

Wissenschaftliche Beilage zum Jahresbericht
der Oberrealschule mit Reform-Realgymnasium i. E.
zu Marburg an der Lahn.

Einige Ergebnisse
der
Registrierung von Luftdruck
und Temperatur

auf der
Danmark-Expedition nach Nordostgrönland

von
Oberlehrer Walther Brand.



Marburg
Buchdruckerei von Chr. Schaaf
1912.

Progr.-Nr. 585.

9ma
27 (1912)

Landes- u. Stadt-Bibl.
Düsseldorf

44. g. 304



Geschichte und Ergebnisse der Expedition.

Ziele.

Die im Gegensatz zur Westküste fast gänzlich unbewohnte Ostküste Grönlands ist nur an wenigen Stellen und in besonders günstigen Eisjahren zugänglich, weil hier ein von Norden kommender Meeresstrom gewaltige Massen von Treibeis aus dem Polarmeer nach Süden führt. Sie ist hauptsächlich durch vier grössere wissenschaftliche Expeditionen erforscht worden, eine deutsche unter Koldewey und Payer, ferner eine schwedische und zwei dänische. Koldewey war im Jahre 1870 von dem Überwinterungshafen seiner Expedition auf der Sabineinsel aus auf einer ausserordentlich schweren Ziehschlittenreise bis zu einer nördlichen Breite von $77^{\circ} 1'$ in der Nähe von Kap Bismarck vorgedrungen. Seine dort errichtete Warte, die von der „Danmark-Expedition“ später gefunden wurde, war bisher der nördlichste auf der Ostküste von Grönland erreichte Punkt. Von Norden her hatte der Amerikaner Peary dreimal vergeblich den Versuch gemacht, längs der Ostküste vorzudringen. Zwischen dem von ihm erreichten Nordende Grönlands etwa auf 83° und Koldeweys Warte lag noch ein grosses Stück unbekanntes Landes. Diese letzte Strecke der grönländischen Küste, deren Erforschung jahrtausende-

lang ein meilenbreiter Eisgürtel schier unüberwindliche Hindernisse entgegengestellt hatte, zu bezwingen, hatte sich die Expedition des Dänen Mylius Erichsen, die in den Jahren 1906—1908 ausgeführt wurde, zur Hauptaufgabe gemacht.¹⁾ Ein weiteres Ziel war die Vermessung und gründliche Untersuchung der schon teilweise bekannten Strecke vom Kap Bismarck südwärts bis zum Franz Josephs-Fjord. Als dritter Hauptpunkt war eventuell eine Durchquerung des Inlandeises bis zu einer der nördlichen Kolonien in Westgrönland geplant. Mylius glaubte diese Ziele am besten zu erreichen, wenn er zu Schiff so nördlich wie möglich an der Ostküste entlang ging, um dann den Rest der Küste mit Eskimoschlitten zu befahren.

Geschichte.

Der Expedition, deren Kosten zur Hälfte aus privaten Mitteln, zur anderen Hälfte vom dänischen Staat bestritten wurden, gehörten 28 Teilnehmer an, meistens Dänen. Der einzige Deutsche war Dr. A. Wegener, der Meteorologe und Physiker der Expedition. Drei während der Reise an Bord genommene Grönländer sollten die Teilnehmer die hundert grönländischen Hunde kutschieren lehren. Der wissenschaftliche Stab zählte 12 Personen, die seemännische Besatzung inklusive Maschinen- und Küchenpersonal aber nur 13 Mann. Daher mussten auch die Männer der Wissenschaft während der Seereise als Matrosen oder Heizer Schiffsdienst tun.

1) A. Wegener: Mit Mylius Erichsen in Grönland und andere Aufsätze in verschiedenen Zeitschriften.

Achton Friis: Im Grönlandeis mit Mylius Erichsen. Übersetzt von Fr. Stichert.

Danmark-Ekspeditionen til Grönlands Nordøstkyst 1906—1908 in den „Meddelelser om Grönland“.

Am 24. Juni 1906 verliess die Expedition auf einem alten Walfischfänger, der „Danmark“, Kopenhagen. Nach schwieriger Fahrt wurde am 15. August in einer kleinen Bucht in der Nähe von Kap Bismarck im Südosten einer grossen, später Germanialand genannten Halbinsel eingelaufen, die den Namen „Danmarks-Havn“ erhielt. Nicht weit vom Strande wurde die Station errichtet, deren Lage sich, ebenso wie der Landungsplatz selbst, als in jeder Beziehung günstig erwies. Die Umgebung bestand in einem 50 km breiten Streifen aus flachen, vegetationslosen Hügeln. Die höchste Erhebung in unmittelbarer Nähe war der sog. „Thermometerberg“ mit einer Höhe von 132 m. Erst in 50 km Entfernung erhob sich ein 30 km breites Plateau von 700—800 m Höhe. Noch weiter westlich schloss sich ein breiter Arm von Inlandeis an mit einer maximalen Höhe von 500 m, und erst in etwa 120 km Entfernung wurden Gebirgszüge mit 1500—2000 m hohen Gipfeln angetroffen.

Die erste Zeit verging mit dem Bau eines Stationshauses und der Errichtung einer meteorologischen Station, ferner mit Jagdausflügen in die Umgebung, die den Zweck hatten, Hundefutter auf Vorrat zu schaffen. Im September und Oktober wurden dann Depots nach Norden zu angelegt für die Schlittenreise im Frühjahr 1907. Im November wurde trotz der beginnenden Winternacht im Mondschein eine nach den Beschreibungen phantastische, aber auch oft mit den grössten Gefahren verbundene Schlittenreise nach der Sabineinsel unternommen. Wiederholt waren die Teilnehmer durch Schneestürme und Brechen des Neueises in der grössten Lebensgefahr. Die Rückreise wurde in vier Tagen durchgeführt, was einer täglichen Leistung von 63 km entsprach — ein glänzendes Zeugnis für die grönländischen Hundeschlitten.

In der langen Winternacht litten die Teilnehmer seelisch schwer unter dem Mangel an Eindrücken der Natur. Ihre einzige Anregung waren nach ihren Berichten die Schnee-

stürme infolge der grossen Gefahren, die sie für einen Gang von und nach dem Schiff mit sich brachten, und die Polarlichter, von denen A. Wegener schreibt: Alexander v. Humboldt hat einmal geäussert, es sei so wenig Interessantes in den Polargebieten zu finden, dass sich die Expeditionen dorthin nicht verlohnten. Hätte er wie wir unter dem flimmernden Polarlicht gestanden mit dem niederschmetternden Gefühl unserer Ohnmacht gegenüber dieser nicht etwa neu entdeckten, nein, seit Menschengedenken bekannten Naturerscheinung, er hätte nie und nimmer so gesprochen! Dort oben über uns entrollte sich die strahlende Draperie in geheimnisvollen Bewegungen, eine gewaltige Lichtsymphonie spielte in tiefstem, feierlichem Schweigen über unsern Häuptern, wie um unserer Wissenschaft zu spotten: „Kommt doch her und erforscht mich! Sagt mir, was ich bin!“

Am 28. März 1907 brach eine Abteilung von 10 Mann mit 10 Schlitten und 85 Hunden auf, um die Hauptaufgabe, die Erforschung der Küste nach Norden, zu lösen. Nach Erreichung einer nördlichen Breite von etwa $80\frac{3}{4}^{\circ}$ kehrten 4 Mann zurück. Die übrigen 6 hatten sich, nachdem sie bis zu $81,42^{\circ}$ n. B. vorgedrungen waren, in 2 Abteilungen geteilt. Mylius Erichsen wollte mit 2 Begleitern nach Westen zu den Anschluss an bekannte Gebiete erreichen, während die andere Abteilung unter Hauptmann Koch den gleichen Versuch nach Norden machte. Koch kam tatsächlich bis $82\frac{1}{2}^{\circ}$ n. B. in bereits von Peary bereistes Gebiet und kehrte von dieser wohl der längsten im Polargebiet ausgeführten Schlittenreise nach einer Abwesenheit von 3 Monaten glücklich zurück. Mylius Erichsen dagegen und seine Begleiter blieben aus. Während des ganzen Sommers wartete man vergeblich voller Befürchtungen und Sorge auf seine Rückkehr. Im Herbst wurde eine grosse Entsatzexpedition zusammengestellt. Ohne Nachricht von Mylius Erichsen musste sie nach übermenschlichen Anstrengungen

zum Schiff zurückkehren, weil offenes Wasser ein weiteres Vordringen verbot. Der zweite Winter brachte neue Entbehrungen. Wegen Futtermangel wurden alle Hunde bis auf zwei Gespanne erschossen. Mit diesen machte Koch in Begleitung eines Eskimos einen letzten Versuch, Nachricht vom Schicksal Erichsens zu erhalten. Bei einem Depot fand er die Leiche des Eskimos, der E. begleitet hatte, und der bis zu seinem letzten Augenblicke Aufzeichnungen über ihr Geschick gemacht hatte. Danach war infolge Aufbrechens des Meereises Mylius Erichsen und seinen Begleitern der Rückweg verschlossen worden. Sie mussten übersommern in einem Gebiet, das wenig jagdbares Wild hatte, mussten infolgedessen die Hunde zum grössten Teil schlachten und waren schliesslich gezwungen, mit mangelhaftem Proviant im Herbst die Rückreise anzutreten. Vor Hunger und Ermattung starben Erichsen und sein Begleiter Hagen unterwegs, während der Eskimo noch das nächste Depot erreichte, um hier nach zweitägigem Aufenthalt ebenfalls elend zugrunde zu gehen.

Von der Hauptstation wurden im Frühjahr und Sommer 1908 eine Reihe von Schlittenreisen unternommen, darunter auch die nach Süden geplante, bei der die Teilnehmer die Schlitten selbst ziehen mussten. Diese Reisen brachten hauptsächlich geologische Ausbeute. Sie waren die letzten grösseren Unternehmungen. Am 21. Juli verliess die „Danmark“ den Hafen, in dem sie beinahe zwei Jahre gelegen hatte. Ende August kam die Expedition wieder in Kopenhagen an.

Ergebnisse.

Manche Expedition mit einem kleineren Programm ist zurückgekehrt, ohne auch nur Bruchteile ihrer Aufgabe gelöst zu haben. Die Danmark-Expedition verdankt es neben der tüchtigen Mannschaft dem Glück, dass alle Aufgaben

im wesentlichen gelöst wurden¹⁾. Freilich hatten drei Männer die Erreichung des Zieles mit dem Leben bezahlen müssen. Die wissenschaftlichen Ergebnisse erscheinen in dem bereits zitierten fünfbändigen Werk „Danmark-Ekspeditionen til Grönlands Nordøstkyst 1906—1908“ in den „Meddelelser om Grönland“ in grösstenteils englischer, sonst deutscher Sprache. Die bereits erschienenen Hefte zeichnen sich ebenso wie das Werk von A. Friis aus durch eine grosse Zahl vorzüglicher und wertvoller Photographien, darunter vieler von dem Meteorologen der Expedition nach dem Mietheschen Verfahren hergestellten Farbenphotographien, die noch ergänzt werden durch eine reiche Sammlung von Öl- und Pastellgemälden der beiden teilnehmenden Künstler.

Das Hauptergebnis war die Kartographierung des noch fehlenden Teiles der Ostküste Grönlands. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Küste bis zum 81. Grad immer mehr nach Osten vorspringt, so dass hier eine Einengung des von Norden kommenden kalten Meeresstroms zwischen Spitzbergen und Grönland geschaffen wird. Ferner wird durch die Schlittenreise von Mylius die Vermutung zur Wahrscheinlichkeit, dass der Kanal, der Peary-Land von Grönland trennt, ganz von Westen nach Osten durchgeht. Nach Ausmessung einer 2 km langen Basislinie wurde das Land südlich von der Überwinterungsstation durch ein Dreiecksnetz an die Messung der deutschen Expedition von Koldewey angeschlossen. Ferner wurde eine ungewöhnlich grosse Zahl von direkten Breitenbestim-

1) Die eventuell vorgesehene Durchquerung Grönlands über das Inlandeis war wegen der verschiedenen Ersatzexpeditionen zur Rettung Erichsens nicht möglich. Dies Ziel hat sich neben anderen eine Expedition gesteckt, die unter Führung von Hauptmann Koch-Kopenhagen mit A. Wegener-Marburg und zwei andern Teilnehmern am 1. Juni d. J. von Kopenhagen aufbricht. Die Zeitdauer der Expedition wird auf $1\frac{1}{2}$ Jahre geschätzt.

mungen mit der Sonne und mit Sternen ausgeführt zur Untersuchung der siderischen Refraktion in Polargegenden.

Die Hydrographen machten Lotungen, Wasserproben, Temperaturmessungen und Untersuchungen über den Salzgehalt des Meeres längs des Eisstromes und beobachteten Wachstum und Abschmelzung des Meereises. Auch die Fjorde und eine Reihe von Inlandseen wurden untersucht, die sich als frühere Fjorde erwiesen. In einem fand man unter einer tiefen Schicht Süßwasser noch Salzgehalt.

Sehr wichtig sind die Ergebnisse der glaziologischen Beobachtungen. Eine interessante Entdeckung wurde in der „Jökulbucht“ gemacht, die mit zusammenhängendem, schwimmendem Inlandeis bedeckt war, eine Erscheinung, die bisher als charakteristisch für südpolare Gebiete angesehen wurde. Auch das Inlandeis wurde genau studiert; durch viele Photographien wurden typische Stellen, z. B. die mannigfachen Formen der interessanten 20—40 m hohen Eiswand gegen das Land im Bilde festgehalten. Dann wurden die zahlreichen Schneewehengletscher untersucht und dabei eine 8—15 m hohe Eishöhle von mehr als 1 km Länge entdeckt, die wohl einzig in ihrer Art sein dürfte. Sie ist dadurch entstanden, dass ein Bach von oben in den Gletscher hinein- und ihn der gesamten Länge nach durchfließt. Am Rande der heute noch aktiven Eismassen wurde ein ausgedehnter toter Rest früheren Inlandeises gefunden, das durch zahlreiche Lehmpyramiden gekennzeichnet war, die in ihrem Innern noch Eis enthielten. Auch die Anzeichen einer früheren Vergletscherung wurden geprüft. Es wurde festgestellt, dass das jetzt eisfreie Vorland früher vom Inlandeis überflutet war, das seine Bewegungsrichtung auf das glatt polierte Gestein in Gestalt von Schrammen aufgezeichnet hatte, die von den Steinen der mitgeschleppten Grundmoräne herrühren. Erratische Blöcke, teils aus Gneis, teils aus Sedimenten bestehend, lagen überall auf dem Vorlande verstreut. Auch wurden häufig Strandterassen be-

obachtet, die auf eine Hebung der Küste, oft bis zu 100 m, zurückgeführt wurden.

Die Küste besteht vorwiegend aus kahlem Gneis, weil die Sedimentgesteine der Abrasion des Inlandeises zum Opfer gefallen sind. An manchen Stellen wurden aber noch Reste von Sedimenten aufgefunden, einige von diesen Schichten erwiesen sich als kohleführend. Auch Fossilien fanden sich öfters in diesen Sedimenten; eine befriedigende Sammlung von Versteinerungen wurde mit heimgebracht. Interessant waren auch die Funde von Spuren eines vor Zeiten an der Küste ansässigen Eskimostammes in Gestalt von Zeltringen, Winterhausruinen, Gräbern, ferner im Schutze der Hausruinen zahlreicher Hausgeräte, Waffen, Spielzeug, Knochen von Jagdtieren u. a., sodass man sich ein recht zuverlässiges Bild von den Lebensgewohnheiten dieses untergegangenen Volkes machen kann. Solche Spuren konnten bis in den Peary-Kanal verfolgt werden. Die Vermutung liegt also nahe, dass der Stamm durch den Kanal nach Osten gewandert ist, wo er aber den harten Lebensbedingungen nicht mehr gewachsen war.

Auch die Fauna und Flora des Landes wurden eingehend untersucht. Im Vordergrund standen Feststellungen über die Abnahme des schon von früher her gut bekannten organischen Lebens, daneben das Studium der Lebensbedingungen und der Lebensweise der Tiere und Pflanzen unter den eigenartigen klimatischen Verhältnissen, was durch den langen Aufenthalt an ein und derselben Stelle erleichtert wurde. So wurden z. B. die Brutverhältnisse vieler seltener Vögel aufgeklärt, wie des Strandläufers, der isländischen Ryle, des Thorshahns u. a. Aber auch über die besser bekannten Tiere wie Bär, Moschusochse, Lemming, Walross usw. wurden zum Teil neue biologische Aufschlüsse gewonnen. So wurde, um nur eins zu erwähnen, festgestellt, dass das Walross gelegentlich auch Robben nicht als Nahrung verschmäht.

Das Resultat der botanischen Untersuchungen besteht neben den biologischen Beobachtungen in einem vollständigen Herbarium und einer Sammlung von Moosen, Flechten und Plankton.

Magnetische Beobachtungen bezogen sich auf die monatlichen Bestimmungen von Deklination, Inklination und Horizontalintensität. Dann wurden luftelektrische Messungen über das Potentialgefälle und die Leitfähigkeit der Luft angestellt, ferner zahlreiche Beobachtungen an Nordlichtern gemacht.

Die meteorologischen Beobachtungen brachten wichtige Beiträge zur Kenntnis der polaren Meteorologie. Besonderes Interesse verdienen die aerologischen Experimente, indem zum ersten Male im Rahmen einer Polarexpedition systematische Versuche mit Drachen- und Fesselballonaufstiegen gemacht wurden. Es gelangen, oft unter den schwierigsten Umständen, sogar bei Schneestürmen, etwa 100 Drachen- und 25 Fesselballonaufstiege mit Registrierinstrumenten, welche bis zu Höhen von 3100 m bzw. 2400 m führten und Aufschluss über Wind, Temperatur und relative Feuchtigkeit in den höheren Luftschichten brachten. Der zur Füllung verwandte Wasserstoff war in Stahlflaschen unter einem Druck von 150 Atmosphären komprimiert mitgeführt. Durch diese Drachenaufstiege konnte auch die eigentümliche Temperaturschichtung festgestellt werden, die die Ursache von häufig beobachteten Luftspiegelungen war. Es gelang auch, neben zahlreichen Zeichnungen von solchen auch Photographien, wohl die ersten, zu erhalten.

An der Hauptstation sowohl wie an der im zweiten Winter für sieben Monate eingerichteten zweiten meteorologischen Station in Pustervig, die zur Untersuchung des Fjordklimas im Gegensatz zur Aussenküste dienen sollte, wurden dreimal täglich Ablesungen vorgenommen über Luftdruck, Temperatur, relative Feuchtigkeit, Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Bewölkung. Gleichzeitig waren

während der ganzen Zeit, auch auf der Seereise, mehrere Barographen und Thermographen in Betrieb. Deren Aufzeichnungen sind von mir bearbeitet worden. Ein Teil der Arbeit erscheint als fünftes Heft des zweiten Bandes der „Danmark - Expeditionen usw.“ unter dem Titel „Stündliche Werte des Luftdrucks und der Temperatur am Danmarks-Havn“. Dagegen werden die Ergebnisse der Registrierung in Pustervig zusammen mit den übrigen meteorologischen Beobachtungen an dieser Station das sechste Heft bilden.

Es soll an dieser Stelle nur ein Auszug aus diesen Arbeiten wiedergegeben werden, der sich beschränkt auf die Angaben über die Auswertung der Registrierkurven und auf die Diskussion des jährlichen und täglichen Ganges von Luftdruck und Temperatur an der Hauptstation.

Registrierung von Luftdruck und Temperatur. Instrumente.

Zur Registrierung des Luftdrucks standen der Expedition zwei Barographen zur Verfügung; der eine war von der Firma Fuess käuflich erworben, der andere von Prof. Berson-Berlin geliehen. Beide waren in der gewöhnlichen Weise konstruiert. Das Uhrwerk bewirkte eine Umdrehung des Zylinders in acht Tagen. Jeden Montag früh 8 Uhr fand die Auswechslung des Registrierpapiers statt.

Da der Barograph Fuess wegen geringer Temperaturkorrektur (s. u.) besser war als der Barograph Berson, so wurde er dauernd an der Hauptstation benutzt mit Ausnahme der Zeit vom November 1907 bis Mai 1908, wo er in der bereits erwähnten Station Pustervig verwandt wurde. Während dieser Zeit trat der Barograph Berson an seine Stelle. Angebracht war der Barograph im Sommer im Entree des Hauses, das sich als der einzige Ort erwies, der von Temperaturschwankungen nahezu frei war. Im Winter musste er hauptsächlich wegen des dort auftretenden Rauhreifes im Hause aufgestellt werden. Hier war er leider wegen der Heizung des Zimmers erheblichen Temperaturschwankungen ausgesetzt, die wenigstens den Bersonschen Barographen stark beeinflussten. Dessen Registrierkurven zeigen deutlich vormittags nach dem Anheizen des

Zimmers regelmässig einen merklichen Anstieg, während der Nacht im abgekühlten Zimmer ein deutliches Sinken.

Deshalb habe ich versucht, die Temperaturkorrektion für beide Barographen zu bestimmen. Vom 13. Oktober 1906 stammt eine Registrierung des Barographen Fuess, während der er in wenigen Stunden den Temperaturen $+12,9^{\circ}$, $+6,3^{\circ}$, $+6,1^{\circ}$, $+1,4^{\circ}$ ausgesetzt war. Die Auswertung des Barogramms ergibt die zugehörigen Werte des Luftdrucks: 763,2 mm, 763,3 mm, 763,0 mm, 762,6 mm. Es entspricht also

einer Temperaturzunahme von $6,6^{\circ}$	eine Druckzunahme von $-0,1$ mm
" " " $0,2^{\circ}$ " " "	" $+0,3$ mm
" " " $4,7^{\circ}$ " " "	" $+0,4$ mm

Die gleichzeitigen Ablesungen am Quecksilberbarometer, dessen Temperatur konstant blieb, ergeben nun aber auch keine konstanten Werte, so dass während der Beobachtungszeit wirklich kleine Druckschwankungen vorhanden waren, die die Messung noch unsicherer machen. Jedenfalls ist die Korrektion für den Barographen Fuess so klein, dass sie mit Sicherheit nicht bestimmt werden kann.

Die Temperaturkorrektion des Barographen Berson lässt sich auf Grund der Registrierung vom 27. April 1908 bestimmen. In Zwischenräumen von etwa einer Stunde war der Barograph verschiedenen Temperaturen ausgesetzt. Die Auswertung des entstandenen Barogramms ergibt:

$14,3^{\circ}$ Temperaturdifferenz	entspricht eine Druckänderung von $1,9$ mm
18° " " " " "	" $2,0$ "
15° " " " " "	" $2,5$ "
$16,6^{\circ}$ " " " " "	" $2,2$ "

Die Temperaturkorrektion ist also hier sehr beträchtlich. Wenn man annimmt, dass die Änderung des Luftdrucks in arithmetischer Reihe proportional der Temperaturdifferenz steigt, so gibt die graphische Darstellung in Fig. 1 ein Bild dieser Korrektion, von der aber zunächst abgesehen wurde.

Die Basiswerte der Registrierung sind die dreimal täglich um 8 Uhr früh, 2 Uhr mittags und 9 Uhr abends erfolgten Ablesungen am Quecksilberbarometer der Station. Diese und damit auch die aus den Ablesungen der Registrierkurven berechneten stündlichen Werte des Luftdrucks sind auf 0° Quecksilbertemperatur und auf den Meeresspiegel — das Instrument hatte 6,3 m Seehöhe —, aber noch nicht auf die Normalschwere reduziert. Diese letztere Korrektur wurde nach der Formel

$$b' - b = -0,00259 \cos 2\varphi \cdot b$$

berechnet, wo φ die geographische Breite bedeutet; sie beträgt demnach für $\varphi = 76^{\circ}4' + 1,76$ mm. Sie wird in der Diskussion der Resultate berücksichtigt.

Die Ablesung der unkorrigierten stündlichen Werte aus den Barogrammen wurde von mir in der üblichen Weise mit einer von Fuess gelieferten Glasplatte ausgeführt, in welche eine passende Zeitskala und eine horizontale Basislinie für 760 mm eingeritzt waren. Der oft fehlerhafte Gang des Uhrwerks wurde durch Verschiebung der Glastafel in der Weise korrigiert, dass der Fehler gleichmässig auf den ganzen Zwischenraum zwischen den Zeitmarken um 8^h, 2^h, 9^h verteilt wurde. Es wurden dann die Differenzen der Angaben des Barogramms gegen diese Terminbeobachtungen um 8^a, 2^p, 9^p, wie ich sie kurz nennen will, festgestellt, aus diesen Differenzen für jedes Blatt, also für den Zeitraum einer Woche, das Mittel gebildet und diese mittlere Differenz zu allen Ablesungen addiert. Wegen dieser Verwendung mittlerer Korrekturen zeigen natürlich die für die Terminstunden erhaltenen Registrierwerte geringe Abweichungen gegen die entsprechenden am Quecksilberbarometer gemachten Ablesungen. Aus diesen stündlichen Werten wurden dann die Mittel für die einzelnen Tagesstunden gebildet, ferner die Tagesmittel.

Diese wurden nach der Formel berechnet:

$$b_m = \left[\frac{12_I^h + 12_{II}^h}{2} + 1_a + 2_a + \dots + 11_p \right] : 24 .$$

Aus den Tagesmitteln wurde dann das Monatsmittel bestimmt. Ferner wurden noch die grössten und kleinsten Werte mit ihrer Differenz für jeden Tag samt den entsprechenden Durchschnittswerten festgestellt. Die Zeitangaben beziehen sich dabei auf mittlere Ortszeit. Sie sind im allgemeinen auf ± 10 Minuten sicher.

Zur Registrierung der Temperatur standen der Expedition 3 Thermographen zur Verfügung. Zwei waren von der Firma Fuess käuflich erworben, u. z. sind es die billigen Modelle, sog. Bimetallthermometer, in der einfacheren, namentlich für technische Zwecke gebräuchlichen Ausführung. Der 3. Thermograph war vom Kgl. Preussischen Meteorologischen Institut zu Berlin geliehen. Dieser war mit Strahlungsschutz versehen und enthielt ein Bourdonrohr, das mit Amyl-Alkohol gefüllt war. Amyl-Alkohol gefriert sonst meist bei -20° C; das vorliegende Instrument ertrug noch am 7. Oktober 1906 etwa -14° , aber beim Papierwechsel am 8. erstarrte, wohl infolge der Erschütterung, die Flüssigkeit bei etwa -13° , wobei die Feder, wie das Barogramm zeigt, plötzlich auf -4° heraufschnellte, wo sie allen Temperaturschwankungen zum Trotz fast wagemrecht weiter schrieb. Nachdem das Instrument dann im Hause aufgetaut worden war und hier wieder ordnungsmässig registrierte, wurde es bei einer Temperatur von -22° nochmals ins Freie gebracht. Es registrierte hier 16 Stunden lang ungestört, offenbar mit unterkühlter Flüssigkeit. Dann schnellte die Feder plötzlich wieder von -20° auf -8° und wurde unbeweglich. Der Inhalt des Bourdonrohres war also wieder erstarrt und die beim Erstarren frei werdende Wärme bewirkte die starke Temperatursteigerung. Man sieht hieraus, dass derartige

mit Amyl-Alkohol gefüllte Bourdonröhren für eine Station, deren Temperatur im Jahresmittel etwa -12° beträgt, nur von beschränktem Nutzen sein können. Das Instrument wurde nach diesen Erfahrungen im Hause aufgestellt, wo die Verfolgung der Temperaturschwankungen wegen ihres Einflusses auf den Barographen von Wert war.

Der eine der Fuess'schen Thermographen fand Aufstellung in der englischen Hütte (grosses Modell), die gleich dem Stationshause auf einer kleinen in den Danmarks-Havn vorspringenden Halbinsel lag.

Um zu versuchen, die Temperatur auch in grösserer Höhe zu registrieren, wurde der 2. Thermograph von Fuess an der 30 m hohen Ausgucktonne, später auf dem bereits genannten Thermometerberg im N.-O. der Station in 1 km Entfernung in einer kleineren Thermometerhütte einfacherer Konstruktion aufgestellt. Beide Versuche fielen unbefriedigend aus, die Messungen in der Tonne wegen der Strahlungseinflüsse, die auf dem Thermometerberg durch Störungen infolge von Schneestürmen, die schliesslich sogar die mit aufgelegten Steinen beschwerte Thermometerhütte den Abhang hinabschleuderten und mitsamt ihrem Inhalt zerschmetterten. So berichtet das Wetterjournal der Expedition vom 26. Oktober 1906. Doch gelang es, den Thermographen mit grosser Mühe wieder zu reparieren. Nach einer Probezeit, während welcher er gleichzeitig mit dem anderen Thermographen registrierte, konnte er später in Pustervig verwandt werden.

Die Schneestürme haben auch an der Station die Registrierung der Temperatur oft ungünstig beeinflusst bzw. für kurze Zeit ganz unterbunden. Zwar hatte man beabsichtigt und hat es auch ausprobiert, den Thermographen bei Schneestürmen in ein luftdicht schliessendes Blechgehäuse zu setzen in der Annahme, dass der auftretende starke Wind genügen würde, das Instrument trotz seiner Abschliessung auf der Lufttemperatur zu

erhalten. Aber die auf diese Weise erhaltenen Thermogramme zeigen deutlich, dass der Thermograph unter diesen Umständen nicht mehr imstande war, den schnellen Schwankungen der Lufttemperatur zu folgen. Das Verfahren musste nach wenigen Versuchen aufgegeben werden. Die auf diese Weise nicht vermeidbaren Störungen der Registrierungen durch die Schneestürme lassen sich auf verschiedene Ursachen zurückführen. In den weitest- meisten Fällen wurde die Oeffnung, durch welche der Uebertragungshebel in das Gehäuse führt, mit Schnee verstopft, so dass die Feder unbeweglich wurde. Zuweilen drang auch soviel Schnee in das Gehäuse des Thermographen ein, dass das Uhrwerk gebremst oder die Tinte ausgelöscht wurde. In solchen Fällen musste oft der Thermograph hereingeholt und gereinigt werden. Dabei schmolz der Schnee. Wenn man nun nicht wartete, bis alles Wasser verdampft war, was natürlich kaum festzustellen war, so froh das Uhrwerk beim Herausbringen ins Freie fest. Die Folgen sind mehr oder minder beträchtliche Lücken in den Registrierungen, namentlich in den Monaten November, Januar und Februar.

Die Bestimmung der stündlichen Werte der Temperatur aus den Registrierkurven erfolgte in derselben Weise wie bei den Barogrammen mit einer Glastafel, die mit passender Skala versehen war. Die Basiswerte sind auch hier die Terminablesungen an einem $\frac{1}{2}^{\circ}$ -Thermometer (Quecksilber), aus deren Differenzen gegen die entsprechenden Ablesungen der Registrierung wieder für jedes Blatt eine mittlere Korrektur berechnet wurde, die zu jedem abgelesenen Werte zu addieren war. Dann wurden in derselben Weise wie für den Luftdruck die Mittelwerte pro Stunde und Tag gebildet, letztere wieder nach der Formel

$$t_m = \left[\frac{12_I^h + 12_{II}^h}{2} + 1_a + 2_a + \dots + 11_p \right] : 24.$$

Ferner wurden noch für jeden Tag die extremen Werte der Temperatur mit ihrer Differenz festgestellt, desgl. auch die zugehörigen Mittelwerte für jeden Monat. Die Zeiten beziehen sich wieder auf wahre Ortszeit und sind im allgemeinen auf ± 10 Min. genau. Bei schlechtem Wetter traten zuweilen Verspätungen beim Anbringen der Zeitmarken ein, indem der Beobachter längere Zeit nach der englischen Hütte suchen musste. Eine genaue Berücksichtigung dieser Differenz war nicht immer möglich. Bei den schnellen Temperaturschwankungen können infolge solcher Zeitverschiebungen die einzelnen Werte bisweilen mit erheblichen Fehlern behaftet sein. Die Mittelwerte werden hierdurch natürlich nicht beeinflusst.

Die auf die angegebene Weise berechneten Tabellen füllen in Heft 5 der Danmark-Expedition allein über 50 Druckseiten. Es soll hier nur eine Tabelle wiedergegeben werden, die den täglichen Gang der Temperatur in den einzelnen Monaten und Jahreszeiten angibt (siehe die Tabelle am Schluss).

Diskussion der Resultate.

Luftdruck.

Die aus den stündlichen Werten des Luftdrucks abgeleiteten Monatsmittel enthält folgende Tabelle:

	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	
1. Jahr	760,8	755,5	754,7	764,4	754,8	754,1	
2. Jahr	58,3	53,7	56,0	51,4	60,0	50,5*	
Mittel beider Jahre	59,6	54,6	55,4	57,9	57,4	52,3*	

	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Jahresmittel
1. Jahr	753,3	752,4*	761,5	769,1	760,4	764,4	758,8
2. Jahr	57,8	59,3	66,3	61,6	57,8	58,7	757,6
Mittel beider Jahre	55,6	55,8	63,9	65,4	59,1	61,6	758,2

Tabelle der Monatsmittel des Luftdrucks.

Der mittlere Luftdruck der beiden Beobachtungsjahre ist unkorrigiert 758,2 mm, bei Hinzufügung der Schwerekorrektur 760,0 mm.

Die Schwankungen der Monatsmittel um den Durchschnittswert beider Beobachtungsjahre sind sehr gross, so dass der jährliche Gang in den beiden Einzeljahren ganz verschieden erscheint. Man sieht daraus, dass man die Erfahrungen eines Jahres nur mit Vorsicht als massgebend für die mittleren Verhältnisse ansehen darf. Die dritte

Reihe der oben stehenden Tabelle gibt die Mittelwerte aus den Mitteln je zweier August-, Septembermonate u. s. f. an. Nach diesen Werten ist auch der jährliche Gang des Luftdrucks in Fig. 2 graphisch dargestellt. Man erkennt darin ein ausgeprägtes Maximum im Frühjahr und einen relativ niedrigen Druck im Winter. Diese beiden Phänomene sind beiden Jahren gemeinsam. Nur fällt das Maximum im ersten Jahre in den Mai, im zweiten in den April. Für 80° n. B. ist das Maximum im April, für 71° im Mai beobachtet. Danmark-Havn liegt unter 76° , nimmt also eine mittlere Stellung ein. Ausserdem kann man noch ein sekundäres Maximum im Dezember (1. Beobachtungsjahr) bzw. im November (2. Jahr) beobachten.

Dies sekundäre Maximum ist von besonderem Interesse. Es ist wiederholt in Polargebieten neben einem primären stärker ausgeprägten Maximum beobachtet worden, zuletzt auf der Gaußstation im Südpolargebiet im Monat Juni, der dem Dezember der nördlichen Halbkugel entspricht, ist also offenbar eine allgemeine beiden Polargebieten gemeinsame Erscheinung. Andererseits fehlt es wieder in den Beobachtungen z. B. der Germaniaexpedition unter Koldewey und einer schwedischen Gradmessungsexpedition nach Spitzbergen. A. Wegener kommt durch Vergleich der jeweiligen Eisverhältnisse — mit allem Vorbehalt wegen der Unzulänglichkeit des Materials — zu einem interessanten Schluss. Er meint, der Zeitpunkt des Eintretens dieses sekundären Maximums sei hauptsächlich eine Folge der Eisverhältnisse in der Umgebung der Station; er werde nämlich zeitlich um so mehr hinausgeschoben, bis zum gänzlichen Aufgehen im Hauptmaximum, je mehr eisfrei die Umgebung der Station sei. Wenn sich dies bestätigte, so würde es ja von grosser Bedeutung für die Polarschiffahrt werden können. Denn man würde z. B. bei einem frühzeitigen Eintreten des Maximums mit einer starken Eisbedeckung im kommenden

Sommer rechnen müssen, während eine Verspätung der Schifffahrt eine günstige Prognose stellen würde.

Die Differenz der mittleren Monatsextreme gibt die mittlere Monatsschwankung an. Sie ist am grössten im Januar, am kleinsten im Juli. Die mittlere Jahresschwankung als Mittel der Monatsschwankungen berechnet ist 30,8 mm. Vergleicht man die Luftdruckmaxima und die Minima mit dem Mittelwert, so sieht man, dass die Maxima sich nicht so hoch über denselben erheben wie die Minima unter ihm bleiben.

Das niedrigste beobachtete Maximum war $722,3 + 1,7 = 724,0$ mm am 16. Januar 1907. Das absolute Maximum von $783,3 + 1,7 = 785,0$ mm wurde am 10. März 1908 registriert. Die absolute Schwankung ergibt sich also zu 61,0 mm. Die grösste Tagesschwankung trat ein am 16. Januar 1907 mit 31,9 mm, wo der Luftdruck von 754,2 mm um Mitternacht bis 722,3 mm um 9^h abends fiel. Die kleinste Tagesschwankung von 0,3 mm war am 14. Juli 1907, wo der Luftdruck zwischen 766,1 mm und 766,4 mm schwankte.

Eine Untersuchung der unperiodischen Luftdruckwellen von mindestens 5 mm Druckunterschied ergibt eine mittlere Zeitdauer von 6,25 Tagen für eine Welle. Dies Resultat weicht von früher gefundenen (5,13) stark ab. Bei Berücksichtigung der Jahreszeiten kann man aber feststellen, dass nur der Sommer starke Abweichungen von diesem früher beobachteten Wert zeigt. Im Sommer ist die Stabilität des Luftdrucks besonders gross, namentlich im Juni. Man vergleiche in Fig. 7 die Druckregistrierung während einer Sommer- und einer Winterwoche.

Täglicher Gang des Luftdrucks. An früherer Stelle wurde bereits gezeigt, dass der Barograph Berson eine grosse Temperaturkorrektur aufwies. Aus diesem Grunde habe ich bei Berechnung des täglichen Ganges des Luftdrucks nur die

Aufzeichnungen des Barographen Fuess zugrunde gelegt, der 17 Monate von den 24 auf der Hauptstation verwandt wurde. Unter Zufügung der Schwerekorrektion ergibt sich folgende Tabelle:

Täglicher Gang des Luftdrucks.

Stunde	1	2	3	4	5	6
Vormittags	760,01	759,98	759,98	759,97*	760,04	760,11
Nachmittags	59,98	59,95	59,90	59,88*	59,90	59,96
Stunde	7	8	9	10	11	12
Vormittags	760,20	760,17	760,14	760,11	760,06	760,02
Nachmittags	59,98	60,06	60,01	59,96	59,95	59,97

Die Abweichungen vom Tagesmittel 760,02 mm betragen also in Hundertsteln des mm:

Stunde	1	2	3	4	5	6
Vormittags	-0,01	-0,04	-0,04	-0,05*	+0,02	+0,09
Nachmittags	-0,04	-0,07	-0,12	-0,14*	-0,12	-0,06
Stunde	7	8	9	10	11	12
Vormittags	+0,18	+0,15	+0,12	+0,09	+0,04	±0,00
Nachmittags	-0,04	+0,04	-0,01	-0,06	-0,07	-0,05

Siehe auch die graphische Darstellung Fig. 3.

Man sieht aus diesem Gang des Barometers die allgemeine Erfahrung bestätigt, dass die tägliche Periode eine doppelte ist. Die Minima liegen hier um 4^h früh und 4^h nachmittags, während die Wellenscheitel auf 7^h früh und 8^h abends fallen. Das Maximum um 7^h früh ist höher als das Abendmaximum um 4^h p., das Nachmittagsmaximum tiefer als das Minimum frühmorgens. Die Maxima, die in mittleren Breiten in der Regel zwischen 9^h und 10^h morgens und abends fallen, erscheinen also etwas verschoben und auseinander gerückt.

Ausserdem findet sich ein kleines 3. Maximum um 1^h früh. Nach dem Abendmaximum um 8^h sinkt der Luftdruck zunächst etwa bis 11^h, um dann wieder bis 1^h um $\frac{4}{100}$ mm zu steigen. Erst dann tritt weiteres

Sinken bis zum Morgenminimum ein. Vielleicht ist das dieselbe Erscheinung, wie sie auch z. B. nach Angaben von Hann in Tokio, Irkutsk und andern Orten beobachtet ist. Dies Luftdruckmaximum tritt dort nur im Winter auf. Auch hier zeigt sich, wenn man den täglichen Gang des Luftdrucks auch für die einzelnen Jahreszeiten verfolgt, im Winter ein Maximum des Ansteigens, aber auch im Sommer und im Herbst ist dies 3. Maximum vorhanden. Bei einer graphischen Darstellung des täglichen Ganges in den Jahreszeiten zeigen alle Kurven im grossen und ganzen denselben Verlauf. Stark ausgeprägt ist in allen Jahreszeiten das Frühjahrsmaximum um 7^h, das nur im Herbst etwas nach 8^h verschoben erscheint. Während der Anstieg zu diesem durchweg sehr steil ist, fällt nachher der Luftdruck langsam ab.

Die beiden täglichen Luftdruckwellen sind also nicht ganz symmetrisch. Die Tagesschwankung beträgt 0,32 mm, die Schwankung während der Nacht 0,11 mm. Das Mittel aus diesen Amplituden kann man als das Mass der täglichen Schwankung ansehen. Die Amplitude der täglichen Barometerschwankung ist also 0,22 mm. Nimmt man als Mass der Schwankung das Mittel der Abweichungen der Stundenmittel vom Tagesmittel ohne Rücksicht auf die Vorzeichen, also die mittlere Ordinate der Tageskurve, so erhält man nur 0,06 mm. Jedenfalls geht aus den Messungen hervor, dass die Amplitude sehr gering ist. Es bestätigt sich also die Erfahrung, dass die Amplitude mit Zunahme der geographischen Breite abnimmt.

Da der tägliche Gang des Luftdrucks eine deutliche Periode aufweist, so wurde der Versuch gemacht, ihn auf einen mathematischen Ausdruck zu bringen. Der natürlichste mathematische Ausdruck für periodische Erscheinungen sind die trigonometrischen Reihen bzw. die Kugelfunktionen. Eine derartige Darstellung durch „harmonische Analyse“ ist nicht nur für die einfachsten periodischen

Erscheinungen möglich, sondern auch kompliziertere lassen sich nach Fourier durch eine Zusammensetzung von einfachen Pendelschwingungen, wie sie die Sinus- und Cosinusreihen bedeuten, mit verschiedenen Amplituden und Phasenzeiten darstellen. Der Vorteil besteht darin, dass sie für den Ablauf einer Naturerscheinung eine für wissenschaftliche Untersuchungen geeignete Form bringt, mit der man rechnen kann.

Sehr geeignet ist folgende Form der Reihen:

$$B = a_0 + a_1 \sin(A_1 + x) + a_2 \sin(A_2 + 2x) \\ + a_3 \sin(A_3 + 3x) + \dots$$

Dabei sind die numerisch zu berechnenden Koeffizienten $a_1, a_2 \dots$ die Amplituden der Partialperioden der einfachen Schwingungen, die Winkelgrößen $A_1, A_2 \dots$ die Phasenzeiten; a_0 ist der Mittelwert der Funktion.

Diese Reihe lässt sich weiter umformen in:

$$B = a_0 + a_1 \sin A_1 \cdot \cos x + a_1 \cos A_1 \cdot \sin x + \dots \\ = a_0 + p_1 \cos x + q_1 \sin x + p_2 \cos 2x + q_2 \sin 2x + \dots$$

$$\text{wo } \frac{p_1}{q_1} = \operatorname{tg} A_1; \quad \frac{p_1}{\sin A_1} = \frac{q_1}{\cos A_1} = a_1 \text{ ist.}$$

Sind nun $u_0, u_1, u_2 \dots u_{n-1}$ die Beobachtungen, n ihre Zahl, so lassen sich nach der Methode der kleinsten Quadrate $p_0, p_1, p_2 \dots$ aus folgenden Gleichungen bestimmen:

$$p_0 = (u_0 + u_1 + u_2 + \dots + u_{n-1}) : n$$

$$p_1 = (u_0 + u_1 \cos x + u_2 \cos 2x + \dots + u_{n-1} \cos(n-1)x) : \frac{n}{2}$$

$$q_1 = (u_1 \sin x + u_2 \sin 2x + \dots + u_{n-1} \sin(n-1)x) : \frac{n}{2}$$

$$p_2 = (u_0 + u_1 \cos 2x + u_2 \cos 4x + \dots + u_{n-1} \cos(n-1) \cdot 2x) : \frac{n}{2}$$

$$q_2 = (u_1 \sin 2x + u_2 \sin 4x + \dots + u_{n-1} \sin(n-1) \cdot 2x) : \frac{n}{2}$$

u. s. w.

Soll der tägliche Gang des Luftdrucks harmonisch analysiert werden, so ist $n = 24$, $x = 15^\circ$; ferner

$$\begin{array}{cccccccc} u_0 & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 & u_6 & u_7 \\ -0,01 & -0,04 & -0,04 & -0,05 & +0,02 & +0,09 & +0,18 & +0,15 \\ u_8 & u_9 & u_{10} & u_{11} & u_{12} & u_{13} & u_{14} & u_{15} \\ +0,12 & +0,09 & +0,04 & -0,00 & -0,04 & -0,07 & -0,12 & -0,14 \\ u_{16} & u_{17} & u_{18} & u_{19} & u_{20} & u_{21} & u_{22} & u_{23} \\ -0,12 & -0,06 & -0,04 & +0,04 & -0,01 & -0,06 & -0,07 & -0,05 \end{array}$$

Daraus ergibt sich $\alpha_0 = -0,0079$.

Ferner ist

$$\begin{aligned} \hat{p}_1 = & (u_0 + u_1 \cos 15 + u_2 \cos 30 + u_3 \cos 45 + u_4 \cos 60 \\ & + u_5 \cos 75 + u_6 \cos 90 + u_7 \cos 105 + \dots \\ & + u_{23} \cos 345) : 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 12 \hat{p}_1 = & u_0 + (u_1 + u_{23} - u_{11} - u_{13}) \cdot \cos 15 + (u_2 + u_{22} - u_{10} \\ & - u_{14}) \cos 30 + (u_3 + u_{21} - u_8 - u_{15}) \cdot \cos 45 + (u_4 + u_{20} \\ & - u_7 - u_{16}) \cos 60 + (u_5 + u_{19} - u_6 - u_{17}) \cos 75 - u_{12} \end{aligned}$$

$$\hat{p}_1 = -0,0072;$$

$$\begin{aligned} q_1 = & (u_1 \sin 15 + u_2 \sin 30 + \dots + u_{23} \cdot \sin 345) : 12 = \\ & + 0,0825. \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} A_1 = \frac{\hat{p}_1}{q_1}; \quad A_1 = 175^\circ 1); \quad a_1 = \frac{\hat{p}_1}{\sin A_1} = -0,0826.$$

1) Bei der Berechnung des Winkels A_1 habe ich im Gegensatz zu dem sonst scheinbar üblichen Verfahren von den beiden möglichen Winkeln stets den kleineren genommen. Denn es macht hier sicherlich keinen Unterschied, ob man den 1. oder den 3., bezw. den 2. oder den 4. Quadranten wählt. Das folgt aus den beiden Formeln

$\operatorname{tg} A = \frac{\hat{p}}{q}$, $a = \frac{\hat{p}}{\sin A}$. Ist etwa $\hat{p} < 0$, $q > 0$, dann kann A im 2. oder 4. Quadranten gewählt werden. Nehme ich den 2., so ist $a < 0$, im Fall des 4. aber > 0 . Der Ausdruck $a \cdot \sin(A + x)$ hat aber in beiden Fällen nicht nur denselben absoluten Wert, sondern auch dasselbe Vorzeichen, da $A + x$ im zweiten Falle um 180° grösser ist als im 1. Fall, also der $\sin(A + x)$ im 2. Fall auch sein Vorzeichen umkehrt. Da es bequemer ist, mit kleinen Winkeln zu rechnen, habe ich stets den kleineren gewählt.

$$p_2 = (u_0 + u_1 \cos 30 + u_2 \cos 60 + \dots + u_{23} (23 \cdot 30)) : 12$$

$$12 p_2 = (u_0 + u_{12} - u_6 - u_{18}) \\ + (u_1 + u_{11} - u_5 - u_7 + u_{13} + u_{23} - u_{14} - u_{19}) \cdot \cos 30 \\ + (u_2 + u_{10} - u_4 - u_8 + u_{14} + u_{22} - u_{16} - u_{20}) \cos 60$$

$$p_2 = -0,0516.$$

$$q_2 = (u_1 \sin 30 + u_2 \sin 60 + \dots) : 12$$

$$12 q_2 = (u_1 + u_5 - u_7 - u_{11} + u_{13} + u_{17} - u_{19} - u_{23}) \cdot \sin 30 \\ + (u_2 + u_4 - u_8 - u_{10} + u_{14} + u_{16} - u_{20} - u_{22}) \sin 60 \\ + (u_3 - u_9 + u_{15} - u_{21})$$

$$q_2 = -0,0520; A_2 = 45^\circ; a_2 = -0,0730.$$

In derselben Weise erhält man

$$p_3 = +0,0017; q_3 = +0,0010; A_3 = 60^\circ; a_3 = +0,0020.$$

$$p_4 = +0,0312; q_4 = +0,013; A_4 = 67^\circ; a_4 = +0,0338.$$

Der tägliche Gang des Luftdrucks kann demnach durch folgenden mathematischen Ausdruck dargestellt werden:

$$B = -0,0079 - 0,0826 \sin (175^\circ + x) - 0,0730 \sin (45^\circ + 2x) \\ + 0,0020 \sin (60^\circ + 3x) + 0,0338 \sin (67^\circ + 4x).$$

Setzt man in dieser Formel $x = 0, 15^\circ, 30^\circ \dots$, so erhält man den Wert um $1^h, 2^h, 3^h \dots$. Ein Vergleich der so berechneten Werte mit den gemessenen Werten zeigt in den meisten Fällen gute Uebereinstimmung; grössere Abweichungen treten nur auf bei u_0 : beob. $-0,01$, ber. $-0,03$, und u_{19} : beob. $+0,04$, bzw. $+0,01$; vergl. dagegen u_5 : beob. $+0,09$, ber. $+0,09$; u_{11} : beob. $0,0$, ber. $+0,005$; u_{13} : beob. $-0,07$, ber. $-0,07$; u_{15} : beob. $-0,14$, ber. $-0,14$ u. s. f. Die oben gewonnene Formel von B lässt sich auf graphischem Wege veranschaulichen, wenn man das 2. und die folgenden Glieder als Sinuslinien zeichnet. Man erhält dann B unter Zufügung von $-0,0079$ durch Superposition der einzelnen Wellen. Man erkennt bei der Gelegenheit aber auch eine Schwäche der harmonischen Analyse, die darin besteht, dass sie die Extreme verflacht.

Lufttemperatur.

Jährlicher Gang der Lufttemperatur. Die aus den stündlichen Werten der Temperatur abgeleiteten Monatsmittel zeigen natürlich kleine Differenzen gegen diejenigen, die aus den dreimal täglich erfolgten Ablesungen am Quecksilberthermometer berechnet sind. Die Tagesmittel wurden im letzten Fall aus den 3 Terminablesungen um 8^a, 2^p und 9^p nach der Formel berechnet:

$$t_m = \frac{2 \times 8^a + 2 \times 2^p + 5 \times 9^h}{9}$$

Folgende Tabelle gibt die Monatsmittel nach beiden Berechnungen an:

Monatsmittel.

	1. Jahr			2. Jahr		
	Registr.	Terminb.	Diff.	Registr.	Terminb.	Diff.
August	+ 1,8 ^o	+ 2,1 ^o	- 0,3 ^o	+ 2,3 ^o	+ 2,3 ^o	0,0 ^o
September	- 3,7	- 3,7	0,0	- 4,4	- 4,4	+ 0,1
Oktober	- 14,2	- 14,5	+ 0,3	- 14,3	- 14,6	+ 0,3
November	- 21,1	- 21,0	- 0,1	- 19,9	- 19,7	- 0,2
Dezember	- 25,2	- 24,6	- 0,6	- 17,1	- 17,2	+ 0,1
Januar	- 23,0	- 23,0	0,0	- 21,6	- 20,8	- 0,8
Februar	- 25,7	- 26,0	+ 0,3	- 29,5	- 28,9	- 0,6
März	- 23,8	- 23,7	- 0,1	- 21,2	- 21,1	- 0,1
April	- 19,7	- 19,4	- 0,3	- 19,7	- 19,6	- 0,1
Mai	- 8,8	- 8,2	- 0,6	- 6,7	- 6,4	- 0,3
Juni	+ 0,9	+ 1,1	- 0,2	+ 0,7	+ 1,1	- 0,4
Juli	+ 3,4	+ 3,3	+ 0,1	+ 5,1	+ 5,4	- 0,3
Mittel	- 13,3	- 13,1	- 0,2 ^o	- 12,2	- 12,0	- 0,2 ^o
Mittel beider Jahre				- 12,8	- 12,6	- 0,2 ^o

Bei einer Differenz von nur - 0,2^o im Jahresmittel kann man wohl von einer guten Uebereinstimmung sprechen, die beweist, dass die obige Formel für die Mittelbildung aus drei täglichen Beobachtungen sehr brauchbar ist. Einige grössere Abweichungen in den Mitteln der Monate Dezember 1906, Februar 1908 und Januar 1908 finden

eine Erklärung dadurch, dass in diesen Monaten die Registrierung während mehrerer Tage, im Januar bis zu 5 Tagen, versagte. Dagegen bedürfen die Abweichungen im Mai und im Herbst einer anderen Erklärung. Die Differenz ist im Mai negativ, im September positiv. Dies ist wahrscheinlich kein Zufall. Denn durch die starke Betonung des 9^h-Termins in der Formel für t_m muss in dem Monat, in welchem die Temperatur sehr stark steigt, ein zu hoher Wert, und in dem Monat, wo sie stark fällt, ein zu tiefer herauskommen.

Die Monatsmittel der Temperatur schwanken in den beiden Beobachtungsjahren, wie man aus der Tabelle ersieht. Am höchsten sind die Schwankungen im Winter. Fasst man die beiden Beobachtungsjahre wieder zu einem „Idealjahre“ zusammen, so erhält man folgenden jährlichen Gang der Temperatur, der auch in Fig. 4 graphisch dargestellt ist.

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	
− 22,3°	− 27,6°*	− 22,6°	− 19,7°	− 7,7°	+ 0,8°	
Juli	August	Sept.	Oktober	Nov.	Dez.	Mittel
+ 4,2°	+ 2,0°	− 4,0°	− 14,2°	− 20,5°	− 21,1°	− 12,8°

Der wärmste Monat ist demnach der Juli mit + 4,2°, der kälteste der Februar mit − 27,6°; die Mittelwerte für die Jahreszeiten sind:

Frühjahr (März—Mai)	− 16,7°
Sommer (Juni—August) . . .	+ 2,3°
Herbst (Sept.—Nov.)	− 12,9°
Winter (Dez.—Febr.)	− 23,7°

Der Herbst ist also wärmer als das Frühjahr.

Die Jahresamplitude der Monatsmittel ist 31,8°. Dieser grosse Wert beweist, dass die Station, trotzdem sie unmittelbar am Meere lag, durchaus kontinentales Klima hatte. Das ist ein sehr merkwürdiges Resultat, das

aber vielleicht in folgender Weise richtig erklärt werden kann. Die starke Eisbedeckung des Meeres zwischen Spitzbergen und Grönland ist die Ursache, dass dies ganze Gebiet in meteorologischer Beziehung mit einbegriffen wird in ein kontinentales Hochdruckgebiet, welches über dem Inlandeise anzunehmen ist. Für die Richtigkeit dieser Theorie spricht der Umstand, dass von der Germania-Expedition auf der mehr vom offenen Meere umgebenen Sabine-Insel eine Jahresamplitude von nur $27,9^{\circ}$ gefunden wurde. Nun liegt die Insel allerdings etwa 2° südlicher und einer Verminderung der geographischen Breite entspricht auch eine Verminderung der jährlichen Temperaturamplitude. Diese würde aber für 2° Breitenunterschied nur $\frac{1}{2}^{\circ}$ beitragen. Es ist also zwischen beiden Stationen ein wirklich klimatischer Unterschied vorhanden in dem Sinne, dass nach Norden der kontinentale Charakter stärker hervortritt.

Der harmonischen Analyse des jährlichen Ganges der Lufttemperatur sind wieder die Formeln von Seite 25 zugrunde gelegt. Hier ist $n = 12$, $x = 30^{\circ}$; $u_0 = +2,0$; $u_1 = -4,0 \dots, u_{11} = +4,2$. Man erhält $p_0 = -12,725$.

$$p_1 = (u_0 + u_1 \cos 30 + u_2 \cos 60 + \dots + u_{11} \cos 330^{\circ}) : 6$$

$$6 p_1 = u_0 - u_6 + (u_1 + u_{11} - u_5 - u_7) \cos 30 + (u_2 + u_{10} - u_4 - u_8) \cos 60$$

$$q_1 = (u_1 \sin 30 + u_2 \sin 60 + \dots) : 6$$

u. s. f.

Daraus findet man

$$p_1 = +13,726; q_1 = -5,159; A_1 = 110,6^{\circ}; a_1 = +14,66$$

$$p_2 = (u_0 \cos 60 + \dots + u_{11} \cos 660) : 6; q_2 = (u_1 \sin 60 + \dots \sin 660) : 6;$$

$$p_2 = +1,225; q_2 = -3,1898; A_2 = 159^{\circ}; a_2 = +3,42$$

$$p_3 = +0,366; q_3 = +0,8166; A_3 = 24,2^{\circ}; a_3 = +0,90$$

$$p_4 = -0,725; q_4 = +0,7361; A_4 = 135,5^{\circ}; a_4 = -1,03$$

Also ist $T = -12,73 + 14,66 \sin(110,6^{\circ} + x) + 3,42 \sin(159^{\circ} + 2x) + 0,90 \sin(24,2^{\circ} + 3x) - 1,03 \sin(135,5^{\circ} + 4x)$.

Setzt man in dieser Formel $x = 30^{\circ}, 60^{\circ} \dots$, so erhält man die Mitteltemperatur von August, September . . . Folgende Zusammenstellung gibt einen Vergleich der gemessenen und der mit der obigen Formel berechneten Werte:

	u_0	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5
Beobachtet:	+ 2,0	- 4,0	- 14,2	- 20,5	- 21,1	- 22,3
Berechnet:	+ 1,9	- 3,7	- 14,3	- 20,6	- 20,6	- 23,2
	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}
Beobachtet:	- 27,6	- 22,6	- 19,7	- 7,7	+ 0,8	+ 4,2
Berechnet:	- 26,3	- 23,9	- 18,4	- 8,7	+ 1,3	+ 4,0

Wie man sieht, sind einige verhältnismässig grosse Abweichungen vorhanden, z. B. bei u_9 , was eine Folge des springenden Wertes u_9 ist. Indess kann die Uebereinstimmung bei solchen Werten noch als gut bezeichnet werden. Auch bei einer graphischen Darstellung des wahren Ganges und desjenigen, wie er sich aus der Superposition der einzelnen Sinuslinien ergibt, erkennt man diese Uebereinstimmung.

Der tägliche Gang der Temperatur. Der tägliche Gang der Temperatur in den einzelnen Monaten, wie er aus den stündlichen Mitteln je zweier August-, September-Monate u. s. f. berechnet wurde, ist aus der Tabelle am Schluss zu ersehen. Der Gang während der Jahreszeiten und im Jahresmittel selbst ist ausserdem noch in Fig. 5 graphisch dargestellt. Es sei hier auch

gleich der tägliche Gang harmonisch dargestellt. Es ist in den Formeln Seite 25 $x = 15^{\circ}$, $n = 24$ zu setzen.

u_0	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5
— 13,4	— 13,5	— 13,6	— 13,7	— 13,6	— 13,5
u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}
— 13,2	— 13,0	— 12,8	— 12,4	— 12,3	— 12,1
u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{15}	u_{16}	u_{17}
— 12,0	— 11,9	— 11,8	— 11,8	— 12,0	— 12,2
u_{18}	u_{19}	u_{20}	u_{21}	u_{22}	u_{23}
— 12,4	— 15,5	— 12,7	— 12,9	— 13,1	— 13,3

In derselben Weise wie oben ergibt sich

$$a_0 = -12,74 \text{ (Mittelwert)}$$

$$p_1 = -0,71; \quad q_1 = -0,466; \quad A_1 = 57^{\circ}; \quad a_1 = -0,85$$

$$p_2 = +0,058; \quad q_2 = -0,032; \quad A_2 = 119^{\circ}; \quad a_2 = +0,066$$

$$T = -12,74 - 0,85 \sin(57 + x) + 0,066 \sin(119 + 2x).$$

Diese beiden Glieder genügen schon zu einer überaus überraschenden Uebereinstimmung, wie aus einer graphischen Darstellung unmittelbar zu sehen ist, wie es auch folgende Tabelle zeigt, in welcher wahllos eine Reihe von Werten berechnet wurde.

	u_0	u_1	u_2	u_3	u_6	u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{18}
Beob.:	— 13,4	— 13,5	— 13,6	— 13,7	— 13,2	— 12,0	— 11,9	— 11,8	— 12,4
Ber.:	— 13,4	— 13,5	— 13,6	— 13,6	— 13,3	— 12,0	— 11,9	— 11,9	— 12,3

Das Jahresmittel wird 8^h abends und vormittags zwischen 8^h — 9^h angetroffen. Die höchste Temperatur tritt 2^h nachmittags ein, die niedrigste um 3^h früh. Das 2. Maximum findet sich auch in den meisten Monaten wieder; in den 3 Wintermonaten ist dagegen von einem ausgesprochenen Maximum nichts zu erkennen, wenngleich in allen eine kleine Steigerung zwischen 2 und 4 Uhr

mittags da ist. Ebenso tritt in allen ausser wieder den Wintermonaten das Maximum gegen 3 Uhr morgens ein. Es zeigen also alle Monatskurven ausser denen der Wintermonate morgens ein Fallen bis gegen 3 Uhr, um dann langsam gegen 2 Uhr nachmittags anzusteigen und dann wieder etwa in demselben Masse zu fallen. Während der Wintermonate ist wegen der Polarnacht von einem regelmässigen Wärmegang nichts zu erkennen. So fällt z. B. das Maximum der Temperatur im November auf 3^h morgens, das Minimum auf 5^h nachmittags. Einen ganz unregelmässigen Verlauf zeigt der Januar. Die auftretenden Veränderungen zeigen hier keine Periode,

Die grösste Schwankung innerhalb 24 Stunden wurde vom 16. zum 17. Dezember 1907 beobachtet. Sie betrug 23,5°, indem die Temperatur von — 27,4° bis auf — 3,9° stieg. Die Ursache dieser und ähnlicher starker Schwankungen ist wahrscheinlich in der über dem Erdboden herrschenden Temperaturumkehr zu suchen. Es bilden sich dann Luftwirbel, die fortwährend Luftteilchen aus andern Schichten und infolgedessen von andern Temperaturen an den Thermometern vorbeiführen. Die Registrierkurven sind in solchen Fällen sehr merkwürdig, sie zeigen ausserordentlich starke Elementarschwankungen der Temperatur, die in der Regel 1—2° betragen und ganz schnell erfolgen. Sie sind keineswegs eine Folge der verschiedenen Bestrahlung, da jeder Strahlungseinfluss ausgeschlossen war. Vielleicht waren die wahren Schwankungen sogar noch grösser und erfolgten noch schneller, als es der Thermograph wegen seiner Trägheit hat festhalten können.

In Figur 8 zeigt die untere Kurve sehr schön diese starken Elementarschwankungen. Zum Vergleich diente eine Woche des Mai, in welcher durch Nebelbildung die Wirkung der Sonnenstrahlen stark verringert war, so

dass die Temperatur nur wenig um den Wert Null schwankte. Aenderungen über 8° kamen 14mal vor.

Amplitude. Der Mittelwert der täglichen Schwankung oder der periodischen täglichen Amplitude ist $2,0^{\circ}$, also entsprechend der hohen geographischen Breite sehr klein. Vom Winter zum Sommer nimmt die Amplitude beträchtlich zu. Ihr Hauptmaximum erreicht sie im April. Die Figur 5 lässt deutlich erkennen, wie verschieden die Amplitude in den einzelnen Jahreszeiten ist. Noch auffälliger wird der Unterschied, wenn man den täglichen Gang der Temperatur auch für die einzelnen Monate graphisch darstellt. In den Wintermonaten kann man kaum eine Amplitude erkennen, während sie im Frühjahr schnell ansteigt.

Die Werte der Amplituden in den verschiedenen Monaten sind in Figur 6 graphisch dargestellt. Aus dem Verlauf dieser Kurve sieht man, dass ein zweites Maximum im Herbst liegt, dem ein Minimum im Juli vorangeht. Aus der Tabelle der Amplituden ist dies Maximum weniger leicht zu erkennen. Höchstens könnte da der Stillstand der Werte auffallen. Geht man aber zurück auf den einen Juli 1907, für den vollständige Beobachtungen während des ganzen Monats vorliegen, so erkennt man deutlich das Minimum. Es ist auffällig, dass das Minimum grade in den Monat mit höchster Temperatur fällt. Man könnte vielleicht annehmen, dass es eine Folge der um diese Jahreszeit im Polargebiet besonders häufigen Nebel sei, durch welche die Sonnenstrahlung stark verringert wird. Sicherlich haben diese einen Einfluss gehabt, den man aber wohl nicht als ausreichend ansehen kann. Denn das Wetterjournal verzeichnet eine ganze Reihe von klaren Tagen. Vielmehr gibt wohl folgende Ueberlegung eine Erklärung.

Während derjenigen Monate, in denen Temperatur-Maxima über Null und Temperatur-Minima unter Null vor-

kommen, wird die Tagesschwankung der Wärme stark gedämpft durch die Schmelzprozesse am Tage infolge Bindung von Wärme und die Gefrierprozesse bei Nacht infolge Freiwerdens von Wärme. Nun zeigte die Umgebung der Station eine solche Eisbedeckung sowohl nach der See als auch nach dem Lande hin, dass sie praktisch als von allen Seiten mit Eis umgeben angesehen werden konnte. Diese Eismassen blieben bis zum Juli fest. Erst dann fing das Eis unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung an zu schmelzen. Die dazu erforderliche kolossale Wärmemenge wurde zwar zum grössten Teil durch die direkte Sonnenstrahlung geliefert, zum Teil aber auch den unteren Luftschichten entzogen, so dass diese also bei Tage merklich kühler wurden und dadurch die Amplitude verringerten. Damit stimmt überein, was durch die Drachenaufstiege festgestellt wurde, dass im Juli eine starke Temperaturumkehr in der untersten Luftschicht vorhanden ist, sogar die stärkste im ganzen Jahre.

Aus diesen Gründen haben wir also kein Maximum der Tagesschwankung zur Zeit des höchsten Sonnenstandes zu erwarten, was sich auch bestätigt. Vielmehr ist dann ein Maximum wahrscheinlich, wenn die Temperatur noch (im Frühjahr) oder schon tief genug (im Herbst) ist. Das ist in der Tat der Fall. Nur ist das Herbstmaximum verkümmert und das Frühjahrsmaximum ungebührlich gross. Die Ursache ist das Nachhinken der Temperatur gegenüber dem Sonnenstande. Im Frühjahr ist nämlich bei -15° die Sonne schon hoch heraus, im Herbst bei derselben Temperatur kaum über dem Horizont. Interessant ist gerade das Herbstmaximum. In die Monate August und z. T. noch September fällt das Aufhören der Schmelzvorgänge und das Erstarren alles Wassers. Namentlich bildet sich auf dem Meere starkes Neueis. Die dabei frei werdende Wärme wird durch die Ausstrahlung nicht völlig beseitigt. Alle diese im Erstarren begriffenen Wasser-

mengen sind wärmer als die von der Höhe des Inland-eises herabkommende Luft, wo solche Schmelz- und Gefrierprozesse schon nicht mehr vorkommen, so dass die Amplitude wieder grösser wird als im Juli. Die untersten Luftschichten sind also jetzt wärmer als die darüber liegenden, die starke Temperaturumkehr, die im Juli beobachtet wurde, muss also im Herbst verschwinden, was durch Drachenaufstiege nachgewiesen wurde. Die Richtigkeit dieser Ueberlegungen wird bestätigt durch Beobachtungen in der Ausguckstonne am Grossmast. Ein weiterer Beweis ist das um diese Zeit häufig beobachtete Vorkommen von Luftspiegelungen nach unten, welche warmen Boden und darüber kältere Luft voraussetzen.

Auch die aperiodische Amplitude der Temperatur, deren Wert natürlich grösser ist als der der periodischen, zeigt ein Maximum und zwar auch das Hauptmaximum im April. Von einem regelmässigen Gang derselben kann man aber wohl kaum sprechen. Ihr Mittelwert ist $5,8^{\circ}$. Den grössten Wert von $6,7^{\circ}$ erreicht sie im Frühjahr, den kleinsten im Herbst. Im Winter sind die aperiodischen Aenderungen grösser ($6,0$) als im Sommer ($5,3$).

Extremtemperaturen.

Die absoluten Extreme hatten in den beiden Beobachtungsjahren die folgenden Werte:

	Maximum	Minimum
August 1906—Juli 1907:	+ $12,3^{\circ}$ (18. Juli 1907)	— $40,9^{\circ}$ (11. März 1907)
August 1907—Juli 1908:	+ $17,1^{\circ}$ (7. Juli 1908)	— $38,3^{\circ}$ (22. Feb. 1908)

Die Häufigkeit der Verteilung der Extremtemperaturen auf die verschiedenen Tagesstunden, wenigstens nach Jahreszeiten zusammengestellt, gibt folgende Tabelle an:

		1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	Sa.
Frühjahr	Max.	14	4	10	25	72	30	13	14	180
	Min.	77	33	4	6	0	0	4	56	180
Sommer	Max.	12	5	10	35	45	22	14	12	155
	Min.	53	24	6	0	0	1	3	67	155
Herbst	Max.	26	16	9	24	41	23	7	29	175
	Min.	39	24	13	9	4	14	15	57	175
Winter	Max.	41	16	17	16	10	14	17	35	166
	Min.	41	15	14	12	10	13	18	43	166
Jahr	Max.	93	41	46	100	168	89	51	90	676
	Min.	210	96	37	27	14	28	40	223	676

Diese Häufigkeit der Verteilung lässt sich in Prozenten ausrechnen; es seien hier nur die betr. Werte für das ganze Jahr angeführt.

	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12
Max.: 14%	6	7	15	25	13	7	13	
Min.: 31	15	5	4	2	4	6	33	

Stellt man diese Angaben in Prozenten für die einzelnen Jahreszeiten und für das Jahr graphisch dar, so erhält man ein anschauliches Bild von dem Verlauf. Man sieht daraus deutlicher wie aus der Tabelle, dass sich die im Frühjahr sehr steile Kurve der Maxima mit ihrem

Scheitel um 1—3^h nachmittags im Laufe des Jahres immer mehr verflacht, bis sie im Winter einen direkt entgegengesetzten Verlauf nimmt mit einem tiefsten Wert um 1—3^h nachmittags. Während sich also im Frühjahr ein grosser Prozentsatz (40%) der Maxima auf eine kurze Zeit zusammendrängt, verteilen sie sich im Lauf des Jahres immer mehr auch auf andere Stunden, bis die Verteilung im Winter schliesslich ganz gleichförmig wird, so dass hier die Periode völlig aufhört. Die Kurven der Minima verflachen ebenfalls vom Frühjahr nach dem Winter hin. Doch ist im Gegensatz zur Winterkurve des Maximums die des Minimums ebenso gebaut wie die der übrigen Jahreszeiten. Das Minimum der Häufigkeit liegt bei allen um 1—3^h nachmittags, also da, wo das Maximum der Häufigkeit der höchsten Temperatur eintritt. Es drängen sich hier die meisten Werte um die Mitternachts- und frühen Morgenstunden zusammen. Aber auch hier nimmt mit fortschreitender Jahreszeit die Verteilung auf andere Tagesstunden zu. Im Winter haben die Kurven für Maximum und Minimum beinahe parallelen Verlauf, ein weiteres Zeichen, dass hier jede periodische Temperaturänderung aufhört.

Dieser Gang der Häufigkeit der Verteilung auf die einzelnen Tagesstunden wird hervorgerufen durch die Superposition zweier Erscheinungen: 1) unperiodische Aenderungen, welche länger als einen Tag dauern. So muss z. B. bei sinkender Temperatur das Maximum auf den Tagesanfang, das Minimum auf das Tagesende fallen. Daher müssen beide Kurven Maxima um Mitternacht haben, wie es hier in den Winterkurven zum Ausdruck kommt. 2) lagert sich die Tagesschwankung über 1. Hierbei verhalten sich aber Maximum und Minimum verschieden. Letzteres fällt ja auch nahe auf Mitternacht, wirkt also im gleichen Sinne wie 1) und verstärkt den Gang der Minimum-

Kurve. Die Maxima dagegen erzeugen die nach oben gerichtete Kurve um Mittag, die im Frühjahr am stärksten ist und im Winter verschwindet.

Auf weitere Ergebnisse der Registrierung, wie die Zahl der Eistage, die tägliche und stündliche Veränderlichkeit der Temperatur u. a. soll hier nicht mehr eingegangen werden, ebenso wenig auf einige besondere interessante Registrierungen bei Schneestürmen und bei Föhn.

Kurve. Die
 richtete Kurve
 ist und im
 Auf w
 Zahl der
 derlichkeit
 eingegangen
 interessante
 Föhn.

© The Tiffen Company, 2007

TIFFEN® Gray Scale



ch oben ge-
 m stärksten

g, wie die
 iche Verän-
 nicht mehr
 e besondere
 en und bei

Mittelwerte der Temperatur

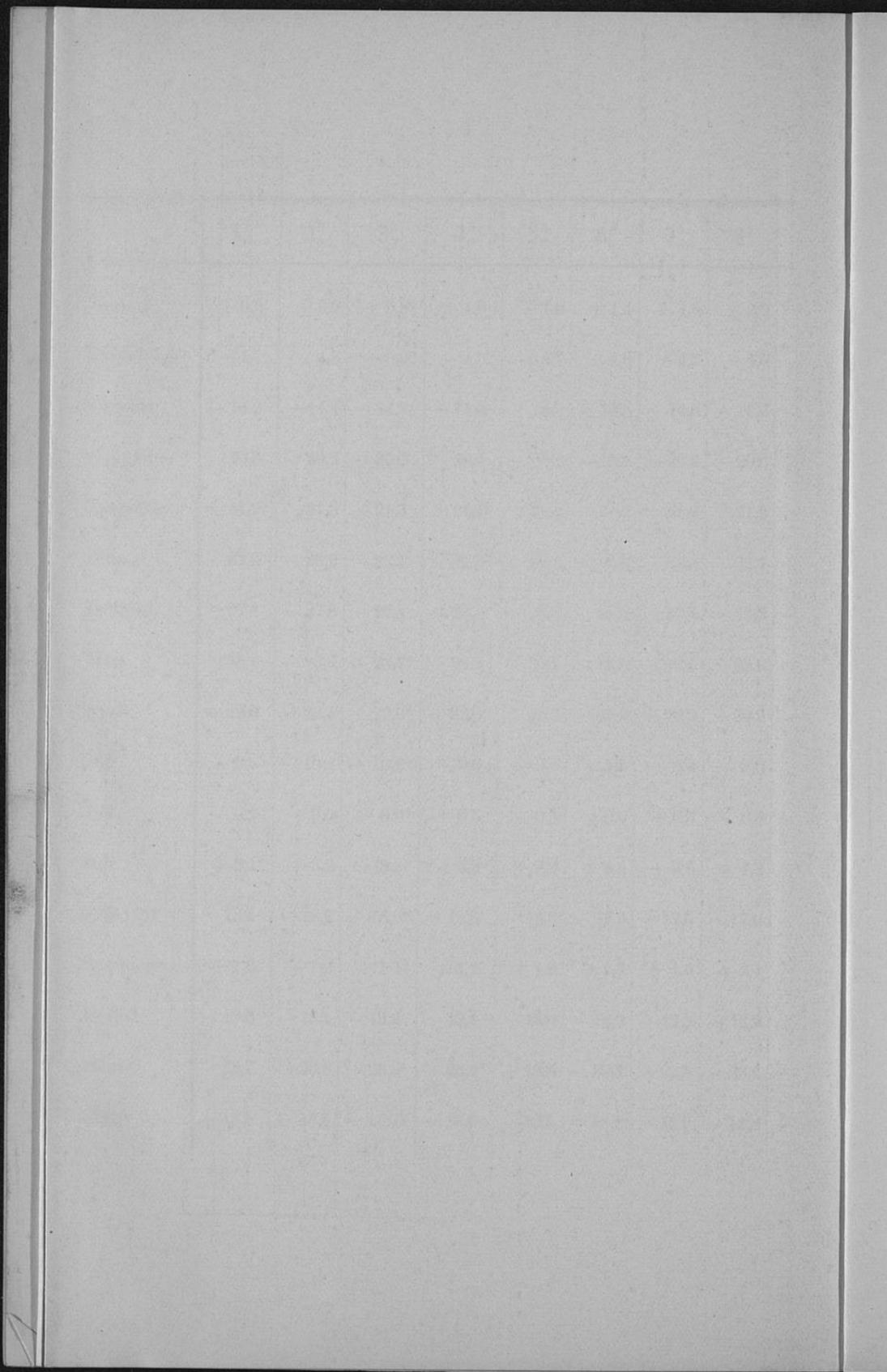
Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1. Mittelwert	1.5	2.5	5.0	8.5	12.5	16.5	19.5	19.0	15.5	10.5	5.5	2.5
2. Mittelwert	1.0	2.0	4.5	8.0	12.0	16.0	19.0	18.5	15.0	10.0	5.0	2.0
3. Mittelwert	0.5	1.5	4.0	7.5	11.5	15.5	18.5	18.0	14.5	9.5	4.5	1.5
4. Mittelwert	0.0	1.0	3.5	7.0	11.0	15.0	18.0	17.5	14.0	9.0	4.0	1.0
5. Mittelwert	-0.5	0.5	3.0	6.5	10.5	14.5	17.5	17.0	13.5	8.5	3.5	0.5
6. Mittelwert	-1.0	0.0	2.5	6.0	10.0	14.0	17.0	16.5	13.0	8.0	3.0	0.0
7. Mittelwert	-1.5	-0.5	2.0	5.5	9.5	13.5	16.5	16.0	12.5	7.5	2.5	-0.5
8. Mittelwert	-2.0	-1.0	1.5	5.0	9.0	13.0	16.0	15.5	12.0	7.0	2.0	-1.0
9. Mittelwert	-2.5	-1.5	1.0	4.5	8.5	12.5	15.5	15.0	11.5	6.5	1.5	-1.5
10. Mittelwert	-3.0	-2.0	0.5	4.0	8.0	12.0	15.0	14.5	11.0	6.0	1.0	-2.0
11. Mittelwert	-3.5	-2.5	0.0	3.5	7.5	11.5	14.5	14.0	10.5	5.5	0.5	-2.5
12. Mittelwert	-4.0	-3.0	-0.5	3.0	7.0	11.0	14.0	13.5	10.0	5.0	0.0	-3.0
13. Mittelwert	-4.5	-3.5	-1.0	2.5	6.5	10.5	13.5	13.0	9.5	4.5	-0.5	-3.5
14. Mittelwert	-5.0	-4.0	-1.5	2.0	6.0	10.0	13.0	12.5	9.0	4.0	-1.0	-4.0
15. Mittelwert	-5.5	-4.5	-2.0	1.5	5.5	9.5	12.5	12.0	8.5	3.5	-1.5	-4.5
16. Mittelwert	-6.0	-5.0	-2.5	1.0	5.0	9.0	12.0	11.5	8.0	3.0	-2.0	-5.0
17. Mittelwert	-6.5	-5.5	-3.0	0.5	4.5	8.5	11.5	11.0	7.5	2.5	-2.5	-5.5
18. Mittelwert	-7.0	-6.0	-3.5	0.0	4.0	8.0	11.0	10.5	7.0	2.0	-3.0	-6.0
19. Mittelwert	-7.5	-6.5	-4.0	-0.5	3.5	7.5	10.5	10.0	6.5	1.5	-3.5	-6.5
20. Mittelwert	-8.0	-7.0	-4.5	-1.0	3.0	7.0	10.0	9.5	6.0	1.0	-4.0	-7.0
21. Mittelwert	-8.5	-7.5	-5.0	-1.5	2.5	6.5	9.5	9.0	5.5	0.5	-4.5	-7.5
22. Mittelwert	-9.0	-8.0	-5.5	-2.0	2.0	6.0	9.0	8.5	5.0	0.0	-5.0	-8.0
23. Mittelwert	-9.5	-8.5	-6.0	-2.5	1.5	5.5	8.5	8.0	4.5	-0.5	-5.5	-8.5
24. Mittelwert	-10.0	-9.0	-6.5	-3.0	1.0	5.0	8.0	7.5	4.0	-1.0	-6.0	-9.0
25. Mittelwert	-10.5	-9.5	-7.0	-3.5	0.5	4.5	7.5	7.0	3.5	-1.5	-6.5	-9.5
26. Mittelwert	-11.0	-10.0	-7.5	-4.0	0.0	4.0	7.0	6.5	3.0	-2.0	-7.0	-10.0
27. Mittelwert	-11.5	-10.5	-8.0	-4.5	-0.5	3.5	6.5	6.0	2.5	-2.5	-7.5	-10.5
28. Mittelwert	-12.0	-11.0	-8.5	-5.0	-1.0	3.0	6.0	5.5	2.0	-3.0	-8.0	-11.0
29. Mittelwert	-12.5	-11.5	-9.0	-5.5	-1.5	2.5	5.5	5.0	1.5	-3.5	-8.5	-11.5
30. Mittelwert	-13.0	-12.0	-9.5	-6.0	-2.0	2.0	5.0	4.5	1.0	-4.0	-9.0	-12.0
31. Mittelwert	-13.5	-12.5	-10.0	-6.5	-2.5	1.5	4.5	4.0	0.5	-4.5	-9.5	-12.5
32. Mittelwert	-14.0	-13.0	-10.5	-7.0	-3.0	1.0	4.0	3.5	0.0	-5.0	-10.0	-13.0
33. Mittelwert	-14.5	-13.5	-11.0	-7.5	-3.5	0.5	3.5	3.0	-0.5	-5.5	-10.5	-13.5
34. Mittelwert	-15.0	-14.0	-11.5	-8.0	-4.0	0.0	3.0	2.5	-1.0	-6.0	-11.0	-14.0
35. Mittelwert	-15.5	-14.5	-12.0	-8.5	-4.5	-0.5	2.5	2.0	-1.5	-6.5	-11.5	-14.5
36. Mittelwert	-16.0	-15.0	-12.5	-9.0	-5.0	-1.0	2.0	1.5	-2.0	-7.0	-12.0	-15.0
37. Mittelwert	-16.5	-15.5	-13.0	-9.5	-5.5	-1.5	1.5	1.0	-2.5	-7.5	-12.5	-15.5
38. Mittelwert	-17.0	-16.0	-13.5	-10.0	-6.0	-2.0	1.0	0.5	-3.0	-8.0	-13.0	-16.0
39. Mittelwert	-17.5	-16.5	-14.0	-10.5	-6.5	-2.5	0.5	0.0	-3.5	-8.5	-13.5	-16.5
40. Mittelwert	-18.0	-17.0	-14.5	-11.0	-7.0	-3.0	0.0	-0.5	-4.0	-9.0	-14.0	-17.0
41. Mittelwert	-18.5	-17.5	-15.0	-11.5	-7.5	-3.5	-0.5	-1.0	-4.5	-9.5	-14.5	-17.5
42. Mittelwert	-19.0	-18.0	-15.5	-12.0	-8.0	-4.0	-1.0	-1.5	-5.0	-10.0	-15.0	-18.0
43. Mittelwert	-19.5	-18.5	-16.0	-12.5	-8.5	-4.5	-1.5	-2.0	-5.5	-10.5	-15.5	-18.5
44. Mittelwert	-20.0	-19.0	-16.5	-13.0	-9.0	-5.0	-2.0	-2.5	-6.0	-11.0	-16.0	-19.0
45. Mittelwert	-20.5	-19.5	-17.0	-13.5	-9.5	-5.5	-2.5	-3.0	-6.5	-11.5	-16.5	-19.5
46. Mittelwert	-21.0	-20.0	-17.5	-14.0	-10.0	-6.0	-3.0	-3.5	-7.0	-12.0	-17.0	-20.0
47. Mittelwert	-21.5	-20.5	-18.0	-14.5	-10.5	-6.5	-3.5	-4.0	-7.5	-12.5	-17.5	-20.5
48. Mittelwert	-22.0	-21.0	-18.5	-15.0	-11.0	-7.0	-4.0	-4.5	-8.0	-13.0	-18.0	-21.0
49. Mittelwert	-22.5	-21.5	-19.0	-15.5	-11.5	-7.5	-4.5	-5.0	-8.5	-13.5	-18.5	-21.5
50. Mittelwert	-23.0	-22.0	-19.5	-16.0	-12.0	-8.0	-5.0	-5.5	-9.0	-14.0	-19.0	-22.0
51. Mittelwert	-23.5	-22.5	-20.0	-16.5	-12.5	-8.5	-5.5	-6.0	-9.5	-14.5	-19.5	-22.5
52. Mittelwert	-24.0	-23.0	-20.5	-17.0	-13.0	-9.0	-6.0	-6.5	-10.0	-15.0	-20.0	-23.0
53. Mittelwert	-24.5	-23.5	-21.0	-17.5	-13.5	-9.5	-6.5	-7.0	-10.5	-15.5	-20.5	-23.5
54. Mittelwert	-25.0	-24.0	-21.5	-18.0	-14.0	-10.0	-7.0	-7.5	-11.0	-16.0	-21.0	-24.0
55. Mittelwert	-25.5	-24.5	-22.0	-18.5	-14.5	-10.5	-7.5	-8.0	-11.5	-16.5	-21.5	-24.5
56. Mittelwert	-26.0	-25.0	-22.5	-19.0	-15.0	-11.0	-8.0	-8.5	-12.0	-17.0	-22.0	-25.0
57. Mittelwert	-26.5	-25.5	-23.0	-19.5	-15.5	-11.5	-8.5	-9.0	-12.5	-17.5	-22.5	-25.5
58. Mittelwert	-27.0	-26.0	-23.5	-20.0	-16.0	-12.0	-9.0	-9.5	-13.0	-18.0	-23.0	-26.0
59. Mittelwert	-27.5	-26.5	-24.0	-20.5	-16.5	-12.5	-9.5	-10.0	-13.5	-18.5	-23.5	-26.5
60. Mittelwert	-28.0	-27.0	-24.5	-21.0	-17.0	-13.0	-10.0	-10.5	-14.0	-19.0	-24.0	-27.0
61. Mittelwert	-28.5	-27.5	-25.0	-21.5	-17.5	-13.5	-10.5	-11.0	-14.5	-19.5	-24.5	-27.5
62. Mittelwert	-29.0	-28.0	-25.5	-22.0	-18.0	-14.0	-11.0	-11.5	-15.0	-20.0	-25.0	-28.0
63. Mittelwert	-29.5	-28.5	-26.0	-22.5	-18.5	-14.5	-11.5	-12.0	-15.5	-20.5	-25.5	-28.5
64. Mittelwert	-30.0	-29.0	-26.5	-23.0	-19.0	-15.0	-12.0	-12.5	-16.0	-21.0	-26.0	-29.0
65. Mittelwert	-30.5	-29.5	-27.0	-23.5	-19.5	-15.5	-12.5	-13.0	-16.5	-21.5	-26.5	-29.5
66. Mittelwert	-31.0	-30.0	-27.5	-24.0	-20.0	-16.0	-13.0	-13.5	-17.0	-22.0	-27.0	-30.0
67. Mittelwert	-31.5	-30.5	-28.0	-24.5	-20.5	-16.5	-13.5	-14.0	-17.5	-22.5	-27.5	-30.5
68. Mittelwert	-32.0	-31.0	-28.5	-25.0	-21.0	-17.0	-14.0	-14.5	-18.0	-23.0	-28.0	-31.0
69. Mittelwert	-32.5	-31.5	-29.0	-25.5	-21.5	-17.5	-14.5	-15.0	-18.5	-23.5	-28.5	-31.5
70. Mittelwert	-33.0	-32.0	-29.5	-26.0	-22.0	-18.0	-15.0	-15.5	-19.0	-24.0	-29.0	-32.0
71. Mittelwert	-33.5	-32.5	-30.0	-26.5	-22.5	-18.5	-15.5	-16.0	-19.5	-24.5	-29.5	-32.5
72. Mittelwert	-34.0	-33.0	-30.5	-27.0	-23.0	-19.0	-16.0	-16.5	-20.0	-25.0	-30.0	-33.0
73. Mittelwert	-34.5	-33.5	-31.0	-27.5	-23.5	-19.5	-16.5	-17.0	-20.5	-25.5	-30.5	-33.5
74. Mittelwert	-35.0	-34.0	-31.5	-28.0	-24.0	-20.0	-17.0	-17.5	-21.0	-26.0	-31.0	-34.0
75. Mittelwert	-35.5	-34.5	-32.0	-28.5	-24.5	-20.5	-17.5	-18.0	-21.5	-26.5	-31.5	-34.5
76. Mittelwert	-36.0	-35.0	-32.5	-29.0	-25.0	-21.0	-18.0	-18.5	-22.0	-27.0	-32.0	-35.0
77. Mittelwert	-36.5	-35.5	-33.0	-29.5	-25.5	-21.5	-18.5	-19.0	-22.5	-27.5	-32.5	-35.5
78. Mittelwert	-37.0	-36.0	-33.5	-30.0	-26.0	-22.0	-19.0	-19.5	-23.0	-28.0	-33.0	-36.0
79. Mittelwert	-37.5	-36.5	-34.0	-30.5	-26.5	-22.5	-19.5	-20.0	-23.5	-28.5	-33.5	-36.5
80. Mittelwert	-38.0	-37.0	-34.5	-31.0	-27.0	-23.0	-20.0	-20.5	-24.0	-29.0	-34.0	-37.0
81. Mittelwert	-38.5	-37.5	-35.0	-31.5	-27.5	-23.5	-20.5	-21.0	-24.5	-29.5	-34.5	-37.5
82. Mittelwert	-39.0	-38.0	-35.5	-32.0	-28.0	-24.0	-21.0	-21.5	-25.0	-30.0	-35.0	-38.0
83. Mittelwert	-39.5	-38.5	-36.0	-32.5	-28.5	-24.5	-21.5	-22.0	-25.5	-30.5	-35.5	-38.5
84. Mittelwert	-40.0	-39.0	-36.5	-33.0	-29.0	-25.0	-22.0	-22.5	-26.0	-31.0	-36.0	-39.0
85. Mittelwert	-40.5	-39.5	-37.0	-33.5	-29.5	-25.5	-22.5	-23.0	-26.5	-31.5	-36.5	-39.5
86. Mittelwert	-41.0	-40.0	-37.5	-34.0	-30.0	-26.0	-23.0	-23.5	-27.0	-32.0	-37.0	-40.0
87. Mittelwert	-41.5	-40.5	-38.0	-34.5	-30.5	-26.5	-23.5	-24.0	-27.5	-32.5	-37.5	-40.5
88. Mittelwert	-42.0	-41.0	-38.5	-35.0	-31.0	-27.0	-24.0	-24.5	-28.0	-33.0	-38.0	-41.0
89. Mittelwert	-42.5	-41.5	-39.0	-35.5	-31.5	-27.5	-24.5	-25.0	-28.5	-33.5	-38.5	-41.5
90. Mittelwert	-43.0	-42.0	-39.5	-36.0	-32.0	-28.0	-25.0	-25.5	-29.0	-34.0	-39.0	-42.0
91. Mittelwert	-43.5	-42.5	-40.0	-36.5	-32.5	-28.5	-25.5	-26.0	-29.5	-34.5	-39.5	-42.5
92. Mittelwert	-44.0	-43.0	-40.5									

Mittelwerte der Temperatur.

	1 ^A	2 ^A	3 ^A	4 ^A	5 ^A	6 ^A	7 ^A	8 ^A	9 ^A	10 ^A	11 ^A	Mittag	1 ^P	2 ^P	3 ^P	4 ^P	5 ^P	6 ^P	7 ^P	8 ^P	9 ^P	10 ^P	11 ^P	Mittlern.	Mittel	Max.	Min.	Period. Ampl.	Aper. Ampl.	
August	+ 0,9	+ 0,9	+ 0,8*	+ 1,0	+ 1,0	+ 1,4	+ 1,8	+ 2,2	+ 2,4	+ 2,6	+ 2,8	+ 2,8	+ 2,9	+ 3,2	+ 3,2	+ 2,9	+ 2,9	+ 2,6	+ 2,2	+ 1,9	+ 1,9	+ 1,6	+ 1,2	+ 1,1	+ 2,0	+ 3,2	+ 0,8	2,4	5,1	
September	- 4,7	- 4,8	- 5,0*	- 4,8	- 4,7	- 4,8	- 4,2	- 4,0	- 3,6	- 3,2	- 3,0	- 2,9	- 2,7	- 2,7	- 2,8	- 3,2	- 3,6	- 3,8	- 4,2	- 4,4	- 4,6	- 4,6	- 4,6	- 4,8	- 4,0	- 2,7	- 5,0	2,3	4,6	
Oktober	- 14,2	- 14,4	- 14,3	- 14,0	- 14,0	- 13,8	- 14,0	- 14,2	- 14,2	- 14,2	- 13,8	- 13,8	- 13,6	- 13,8	- 14,0	- 14,2	- 14,4	- 14,5	- 14,5	- 14,6	- 14,8	- 14,7	- 14,8*	- 14,6	- 14,2	- 13,6	- 14,8	1,2	5,0	
November	- 20,2	- 20,2	- 20,2	- 20,4	- 20,2	- 20,2	- 20,3	- 20,6	- 20,6	- 20,6	- 20,7	- 20,6	- 20,6	- 20,5	- 20,6	- 20,8	- 21,0*	- 20,8	- 20,8	- 20,8	- 20,8	- 20,7	- 20,8	- 20,8	- 20,5	- 20,2	- 21,0	0,8	4,9	
Dezember	- 21,2	- 21,3	- 21,3	- 21,4*	- 21,2	- 21,2	- 21,0	- 21,2	- 21,0	- 21,2	- 20,9	- 20,8	- 21,0	- 20,9	- 20,9	- 20,6	- 21,0	- 21,0	- 21,0	- 20,9	- 21,0	- 21,2	- 21,2	- 21,2	- 21,2	- 21,1	- 20,6	- 21,4	0,8	6,0
Januar	- 22,0	- 22,2	- 22,4	- 22,0*	- 22,4	- 22,5	- 22,4	- 22,4	- 22,2	- 22,0	- 22,2	- 22,4	- 22,4	- 22,5	- 22,0	- 22,2	- 22,4	- 22,2	- 22,2	- 22,4	- 22,1	- 22,1	- 22,0	- 22,1	- 22,3	- 22,0	- 22,6	0,6	6,0	
Februar	- 27,8	- 27,8	- 27,8	- 27,8	- 27,9	- 27,8	- 27,6	- 27,3	- 27,2	- 27,4	- 27,4	- 27,4	- 27,5	- 27,6	- 27,4	- 27,6	- 27,6	- 27,9	- 27,8	- 27,6	- 27,8	- 27,7	- 27,9	- 28,0*	- 27,6	- 27,2	- 28,0	0,8	6,4	
März	- 23,4	- 23,6	- 23,7*	- 23,7	- 23,5	- 23,2	- 23,1	- 22,9	- 22,4	- 22,3	- 22,2	- 22,0	- 21,7	- 21,4	- 21,8	- 22,0	- 22,0	- 22,0	- 22,4	- 22,6	- 22,7	- 23,0	- 23,0	- 23,0	- 22,6	- 21,4	- 23,7	2,3	7,7	
April	- 22,0	- 22,4	- 22,6*	- 22,5	- 22,0	- 21,6	- 20,9	- 20,2	- 19,3	- 18,9	- 18,2	- 17,8	- 17,2	- 17,0	- 17,0	- 17,2	- 17,6	- 18,2	- 18,6	- 18,4	- 20,2	- 20,6	- 21,1	- 21,9	- 19,7	- 17,0	- 22,6	5,6	8,6	
Mai	- 9,8	- 10,2	- 10,2*	- 9,6	- 9,4	- 8,8	- 8,4	- 8,0	- 7,2	- 6,8	- 6,6	- 6,2	- 6,0	- 5,8	- 6,0	- 6,1	- 6,4	- 6,6	- 7,0	- 7,3	- 7,5	- 8,1	- 8,7	- 9,2	- 7,7	- 5,8	- 10,2	4,4	6,6	
Juni	- 0,4	- 0,5	- 0,6*	- 0,5	- 0,5	+ 0,0	+ 0,3	+ 0,8	+ 1,2	+ 1,6	+ 1,7	+ 1,8	+ 2,0	+ 2,1	+ 2,0	+ 1,8	+ 1,8	+ 1,4	+ 1,2	+ 1,0	+ 0,8	+ 0,4	+ 0,2	+ 0,0	+ 0,8	+ 2,1	- 0,6	2,7	5,0	
Juli	+ 3,1*	+ 3,2	+ 3,2	+ 3,2	+ 3,2	+ 3,6	+ 3,6	+ 4,2	+ 4,8	+ 5,0	+ 5,3	+ 5,4	+ 5,5	+ 5,4	+ 5,2	+ 5,0	+ 4,8	+ 4,6	+ 4,6	+ 4,2	+ 3,8	+ 3,6	+ 3,5	+ 3,4	+ 4,2	+ 5,5	+ 3,1	2,4	4,2	
Frühjahr	- 18,4	- 18,7	- 18,8*	- 18,6	- 18,3	- 17,9	- 17,5	- 17,0	- 16,3	- 16,0	- 15,7	- 15,3	- 15,0	- 14,7	- 14,9	- 15,1	- 15,3	- 15,6	- 16,0	- 16,4	- 16,8	- 17,2	- 17,6	- 18,0	- 16,7	- 14,7	- 18,8	4,1	6,7	
Sommer	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,1*	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,7	+ 1,9	+ 2,4	+ 2,8	+ 3,1	+ 3,3	+ 3,5	+ 3,5	+ 3,6	+ 3,5	+ 3,2	+ 3,2	+ 2,9	- 2,7	+ 2,4	+ 2,2	+ 1,9	+ 1,6	+ 1,5	+ 2,3	+ 3,6	+ 1,1	2,5	5,3	
Herbst	- 13,0	- 13,1	- 13,2	- 13,1	- 13,0	- 12,9	- 12,8	- 12,9	- 12,8	- 12,6	- 12,5	- 12,4	- 12,3	- 12,2	- 12,5	- 12,7	- 13,0	- 13,0	- 13,2	- 13,3	- 13,4	- 13,3	- 13,4	- 13,5*	- 12,9	- 12,2	- 13,5	1,3	4,8	
Winter	- 23,7	- 23,8	- 23,8	- 23,9*	- 23,8	- 23,8	- 23,8	- 23,6	- 23,5	- 23,5	- 23,5	- 23,5	- 23,6	- 23,7	- 23,3	- 23,7	- 23,7	- 23,7	- 23,6	- 23,6	- 23,7	- 23,7	- 23,7	- 23,8	- 23,7	- 23,3	- 23,9	0,6	6,4	
Jahr	- 13,5	- 13,6	- 13,7*	- 13,6	- 13,5	- 13,2	- 13,0	- 12,8	- 12,4	- 12,3	- 12,1	- 12,0	- 11,9	- 11,8	- 11,8	- 12,0	- 12,2	- 12,4	- 12,5	- 12,7	- 12,9	- 13,1	- 13,3	- 13,4	- 12,7	- 11,6	- 13,7	2,0	5,8	







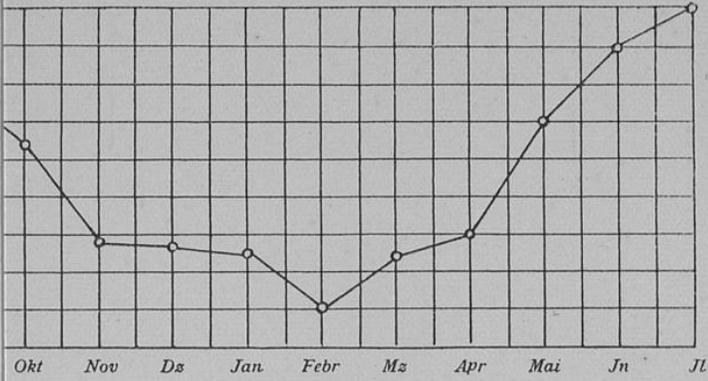


Fig. 4.

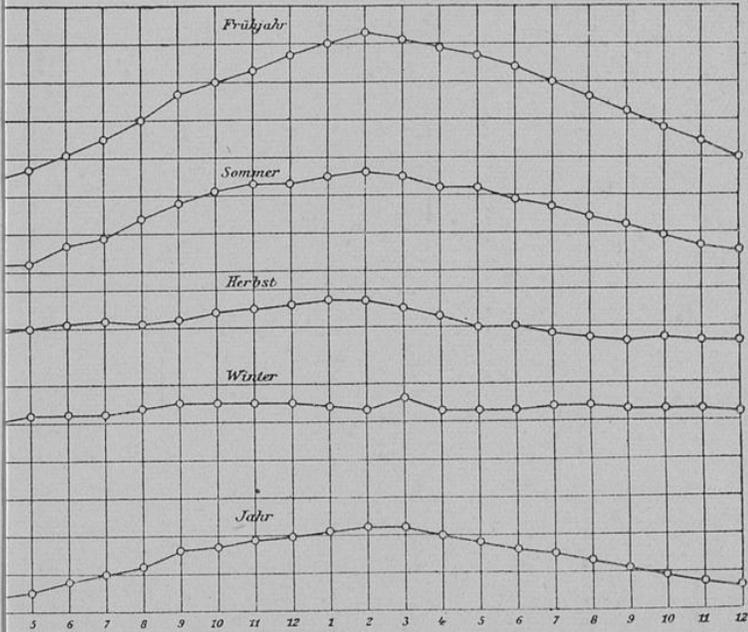


Fig. 5.

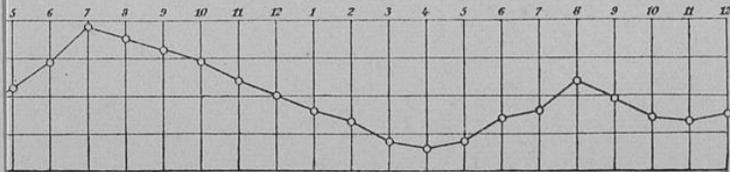


Fig. 3.

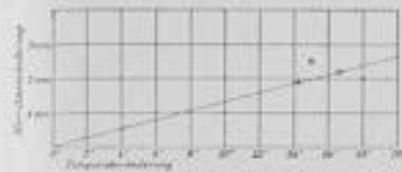


Fig. 1.

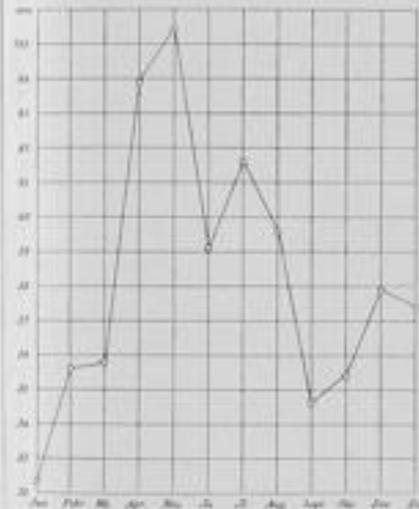


Fig. 2.

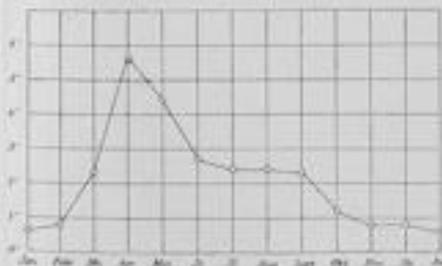


Fig. 6.

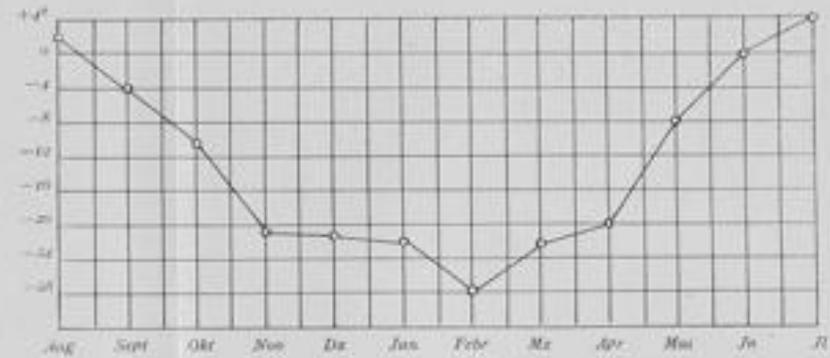


Fig. 4.

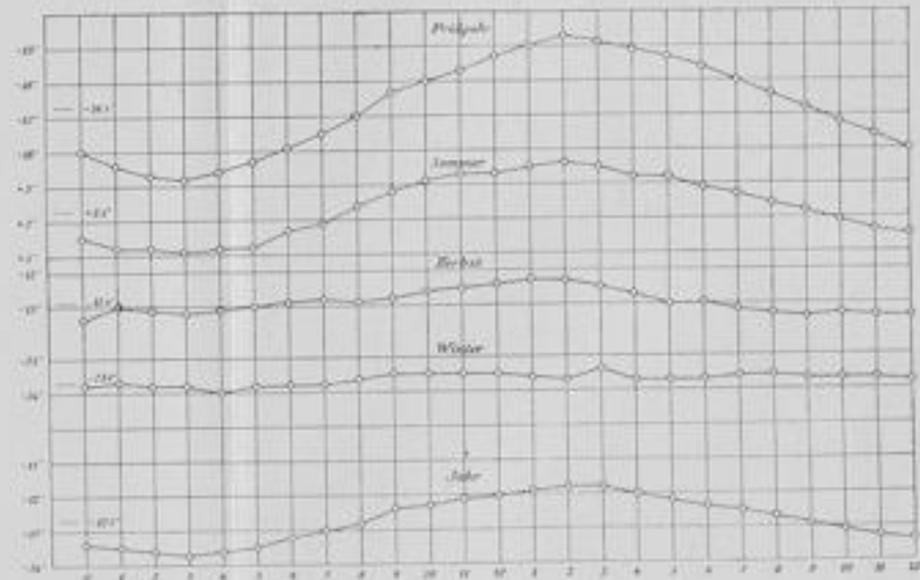


Fig. 5.

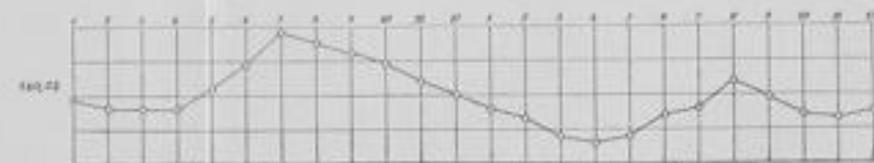
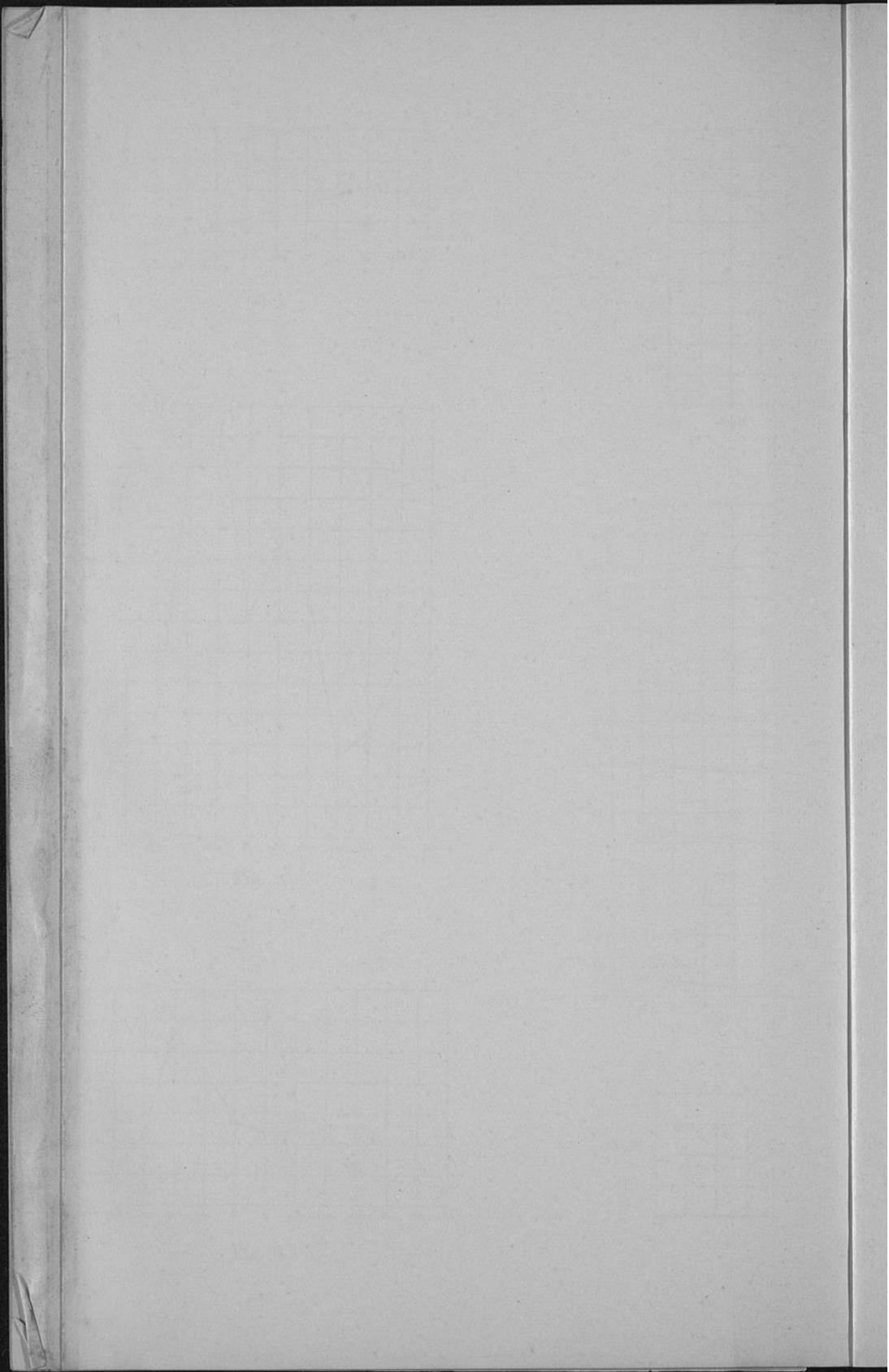
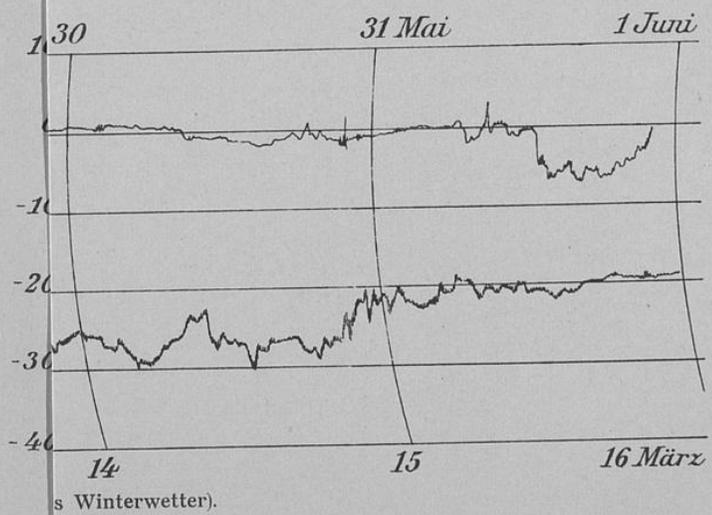
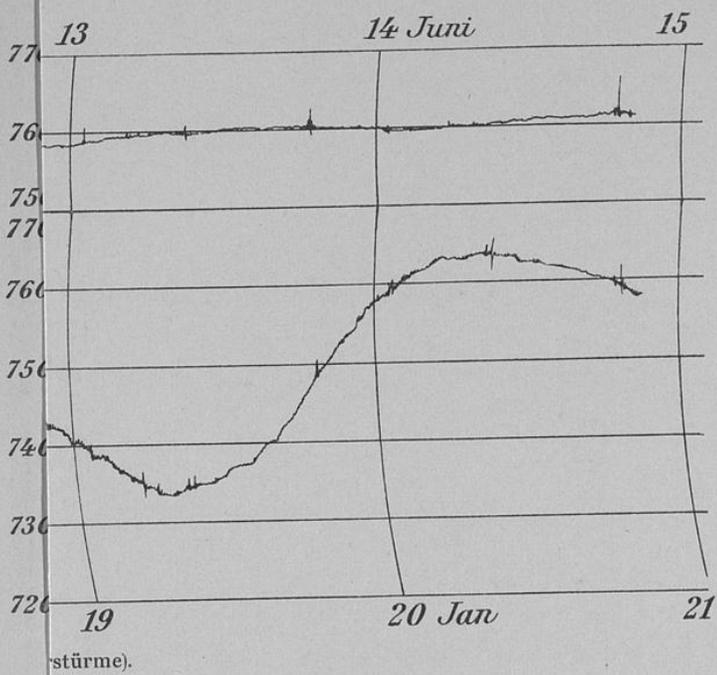


Fig. 3.







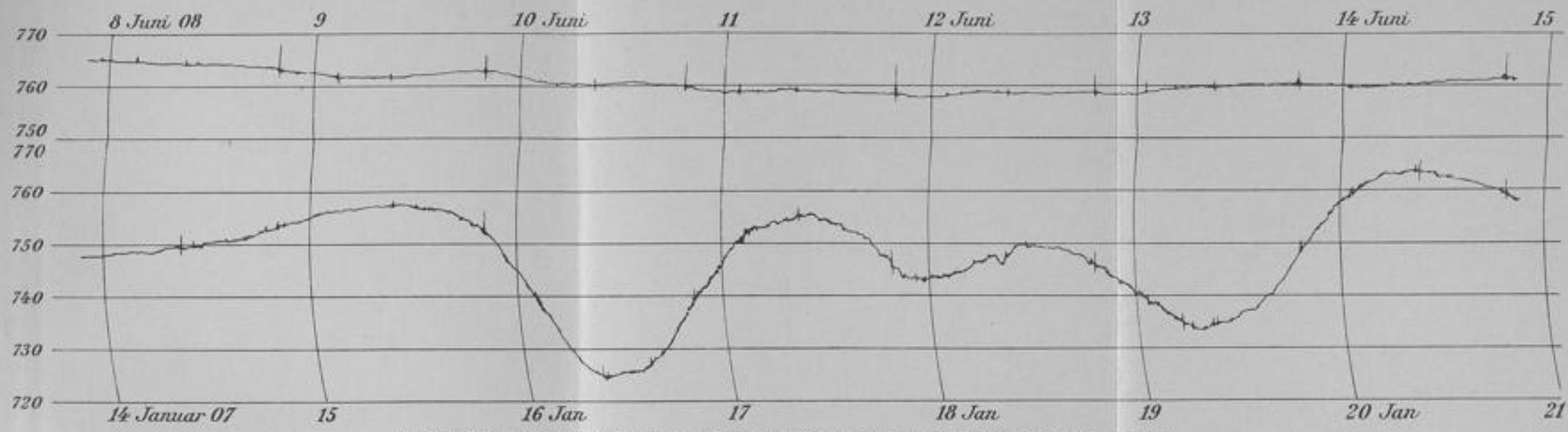


Fig. 7. Typische Luftdruckregistrierungen für die ruhigste Zeit (Sommer) und die bewegteste Zeit (Winterstürme).

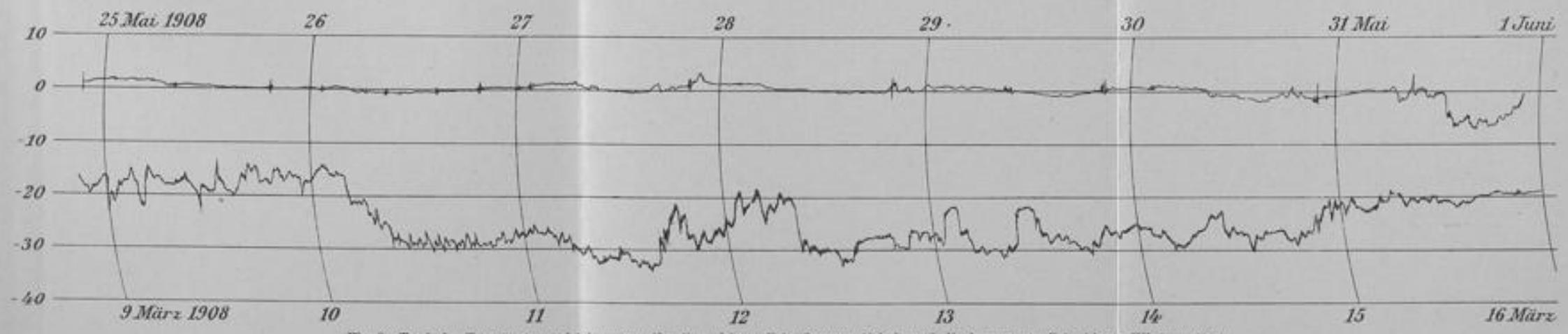


Fig. 8. Typische Temperaturregistrierungen für die ruhigste Zeit (Sommer-Nebel) und die bewegteste Zeit (klares Winterwetter).



