3	2.4	—
Kleve . . .	0.0	1.6	4.9	9.3	11.5	5.6	2.3	0.0
Zusätzl. Anteil aus Schnee und Regen in mm.								
Breslau . . .	0.4	2.4	2.5	2.2	2.1	2.9	1.3	0.6
Emden . . .	0.0	1.0	3.0	2.3	4.3	2.7	0.6	—
Kleve . . .	—	1.9	3.3	2.6	3.8	5.6	2.2	0.2
Mittl. monatl. Gesamtmenge des Schnees in mm.								
Breslau . . .	0.7	9.6	15.2	15.7	15.6	18.6	6.8	0.6
Emden . . .	0.0	4.4	12.7	18.5	14.0	9.0	3.0	—
Kleve . . .	0.0	3.5	8.2	11.9	15.3	11.2	4.5	0.2
Mittl. monatl. Gesamtmenge in ‰ des Gesamtniederschlags.								
Breslau . . .	2	26	40	51	53	49	17	1
Emden . . .	0	8	21	35	29	18	7	—
Kleve . . .	0	6	11	21	27	19	9	1/2

Im norddeutschen Flachland fällt der erste Schnee im Oktober, der letzte im Mai. Nur an höher gelegenen Stationen kommen vereinzelt im September und Juni Schneefälle vor. Im Oktober und Mai ist der Anteil des Schnees noch gering (Tabelle 4), steigt im November schnell an, hält sich von Dezember bis März der Menge nach auf ziemlich gleicher Höhe und kommt im April der Menge des November nahe.

Dem Maximum des Eintritts der größten mittleren monatlichen Schneemenge ist nicht jene Bedeutung wie dem des Gesamtniederschlags beizumessen. Es wird nur immer in den Monaten von De-

Tab. 5. Anteil des Schnees am Gesamtniederschlag nach Hellmann in ‰.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V
Breslau (1859—1879) . . .	2	24	55	49	45	45	6	0.4
Emden (1855—1879) . . .	0.5	11	24	24	28	31	5	0.6
Kleve (1849—1879) . . .	1	12	15	16	22	20	9	1

zember bis März auftreten, ohne regional so geordnet zu sein wie das Maximum des Gesamtniederschlags (vergl. Hellmann).

Der Anteil der zuzüglichen Schneemenge (Schnee und Regen) ist gering und hält sich in den Wintermonaten auf durchweg gleicher Höhe. Auffällig groß sind die Werte von Emden im Februar = 4.3 mm und Kleve im Februar = 3.8 mm und März = 5.6 mm. Der Grund dafür muß in dem im Vergleich zu Ostdeutschland milden Winter der Nordseeküste und des Rheinlandes gesucht werden. Die mittleren Lufttemperaturen betragen für Emden im Februar 1.4° C, Kleve 2.1° C, Breslau hat dagegen noch -0.2° C.

Von besonderem Interesse sind die in Tabelle 4 gegebenen Werte des prozentischen Anteils des Schnees an der Gesamtmenge des monatlichen Niederschlags. Nur in Ostdeutschland werden in einem oder mehreren Monaten Werte von mehr als 50 % erreicht. Je weiter nach Westen, umsomehr tritt der Schnee im Gesamtbild des Klimas zurück, während er dem Winter des Ostens das Gepräge gibt.

Gegenüber den Ergebnissen von Hellmann (Tabelle 5) treten wesentliche Unterschiede nicht auf, obwohl zwanzigjährige Reihen nicht hinreichen, bei der in diesem Falle besonders großen Verschiedenartigkeit der einzelnen Jahrgänge einen Mittelwert von genügender Genauigkeit berechnen zu können. Man braucht nur zu beachten, daß oft in Wintermonaten nur ganz geringe Schneemengen fallen oder überhaupt kein Schnee gemessen wird, während andererseits häufig der Schnee 100 % der gesamten Monatssumme des Niederschlags ausmacht. Der Osten, das Gebiet schon mehr kontinentalen Klimas, verhält sich hierin gleichförmiger als der Westen.

Die Wahrscheinlichkeit des Schneefalles nimmt von Westen nach Osten zu. Gleichwohl kann dabei auch im Gebiet des ausgeprägteren kontinentalen Klimacharakters der Fall eintreten, daß in einem einzelnen Wintermonat der Anteil des Schnees minimal ist.

Tab. 6. Häufigkeit der Monate mit Schneefall (1893—1912).

	X	XI	XII	I	II	III	IV	V
Breslau . . .	6	19	20	20	20	20	17	2
Emden . . .	1	13	17	19	19	18	9	0
Kleve . . .	0	11	16	19	19	17	12	1

Die Tabelle 6 zeigt speziell in den Uebergangsmonaten Eigentümlichkeiten klimatischer Unterschiede des norddeutschen Westens und Ostens an.

Es wird wohl aus der Untersuchung entnommen werden dürfen, daß die hier angewandte Methode zur Bestimmung des Schneeanteils am Gesamtniederschlag brauchbar ist und wertvolle klimatologische Aufschlüsse liefern kann.

Theoretische Begründung einiger Guilbertscher Regeln.

Von H. Ertel.

Durch eingehendes Studium der synoptischen Wetterkarten gelang es Guilbert¹⁾ eine Anzahl für die Wetterprognose höchst wichtiger und brauchbarer Regeln aufzufinden, die sich auf die zu erwartende Bewegungsrichtung der Zyklonen, die eintretende Druckänderung usw. beziehen. Als Prämisse dient dabei die Feststellung, ob die vorhandenen Windgeschwindigkeiten relativ zum Gradienten zu schwach oder zu stark entwickelt sind, woraus dann weiter Schlüsse auf die Ausbreitung der Depression und die damit verbundenen Druckänderungen gezogen werden. Für einige Regeln, die sich auf die eintretenden Änderungen des Druckgradienten beziehen, ist von Th. Hesselberg²⁾ eine theoretische Begründung für den Fall geradliniger Isobaren versucht worden. Hier dagegen sollen diejenigen Regeln aus den hydrodynamischen Grundgleichungen abgeleitet werden, die sich auf die Prognose des Strömungsbildes beziehen und die etwa folgenden Inhalt haben (in der Fassung von Großmann³⁾):

„Nach Guilbert vermag sich eine Depression nur dann unverändert zu erhalten, wenn ein Gleichgewicht zwischen der Stärke der am Erdboden beobachteten Winde und der Größe des Gradienten besteht.

Ein Überwiegen der einen oder anderen Kraft ruft eine Deformation der Depression herbei; diese vertieft sich und breitet sich aus, wenn die Winde im Verhältnis zu dem Gradienten zu schwach sind, und füllt sich aus, wenn die Winde zu stark sind.

¹⁾ G. Guilbert, *Nouvelle Méthode de Prévision du Temps*. Paris 1909. 8°. XXXVIII, 339 S.

²⁾ Th. Hesselberg, Über eine Beziehung zwischen Druckgradient, Wind und Gradientenänderungen. Veröff. d. Geophysik. Inst. d. Univ. Leipzig, Serie II, 1. Band, S. 207–216.

³⁾ L. Großmann, Wie steht es um unsere Wettervorhersage? *Ann. d. Hydrographie u. marit. Meteorol.* 1912, S. 1–23.

Eine Depression bewegt sich ferner nach Guilbert nach dem Gebiete niedrigsten Widerstandes hin, nämlich dorthin, wo die Winde im Vergleich mit dem Gradienten zu schwach sind.“

Mit anderen Worten: Dort wo die Winde zu schwach sind relativ zum Gradienten, wird eine zyklonale Luftbewegung hervorgerufen oder die vorhandene verstärkt; wo die Winde zu stark sind relativ zum Gradienten, wird eine antizyklonale Bewegung hervorgerufen oder die vorhandene verstärkt, oder eine vorhandene zyklonale Bewegung wird geschwächt.

Zur theoretischen Begründung dieser Regeln benötigen wir eine mathematische Charakteristik dafür, ob ein Luftteilchen eine zyklonale oder antizyklonale Bahn beschreibt, und die wir etwa folgendermaßen gewinnen können. Der einem bestimmten Luftteilchen in einem Punkte P zukommende Geschwindigkeitsvektor v (absoluter Betrag = v) schließe mit einer festen Richtung (also z. B. mit dem Meridian) einen Winkel α ein, der links herum positiv gezählt werde. (Von oben gesehen ist also eine positive Winkeländerung dem Drehungssinn des Uhrzeigers entgegengesetzt). Nachdem unser Luftteilchen sich um ein Stück ds fortbewegt und somit einen Punkt P' erreicht hat, schließe der dem Luftteilchen in P' zukommende Geschwindigkeitsvektor v' mit der gewählten festen Richtung den Winkel $\alpha' = \alpha + \left(\frac{d\alpha}{dt}\right) dt$ ein. Ist nun

$$\alpha' = \alpha + \left(\frac{d\alpha}{dt}\right) dt > \alpha,$$

$$\text{also } \frac{d\alpha}{dt} > 0,$$

so hat das Luftteilchen eine zyklonale Bahn beschrieben, im Falle

$$\frac{d\alpha}{dt} < 0$$

dagegen eine antizyklonale, und im Falle

$$\frac{d\alpha}{dt} = 0$$

eine geradlinige Bahn, wovon die Fig. 1 anschaulich überzeugt.

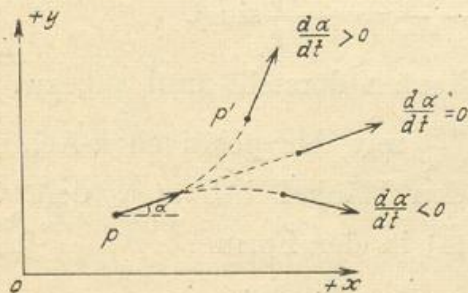


Fig. 1.

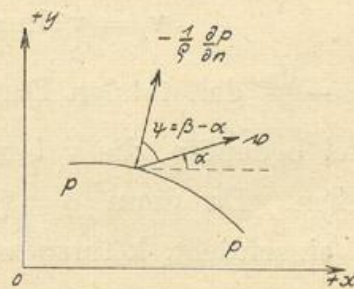


Fig. 2.

Damit haben wir in dem Ausdruck $\frac{d\alpha}{dt}$ das gewünschte Charakteristikum der Luftbahn gefunden. Wir stellen nochmals die drei Fälle zusammen:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\alpha}{dt} > 0 & \quad \text{zyklonale Bewegung} \\ \frac{d\alpha}{dt} < 0 & \quad \text{antizyklonale „} \\ \frac{d\alpha}{dt} = 0 & \quad \text{geradlinige „} \end{aligned} \right\} \dots \dots (1).$$

Nach diesen Vorbemerkungen wenden wir uns den hydrodynamischen Grundgleichungen der horizontalen Strömung zu, die wir unter Verwendung eines Rechtssystems als Koordinatensystem folgendermaßen schreiben:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} - 2\omega \sin \varphi v_y &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{dv_y}{dt} + 2\omega \sin \varphi v_x &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \end{aligned} \right\} \dots \dots (2).$$

Es bedeuten hierin:

- v_x, v_y = Geschwindigkeitskomponenten,
- p, ρ = Druck, Dichte,
- φ = geographische Breite,
- ω = Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation.

Wir multiplizieren die erste Gleichung mit v_y , die zweite mit v_x und erhalten durch Subtraktion:

$$v_x \frac{dv_y}{dt} - v_y \frac{dv_x}{dt} + 2\omega \sin \varphi \cdot v^2 = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial y} v_x - \frac{\partial p}{\partial x} v_y \right) \quad (3),$$

worin $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ den absoluten Betrag der Geschwindigkeit bedeutet. Gleichung (3) kann auch

$$v_x^2 \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{v_y}{v_x} \right) + 2\omega \sin \varphi \cdot v^2 = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial y} v_x - \frac{\partial p}{\partial x} v_y \right) \quad (4)$$

geschrieben werden. Nun ist (siehe Fig. 2):

$$\begin{aligned} v_x &= v \cos \alpha, & -\frac{\partial p}{\partial x} &= -\frac{\partial p}{\partial n} \cos \beta, \\ v_y &= v \sin \alpha, & -\frac{\partial p}{\partial y} &= -\frac{\partial p}{\partial n} \sin \beta, \end{aligned}$$

wenn $-\frac{\partial p}{\partial n}$ den totalen Druckgradienten darstellt und α bzw. β die Winkel bedeuten, die v bzw. $-\frac{\partial p}{\partial n}$ mit der positiven x-Achse einschließen. Da dann $\psi = \beta - \alpha$ den Winkel bedeutet, den v mit $-\frac{\partial p}{\partial n}$ einschließt, können wir Gl. (4) in der Form

$$v \frac{d\alpha}{dt} + 2\omega \sin \varphi v = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \sin \psi \quad \dots \dots (5)$$

schreiben, da

$$\cos \alpha \sin \beta - \sin \alpha \cos \beta = \sin (\beta - \alpha) = \sin \psi$$

ist. Aus Gl. (5) folgt

$$v \frac{d\alpha}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \sin \psi - 2 \omega \sin \varphi v \quad \dots \quad (6).$$

Hierin ist v immer positiv, $\frac{\partial p}{\partial n}$ negativ, da der Druckgradient vom höheren Druck zum niederen Druck gerichtet ist. Der Ausdruck

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \cdot \sin \psi = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial v}$$

stellt die Komponente des auf die Masseneinheit bezogenen Druckgradienten senkrecht zum Geschwindigkeitsvektor dar, womit aus Gl. (6) resultiert:

$$v \frac{d\alpha}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial v} - 2 \omega \sin \varphi v \quad \dots \quad (7).$$

Ist nun

$$2 \omega \sin \varphi v < -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial v},$$

oder

$$v < -\frac{1}{2 \omega \sin \varphi \rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial v},$$

d. h. ist der Wind zu schwach relativ zur Komponente des Druckgradienten senkrecht zur Bewegungsrichtung, so wird

$$\frac{d\alpha}{dt} > 0,$$

d. h. nach (1): Das Teilchen muß eine zyklonale Bahn beschreiben. Ist

$$v > -\frac{1}{2 \omega \sin \varphi \rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial v},$$

so wird

$$\frac{d\alpha}{dt} < 0,$$

d. h. das Teilchen bewegt sich in antizyklonaler Bahn, und für

$$v = -\frac{1}{2 \omega \sin \varphi \rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial v}$$

ergibt sich

$$\frac{d\alpha}{dt} = 0,$$

d. h. die Bewegung erfolgt geradlinig. Das ist aber auch der Inhalt der oben angeführten Guilbertschen Regeln, deren theoretische Begründung wir somit gegeben haben. Wichtig ist, daß nach unserer Ableitung der Wind nur mit der zum Geschwindigkeitsvektor senkrechten Komponente des Druckgradienten verglichen werden soll, nicht mit dem Gradienten schlechthin, wie es die Guilbertschen Regeln verlangen. Vielleicht erklärt diese Feststellung die Tatsache,

daß die Guilbertschen Sätze im wesentlichen „Regeln“ geblieben sind, da dieselben doch verlangen, daß der Wind in Relation zum totalen Gradienten gesetzt werden soll, und nicht wie wir fordern, zur Komponente des Gradienten senkrecht zum Geschwindigkeitsvektor.

Aber auch die Reibung ist schuld daran, daß die Guilbertschen „Regeln“ nicht „Gesetze“ geworden sind. Unsere Ableitung gilt streng nur für die Luftbewegung in Schichten, die dem Einfluß der Bodenreibung entrückt sind. In den bodennahen Schichten kann die Bewegung nämlich durch die Gleichungen (2) nicht mehr beschrieben werden, sondern es müssen die Hesselberg-Sverdrupschen Gleichungen¹⁾

$$\begin{aligned} \frac{d v_x}{d t} - l v_y + k v_x &= - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}, \\ \frac{d v_y}{d t} + l v_x + k v_y &= - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}, \end{aligned}$$

mit $l = 2 \omega \sin \varphi + \alpha \sin \varepsilon$,

$k = \alpha \cos \varepsilon$,

$\alpha =$ Koeffizient der Gleitflächenreibung,

$\varepsilon =$ Winkel zwischen Reibungs- und negativem Geschwindigkeitsvektor,

an deren Stelle treten, und in Gl. (7) muß dann, wie eine leichte Rechnung zeigt, $2 \omega \sin \varphi$ durch $2 \omega \sin \varphi + \alpha \sin \varepsilon$ ersetzt werden. Somit wären wir auch dann in der Lage, vermittels unserer Relationen

$$v < - \frac{1}{(2 \omega \sin \varphi + \alpha \sin \varepsilon) \rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial v}, \quad \frac{d z}{d t} > 0 \quad \text{usw.}$$

die Bahn der Luftmasse vorauszubestimmen, wenigstens der Theorie nach. Daß wir jedoch zu diesem Zweck den Koeffizienten der Gleitflächenreibung und die Richtung des Reibungsvektors kennen müssen, macht das Verfahren für die Praxis ungeeignet. Aus diesem Grunde dürften die Guilbertschen Sätze, obwohl sie sich, wie ich hoffe gezeigt zu haben, als „Gesetze“ theoretisch begründen lassen, dazu verurteilt sein, in der Praxis „Regeln“ zu bleiben.

¹⁾ Th. Hesselberg und H. U. Sverdrup, Die Reibung in der Atmosphäre. Veröff. d. Geophysik. Inst. d. Univ. Leipzig, II. Serie, 1. Band, S. 241—309.

Über die Bestimmung der Parameter von Magneten auf galvanischem Wege.

Von Adolf Schmidt.

A. Als Parameter eines Magnets bezeichnet man die Koeffizienten der sein Potential darstellenden kanonischen Kugelfunktionenreihe, d. h. derjenigen, die auf ein Koordinatensystem bezogen ist, das den magnetischen Mittelpunkt zum Ursprung und die durch diesen in der Richtung der magnetischen Achse gehende Gerade (die Achsenlinie) zur Polarachse hat. In achsensymmetrischen Magneten, wie sie zu scharfen Messungen fast ausschließlich gebraucht werden, und auf die deshalb auch das Folgende, von einigen gelegentlichen Bemerkungen abgesehen, beschränkt bleiben soll, sind die Parameter also die festen Größen C_1, C_2, \dots in dem Ausdruck

$$\sum C_n r^{-n-1} P_n(\cos \vartheta) \quad n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

für das Potential Π des betrachteten Magnets außerhalb einer ihn umschließenden Kugel.

Der erste Koeffizient C_1 ist nichts anderes als das Moment M des Magnets; der zweite verschwindet infolge der oben angegebenen Wahl des Koordinaten-Anfangspunktes; der dritte ist gleich $M d^2$, dem Produkt aus dem Moment und dem Quadrat des halben Polabstandes.

Ist der Magnet regelrecht, d. h. in bezug auf seinen Mittelpunkt antisymmetrisch (anders gesagt, vom Gegensatz des Vorzeichens abgesehen symmetrisch) magnetisiert, so fallen in dem vorstehenden Ausdruck alle geradzahigen Glieder fort, und man erhält:

$$\begin{aligned} \Pi &= C_1 r^{-2} P_1(\cos \vartheta) + C_3 r^{-4} P_3(\cos \vartheta) + C_5 r^{-6} P_5(\cos \vartheta) + \dots \\ &= \frac{M}{r^2} \left[P_1 + \frac{d^2}{r^2} P_3 + x \frac{d^4}{r^4} P_5 + x' \frac{d^6}{r^6} P_7 + \dots \right] \end{aligned} \quad (2)$$

Durch die Schreibweise ist angedeutet, daß es vor allem auf die Parameterverhältnisse, insbesondere auf die Verhältnisse zum Moment ankommt. Das gilt einmal deswegen, weil gerade diese Werte nach allen auf scharfe Beobachtungen gestützten Erfahrungen eine sehr hohe Konstanz besitzen, während das Moment und damit auch die übrigen Parameter selbst merklichen Änderungen ausgesetzt sind, dann aber auch deswegen, weil an die absolute Genauigkeit von M besonders hohe Ansprüche gestellt werden müssen, was eine gesonderte Behandlung der zu seiner Bestimmung dienenden Methoden (die ja in zahllosen Arbeiten bereits geleistet worden ist) zweckmäßig macht

Die Einwirkung, die ein Magnet in einem homogenen Felde erfährt, ist bis auf einen Richtungsfaktor proportional dem Produkt aus der Feldstärke und seinem Moment; sie ist also von seinen höheren Parametern unabhängig. Zur Ermittlung dieser höheren Parameter sind also Beobachtungen über das Verhalten des Magnets in inhomogenen Feldern erforderlich.

Ein solches inhomogenes Feld bildet die Umgebung jedes Magnets, und es gewährt deshalb die Untersuchung der gegenseitigen Einwirkung zweier Magnete aufeinander die Möglichkeit, ihre Parameter zu bestimmen. Darauf beruhen alle üblichen Methoden zur Lösung dieser Aufgabe. Die diesen Methoden anhaftenden Schwierigkeiten entspringen daraus, daß der genauere Bau des benutzten Feldes, der überdies noch durch die gegenseitige Induktion der beiden Magnete in verwickelter Weise beeinflußt wird, gewöhnlich nicht von vornherein bekannt ist, sondern selbst erst mitbestimmt werden muß. Die Anzahl der Unbekannten wird dadurch verdoppelt und die Genauigkeit der Lösung herabgedrückt.

Von dieser Schwierigkeit befreit man sich, wenn man das zur Messung dienende Magnetfeld durch galvanische Ströme erzeugt. Sein Bau ist dann durch die Gestaltung der Strombahnen ein für allemal bestimmt und durch deren Ausmessung mit großer Schärfe zu ermitteln. Von dem zu untersuchenden Magnet erfährt es keine oder (bei Schwingungsbeobachtungen) doch nur genau angebbare Rückwirkungen. Dazu kommt noch, daß auch die absolute Bestimmung der Feldstärke nach einmaliger Auswertung in jedem einzelnen Falle nur einer der höchsten Genauigkeit fähigen Messung der angewandten Stromstärke bedarf, und daß die Umkehr der Stromrichtung das denkbar einfachste und sicherste Mittel zur Elimination systematischer Fehler liefert. Alle diese Vorteile, die unzweifelhaft allmählich zu einer weitgehenden Verdrängung der rein magnetischen durch galvanische Methoden führen werden, kommen gerade bei der Aufgabe der Parameterbestimmung in besonderem Maße zur Geltung, weil hier die den feineren Bau des Magnetfeldes definierenden Konstanten nicht bloß, wie sonst, in Korrektionsgrößen eingehen, sondern die gesuchten Werte maßgebend beeinflussen.

Im Folgenden soll diese bereits an früherer Stelle¹⁾ kurz besprochene Aufgabe eingehend behandelt und in einigen praktisch

¹⁾ Über die Bestimmung der Parameter von Stabmagneten. Ber. über d. Tätigkeit d. Preuß. Met. Instituts i. J. 1926, S. 56–58. Beim Umbrechen nach der letzten Korrektur ist der Schluß an eine falsche Stelle gekommen. Er steht auf S. 56, Z. 5–21.

besonders wichtigen Fällen bis zur Aufstellung gebrauchsfertiger Schlußformeln durchgeführt werden.

Die Lösung stützt sich auf einen sehr einfachen Satz von großer Allgemeinheit über die Wirkung, die ein beliebiger Magnet in einem beliebig gestalteten Magnetfelde erfährt.

B. Es sei, auf ein und dasselbe Koordinatensystem bezogen, das Potential des Magnets:

$$\Pi_1 = \sum c_n^m r^{-n-1} P_n^m(\cos \sigma) \cos m(\tau + \gamma_n^m) \dots (3a)$$

und dasjenige des Feldes: $m = 0, 1 \dots n$

$$\Pi_2 = \sum k_n^m r^n P_n^m(\cos \sigma) \cos m(\tau + \alpha_n^m) \dots (3b).$$

Dann ist das gegenseitige Potential beider, d. h. der Arbeitswert des Systems ¹⁾

$$V = \sum c_n^m k_n^m \cos m(\gamma_n^m - \alpha_n^m) \dots (4).$$

Für den hier allein betrachteten Fall achsensymmetrischer Magnete und Felder, der durch das Fehlen aller Glieder, in denen m von Null verschieden ist, gekennzeichnet wird, und für den daher der Satz die Form

$$V = \sum c_n k_n \dots (5)$$

annimmt, ist seine Richtigkeit ohne weiteres ersichtlich. Man kann sich den betrachteten Magnet durch einen in seiner Achse gelegenen linearen Magnet von der gleichen Länge $2l$ ersetzt denken, der dasselbe Potential Π_1 wie jener besitzt, und der ihm daher in bezug auf alle äußeren Einwirkungen (d. h. solche, deren Sitz außerhalb des Magnets, genauer gesagt der ihn einschließenden Kugel liegt) gleichwertig ist. Die Dichte der Magnetisierung des linearen Magnets im Abstände x von seiner Mitte sei y . Dann gelten für die Koeffizienten seines Potentials die Gleichungen

$$c_n = \int_{-l}^{+l} y x^n dx \quad n = 1, 2, \dots,$$

¹⁾ Über die Bestimmung des allgemeinen Potentials beliebiger Magnete und die darauf begründete Berechnung ihrer gegenseitigen Einwirkung. Sitzungsberichte d. Preuss. Akademie d. Wissenschaften. Phys.-math. Cl. 1907, S. 316. Der dort auftretende Divisor δ_{nm} hängt davon ab, welches Bezeichnungssystem der Kugelfunktion n man verwendet. Er wird für alle Werte von n und m gleich 1 bei den von mir in erster Linie für numerische Rechnungen vorgeschlagenen Funktionen P_n^m . Vgl. Terrestr. Magn. and Atm. Electr. 1912, S. 184 oder Encyklopädie d. Mathem. Wissenschaften Bd. VI, 1, 10, S. 281 Anm. (Die dort umgekehrte Stellung der Indizes ist ohne Bedeutung. Eine Verwechslung ist unmöglich, da m höchstens gleich n sein kann). P_n^0 ist mit P_n identisch.

während für $n = 0$ das Integral verschwindet. Andererseits ist das Potential V der Belegung y und des Feldes Π_2 aufeinander

$$V = \sum_{-i}^{+i} y k_n x^n dx = \sum c_n k_n,$$

da in der Achse, d. h. für $\sigma = 0$, sämtliche $P_n(\cos \sigma)$ zu 1 werden und r in x übergeht. Damit ist der Beweis des Satzes (5) geführt.

C. In der obigen allgemeinen Form ist dieser Satz indessen noch nicht unmittelbar verwendbar, weil er keine die Lage des Magnets kennzeichnende Veränderliche explizit enthält. Es ist am einfachsten und beschränkt die Allgemeinheit am wenigsten, wenn man als solche den Winkel φ zwischen der Achse des Magnets ($\vartheta = 0$), auf die sich der Potentialausdruck (2) bezieht, und der Polarachse ($\sigma = 0$) des hier benutzten Koordinatensystems wählt.

Der Übergang von Π auf Π_1 wird dann unmittelbar durch die bekannte (manchmal als Additionstheorem der Kugelfunktionen bezeichnete) Formel gegeben, die bei Verwendung der Funktionen P_n^m die besonders einfache Gestalt

$$P_n(\cos \vartheta) = P_n(\cos \varphi \cos \sigma + \sin \varphi \sin \sigma \cos \tau) \\ = \sum P_n^m(\cos \varphi) P_n^m(\cos \sigma) \cos m \tau \quad \dots \quad (6)$$

annimmt¹⁾. (Bei andern Funktionsformen treten noch von n abhängende Zahlenfaktoren hinzu).

Da in V im vorliegenden Falle nur die Koeffizienten der zonalen Funktionen P_n auftreten, so kommt nur das erste Glied des rechts stehenden Ausdruckes in betracht, und es wird somit

$$V = \sum C_n k_n P_n(\cos \varphi) \quad \dots \quad (7).$$

Hieraus folgt das auf den Magnet wirkende, im Sinne des wachsenden Winkels φ positiv gerechnete Drehmoment

$$\Phi = - \sum C_n k_n \frac{d}{d\varphi} P_n(\cos \varphi) = \sum C_n k_n \sin \varphi P_n'(\cos \varphi) \quad \dots \quad (8).$$

D. Statt des für Ablenkungs- und Schwingungsbeobachtungen maßgebenden Drehmoments kann auch der auf den Magnet in der Richtung seiner Achse wirkende Zug X zur Parameterbestimmung benutzt werden.

Der Magnet sei in dieser Richtung ($\sigma = 0$) um die Strecke ξ aus dem gemeinsamen Koordinatenanfangspunkt O verschoben. Dann ergibt sich sein auf diesen bezogenes Potential Π_1 aus dem kanonischen Π durch

¹⁾ Encyklopädie d. Mathemat. Wissenschaften Bd. VI, 1, 10, S. 281 Anm.

$$\Pi_1 = \Pi - \xi \frac{\partial \Pi}{\partial x} + \frac{\xi^2}{1 \cdot 2} \frac{\partial^2 \Pi}{\partial x^2} - \dots,$$

worin nachträglich noch ϑ durch σ zu ersetzen ist. Wird vorübergehend

$$r^{-n-1} P_n = R_{-n-1} \text{ also } \Pi = \sum C_n R_{-n-1}$$

geschrieben und beachtet, daß mit $x = r \cos \sigma$

$$\frac{\partial R_{-n-1}}{\partial x} = -(n+1) R_{-n-2}$$

ist, so folgt

$$\Pi_1 = \sum \left[C_n R_{-n-1} + (n+1) C_n R_{-n-2} \xi + \frac{(n+1)(n+2)}{1 \cdot 2} C_n R_{-n-3} \xi^2 + \dots \right]$$

und somit als Koeffizient von R_{-n-1}

$$c_n = C_n + n C_{n-1} \xi + \frac{n(n+1)}{1 \cdot 2} C_{n-2} \xi^2 + \dots$$

Die Einsetzung in (5) liefert das gegenseitige Potential

$$V = \sum k_n (C_n + n C_{n-1} \xi + \dots) \dots \dots (9)$$

und den im Sinne des wachsenden ξ positiv gerechneten Zug

$$\begin{aligned} X &= - \sum n k_n \left(C_{n-1} + (n-1) C_{n-2} \xi + \frac{(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2} C_{n-3} \xi^2 + \dots \right) \\ &= - \sum (n+1) C_n \left(k_{n+1} + (n+2) k_{n+2} \xi + \frac{(n+2)(n+3)}{1 \cdot 2} k_{n+3} \xi^2 + \dots \right) (10). \end{aligned}$$

Statt den Magnet um ξ kann man das Stromsystem um $(-\xi)$ verschoben denken. Zur Umrechnung dient dann die Identität

$$\frac{\partial R_n}{\partial x} = n R_{n-1} \text{ für } r^n P_n = R_n.$$

Die Entwicklung von Π_1 gilt natürlich nur außerhalb der den Magnet in allen vorkommenden Lagen umschließenden Kugel, diejenige von Π_2 nur innerhalb einer Kugel, die von dem Stromsystem in allen betrachteten Lagen umschlossen wird.

E. Jede der beiden Beziehungen (8) und (10) ist eine in den gesuchten Parametern C_n lineare Gleichung, deren Koeffizienten k_n allein von der Beschaffenheit des benutzten Stromsystems abhängen und aus dessen Abmessungen und der Stärke der verwendeten Ströme mit großer Genauigkeit berechnet werden können. Durch planmäßige Variation der Veränderlichen φ oder ξ kann man beliebig viele solcher Gleichungen gewinnen und hat damit grundsätzlich die Möglichkeit, beliebig viele Parameter zu bestimmen. Es liegt nahe, in erster Linie solche Anordnungen von Strömen zu wählen, bei denen für alle unter einer bestimmten Grenze liegenden Werte von n sämtliche k_n bis auf ein einziges verschwinden, so daß man die einzelnen C_n sofort getrennt erhält. Das einfachste Bei-

spiel hierfür bietet die bekannte Gaugain-Helmholtzsche Verbindung zweier gleicher Kreisströme in einem ihrem Radius gleichen Abstände zum Zweck der Erzielung eines genähert homogenen, d. h. auf $k_1 r P_1$ beschränkten Feldes. Daß die dabei erreichte Annäherung einigermaßen höheren Ansprüchen an Genauigkeit nur innerhalb eines recht engen Bezirks genügt, ist vor kurzem von R. Bock gezeigt worden¹⁾. Daran anknüpfend hat dann G. Fanselau Systeme von mehr als zwei Kreisströmen berechnet, durch welche eine beträchtliche Erweiterung des Homogenitätsbereichs erzielt wird²⁾.

Daß auch bei der allgemeinen Aufgabe, die sich auf beliebige, rings um eine Gerade symmetrische Felder bezieht, nur Ströme derselben Symmetrie, also nur Kreisbahnen in betracht kommen, die diese Gerade zur gemeinsamen Achse haben, ist selbstverständlich.

Es seien a der Halbmesser eines so gelegenen, vom Strome i (d. i. $10 i$ Ampères) durchflossenen Kreises, b der Abstand seiner Ebene und seines Mittelpunkts, c derjenige seiner Punkte von O , und α der Winkel zwischen b und c . Die Stromstärke i gelte als positiv, wenn der Strom, in der Blickrichtung der positiven Achse betrachtet, entgegen dem Uhrzeiger läuft.

Nach den bekannten, zuerst von Maxwell abgeleiteten Formeln³⁾ wird dann das Potential des Stromes durch den Ausdruck

$$\Pi_2 = 2 \pi i \sin \alpha^2 \sum \frac{1}{n} \left(\frac{r}{c} \right)^n P_n'(\cos \alpha) P_n(\cos \sigma) \left. \vphantom{\sum} \right\} \quad (11)$$

mit $P_n'(\cos \alpha) = \frac{d}{d \cos \alpha} P_n(\cos \alpha)$

dargestellt. Abgesehen von dem durch $\alpha = 90^\circ$ und damit $c = a$ bezeichneten Sonderfalle wird man fast stets zwei gleiche, zu O symmetrische Ströme von derselben oder von entgegengesetzter Stromrichtung verwenden. Die Verbindung mehrerer derartiger, durch die Konstanten c , α , i und c , $(180^\circ - \alpha)$ $\pm i$ definierter Kreispaaire gibt dann die Möglichkeit, jedes beliebig vorgeschriebene, rings um die Achse symmetrische Magnetfeld herzustellen. Da $P_n'(\cos(180^\circ - \alpha)) = (-1)^{n-1} P_n'(\cos \alpha)$ ist, so verschwinden bei der Zusammenfassung

¹⁾ R. Bock, Über die Homogenität des magnetischen Feldes in der Helmholtz-Gaugainschen Doppelkreisanordnung. Zeitschr. f. Physik 1929, Bd. 54, S. 257-259.

²⁾ G. Fanselau, Die Erzeugung weitgehend homogener Magnetfelder durch Kreisströme. Zeitschrift f. Physik 1929, Bd. 54, S. 260.

³⁾ Vgl. z. B. Terrestr. Magn. and Atm. Elektr. 1912, S. 205. Das dort stehende negative Vorzeichen ist eine Folge der umgekehrt wie hier getroffenen Festsetzung über die positive Stromrichtung.

im ersten Falle die Glieder gerader, im zweiten die ungerader Ordnung. So erhält man die folgenden Formeln, in denen

$$\frac{4 \pi i \sin \alpha^2}{c} = F, \quad \frac{1}{n} P_n'(\cos \alpha) = p_n, \quad \cos \alpha = x \dots (12)$$

gesetzt ist.

Fall 1: Gleiche Stromrichtung in beiden Kreisen. Hierin ist auch der erwähnte Sonderfall einbegriffen, wenn die Stromstärke dabei 2 i genannt wird.

$$\left. \begin{aligned} \Pi_2 &= F (p_1 r P_1(\cos \sigma) + p_3 c^{-2} r^3 P_3(\cos \sigma) + \dots), \\ k_n &= p_n c^{-n+1} F, \quad p_1 = 1, \quad p_3 = \frac{1}{2} (5 x^2 - 1), \\ p_5 &= \frac{3}{8} (21 x^4 - 14 x^2 + 1), \\ p_7 &= \frac{5}{16} \left(\frac{429}{5} x^6 - 99 x^4 + 27 x^2 - 1 \right) \end{aligned} \right\} (13a).$$

Es bedarf wohl kaum eines besonderen Hinweises darauf, daß F gleich der magnetischen Feldstärke in O ist.

Fall 2: Entgegengesetzte Stromrichtung in beiden Kreisen. Das Vorzeichen von i ist nach dem auf der Seite der positiven Halbachse befindlichen und damit zum spitzen Winkel α gehörigen Strome zu wählen. Danach wird

$$\left. \begin{aligned} \Pi_2 &= F (p_2 c^{-1} r^2 P_2(\cos \sigma) + p_4 c^{-3} r^4 P_4(\cos \sigma) + \dots), \\ k_n &= p_n c^{-n+1} F, \quad p_2 = \frac{3}{2} x, \quad p_4 = \frac{5}{8} (7 x^3 - 3 x), \\ p_6 &= \frac{7}{16} (33 x^5 - 30 x^3 + 5 x) \end{aligned} \right\} (13b).$$

Man könnte auch daran denken, mehrere konzentrische Stromkreise von verschiedenem Halbmesser in der durch O gehenden Ebene zu verwenden. Dieses Verfahren, das dem der üblichen Ablenkungsbeobachtungen aus mehreren Entfernungen am Magnettheodolit analog wäre, führt aber wie dieses zu einem für die Trennung der Unbekannten C_n ungünstigen Gleichungssystem und dürfte deshalb höchstens gelegentlich aus äußeren Gründen in Frage kommen.

Noch weniger zweckmäßig wäre es, Spulen von einer ihrem Durchmesser vergleichbaren Länge zu verwenden. Infolge des ausgleichenden Zusammenwirkens der einzelnen Windungen treten die Glieder des Potentialausdrucks um so mehr zurück, je höher ihre Ordnung ist, und die für die Bestimmung der Parameter wesentliche Inhomogenität des Feldes sinkt.

Mit Hilfe der im vorausgehenden zusammengestellten allgemeinen Entwicklungen sollen nunmehr die einfachsten und wichtigsten Verfahren der Parameterbestimmung auf galvanischem Wege behandelt werden. Bei ihrer Anwendung sind natürlich die unmittelbaren Beobachtungen von dem Einfluß der Schwankungen zu befreien, die

die Richtung und die Stärke des erdmagnetischen Feldes, sowie die Stromstärke während der Dauer einer Beobachtungsreihe erfahren. Die zwei letztgenannten Korrekturen fallen weg, wenn man die Stromstärke unmittelbar auf das Erdfeld (etwa durch Messung mit der Tangentenbussole) bezieht. Sollen die absoluten Parameterwerte bestimmt werden, so können unter Umständen auch Temperaturschwankungen zu berücksichtigen sein. Im folgenden wird vorausgesetzt, daß alle etwa nötigen Verbesserungen der unmittelbaren Beobachtungsergebnisse bereits angebracht sind.

Ablenkungsbeobachtungen.

F. Das grundsätzlich einfachste und zugleich, insofern als es sämtliche Parameterverhältnisse durch eine einheitliche Messungsreihe gleichzeitig liefert, vollkommenste Verfahren besteht darin, daß man Φ als Funktion von φ bestimmt. Es ist ein genaues Analogon der Methode der Messung mit dem Magnettheodolit bei wechselnder Lage des Ablenkungsstabes gegen die Schiene. Einen gewissen Nachteil des Verfahrens bildet der Umstand, daß man dazu einer besonderen, nicht ganz einfachen theodolitartigen Einrichtung mit zwei feingeteilten Kreisen bedarf. Als Stromsystem ist ein einzelner Kreisstrom nicht nur ausreichend, sondern sogar theoretisch das Beste. Da aber hierbei die Anbringung der Fadenröhre Schwierigkeiten begegnet, wird man stets ein Kreispaar von geringem gegenseitigem Abstand verwenden. Besondere Beachtung ist natürlich den Stromzuführungen und den durch sie bedingten Lücken der Kreise zu schenken, deren Einfluß nötigenfalls in Rechnung zu ziehen ist; überdies kann er durch Verwendung mehrerer Windungen herabgedrückt werden.

Es sei nun wie bisher φ der Winkel, um den die Achse des Magnets aus der Achse des Stromsystems abgelenkt ist, und ψ der Winkel, den diese mit der Richtung des magnetischen Meridians bildet — beide in gleichem Sinne positiv gezählt. Dann ist der Magnet um den Winkel $(\varphi + \psi)$ aus dem Meridian abgelenkt, und die Gleichgewichtsbedingung lautet, wenn H die erdmagnetische Horizontalkraft bezeichnet,

$$MH \sin(\varphi + \psi) = \Phi \dots \dots (14).$$

Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Faden, der den Magnet trägt, torsionsfrei ist und nötigenfalls durch Nachdrehen des Torsionskopfes stets in diesem Zustande gehalten wird.

Die Beobachtung erfolgt nun in der Weise, daß für eine Anzahl verschiedener Werte von φ jedesmal derjenige Wert von ψ aufgesucht wird, bei dem Gleichgewicht eintritt. Unter idealen Versuchsbedingungen würde dazu eine der Zahl der Unbekannten gleiche Zahl von solchen Einstellungen genügen. Der Natur der Sache entspricht es aber, beide Seiten von (14) in eine trigonometrische Reihe zu entwickeln und Normalgleichungen durch Gleichsetzung der entsprechenden Koeffizienten zu gewinnen. Demgemäß wird man die Beobachtung für eine größere Anzahl (etwa 12 oder 24) gleichmäßig verteilter Werte von φ ausführen. Da rechts nur die Sinus ungeradzahligter Vielfacher von φ vorkommen, so sind deren Koeffizienten allein für die vorliegende Aufgabe von Bedeutung. Treten noch andere auf, so deuten sie auf ungenaue Justierung. So führt, wenn die Entwicklung der beobachteten Werte von $\sin(\varphi + \psi)$ in der Form

$$A_0 + A_1 \cos \varphi + B_1 \sin \varphi + A_2 \cos 2 \varphi + B_2 \sin 2 \varphi + \dots$$

geschrieben wird, eine konstante Torsion auf A_0 , ein Nullpunktsfehler bei φ oder ψ auf $A_1, A_3 \dots$, eine Abweichung des magnetischen Mittelpunktes des Stabes von der Mitte des Stromsystems auf $A_2, B_2 \dots$. Auch kleine Unregelmäßigkeiten in der Magnetisierung geben Anlaß zum Auftreten derartiger Werte. Alle diese störenden Wirkungen beeinflussen aber, wofern sie nur klein sind, die maßgebenden Koeffizienten nicht. Von diesen kann man, wenn für φ die 12 Werte $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ \dots$ gewählt werden, allenfalls die 3 ersten bestimmen; doch ist zu beachten, daß man als dritten nicht B_5 , sondern $B_5 - B_7$ erhält. Nimmt man für φ die 24 Werte $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ \dots$, so lassen sich die ersten 4 oder 5 Koeffizienten ermitteln. Der letzte ist indessen unter normalen Verhältnissen schon so klein, daß seine zuverlässige Bestimmung kaum zu erwarten ist.

Setzt man nun in Gleichung (14) für die Kugelfunktionen die sie darstellenden trigonometrischen Reihen, so geht sie über in:

$$\left. \begin{aligned} M H \sin(\varphi + \psi) = M H (B_1 \sin \varphi + B_3 \sin 3 \varphi + B_5 \sin 5 \varphi \\ + B_7 \sin 7 \varphi + \dots) = C_1 k_1 \sin \varphi + \frac{3}{8} C_3 k_3 (5 \sin 3 \varphi \\ + \sin \varphi) + \frac{5}{128} C_5 k_5 (63 \sin 5 \varphi + 21 \sin 3 \varphi + 6 \sin \varphi) \\ + \frac{7}{1024} C_7 k_7 (429 \sin 7 \varphi + 165 \sin 5 \varphi + 81 \sin 3 \varphi \\ + 25 \sin \varphi) + \dots \end{aligned} \right\} (15).$$

Diese für jeden Wert von φ gültige Beziehung liefert, wenn man noch zur Abkürzung

$$\frac{C_1 k_1}{M H} = s, \quad \frac{3}{8} \frac{C_3 k_3}{M H} = t, \quad \frac{5}{128} \frac{C_5 k_5}{M H} = u, \quad \frac{7}{1024} \frac{C_7 k_7}{M H} = v$$

setzt, die folgenden 4 Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} B_1 &= s + t + 6u + 25v, & B_3 &= 5t + 21u + 81v, \\ B_5 &= 63u + 165v, & B_7 &= 429v \end{aligned} \right\} (16).$$

Hieraus ergibt sich

$$\left. \begin{aligned} s &= (105 B_1 - 21 B_3 - 3 B_5 - B_7) : 105 \\ t &= (33 B_3 - 11 B_5 - 2 B_7) : 165 \\ u &= (13 B_5 - 5 B_7) : 819 & v &= B_7 : 429 \end{aligned} \right\} (17).$$

Damit sind die Werte der Größen C_n k_n gefunden, und man kann entweder, wenn man über einen bereits genau bekannten Magnet verfügt, die Parameter des Stromleitersystems (wie man die Größen k_n nennen kann) aus den C_n oder im andern Falle die C_n eines zu untersuchenden Magnets aus den k_n berechnen, die aus den Abmessungen des Stromsystems und der Stromstärke abzuleiten sind. Die sachliche Gleichwertigkeit beider Aufgaben verdient Beachtung, wenn auch im allgemeinen nur die zweite von praktischer Bedeutung ist. Die erste kann vielleicht doch gelegentlich zur Ausmessung verwickelt gebauter Spulen von Nutzen sein.

Drückt man C_n und k_n durch die in (2) und (13a, b) eingeführten Werte aus und setzt man noch $F:H = f$ und $d:c = \delta$, so wird

$$\begin{aligned} s &= p_1 f = f & t &= \frac{3}{8} p_3 f \delta^2 \\ u &= \frac{5}{128} p_5 f \delta^4 & v &= \frac{7}{1024} p_7 f \delta^6. \end{aligned}$$

Wenn sowohl H wie i absolut bestimmt sind, so muß die Gleichung $s = f$ identisch erfüllt sein; sie liefert also eine Genauigkeitsprüfung. Bei Verwendung eines einfachen Stromkreises, d. i. für $\alpha = 90^\circ$, haben nach (13a) die p_n folgende Werte:

$$p_1 = 1, \quad p_3 = -\frac{1}{2}, \quad p_5 = \frac{3}{8}, \quad p_7 = -\frac{5}{16}.$$

Nimmt man der Fadenröhre wegen zwei Kreise, denen $\cos \alpha = \pm 0.1$ entspricht — also bei einem aus $c = 10$ cm folgenden Halbmesser von 9.95 cm im Abstände von rund 2 cm — so ergeben sich die nur mäßig abgeschwächten Werte

$$p_1 = 1, \quad p_3 = -0.4750, \quad p_5 = 0.3233, \quad p_7 = -0.23.$$

Ein Zahlenbeispiel möge die für die praktische Brauchbarkeit des Verfahrens entscheidenden Größenverhältnisse veranschaulichen. F muß kleiner als H , also f unter 1 gewählt werden, weil sonst nicht für jeden Wert von φ eine Gleichgewichtslage besteht. Der Sinus des höchsten Wertes von φ , dem eine solche noch entspricht, ist annähernd $H:F$. Man darf überdies mit f nicht zu nahe an 1 heran-

gehen, weil sonst das haltende Feld in den verschiedenen Lagen sehr verschieden stark ausfällt und stellenweise sehr klein wird, was natürlich die Sicherheit der Einstellungen vermindert. Nimmt man $f = 1/2$, so wäre an einem Orte, an dem $H = 0.2 \Gamma$ ist, $F = 0.1$, und bei einem einfachen Stromkreis von $a = 10$ cm Halbmesser betrüge die erforderliche Stromstärke 1.5916 Amp. Um die Umrechnung der Ergebnisse auf andere Werte von d möglichst bequem zu machen, werde $d = 4.0$ cm, also $\delta = 0.4$ gewählt, was auf eine Länge von nahezu 10 cm für den Magnet führt. Mit diesen Zahlen werden die Hilfsgrößen

$$s = 1/2, \quad t = -3/2 \cdot 10^{-2}, \quad u = 15/8 \cdot 10^{-4} x, \quad v = -35/8 \cdot 10^{-6} x',$$

und hieraus ergeben sich die zu erwartenden Reihenkoeffizienten

$$B_1 = 0.4860 \quad B_3 = -0.0711 \quad B_5 = 0.0111 \quad B_7 = -0.0019.$$

Die Ablenkung aus dem Meridian ($\varphi + \psi$) liegt zwischen rund $+30^\circ$ und -30° ; $\cos(\varphi + \psi)$ ist daher stets nur wenig von 1 verschieden. Die durch die höheren Reihenglieder hervorgerufenen periodischen Abweichungen von dem einfachen Werteverlaufe, der bei einem Elementarmagnet stattfände, haben daher Amplituden, die den Koeffizienten $B_3, B_5, B_7 \dots$ annähernd gleich sind. Auf das gewöhnliche Winkelmaß umgerechnet betragen sie also im betrachteten Falle rund $4^\circ, 40', 6'$. Selbst bei einer nur auf volle Minuten gehenden Ablesung der Winkel φ und ψ ergibt sich für B_7 und damit für die Unbekannte $x' \delta^4$ noch eine brauchbare Bestimmung.

Nimmt die Länge des Magnets, verglichen mit dem Durchmesser des Stromkreises ab, so werden die Verhältnisse entsprechend ungünstiger. Für $d = 3$ cm, entsprechend einer Stablänge von rund 7.5 cm, sind die drei genannten Koeffizienten in Winkelmaß rund $2^\circ, 12', 1'$ und für $d = 2$ cm, also einen Magnet von 5 cm Länge $1^\circ, 3', 0'$. Bei diesem kann somit, wenn man nicht eine höhere Stromstärke verwenden will, nur noch δ^2 und daraus d zuverlässig ermittelt werden. Die Bestimmung des wesentlich von B_3 abhängigen Polabstands ist aber auch hier noch mit befriedigender Schärfe möglich.

Die Abweichungen von dem hier Gesagten, die bei Verwendung der oben angenommenen Doppelkreisanordnung eintreten, sind noch nicht so stark, daß ein wesentlich davon verschiedenes Bild entstände. Die Zahlen ändern sich nur in demselben Verhältnis wie die p_n .

Mit einer den gefundenen Größenverhältnissen angepaßten Abrundung und zweckentsprechender Umformung folgt nunmehr aus (17) schließlich:

$$\left. \begin{aligned} f &= B_1 - 0.2 B_3 - 0.03 B_5 & p_3 f \delta^2 &= 0.4 B_3 - 0.133 B_5 \\ & & p_5 f x \delta^4 &= 0.45 \end{aligned} \right\} (18).$$

Damit sind die Werte von d , x , x' und, wenn M bekannt ist, auch die Parameter C_3 , C_5 , C_7 bestimmt.

G. Durch passende Verbindung zweier Stromkreispaaire kann man ein Magnetfeld herstellen, das durch eine einzige zonale Kugelfunktion $C_n P_n$ (in dem hier allein betrachteten Falle voller Symmetrie bis zur 7. Ordnung) dargestellt wird, und das somit die gesonderte Bestimmung eines einzelnen Magnetparameters gestattet. In unmittelbar verständlicher Schreibweise findet man als Parameter des ganzen Systems

$$F' c'^{-n} p_n' + F'' c''^{-n} p_n'' \quad n = 1, 3, 5, 7,$$

und die Aufgabe besteht darin, die verfügbaren Größen (α' , α'' , c' : c' , i'' : i') so zu wählen, daß drei jener vier Stromparameter verschwinden.

Da der bereits von G. Fanslau behandelte Fall der Herstellung eines homogenen Feldes ($C_3 = C_5 = C_7 = 0$) hier ausscheidet, so ist stets $F'' = -F'$, was auf $i'' \sin \alpha''^2 : i' \sin \alpha'^2 = c'' : c'$ führt. Man kann also $c'' = \nu c'$ und $i'' \sin \alpha''^2 = \nu c' \sin \alpha'^2$ setzen und hat nunmehr α' , α'' , c' , ν so zu wählen, daß zwei der drei Differenzen

$$p_3' - \nu^{-2} p_3'', \quad p_5' - \nu^{-4} p_5'', \quad p_7' - \nu^{-6} p_7''$$

zu Null werden. Sieht man von der kaum jemals ernstlich in betracht kommenden Bestimmung von C_7 ab, so hat $p_7' - \nu^{-6} p_7''$ zu verschwinden, was am einfachsten durch die Wahl zweier Wurzeln der Funktion p_7 für α' und α'' erreicht wird, weil dann p_7' und p_7'' einzeln zu Null werden, was das Verschwinden der Differenz von ν unabhängig macht.

Die im ersten Quadranten gelegenen Nullstellen von $p_7(x)$ sind in weitgehender, aber zulässiger Abrundung:

$$x_1 = 0.21 \quad x_2 = 0.59 \quad x_3 = 0.87 \quad \text{d. h. } \alpha_1 = 77^\circ 53' \quad \alpha_2 = 53^\circ 51' \\ \alpha_3 = 29^\circ 32'.$$

Die diesen Stellen zugehörigen Werte von p_3 sind: 0,3897 0,3702 1,3922, diejenigen von p_5 : 0,1588 — 0,4983 0,9128.

1. Zur Bestimmung von C_3 muß $p_5' - \nu^{-4} p_5''$ also = 0 gemacht werden.

Um einen reellen Wert von ν zu erhalten, hat man $\alpha' = \alpha_1$ und $\alpha'' = \alpha_3$ zu nehmen, was auf $\nu^4 = 0.9128 : 0.1588$ also $\nu = 1.548$ und $(p_3' - \nu^{-2} p_3'') = -0,9704$ führt.

Hieraus folgt, wenn c' zu 10 cm angenommen wird,

$$\begin{aligned} c' &= 10.00 & a' &= 9.78 & b' &= 2.40 & i' &= 0.833 F' \\ c'' &= 15.48 & a'' &= 7.64 & b'' &= 13.47 & i'' &= -5.06 F'. \end{aligned}$$

Steht nun die Ebene sämtlicher Kreise im magnetischen Meridian und befindet sich der um den Winkel $(90^\circ - \varphi)$ aus dieser Ebene abgelenkte Magnet im erdmagnetischen Felde im Gleichgewicht, so gilt

$$MH \sin(90^\circ - \varphi) = 0.9704 F c'^{-2} C_3 \frac{dP_3}{d\varphi}$$

oder mit $d : c' = \delta$

$$\cos \varphi = -0.9704 f \delta^2 \cdot \frac{3}{8} (5 \sin 3\varphi + \sin \varphi) \quad (19).$$

Die Ablenkung, die nur klein sein kann, so daß sie mit Fernrohr, Spiegel und Skala zu beobachten ist, möge beispielsweise 2° betragen. Dann hat man $\varphi = 88^\circ$ und damit $f \delta^2 = -0.0349 : 1.452 = -0.0240$.

Ist dann z. B. $H = 0.2$ und $\delta = 0.4$, so folgt $F = -0.030$, d. i. -0.30 Amp., ferner hieraus $i' = -0.25$ Amp. und $i'' = 1.52$ Amp.

Der in die zwei Teile i' und i'' (unter Umkehr der Stromrichtung in dem einen) zu verzweigende Gesamtstrom beträgt also 1.77 Amp. Durch Veränderung seiner Stärke sind leicht zahlreiche Einzelwerte von d zu erhalten, so daß die Bestimmung dieser Größe trotz der ziemlich kleinen Ablenkungen befriedigend genau erfolgen kann.

2. Soll C_5 und damit, wenn M und d bekannt sind, α bestimmt werden, so ist $\alpha' = \alpha_2$ und $\alpha'' = \alpha_3$ zu wählen. Dies ergibt $\nu = 1.939$ und $(p_5' - \nu^{-4} p_5'') = -0.5630$. Die Konstanten der Versuchsanordnung werden damit, wenn wieder c' zu 10 cm angenommen wird:

$$\begin{aligned} c' &= 10.00 & a' &= 8.08 & b' &= 5.90 & i' &= 1.614 F' \\ c'' &= 19.39 & a'' &= 9.56 & b'' &= 16.87 & i'' &= -6.36 F'. \end{aligned}$$

In ähnlicher Weise wie im vorigen Falle gilt hier:

$$MH \sin(90^\circ - \varphi) = 0.5630 F c'^{-4} C_5 \frac{dP_5}{d\varphi}$$

oder, wenn wieder $d : c' = \delta$ gesetzt wird,

$$\cos \varphi = -0.5630 f \alpha \delta^4 \cdot \frac{5}{128} (63 \sin 5\varphi + 21 \sin 3\varphi + 6 \sin \varphi) \quad (20).$$

Die Einsetzung des Zahlenwertes 88° für φ , entsprechend einer Ablenkung der Gleichgewichtslage aus dem Meridian um 2° , gibt $f \alpha \delta^4 = 0.0336$ und für $H = 0.2$ somit $F \alpha \delta^4 = 0.0672$. Bei einem Magnet von rund 10 cm Länge, dessen halber Polabstand 4 cm beträgt, und für den also $\delta = 0.4$ gilt, ergeben sich danach die zur Erzielung einer Ablenkung um 2° nötigen Stromstärken zu $i' = 4.22$ Amp. und $i'' = -16.7$ Amp.

Um mit schwächeren Strömen auszukommen, wird man sich hier mit kleineren Ablenkungen begnügen müssen; durch Häufung der Beobachtungen bei etwas geänderten Stromstärken unter Beibehaltung ihres Verhältnisses kann trotzdem noch eine befriedigende Genauigkeit des Wertes von α erzielt werden.

Die am meisten zu beachtende Fehlerquelle liegt in Ungenauigkeiten der Abmessungen und Stellungen der Stromkreise. Diese können dazu führen, daß bei dem theoretisch berechneten und durch die Schaltung von Widerständen leicht sehr genau herzustellenden Verhältnis der Stromstärken F'' nicht genau gleich $-F'$ wird. Es bleibt dann ein kleiner Rest des Feldes übrig, von dem rund $\frac{2}{3}$ in Fd^2 eingehen. Der daraus entspringende Fehler von d ist natürlich relativ um so größer, je kleiner d ist.

3. Besonders im ersten der zwei vorstehend behandelten Fälle läßt sich mit Vorteil für die Einfachheit der Messung und die Genauigkeit der Ergebnisse eine Nullmethode verwenden, die unmittelbar das Parameterverhältnis liefert. Man erspart dabei die Strommessung und alle Korrekturen, abgesehen von der leicht bei der Beobachtung selbst zu berücksichtigenden Schwankung der magnetischen Meridianrichtung.

Wird durch passende Änderung der die Stromverteilung regelnden Widerstände das der Bedingung $i'' = -6.07 i'$ entsprechende Stromstärkeverhältnis in $-6.07(1 + \varepsilon)$ geändert, so kann man erreichen, daß beim Stromschluß kein Ausschlag eintritt. Geschieht dies, so ist $F'' = -F'(1 + \varepsilon)$. Wie durch Vergleichung mit den früheren Ansätzen leicht zu ersehen ist, gilt dann die das Gleichgewicht ausdrückende Beziehung:

$$\text{oder } \left. \begin{aligned} \varepsilon C_1 - \frac{3}{2}(0.9704 + \varepsilon) c'^{-2} C_3 + \frac{5}{8} \varepsilon p_5'' c''^{-4} C_5 &= 0 \\ \varepsilon - (1.456 + 1.5 \varepsilon) \delta^2 + 0.10 \varepsilon \alpha \delta^4 &= 0 \end{aligned} \right\} (21).$$

In erster Näherung ist danach $\delta^2 = 0,7 \varepsilon$. Da sich ε auf 0.0001 scharf messen läßt, kann man selbst bei kleinen Werten von δ noch eine recht befriedigende Genauigkeit erzielen. In dem nur bei großem δ merklich wirksamen Korrektionsgliede mit dem Faktor δ^4 ist unbedenklich $\alpha = 1$ zu setzen.

Die analoge Bestimmung von $\alpha \delta^4$ im zweiten Falle ist weniger scharf, wenn nicht δ^2 , das als Korrektion eingeht, bereits bekannt ist. Ist dies der Fall, so ist die Nullmethode auch hier zweckmäßig und kann zu guten Werten von α führen.

Schwingungsbeobachtungen.

H. Die Benutzung von Schwingungsbeobachtungen zur Parameterbestimmung bleibt zweckmäßigerweise auf den Fall von Schwingungen um die durch $\psi = 0$, $\varphi = 0$ bezeichnete Gleichgewichtslage im magnetischen Meridian beschränkt. Dabei können zwei verschiedene Beobachtungen stattfinden, die für $f < 1$ durch Stromumkehr, für $f > 1$ durch Umkehrung der Richtung des Magnets aus einander hervorgehen. In allen übrigen Fällen sind die Schwingungen unsymmetrisch, was nicht nur die Ausführung und die Reduktion der Beobachtungen umständlicher und unbequemer macht, sondern vor allem den Einfluß etwaiger Justierungsfehler verstärkt. Es ist weiter zu beachten, daß die Bedeutung der höheren Reihenglieder bei den Schwingungen stärker ist, als bei den Ablenkungen, und zwar um so mehr, je höher ihre Ordnung ist. Das ist natürlich an sich vorteilhaft und kann in geeigneter Weise ausgenutzt werden. Es läßt aber im allgemeinen die Beschränkung auf solche Stromsysteme zweckmäßig erscheinen, deren Feld durch eine einzige Kugelfunktion dargestellt wird. Dagegen würde die Verwendung eines einfachen Stromkreises (oder zweier eng benachbarter Kreise), die sich bei den Ablenkungen wegen der hier gegebenen Variationsmöglichkeit so brauchbar erwies, bei Schwingungsbeobachtungen nur ein verwickeltes Aggregat sämtlicher Parameter liefern. Demgemäß sollen hier nur die im vorigen Abschnitt als 1) und 2) bezeichneten Fälle behandelt werden.

1. Wie dort gezeigt wurde, ergibt die durch

$$\alpha' = 77^{\circ} 53', \quad \alpha'' = 29^{\circ} 32', \quad c'' = 1,548 c', \quad i'' = -6,07i'$$

definierte Anordnung ein auf die dritte Ordnung beschränktes Feld:

$$\left. \begin{aligned} \Phi &= -0.9704 M F c'^{-2} C_3 \frac{d P_3 \cos \varphi}{d \varphi} \\ &= 0.364 M H f \delta^2 (5 \sin 3 \varphi + \sin \varphi) \end{aligned} \right\} \dots (22).$$

Ist die Schwingungsweite so klein, daß selbst der Sinus des dreifachen Winkels durch den Winkel ersetzt werden darf, so wird das von dem Stromsystem herrührende Drehmoment gleich $5,82 M H f \delta^2 \varphi$. Auf die etwas umständliche Ableitung der Formel zur Reduktion der Schwingungsdauer auf unendlich kleinen Bogen soll der Kürze halber hier nicht eingegangen werden. Schwingt nun der Magnet einmal im Erdfelde, das das Drehmoment $M H \varphi$ ausübt, allein und dann unter der hinzukommenden Wirkung des Stromfeldes, so gilt offenbar, wenn die in den zwei Fällen beobachteten Schwingungszeiten T_0 und T sind:

$T^2 : T_0^2 = 1 : (1 \pm 5.82 f \delta^2)$ und somit $f \delta^2 = \mp 1.702 (T^2 : T_0^2 - 1)$.

Für $f = 0.5$ und $\delta = 0.4$ folgt hieraus je nach der Stromrichtung T gleich $0.826 T_0$ oder $1.369 T_0$. Selbst für $\delta = 0.1$, d. h. bei einem Magnet von nur 2.5 cm Länge, unterscheiden sich T_0 und T noch um mehr als 0.01 ihres Betrages. Das ist das Hundertfache der bei Schwingungsbeobachtungen gewöhnlich erstrebten Schärfe. Man darf daher von dem Verfahren eine recht genaue Bestimmung des Polabstandes erwarten.

2. Die im vorigen Abschnitt an zweiter Stelle abgeleitete, durch

$$\alpha' = 53^\circ 51' \quad \alpha'' = 29^\circ 32' \quad c' = 1,939 c' \quad i'' = -3.94 i'$$

definierte Versuchsanordnung lieferte das Glied 5. Ordnung und damit

$$\begin{aligned} \Phi &= -0.5630 M F c'^{-4} C_5 \frac{d P_5(\cos \varphi)}{d \varphi} \\ &= 0.0220 M H f \times \delta^4 (63 \sin 5 \varphi + 21 \sin 3 \varphi + 6 \sin \varphi). \end{aligned}$$

Wird wieder der Sinus durch den Winkel ersetzt, was natürlich die Beschränkung auf eine noch kleinere Schwingungsweite als im ersten Falle bedingt, so hat man

$$T^2 : T_0^2 = 1 : (1 \pm 8.84 f \times \delta^4).$$

Das Beispiel $f = 0.5$, $\delta = 0.4$ ergibt T gleich $0.979 T_0$ oder $1.022 T_0$, also die Möglichkeit einer Bestimmung von x bis auf 0.1 seines Wertes.

3. Besonders wichtig ist die Verbindung von Schwingungs- und Ablenkungsbeobachtungen, weil sie ein Mittel gibt, einen etwa vorhandenen Einfluß der am Schlusse des vorigen Abschnitts erwähnten Fehlerquelle zu entdecken und zu beseitigen. Sind infolge eines nicht hinreichend genauen Baus der Strombahnen die Parameter k_1 und k_5 nicht vollständig zum Verschwinden gebracht, sondern besitzen sie die, wenn auch sehr kleinen Werte λ und μ , so erhält man bei Benutzung der Strombahnen des Falles I, wie sich leicht aus den früheren Angaben ableiten läßt:

$$\lambda \pm 5.82 \delta^2 \pm 8.84 \mu \times \delta^4,$$

während die Ablenkungsbeobachtungen auf

$$\lambda \mp 1.45 \delta^2 \pm 1.10 \mu \times \delta^4$$

führen. Daraus folgt der vom Fehler λ befreite, verbesserte Wert

$$7.27 \delta^2 + 7.74 \mu \times \delta^4 \text{ oder } \delta^2 + 1.06 \mu \times \delta^4,$$

der allerdings noch einen Einfluß von μ zeigt. Dieser wird indessen bei nicht sehr großem δ kaum jemals von Bedeutung sein.

Wägungen.

J. Bei der Parameterbestimmung durch Wägungen kommen offenbar nur solche Stromsysteme ernstlich in betracht, in denen der Strom die beiden Kreise jedes Paares in entgegengesetzter Richtung durchfließt, was zur Folge hat, daß die Stromparameter von ungerader Ordnung verschwinden. Die Ebene der Kreise ist wagerecht zu stellen, und der Magnet, der an einer empfindlichen Waage in lotrechter Stellung hängt, ist im Gleichgewicht in der Mitte des Stromsystems zu halten, das zu diesem Zweck auf und ab verschiebbar sein muß. Nach Herstellung des Gleichgewichts im stromlosen Zustande wird auf der einen oder andern Seite ein kleines passend gewähltes Zusatzgewicht aufgelegt und dann die Stärke des Stromes bestimmt, der den Magnet in die ursprüngliche Gleichgewichtslage zurückführt. Es verdient Beachtung, daß die Schwingungen der Waage unsymmetrisch sind und sich nach der einen oder der andern (mit der Stromrichtung wechselnden) Seite hin einem labilen Zustande nähern. Der Ausschlag der Waage ist daher zweckmäßigerweise auf beiden Seiten zu begrenzen.

Der Magnet kann leicht sowohl von einer Heiz- oder Kühlvorrichtung, wie auch von einer Magnetisierungsspule umschlossen werden. Das Wägungsverfahren erscheint daher besonders für Untersuchungen über die etwaige Abhängigkeit des Polabstandes von der Temperatur oder der Stärke der Magnetisierung geeignet. Der Zug X , den der Magnet in dem vom Strom erregten magnetischen Felde erfährt, ist nach (10) in der hier geltenden Beschränkung

$$X = -2 C_1 (k_2 + 6 k_4 \xi^2 + 15 k_6 \xi^4 + \dots) \\ - 4 C_3 (k_4 + 15 k_6 \xi^2 + \dots) - 6 C_5 k_6 + \dots$$

oder in allgemeiner Form:

$$X = - \sum \sum n \binom{n-1}{m} C_m k_n \xi^{n-m-1} \quad n = 2, 3, \dots \\ = - M F \sum \sum n \binom{n-1}{m} \delta^{m-1} p_n e^{-n+1} \xi^{n-m-1} \quad m = 1, 2, \dots, n-1 \quad (25).$$

Bei den höheren Potenzen von d sind die Faktoren $\alpha, \alpha' \dots$ hinzuzudenken. Setzt man wieder $n p_n = P_n'$, d. i. $P_n'(\cos \alpha)$ und $d = c \delta$, ferner $\xi = c \eta$ und $F = c G$, so folgt

$$X = - M G \sum \sum \binom{n-1}{m} P_n' \delta^{m-1} \eta^{n-m-1}.$$

In der hier geltenden Beschränkung auf geradzahlige Werte von n und ungeradzahlige Werte von m ergibt dies

$$X = - M G (\sum P'_{m+1} \delta^{m-1} + \eta^2 \sum \binom{m+2}{m} P'_{m+3} \delta^{m-1} \\ + \eta^4 \sum \binom{m+4}{m} P'_{m+5} \delta^{m-1} + \dots).$$

Für die vorzugsweise in betracht kommende, durch $\eta = 0$ bezeichnete Mittellage des Magnets wird somit

$$X = -M G (P_2' + \delta^2 P_4' + \alpha \delta^4 P_6' + \dots) \quad (26).$$

Hierauf lassen sich nun leicht verschiedene Methoden zur Bestimmung von δ , α , α' . . . (und damit bei Kenntnis von M zur Bestimmung von C_3 , C_5 . . .) gründen. Man übersieht leicht, daß mit einem einzelnen Stromkreispaar wenig zu erreichen ist. Am ehesten verspräche noch die Messung von X bei mehreren zweckmäßig gewählten Entfernungen der zwei Stromkreise Erfolg.

Es soll daher hier nur der Fall zweier Strompaare betrachtet werden, und auch dieser nur, insoweit es sich um die Bestimmung von δ^2 und damit um diejenige des Polabstandes handelt.

1. Der an sich schon (außer bei sehr großem δ) geringe Einfluß von P_8' verschwindet, wenn die Stromebenen in zwei Nullstellen dieser Funktion gelegt werden. Als gut brauchbar erweisen sich die folgenden: $\cos \alpha' = 0.36$ und $\cos \alpha'' = 0.90$ mit den zugehörigen Winkeln $\alpha' = 68^\circ 54'$ und $\alpha'' = 25^\circ 51'$. Die entsprechenden Werte von P_2' sind 1.0800 und 2.7000, diejenigen von P_4' : -1.8835 und 6.0075 , endlich diejenigen von P_6' : 1.5746 und 5.5549 . In ohne weiteres verständlicher Bezeichnung sieht man dann, daß das erste, P_2' enthaltende Glied verschwindet, wenn $G'' = -0.4000 G'$ ist, und daß auch das dritte wegfällt, wenn im Anschluß daran $c'' = 1.090 c'$ gewählt wird, was weiter auf $i'' = -2.176 i'$ führt. Als Zahlenbeispiel diene: $c' = 10$ cm, $d = 4$ cm, also $\delta^2 = 0.16$, $M = 1000$ Γ cm³. Damit ergeben sich folgende Werte: $c'' = 10.90$ cm, $a' = 9.33$ cm, $b' = 3.60$ cm; $a'' = 4.75$ cm, $b'' = 9.81$ cm; und für $i' = 10$ Amp. folgt $i'' = 21,76$ Amp. und $X = 69.5$ dyn.

Der bei einem Gewicht des Magnets von 75 g noch genügend genau zu messende Zug von rund 70 mg erfordert also, was zu erwarten war, eine recht bedeutende Stromstärke. Man wird daher jeden Stromkreis am besten in mehrere Windungen auflösen.

2. Auch eine Nullmethode kann Verwendung finden; bei der erwähnten Untersuchung des Einflusses von Temperatur- oder Momentänderungen kommt sie sogar allein in betracht. Die Stromebenen werden dabei zweckmäßigerweise in die Nullstellen von P_6' verlegt: $\cos \alpha' = 0.47$, $\cos \alpha'' = 0.83$, d. i. $\alpha' = 62^\circ 58'$, $\alpha'' = 33^\circ 54'$. Die zugehörigen Werte von P_2' sind 1.4100 und 2.4900, diejenigen von P_4' : -1.708 und 3.781 . Als gut brauchbar erweist sich die Gleichsetzung von c'' mit c' , die bedeutet, daß sämtliche 4 Stromkreise auf einer

und derselben Kugel liegen. Das erste Glied würde zu Null werden, wenn $G'' = -0.5662 G'$ wäre. Der Wert von G'' , für den die zwei ersten Glieder einander gegenseitig aufheben, sei $(1 + \varepsilon)$ mal so groß, was bei den Stromstärken auf $i'' = -1.445(1 + \varepsilon) i'$ führt. Man erhält dann die Gleichgewichtsbedingung: $-1.4100 \varepsilon = \delta^2(3.854 + 2.146 \varepsilon)$. Für $\delta^2 = 0.16$ ist $\varepsilon = -0.380$, also ein recht genau meßbarer Betrag erforderlich. Bei der praktischen Ausführung wäre der u. U. ungünstige Einfluß zu beachten, den die γ^2 enthaltenden Glieder auf die Stabilität ausüben.

3. Nur andeutungsweise sei erwähnt, daß auch solche Messungsverfahren praktisch möglich sind, bei denen ξ und damit η nicht Null sind. Es genügt beispielsweise, X als Funktion von γ bei einem einzelnen Stromkreise zu bestimmen.

In allen Fällen ist der induzierende Einfluß des zur Messung dienenden Feldes auf den Magnet durch Variation der Feldstärke zu ermitteln, wie dies bereits in dem früheren Aufsatz erwähnt wurde.

Herrn Dr. Fanselau sage ich auch an dieser Stelle Dank für seine Unterstützung bei den Korrekturen und für seine Nachprüfung der numerischen Rechnungen.

Neuberechnung der Beobachtungen von James Clark Ross über die Lage des nördlichen magnetischen Pols der Erde.

Von A. Nippoldt.

Die geographische Lage der beiden magnetischen Pole der Erde ist für eine Anzahl geographischer und geophysikalischer Fragen von so großer Bedeutung, daß man schon von der Frühzeit erdmagnetischer Forschung an bestrebt war, sie zu ermitteln. So nahe es lag, den Ort der Pole unmittelbar aus Beobachtungen zu finden, so schwer ist doch die tatsächliche Ausführung dieses Gedankens gewesen. Das hat seinen Grund in der Unzugänglichkeit der betreffenden Örtlichkeiten, liegen doch beide Pole in den Eisgebieten der Polarkappen. Die Folge davon ist, daß wir von beiden magnetischen Polen bis heute nur je eine unmittelbare magnetische Ortsbestimmung haben.

Der nördliche magnetische Pol — physikalisch bekanntlich ein Südpol — wurde am 1. Juni 1831 von James Clark Ross vermessen,

der südliche erst 1909 von der zweiten englischen Südpolar-Expedition erreicht. Außerdem haben wir für jeden Pol Messungen, die ihm wenigstens nahe gekommen sind, für den südlichen die Beobachtungen von J. C. Ross aus dem Jahre 1841, für den nördlichen jene von Roald Amundsen aus 1903.

Diese letzteren Beobachtungen sind inzwischen von A. Graarud und N. Russeltvedt¹⁾ bearbeitet und herausgegeben worden und zeichnen sich besonders dadurch aus, daß in rund 75 km Entfernung vom Pol nach etwa SSE hin ein die Variationen registrierendes magnetisches Observatorium in Gang erhalten wurde. Die genannten Verfasser waren dadurch in der Lage, den Weg zu bestimmen, welchen der magnetische Pol sowohl im Laufe des Tages, als auch des Jahres durchläuft.

Dies gab das Mittel in die Hand, die einstigen Beobachtungen von Ross auf die tägliche und jährliche Variation zu reduzieren und seinen Wert für die geographischen Koordinaten zu verbessern.

Der Umstand, daß die geplante Forschungsfahrt in die Arktis mit Hilfe eines Luftschiffes die Herstellung genauer zeitgemäßer Karten der Isogonen verlangte, war der Anlaß zur Inangriffnahme dieser Untersuchung. Daß nachher sich nur eine geringe Verschiebung der Pollage fand, ist praktisch nur angenehm, soll aber nicht davon abhalten, die Ergebnisse zu veröffentlichen, da auch die Bestätigung der alten Zahlen von Wert ist.

Stellt man das Ergebnis aller vorhandenen auf Beobachtungen gestützten Untersuchungen über die Lage beider Pole zusammen, so findet sich:

Nördlicher magnetischer Pol:

1831 $\varphi = 70^{\circ} 5'$ nördl. Br.; $\lambda = 96^{\circ} 46'$ westl. Lg. nach Ross

1903 $\varphi = 70 30$ " " ; $\lambda = 95 30$ " " " Amundsen.

Südlicher magnetischer Pol:

1841 $\varphi = 75^{\circ} 5'$ südl. Br.; $\lambda = 154^{\circ} 8'$ östl. Lg. nach Ross

1903 $\varphi = 72 41$ " " ; $\lambda = 156 25$ " " " 1. engl. Südpolexp.

1909 $\varphi = 72 25$ " " ; $\lambda = 154 0$ " " " 2. " "

Die neue Reduktion der Rossschen Beobachtungen aus 1831 liefert nun für den nördlichen magnetischen Pol:

1831 $\varphi = 70^{\circ} 5'.4$ und $\lambda = 96^{\circ} 53'.5$.

Gegenüber dem seitherigen Wert für den Pol nach Ross ist

¹⁾ Erdmagnetische Beobachtungen der Gjøa-Expedition 1903—1906. Geoph. Publ. 3 [8], Oslo 1925.

dies eine Verschiebung von 4,9 km in der Richtung W 30.5 S, also in der Tat nur so wenig, daß es schon beim Zeichnen der Isogonenkarten kaum in Betracht kommt.

Alle anderen in der Literatur vorkommenden Zahlen für die geographischen Koordinaten der Pole sind nicht aus Beobachtungen abgeleitet, sondern vornehmlich auf grund der Kugelfunktionsdarstellungen des gesamten Erdpotentials errechnet.

Für alle theoretischen, die Erde als Ganzes betreffenden Betrachtungen sind diese auf die Beobachtungen über die ganze Erde hin gegründeten Werte unstreitig vielsagender als die Koordinaten aus einzelnen Messungen und zwar darum, weil die tatsächliche Lage des Polpunkts durch die Anwesenheit von erdmagnetischen Anomalien gerade in den in Betracht kommenden Gegenden einen ganz lokalen Charakter tragen kann. In der Tat liegen die Örtlichkeiten in beiden Polarkappen auf Land, und zwar, soweit mir bekannt, auf einem Untergrund, der seiner geologischen Beschaffenheit nach sehr wohl Anomalien führen kann. Für die Gegend, wo Amundsen seine oben erwähnte Registrierstation errichtet hatte, ist durch eine Lokalvermessung das Vorhandensein einer örtlichen Störung sogar nachgewiesen. Immerhin wäre jedoch eine erhebliche Änderung in den Koordinaten des Rossschen Punktes für bestimmte Zwecke, wie hier für das Zeichnen der Isogonenkarten, von Bedeutung.

Die Registrierungen Amundsens haben nachgewiesen, daß der magnetische Pol infolge der täglichen und jährlichen Variation sich im Laufe des Tages und des Jahres verschiebt.

Figur 1¹⁾ zeigt nach Graarud und Russeltvedt die tägliche Bahn des nördlichen Pols im Jahresdurchschnitt. Der Punkt in der Mitte bezeichnet die mittlere Lage des Pols; die beiden Achsen geben die astronomische Nordsüd- bzw. Westostrichtung. Die an die Bahn angeschriebenen Zahlen geben die mittlere Ortszeit für den Meridian des Pols. Die Bahn des täglichen Gangs ist demnach im Jahresmittel ein Ovaloid, das in den Nachmittagsstunden am schnellsten, um Mitternacht am langsamsten durchlaufen wird. Der ganze Bereich der Bewegung beträgt in der Ostrichtung 23 bis 24 km, in der Nordrichtung nur 14 km.

Bedeutend kleiner ist der jährliche Gang, den uns die Figur 2 wiedergibt, die in demselben Maßstab einen im wesentlichen in einer SW-NE-Richtung erstreckten Bereich zeigt.

¹⁾ Der Einführung in die Geophysik II, Berlin 1929, Julius Springer, entnommen.

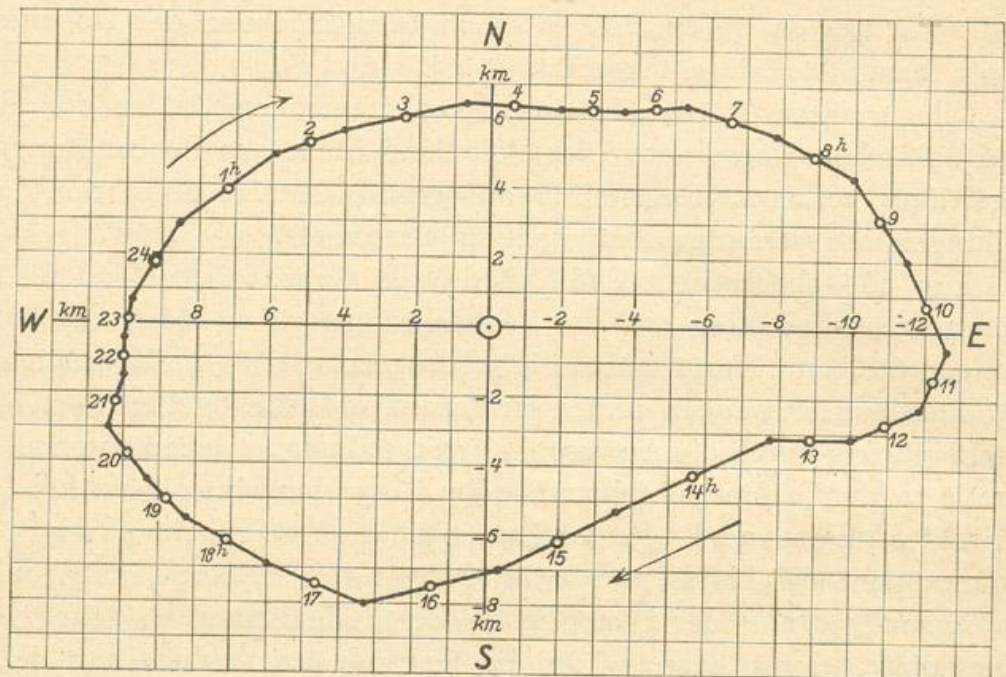


Fig. 1. Täglicher Weg des nördl. magnet. Pols der Erde.

Da nun glücklicherweise die Beobachtungsdaten und -zeiten von Ross bekannt sind, ist es möglich, seine Örter auf diese beiden Variationen zu verbessern. Man hat dazu nur den Punkt aufzusuchen, an welcher Stelle der beiden Bahnen sich der wirkliche Pol befand, als Ross beobachtete, und kann dann seine Werte auf den mittleren Ort zurückführen.

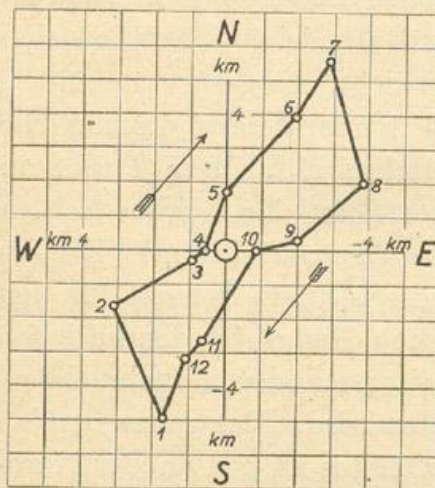


Fig. 2. Jährlicher Weg des nördl. magnet. Pols der Erde.

J. C. Ross' Beobachtungen sind zwar in einer deutschen Monographie über die magnetischen Pole der Erde veröffentlicht worden, allein es wurde vorgezogen, auf die englische Originalveröffentlichung zurückzugehen, um eventuelle Druckfehler nicht wirksam werden zulassen, eine Vorsicht, die sich gelohnt hat.

Die Originalarbeit von Ross erschien in den Philosophical Transactions der Royal Society für das Jahr 1834, Teil I, S. 47 u. ff. und

war am 19. Dezember 1833 vorgelegt worden. Sie enthält das ganze, aus 44 Einzelbeobachtungen der ganzen Reise bestehende Material an Messungen. Hiervon entfallen 6 auf den Ort des Poles selbst, die anderen geben die Hin- bzw. die Wegreise. Aus den verhältnismäßig langen Beobachtungsreihen auf der Basisstation vor der Polreise „Sheriffsbay in $70^{\circ} 1'$ und $91^{\circ} 54'$ w. Lg., v. Gr.“, und der gleich langen an der Basisstation nach der Polreise „Victory Harbour in $70^{\circ} 9' 18''$ und $91^{\circ} 30' 33''$ w.“ ergibt sich der mittlere Fehler seiner Inklinationmessungen zu ± 1.5 ; die Beobachtungen am Pol selbst geben sogar einen noch etwas geringeren Wert, nämlich ± 1.2 . Alles dies ohne Reduktion auf Variationen.

J. C. Ross benutzte ein Nadelinklinatorium von Jones, das vorher schon Parry und Forster südöstlich vom Pol gebraucht hatten. Er hatte vor der Ausreise keine Zeit, es zu prüfen, und erwähnt, daß er im Frühjahr 1831, also vor der entscheidenden Messung am Pol, einen Fehler am Vertikalkreis fand. Es ist nicht angegeben, um welchen Fehler es sich handelte, allein aus dem ganzen Wortlaut zu schließen, daß er beseitigt worden ist. Der fehlende Anschluß bringt es mit sich, daß wir nichts über den Instrumentalfehler seines Inklinatoriums wissen; allein es ist fraglich, ob eine derartige Größe in damaligen Zeiten mangels eines magnetischen Observatoriums überhaupt ermittelungsfähig war. Die oben angegebene innere Genauigkeit bezieht sich auf die Unterschiede der einzelnen vollständigen Sätze gegeneinander. Jeder Satz besteht aus zwei Halbsätzen, der eine vor, der andere nach der Ummagnetisierung der Nadel. Diese beiden Hälften differieren bedeutend mehr untereinander, ein einzelnes Paar um ± 5.4 , während der hieraus folgende mittlere Fehler des für die Polbeobachtungen geltenden Mittels ± 2.3 beträgt. Außer den eigentlichen Messungen der Größe der Inklination aus den Nadelneigungen bestimmte Ross noch die Schwingungsdauer durch verschiedene Azimute der Nadelebene und fand für 50 Schwingungen nur noch Unterschiede von 1.2 , so daß kein Zweifel darüber herrschen kann, daß er sich tatsächlich innerhalb der Genauigkeit über dem Pol befand.

In einer zweiten Abhandlung: „Narrative of a second voyage in search of a north-west passage and of a residence in the arctic regions during the years 1829, 1830, 1831, 1832, 1833“ by Sir John Ross, London 1835 ist ein Bericht von J. C. Ross abgedruckt, der noch

einige weitere Einzelheiten bringt. Es wird erwähnt, daß etwa eine Meile landeinwärts bis zu 20 m hohe Hügel vorhanden sind, der Strand selbst aber flach ist und von Kalksteintrümmern bedeckt gewesen war. Dies läßt uns hoffen, daß der Beobachtungsort nicht unmittelbar unter dem Einfluß einer ganz lokalen Anomalie stand. Die geographische Länge des Orts wird in dieser Veröffentlichung um 3" kleiner angegeben, als in der Hauptpublikation, doch macht dies nur einige wenige Meter aus. Im übrigen scheint die Längenbestimmung gut gewesen zu sein, denn es wird eigens betont, daß der Gang des benutzten Chronometers durch Beobachtungen als gleichmäßig festgestellt wurde.

Die von J. C. Ross an seinem Polpunkt angestellten Beobachtungen lieferten folgende Inklinationen:

Datum	Mittlere Ortszeit	Vor und nach Ummagnetisierung		Mittel
1831 Juni 1	12 ^b	90° 2.75	89° 54.29	89° 58.52
	15	90° 0.71	89° 54.71	89° 57.71
	17	90° 1.79	89° 50.15	89° 55.97
	19	90° 12.25	89° 53.67	90° 2.96
	2	9	90° 4.62	89° 59.14
11		89° 54.08	89° 58.17	89° 56.12

Als geographische Koordinaten des Ortes werden angegeben:

70° 5' 17" nördl. Breite und 96° 45' 48" westl. Länge von Greenwich. Der mittlere Inklinationswert ist 89° 58'.86.

Entnehmen wir aus der Figur 1 für die angegebenen Tagesstunden, aus Figur 2 für den Juni die Lage des Pols zu diesen Zeiten als Verschiebung in X nach Norden und Y nach Osten, so erhalten wir aus diesen Zahlen Azimut und Entfernung des mittleren Pols. Indem wir die ΔX und ΔY , die hier in km angegeben sind, durch Multiplikation mit 0'.54 bzw. 1'.58 in Bogenminuten verwandeln, erhalten wir die Verbesserungen an der alten Pollage.

Die am Schluß abgedruckte Rechnung ergibt:

Mittel 70° 5'.44 nördl. Breite
96° 53'.49 östl. Länge von Greenwich.

Der mittlere Fehler ergibt sich zu $\pm 0'.84$ in Breite und $\pm 5'.87$ in Länge.

Monat.	VI	VI	VI	VI	VI	VI
Datum	1	1	1	1	2	2
M.O.Z.	12 ^h	15 ^h	17 ^h	19 ^h	9 ^h	11 ^h
ΔX tägl. G. . .	- 2.7 km	- 6.2 km	- 7.4 km	- 5.1 km	+ 3.1 km	- 1.5 km
monatl. G. . .	+ 3.0 "	+ 3.0 "	+ 3.0 "	+ 3.0 "	+ 3.0 "	+ 3.0 "
ΔX	+ 0.3 "	- 3.2 "	- 4.4 "	- 2.1 "	+ 6.1 "	+ 1.5 "
ΔY tägl. G. . .	- 11.0 "	- 2.1 "	+ 4.7 "	+ 8.8 "	- 10.9 "	- 12.3 "
monatl. G. . .	- 1.0 "	- 1.0 "	- 1.0 "	- 1.0 "	- 1.2 "	- 1.2 "
ΔY	- 12.0 "	- 3.1 "	+ 3.7 "	+ 7.8 "	- 12.1 "	- 13.5 "
Entfernung . . .	12.0 "	4.4 "	5.8 "	8.1 "	13.6 "	13.6 "
Azimuth	91 ^o	44 ^o	-40 ^o	-75 ^o	117 ^o	96 ^o

Pollage

Breite. . . 70 ^o	5'.12	7'.01	7'.66	6'.41	1'.99	4'.47
Länge. . . 96 ^o	64.76	50.70	39.95	33.48	64.92	67.13

Die Bestimmung des Azimutes mit dem Sonnenspiegel.

Von O. Venske.

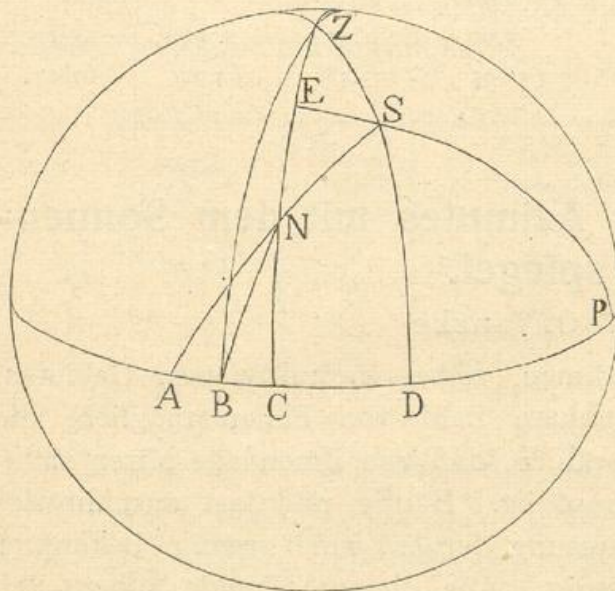
Bei magnetischen Aufnahmen, selbst in kultivierten Gebieten, ist es nur in einer beschränkten Zahl von Fällen möglich, die Vermessungsstationen so zu wählen, daß von ihnen aus Miren sichtbar sind, deren Azimuth bekannt ist. Häufig und fast ausnahmslos bei der magnetischen Vermessung ferner, noch wenig bekannter Länder ist dies nicht angängig. Aus diesem Grunde pflegt den magnetischen Reiseinstrumenten ein astronomischer Aufsatz oder ein Sonnenspiegel beigegeben zu werden. Haben sich nun auch beide Vorrichtungen für die Bestimmung des Azimutes als gleichwertig erwiesen, so verdiente doch die letztere wegen der Einfachheit ihrer Handhabung den Vorzug. Trotzdem scheint eine Theorie des Sonnenspiegels, so notwendig sie auch ist, noch nicht zu bestehen (s. Anm. S. 144). Die folgende Darstellung soll diese Lücke ergänzen.

Bei der Aufstellung einer Theorie des Sonnenspiegels ist es gestattet, von vornherein zwei vereinfachende Voraussetzungen einzuführen, nämlich

1. daß die Achse des Theodolitenfernrohres horizontal liegt und
2. daß die Spiegelebene des Sonnenspiegels parallel zur Kippachse desselben ist.

Die erste Voraussetzung ist, sei es durch Visieren nach dem Horizont, sei es durch Benutzung einer Libelle, leicht zu erfüllen. Die zweite hängt von der Sorgfalt ab, mit welcher der Verfertiger den Sonnenspiegel hergestellt hat. Ist sie nicht erfüllt, so kann die Kollimation zwischen Spiegelebene und Achse leicht durch Umlegen des Sonnenspiegels während der Beobachtung eliminiert werden.

Für die Theorie sind zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem der Beobachter bei der Azimutbestimmung die Sonne im Rücken oder vor sich hat. Die folgende Figur, welche die Einheitskugel darstellt, bezieht sich auf den ersteren Fall.



In ihr bedeutet ABCDP den Horizont, Z ist das Zenith, S die Richtung nach der Sonne, A die negative optische Achse des Fernrohres und N die Normale des Sonnenspiegels. Nach dem Reflexionsgesetz ist mithin:

$$\sphericalangle AN = \sphericalangle NS.$$

Es sei weiter B der Horizontalpunkt des auf der Kippachse des Sonnenspiegels senkrechten Großkreises, C der Horizontalpunkt

des Großkreises ZN und D der des Großkreises ZS. Ferner sei P der Pol des Großkreises ZN und es sei E der Durchschnittspunkt von ZN mit dem Großkreis PS.

Anm. Hierzu mag bemerkt werden, daß die Theorie des Sonnenspiegels, welche Hr. K. Haussmann für einen Sonderfall in seiner Abhandlung: Magnetische Messungen im Ries und dessen Umgebung, Akad. Abhandlungen, Berlin 1904, S. 16 und 17 entwickelt, nicht richtig ist. Dies geht schon daraus hervor, daß sie, falls die Sonne im Horizonte steht und in gerader Visur beobachtet wird, die durch den Sonnenspiegel bedingte Korrektur unendlich groß ergibt, während doch die Einstellung, wie die Anschauung lehrt, in diesem Falle keiner Korrektur bedarf. Der Grund für ihre Unrichtigkeit liegt in folgendem. Es ist in der von Hrn. Haussmann gegebenen Figur, unter Benutzung seiner Bezeichnungsweise, nicht $\sphericalangle LN = 90^\circ - v$, auch ist P nicht die Mitte von $\sphericalangle A_1 A$. Beachtet man dagegen, daß $\sphericalangle A_1 P = v$ ist, so gelangt man auch an Hand dieser Figur für den von Hrn. Haussmann behandelten speziellen Fall zu der richtigen Formel.

Es bezeichne weiter ε die Elevation der Kippachse des Sonnenspiegels und η das Komplement des Winkels, den die Horizontalprojektion derselben mit der negativen Richtung A der Fernrohrachse bildet. Wie ersichtlich ist

$$\eta = \sphericalangle A B$$

und

$$\varepsilon = \sphericalangle Z B N.$$

Der Bogen A B C D, ausgedrückt in Winkelmaß, stellt die Korrektur dar, welche von der Fernrohrrichtung abzuziehen ist, um die Richtung des Gegenpunktes der Sonne zu erhalten. Es kommt darauf an, diesen Bogen aus den konstanten Größen η und ε und der variablen Sonnenhöhe D S, die h heißen möge, zu berechnen. Hierzu dienen folgende Ansätze:

Es ist

$$\begin{aligned} \sphericalangle E Z &= 90^\circ - \sphericalangle C N - \sphericalangle N E = 90^\circ - \sphericalangle C N - \sphericalangle C N, \\ \operatorname{tg} C N &= \sin B C \operatorname{tg} N B C = \sin B C \operatorname{cotg} \varepsilon, \\ \operatorname{tg} E S &= \operatorname{tg} (\eta + B C) = \cos 2 C N \operatorname{tg} C D, \\ \cos S Z &= \sin h = \sin 2 C N \cos (\eta + B C). \end{aligned}$$

Die drei letzten Gleichungen verbinden die drei den Bogen B C, C D und C N entsprechenden unbekanntem Winkel mit den drei bekannten η , ε und h . Sie ermöglichen also die Berechnung der ersteren und damit auch die von

$$\sphericalangle A B C D$$

aus diesen.

Es ist nicht nötig, diese Berechnung in voller Schärfe vorzunehmen. Es genügt im vorliegenden Falle, sie bis auf Größen erster Ordnung in η und ε auszuführen. Bei dieser Beschränkung ergibt sich

$$\sphericalangle A B C D = (\eta + \varepsilon \operatorname{tg} \frac{1}{2} h) (1 + \sec h).$$

Für den zweiten Fall, wo der Beobachter die Sonne vor sich hat, erhält man in gleicher Weise

$$\sphericalangle A B C D = 180^\circ + (\eta + \varepsilon \operatorname{cotg} \frac{1}{2} h) (1 - \sec h).$$

Diese Ausdrücke zeigen, daß es unmöglich ist, durch Kombination von Beobachtungen in verschiedenen Lagen des Sonnenspiegels die Fehler ε und η seiner Lagerung zu eliminieren. Vielmehr müssen nach Maßgabe derselben Korrekturen an die Einstellung des Fernrohres angebracht werden, um die Einstellung nach der Sonne zu erhalten. Die hierfür nötige Bestimmung dieser Fehler kann folgendermaßen geschehen.

Um die Elevation ε der Achse des Sonnenspiegels festzustellen, setzt man eine Reiterlibelle in beiden Lagen über die Zapfen derselben und legt den Sonnenspiegel um. Aus den so erhaltenen vier Einstellungen der Blase läßt sich in bekannter Weise ε berechnen. Den Winkel η erhält man, indem man mittels eines mit Gaussischem Okular versehenen Fernrohres einmal die Normale des Sonnenspiegels und weiter das Fadenkreuz des Theodolitfernrohres anvisiert und die hierzu notwendige Drehung des Theodoliten um die vertikale Drehungsachse abliest.

Um die Größenordnung der Winkel η und ε und der sich aus ihnen ergebenden Korrekturen zu bezeichnen, führe ich folgendes Beispiel an. Bei einer Azimutbestimmung mittels des Sonnenspiegels i. J. 1909 mit vor dem Beobachter stehender Sonne, und einer Sonnenhöhe von rund 40° war $\varepsilon = -0'.27$ und $\eta = 0'.54$. Die an die Ablesung der Stellung des Fernrohres anzubringende Korrektur betrug also

$$(0.54 - 0.27 \times 2.75)(1 - 1.30) = +0'.06.$$

Mit dieser Korrektur ergab sich das mit dem Sonnenspiegel beobachtete Azimut der benutzten Mire nur um $0'.02$ kleiner, als es ein großes Universalinstrument lieferte. Hätte der Beobachter sich so aufgestellt, daß er die Sonne im Rücken gehabt hätte, so wäre die in Rede stehende Korrektur erheblich größer, nämlich gleich $1'.01$ gewesen.

Aus diesem Beispiel ist zu ersehen, daß sich die Fehler der Justierung des Sonnenspiegels in merkbaren Fehlern der Einstellungen geltend machen können. Man kann sie aber durch Benutzung der abgeleiteten Formeln unschädlich machen. Dadurch gelingt es die Messungen mit dem Sonnenspiegel auf eine solche Höhe zu erheben, daß sie den mit einem Universalinstrument ausgeführten gleichwertig werden.

Dies führt zu einer praktischen Folgerung. Es ist immer noch üblich, einem magnetischen Reistheodoliten einen astronomischen Aufsatz beizugeben. Dies ist nach dem vorhergehenden nicht nötig. Es genügt die Beigabe eines gut gearbeiteten Sonnenspiegels. Denn da es bei den Beobachtungen mit einem solchen Theodoliten nur auf Azimutbestimmungen ankommt, ist der Sonnenspiegel dem astronomischen Aufsatz als gleichwertig anzusehen.

Zusammenfassung.

Es werden Formeln abgeleitet, nach denen mit einem Sonnenspiegel angestellte Azimutbeobachtungen zu korrigieren sind.

Ersatz von Magneten durch Stromspulen.

Von R. Bock.

Theoretisch ist ein permanenter Magnet einer stromdurchflossenen Spule gleichbedeutend. Der Ersatz eines Magneten durch eine Stromspule ist nicht in jedem Falle erfolgreich, ja er stößt teilweise auf Schwierigkeiten, die sich nur durch Anwendung äußerst umfangreicher Apparaturen, manchmal vielleicht überhaupt nicht umgehen lassen. Auf der anderen Seite besitzt eine Stromspule gegenüber einem Magneten einige unstreitbare Vorteile, die in geeigneten Fällen die weitere Einführung von Spulen in die erdmagnetische Praxis energisch erfordern. Unter Stromspulen seien hier jegliche Kombinationen von Leitern verstanden, die eine oder mehrere Flächen umschließen (z. B. ein Kreisring, ein Solenoid, eine Anordnung nach Helmholtz-Gaugain¹⁾ oder nach Fanselau²⁾).

Die Schwierigkeiten, die eine im wahrsten Sinne des Wortes absolute Messung von vornherein ausschließen, liegen in der Ausmessung der geometrischen Dimensionen, die bei den wohl nur in Betracht kommenden mehrwindigen Spulen schon wegen der notwendigen spiralförmigen Anordnung eine für die zu erreichende Genauigkeit zu große Abweichung von der theoretisch erfaßbaren Nebeneinanderlagerung der Einzelkreise bildet.

Ferner ist die zu erreichende Meßgenauigkeit der Stromstärke ein ausschlaggebendes Moment. Bei H-Messung müßte das zu erzeugende Feld das 0,7-fache des Erdfeldes betragen, also die Größe von etwa 0,13 l' haben. Bei einer Meßgenauigkeit von 1 γ , also der Genauigkeit, die mittels Magneten erreicht wird, müßte die Strommessung auf $7,7 \cdot 10^{-5}$ genau sein, ein Erfordernis, das nur durch Anwendung einer Kompensationsschaltung erfüllt werden kann. Einen festen Widerstand mit dieser Genauigkeit zu bestimmen, ließe sich ausführen, insbesondere, da es nur einmal zu geschehen braucht, wengleich auch bei den weitgehendst temperaturunabhängigen Legierungen die Temperatur gerade noch wirksam ist. Aber die Spannung von Normal-elementen wird nur auf knapp 10^{-4} angegeben, wozu es noch eines internationalen Abkommens bedurfte.

Ließe man die Stromspule ähnlich einem Magneten außerdem schwingen, so wäre die Messung der Ausmaße und der absoluten

¹⁾ R. Bock. Zeitschr. f. Physik 1929, S. 257.

²⁾ G. Fanselau. Zeitschr. f. Physik 1929, S. 260.

Stromstärke nicht erforderlich; es träte aber dann die Notwendigkeit einer zweiten Stromzuführung auf (eine könnte der Aufhängedraht sein), die bei einer abnehmbaren und in die Aufhängevorrichtung wieder einzusetzenden Spule, wenn überhaupt durchführbar, sehr schwierige mechanische Probleme stellen würde.

Noch ungünstiger wird es bei Z-Messungen, da hier nur Kompensation des gesamten Feldes von 0.43 l' in Betracht kommt.

Zum mindesten wird also von einer Basierung der wirklich absoluten Messungen auf rein elektrische Methoden keine Steigerung der Genauigkeit zu erwarten sein.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn auf gänzlich absolute Festlegung kein Wert gelegt wird, diese vielmehr weiter magnetisch erfolgt. Hierfür spricht auch die seit langem projektierte, aber erst kürzlich durchgeführte Konstruktion des Normaltheodoliten von A. d. Schmidt¹⁾, der gerade diesem Zwecke vollauf gerecht wird. Da nämlich die Konstanz eines Stromes, dessen absoluter Betrag bis zu einer gewissen Grenze bekannt ist, sowie die Größe einer Veränderung in allerdings kleinen Grenzen beliebig genau festgestellt werden kann, läßt sich auch die Konstanz des von ihm erzeugten Feldes, bzw. die verhältnismäßig kleine Änderung, die den natürlichen Variationen entspräche, genau festlegen. Die laufenden, sogenannten absoluten Messungen wären also allgemein mit beliebig gesteigerter Genauigkeit elektrisch ausführbar, wenn nicht der Indikator (Nadel, Nullinstrument) eine Grenze setzte. Bei diesen Messungen ist neben der Kenntnis der absoluten Größe aller Werte auch die Homogenität des Feldes belanglos.

Neben den bereits vorhandenen Apparaturen, die alle das Gemeinsame haben, daß die Spulen relativ zu einem Bezugssystem feststehen, ließe sich aus den Schwingungen einer Stromspule leicht relativ das magnetische Feld bestimmen, vorausgesetzt, daß die Bestimmung der Schwingungsdauer (z. B. durch Registrierung des gesamten Verlaufs oder der wichtigsten Stücke, durch Koinzidenzen) entsprechend genau ist. Von der oben erwähnten mechanischen Schwierigkeit fällt hier ein großer Teil weg, da an eine feste Aufstellung gedacht ist.

Hierbei tritt einer der hauptsächlichsten Vorteile einer Stromspule gegenüber einem Magneten hervor. Man hat es in der Hand,

¹⁾ R. Bock. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1928, S. 1—16. — Desgl. Zeitschr. f. Geophys. 1928, S. 227—236.

ohne Eingriff das magnetische System in ein unmagnetisches zu verwandeln. Ein anderer Vorteil liegt in der ebenso leicht zu erzielenden Umkehrbarkeit des Feldes.

Zwar sind auch hierbei zwei Schwierigkeiten zu berücksichtigen, deren eine systematisch ist, deren andere in der mechanischen Herstellung liegt. Das magnetische Moment einer Spule ist klein gegenüber einem Magneten, der ihr an Größe entspricht, und die Zu- und Abführung des immerhin in der Größenordnung von 1 Amp. liegenden Stromes auf einen schwingenden, sich drehenden oder sonstwie beweglichen Leiter, der natürlich nicht gehemmt werden darf, wird nur in wenigen Fällen möglich sein.

Die in Waageform ausgebildete Anordnung würde sich gut als Nullinstrument eignen (gleiche Lage mit und ohne Strom), sowie als Indikator kleiner Differenzen, die sich aus der Neigung analog wie bei der Schmidtschen Feldwaage ergeben. Hierüber angestellte Versuche sind dem Abschluß nahe.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß zur Erzeugung kleiner Felder (Zusatzfelder z. B. bei Skalenwertbestimmungen) Stromspulen den unbedingten Vorzug vor Magneten verdienen, da sich auch hier die Abschaltbarkeit, Umkehrbarkeit und außerdem die beliebig genau feststellbare Änderung in weiten Grenzen äußerst vorteilhaft verwenden läßt.

Über ein neues Spulenaggregat.

Von G. Fanselau.

In einer früheren Arbeit¹⁾ habe ich allgemein die Frage untersucht, welche Spulenordnung zur Erzeugung der weitgehend homogenen Felder, wie sie in der erdmagnetischen Meßtechnik Verwendung finden, am zweckmäßigsten ist. Die Lösung des Problems führte auf eine Annäherung an das absolut homogene Feld, das sich als das einer elliptischen Spule herausstellte. Als erste Annäherung an diesen Idealfall ergaben sich die bekannten Helmholtzspulen, die ja bereits jetzt ausgiebig praktische Verwendung finden. Die Näherung zweiten Grades durch die Anordnung $\mu = 2$ bringt gegenüber der Helmholtzspule bereits eine erhebliche Verbesserung, so daß ihre Verwendung zu Meßzwecken recht aussichtsvoll erschien. Der Zufall wollte es, daß sich schon bald die Möglich-

¹⁾ Zeitschr. f. Physik 1929, S. 260.

keit herausstellte, diese Rechenergebnisse praktisch zu verwerten, als dem Potsdamer Magnetischen Observatorium der Entwurf und die Eichung des Doppelkompasses übertragen wurde, der für die Polarfahrt des „Grafen Zeppelin“ bestimmt ist. Da die Eichung mit Hilfe von Magneten sehr umständlich und schwierig ist, erschien es zweckmäßig, die benötigten Felder durch Spulen zu erzeugen, und durch das freundliche Entgegenkommen von Prof. Nippoldt wurde hierzu die von mir vorgeschlagene Anordnung gewählt. Die für die Eichung aufgestellte Forderung ging dahin, für das Raumgebiet eines Würfels von 30 cm Kantenlänge ein homogenes Feld von $\pm 30 \gamma$ zu erzeugen bei einem absoluten Feld von rund 0.5 Γ . Zur Erfüllung dieser Forderung hätte an sich ein etwas kleineres Ausmaß der Spulen ausgereicht, als das wirklich nachher ausgeführte; doch hätten dann die inneren Spulen das Gesichtsfeld des Kompaß etwas überspannt und so vielleicht die Ablesung erschwert. So wurde dann, um dies zu vermeiden, der Abstand der inneren Spulen so groß gewählt, daß der Kompaß gerade darin Platz findet. Die Abmessungen ergeben sich so zu:

äußere Spulen Radius: 38 cm, Abstand: 91 cm
 innere „ „ : 50 cm, „ : 30 cm.

Die Inhomogenität an den inneren Spulen beträgt bei einem Feld von 1 Γ erst $\pm 20 \gamma$. Berechnet man zum Vergleich die Abmessungen einer Helmholtzspule, die genau dasselbe leistet, so kommt man auf einen Radius der Spulen von rund $1\frac{1}{4}$ m, also $2\frac{1}{2}$ m Durchmesser. Bei 18 Windungen des Spulenkörpers braucht man zur Erzeugung eines Feldes von 1000γ 17.9 m Amp. Zur völligen Aufhebung der Horizontalkomponente in Potsdam ($\approx 18500 \gamma$) sind also rund 340 m Amp. erforderlich. Stromumkehr liefert dann bei derselben Stromstärke ein Feld von 37000 γ . Wie man sieht, ist also eine Stromstärke von rd. 0.4 Amp. vollständig ausreichend, um jede Feldstärke der Horizontalkomponente — H erreicht als Maximalwert 0.4 Γ — herzustellen. Nach der Eichung des Doppelkompaß sollen die Spulen noch zu anderen Messungen am Observatorium verwandt werden. U. a. ist dabei an eine absolute Bestimmung der Vertikalintensität gedacht. Allerdings werden bei diesen Messungen an die Genauigkeit der Strommessung sowie der Ausmessung der Dimensionen der Spulenordnung sehr hohe Anforderungen gestellt, um der Meßgenauigkeit von $\pm 1 \gamma$ gerecht werden zu können. Doch ist es sicher eine lohnende Aufgabe, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden, da die Zeit der Beobachtung bei diesen Messungen ganz erheblich herabgedrückt wird.

Temperatur, Niederschlag und Sonnenschein im Jahre 1929

nach den Beobachtungen der im deutschen Witterungsbericht erscheinenden Stationen.

Stationen	Seehöhe m	Temperatur in C°						Niederschlag			
		Mittel	Abweichung v. der Normalen	Höchste	Datum	Tiefste	Datum	Gesamthöhe mm	Prozente der Normalen	Tages- maximum	
										mm	Datum
1. West- und Nordwestdeutschland.											
Westerland a. Sylt	6	7.0	-1.0	25.6	21. 7.	-17.8	27. 2.	573	77	28.9	12. 11.
Flensburg . . .	12	7.2	-0.6	31.0	21. 7.	-17.0	11./28.2.	605	82	20.0	3. 6.
Neumünster . . .	22	7.1	-0.7	31.4	1. 9.	-21.4	11. 2.	598	83	26.1	21. 9.
Hamburg . . .	26	7.6	-0.8	31.9	1. 9.	-21.1	11. 2.	534	76	37.6	10. 10.
Schwerin i. M. . .	56	7.6	-0.5	32.9	1. 9.	-24.1	11. 2.	535	88	26.0	3. 6.
Lüneburg . . .	25	7.4	-0.8	32.8	1. 9.	-23.9	20. 2.	513	85	20.7	10. 10.
Bremen . . .	16	8.2	-0.7	31.4	21. 7.	-21.8	11. 2.	449	67	20.6	5. 10.
Emden . . .	4	7.8	-0.7	27.7	20./21.7.	-19.1	11. 2.	738	101	26.1	21. 9.
Hannover . . .	51	8.1	-0.3	35.6	1. 9.	-25.0	11. 2.	408	67	27.8	2. 4.
Kassel . . .	201	8.0	-0.2	33.0	1. 9.	-23.1	11. 2.	471	80	24.8	3. 10.
Arnsberg . . .	212	8.1	-0.4	32.9	1. 9.	-20.2	12. 2.	609	68	30.9	4. 10.
Münster i. W. . .	64	8.6	-0.2	34.1	4. 9.	-20.1	11. 2.	570	77	23.3	5. 10.
Cleve . . .	47	8.8	-0.3	33.8	21. 7.	-19.7	14. 2.	600	78	24.2	4. 10.
Köln . . .	57	10.1	0.0	32.6	17. 7.	-16.7	14. 2.	560	86	28.0	4. 10.
Aachen . . .	205	9.1	0.0	34.4	17. 7.	-20.3	14. 2.	690	82	49.7	4. 10.
Neuwied . . .	66	9.3	-0.2	34.8	21. 7.	-20.6	12. 2.	475	86	20.6	30. 7.
Frankfurt a. M. . .	120	9.3	-0.5	35.7	21. 7.	-21.5	12. 2.	502	85	34.3	3. 10.
Geisenheim . . .	98	9.3	-0.2	34.2	21. 7.	-22.1	12. 2.	426	81	22.7	3. 10.
Trier . . .	148	9.2	+0.2	34.8	3. 9.	-19.3	12. 2.	678	98	71.1	26. 7.
2. Mittleres Norddeutschland und Mitteldeutschland.											
Putbus . . .	53	6.7	-0.8	26.4	1. 9.	-23.4	10. 2.	501	86	27.9	25. 5.
Köslin . . .	46	6.4	-0.8	30.7	17. 8.	-28.4	10. 2.	507	74	20.3	9. 7.
Stettin . . .	26	7.0	-0.7	32.5	17. 8.	-26.5	10. 2.	412	77	23.5	19. 8.
Kyritz . . .	44	7.5	-0.4	33.9	1. 9.	-24.7	11. 2.	458	86	31.6	3. 6.
Berlin-Dahlem . . .	55	7.7	-0.6	33.3	21. 7.	-26.0	11. 2.	500	87	38.5	27. 6.
Frankfurt a. O. . .	34	7.1	-1.0	35.0	21. 7.	-31.2	11. 2.	375	73	27.4	3. 6.
Torgau . . .	94	8.4	-0.5	33.4	20./21.7.	-27.0	11. 2.	416	78	27.8	6. 9.
Magdeburg . . .	54	8.5	-0.4	34.6	1. 9.	-25.7	11. 2.	461	93	17.0	20. 10.
Erfurt . . .	219	7.5	-0.3	34.0	21. 7.	-30.4	11. 2.	429	83	21.1	20. 10.
Plauen . . .	369	7.2	-0.4	34.8	21. 7.	-29.8	11. 2.	548	80	28.3	26. 10.
Leipzig . . .	113	8.5	-0.3	34.2	21. 7.	-27.0	11. 2.	538	87	25.0	26. 10.
Dresden . . .	110	8.7	-0.4	35.5	21. 7.	-27.8	11. 2.	509	80	25.9	5. 7.
3. Ost- und Nordostdeutschland.											
Tilsit . . .	17	5.5	-1.1	30.9	22. 7.	-31.9	11. 2.	692	102	29.7	10. 8.
Königsberg i. Pr. . .	23	5.9	-1.1	27.7	20. 7.	-31.2	10. 2.	617	94	48.2	7. 7.
Treuburg . . .	169	4.8	-0.9	31.9	22. 7.	-32.6	10. 2.	668	115	24.1	25. 7.
Osterode i. Ostpr. . .	112	6.1	-0.6	31.7	22. 7.	-31.5	10. 2.	573	103	36.0	29. 6.
Lauenburg i. Pom. . .	43	6.2	-0.9	29.9	5. 9.	-30.4	10. 2.	535	86	37.4	14. 5.
Deutsch-Krone . . .	124	6.4	-0.9	32.2	22. 7.	-29.5	10. 2.	493	86	26.1	10. 9.
Grünberg i. Schl. . .	154	7.1	-0.8	35.5	21. 7.	-30.2	10. 2.	405	66	26.0	3. 4.
Görlitz . . .	214	7.7	-0.5	32.4	21. 7.	-28.5	11. 2.	522	77	27.0	19. 5.
Breslau . . .	125	7.0	-0.8	34.0	20. 7.	-32.0	11. 2.	538	93	32.5	10. 8.
Rosenberg O.-S. . .	240	6.8	-0.4	33.4	22. 7.	-37.2	11. 2.	659	98	51.8	7. 7.
Ratibor . . .	191	7.3	-0.6	33.1	21.7./1.9.	-35.8	11. 2.	594	92	37.0	11. 8.

Temperatur, Niederschlag und Sonnenschein im Jahre 1929.

Stationen	Seehöhe m	Temperatur in C°						Niederschlag			
		Mittel	Abweichung v. der Normalen	Höchste	Datum	Tiefste	Datum	Gesamthöhe mm	Prozente der Normalen	Tages- maximum	
										mm	Datum

4. Süddeutschland.

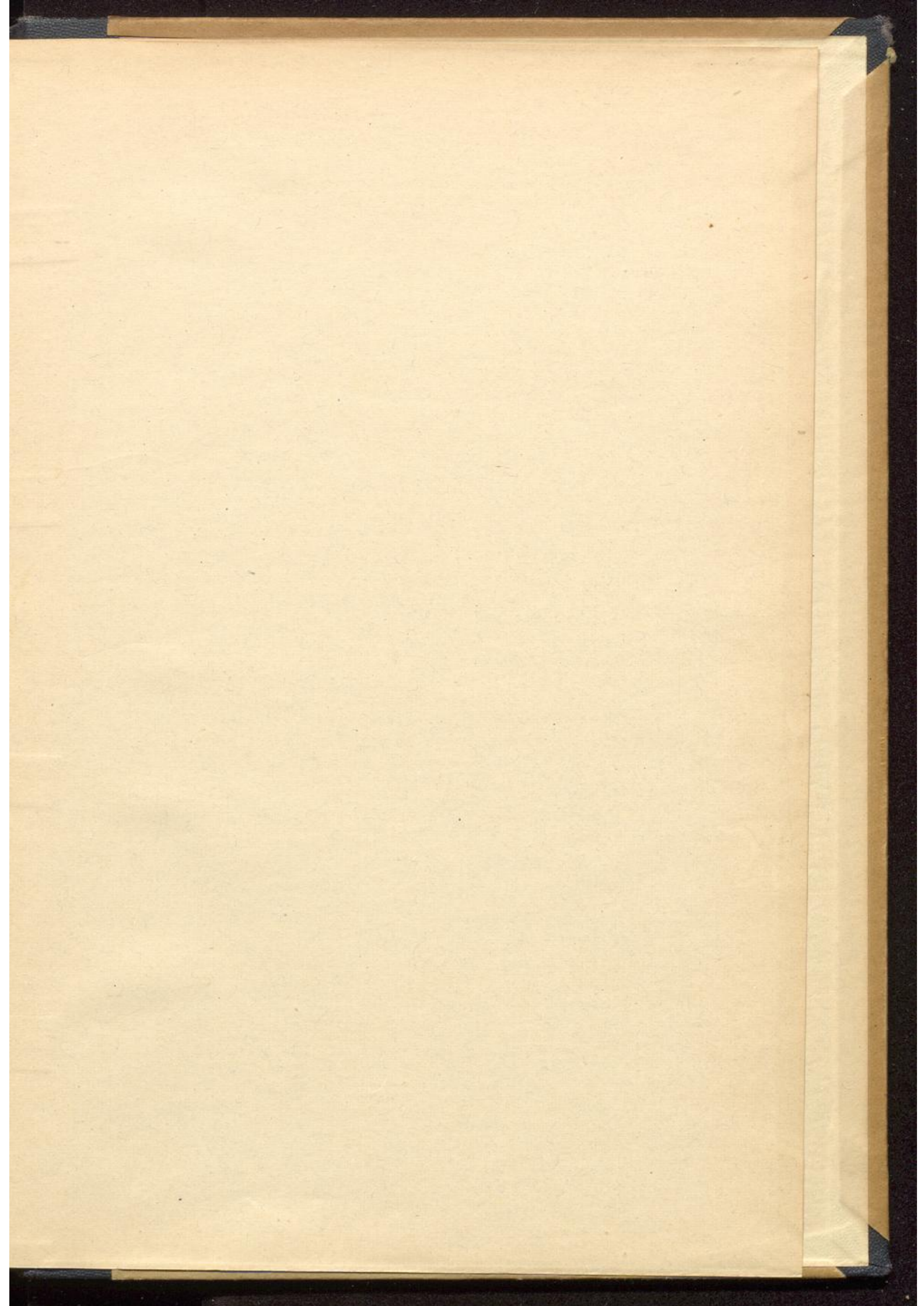
Kaiserslautern	238	9.0	+0.4	32.5	23. 7.	-22.9	12. 2.	566	83	59.0	30. 5.
Karlsruhe i. B.	120	9.7	-0.1	34.0	21./23. 7.	-23.1	12. 2.	550	74	18.4	20. 10.
Stuttgart	269	9.8	+0.2	34.9	23. 7.	-23.5	12. 2.	558	84	38.3	4. 5.
Freudenstadt	723	6.6	-0.1	31.8	23. 7.	-26.4	12. 2.	1079	73	31.3	30. 10.
Ulm	479	7.8	+0.1	31.2	23. 7.	-25.8	12. 2.	563	82		
Friedrichshafen	408	8.1	-0.4	32.2	19. 7.	-24.0	12. 2.	752	73	31.7	20. 10.
Würzburg	179	8.6	-0.2	35.0	23. 7.	-23.0	15. 2.	436	79	19.0	20. 10.
Nürnberg	309	8.6	+0.1	34.9	23. 7.	-26.0	12. 2.	458	79	16.8	19. 5.
München	526	6.8	-0.4	33.4	23. 7.	-31.6	12. 2.	803	88	70.6	20. 8.
Metten	328	6.8	-0.9	32.4	20. 7.	-31.2	11. 2.	771	91	31.3	5. 7.

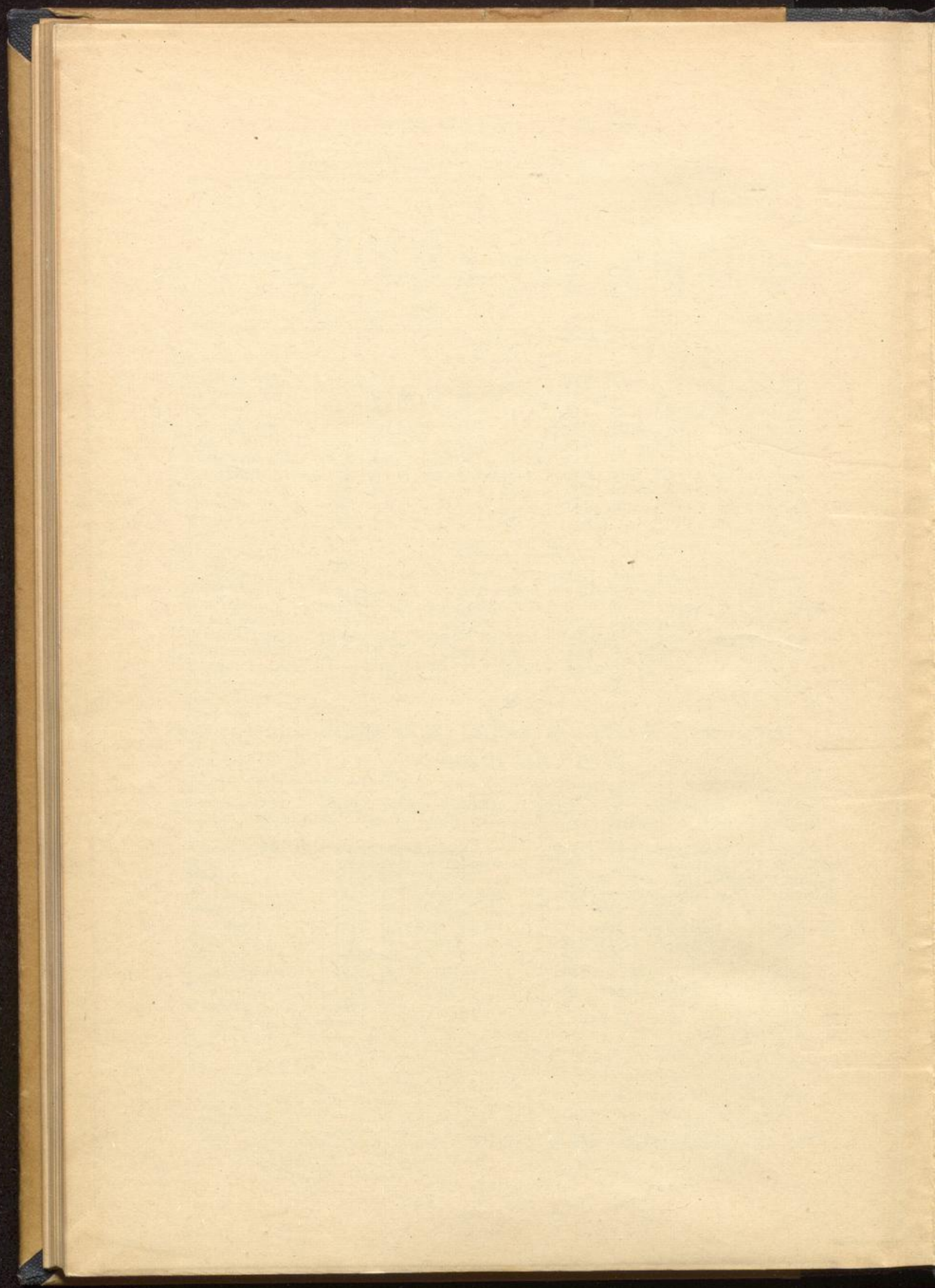
5. Höhenstationen.

Feldberg i. Taunus	801	5.2	0.0	28.3	21./23. 7.	-23.5	12. 2.	805	81	34.1	30. 7.
Wasserkuppe	923	4.1		26.9	20. 7.	-26.1	13. 2.	719		32.5	9. 6.
Brocken	1153	2.4	+0.1	24.1	1. 9.	-26.0	11. 2.	987	60	35.4	4. 10.
Fichtelberg	1213	2.4	-0.2	26.6	21. 7.	-29.5	11. 2.	860	81		
Schneekoppe	1610	0.2	+0.4	20.0	22. 7.	-28.1	10. 2.	908	88	45.0	17. 5.
Feldberg (Schwarz- Zugspitze . [wald)	1497 2962	2.8 -5.1		23.7 13.4	23. 7.	-27.7 -30.4	13. 2. 14. 2.	1674 1599			
			-0.2		23. 7.				122	50.9	20. 8.

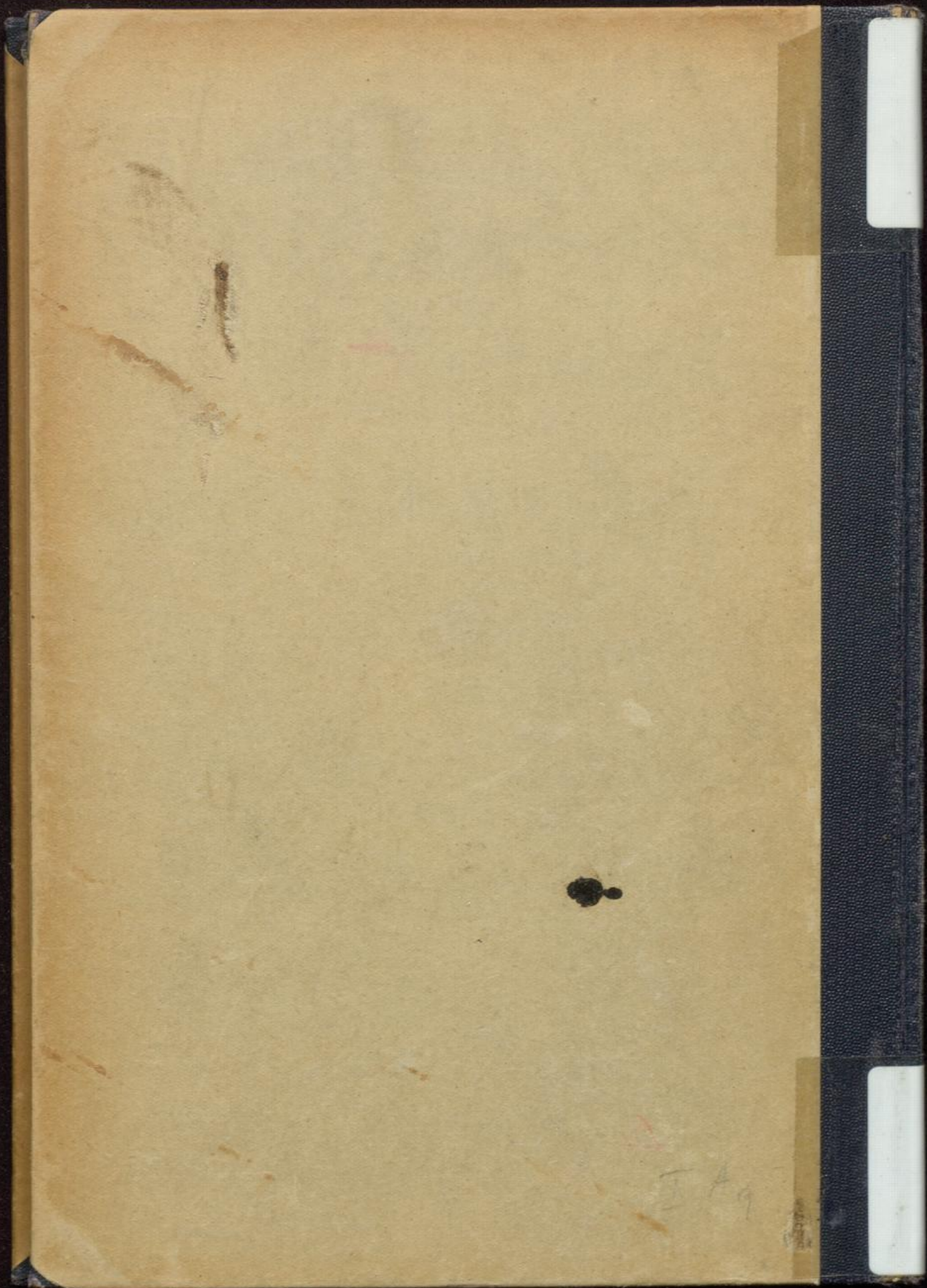
Sonnenscheindauer in Stunden und in Prozenten
der möglichen Dauer.

Stationen	Std.	%	Stationen	Std.	%	Stationen	Std.	%
Westerland a. Sylt	1899	43	Kolberg	2000	45	Marggrabowa	1877	42
Meldorf	1767	40	Neubrandenburg	1833	41	Königsberg i. Pr.	1762	39
Bremen	1774	40	Potsdam	2000	45	Osterode i. Ostpr.	1694	38
Emden	1842	41	Quedlinburg	1654	37	Grünberg i. Schl.	1984	44
Münster i. W.	1653	37	Brocken	1780	39	Breslau	2014	45
Aachen	1721	39	Magdeburg	1719	39	Schneekoppe	1739	38
Kassel	1719	39	Köthen	1943	44	Karlsruhe i. B.	1845	42
Marburg	1682	38	Erfurt	1801	40	Nürnberg	1669	37
Frankfurt a. M.	1752	39	Plauen	1664	37	München	1959	44
Feldberg i. T.	1704	38	Dresden	1792	40	Zugspitze	2118	47
Geisenheim	1809	41						





△
T. Ag



189