

Emil Plantamour.

(Nach einem für die Vierteljahrschrift der astronomischen Gesellschaft bestimmten grösseren Nekrologe, von dessen Verfasser für diese Zeitschrift bearbeitet.)

Zu Genf am 14. Mai 1815 geboren, wurde Emil Plantamour von seinen Eltern sehr sorgfältig erzogen, — den ersten Unterricht erhielt er von seinem Vater — trat dann in das Collège seiner Vaterstadt ein und machte in demselben, Dank vorzüglichen Anlagen und guter Führung, so rasche Fortschritte, dass er schon vor Ablauf seines zehnten Lebensjahres die vierte Classe erreicht hatte, was als etwas ganz Ausserordentliches angesehen worden sein soll. Trotz dieses schönen Erfolges entschloss sich aber der Vater ihn im Herbst 1824, nebst seinem um ein Jahr jüngeren Bruder Philipp, nach dem damals in voller Blüthe stehenden Fellenberg'schen Institute in Hofwyl bei Bern zu bringen, wo er nun bis 1832 verblieb und wirklich in jeder Beziehung tüchtig vorgebildet wurde, — nicht nur zur vollständigen Zufriedenheit des Vaters, der, trotz der damals noch etwas mühsamen Reise, alle Trimester sich persönlich nach den Fortschritten seiner Söhne erkundigte, sondern er selbst erinnerte sich später noch gerne an diese Periode seines Lebens. — Nach Genf zurückgekehrt, trat Plantamour in die damalige Akademie ein, absolvirte an derselben regelrecht seine philosophischen Studien und erwarb sich 1834 nach französischer Uebung einen ersten akademischen Grad, das sogenannte Baccalaureat. Er hatte das Glück in Genf ganz ausgezeichnete Lehrer und Berather zu besitzen, wie namentlich die Mathematiker Maurice und Pascalis, den Physiker De la Rive und den Astronomen Gautier, — er wusste sich durch Fleiss und schöne Fortschritte deren volle Zuneigung zu erwerben, — und zeigte namentlich für Astronomie so grosse Vorliebe und seltenes Geschick, dass ihn Gautier schon damals zu seinem Nachfolger designirte.

Für die eigentliche astronomische Fachbildung wurde auf den Rath von Maurice in erster Linie Paris gewählt, und Plantamour ging etwa im Frühjahr 1835, mit vorzüglichen Empfehlungsschreiben versehen, dahin ab. Er fand bei Arago ausgezeichnete Aufnahme, — wurde von ihm auf der Sternwarte installirt, — und war bald in voller Thätigkeit, meist mit dem etwas älteren Ernst Laugier, der schon ein Jahr zuvor als Eleve eingetreten war, zusammenarbeitend. Namentlich bethätigten sich die beiden jungen Männer lebhaft an der Beobachtung und Berechnung des damals in Sicht stehenden Halley'schen Kometen, und Plantamour wurde dadurch rasch in die praktische Thätigkeit eingeführt, die ihn sodann während seines ganzen Aufenthaltes in Paris vorzugsweise in Anspruch nahm. Immerhin benutzte er auch die Gelegenheit einige Collegien bei Arago, Liouville etc. anzuhören, — übersetzte auf Arago's Wunsch einige Abhandlungen Bessel's — und begann eine These über die



Berechnung der Kometenbahnen auszuarbeiten. — Im November 1837 reiste Plantamour nach Berlin, wo er durch Humboldt, welchen er schon in Paris kennen gelernt hatte, bei den dortigen Gelehrten, namentlich auch bei Encke, eingeführt wurde und einen sehr genuss- und lehrreichen Monat verlebte. Dann ging er nach Königsberg, wo er einen längeren Aufenthalt nehmen, promoviren, und überhaupt durch Bessel die eigentliche astronomische Weihe erhalten sollte. Zum Voraus durch Humboldt von seiner Ankunft in Kenntniss gesetzt, nahm ihn auch dieser grosse Astronom mit offenen Armen auf, beschäftigte sich vielfach privatim mit ihm und instruirte ihn persönlich in der Behandlung des Heliometers, mit welchem er die von dem Meister begonnene Aufnahme der Plejaden fortsetzen sollte. Das meist ungünstige Wetter that nun allerdings seiner Thätigkeit vielfachen Abbruch; dagegen profitirte er bei seinen Privatstudien unter Bessel ausserordentlich, — arbeitete nach dessen Rath seine These nochmals um, wodurch seine bekannte Erstlingsschrift „*Disquisitio de methodis traditis ad cometarum orbitas determinandas. Regiomonti 1839 in 4*“ entstand, — und erhielt auf Grund derselben etwas vor Weihnachten 1838 den Doctoritel. Etwa Mitte Februar 1839 ging Plantamour wieder nach Berlin, — arbeitete dort noch einige Zeit bei Encke — und kehrte endlich im Frühjahr 1839 über Göttingen, wo ihn auch Gauss, auf die warme Empfehlung Humboldt's hin, ungewöhnlich gut aufnahm, nach der Heimat zurück.

Nach dem wiederholt ausgesprochenen Wunsche seines immer etwas leidenden, und sich längst nach seiner Rückkehr sehnenden Lehrers Gautier wurde Plantamour nach seinem Wiedereintreffen in der Vaterstadt sofort mit dessen Professur und der Leitung der noch kein volles Decennium bestehenden neuen Sternwarte betraut, und da er zwei Jahre später noch das Glück hatte in Maria Prevost, einer Enkelin des bekannten Physikers Pierre Prevost, eine wie für ihn geschaffene Lebensgefährtin zu finden, so war er nunmehr dauernd an die Heimat gebunden. — Als Lehrer an der damaligen Akademie und späteren Universität trug Plantamour regelmässig über die verschiedenen Theile der Astronomie vor, später auch über physikalische Geographie, — und obschon er von Natur wenig Rednertalent besass, so waren seine Vorlesungen so durchdacht und gehaltvoll, dass sie dennoch gern und mit Nutzen gehört wurden. Von der Anerkennung, die seine akademische Wirksamkeit fand, zeugte auch die allgemeine Theilnahme, mit welcher 1879 sein vierzigjähriges Dienstjubiläum begangen wurde, — von der Achtung, welcher er sich bei seinen Collegen erfreute, dass sie ihm wiederholt das Rectorat übertrugen, und so namentlich auch für das Biennium 1858—60, in dessen Mitte das dreihundertjährige Jubiläum der Genfer Akademie gefeiert werden sollte. Plantamour musste sich so der ihm nicht gerade sehr sympathischen Aufgabe unterziehen, am 6. Juni 1859 die Begrüssungsrede und dann auf dem Banquet einen der officiellen Toaste zu halten; er leerte jedoch den Kelch unerschrocken, ja füllte ihn am folgenden Tage, wo die Festtheilnehmer einen Ausflug nach dem „Mont Gosse“ bei Mornex machten, nochmals freiwillig, indem er sie mit einer Collation überraschte, — aber immerhin war es ihm kaum unlieb, dass am Abend die Festbummel mit dem Fackelzuge, welchen die Studierenden ihm und seinen bei ihm versammelten Collegen brachten, ein Ende nahm, so dass er sich wieder seinen wissenschaftlichen Arbeiten widmen konnte, und auch wir wollen mit ihm zu denselben zurückkehren. — Die Sternwarte in Genf besass zu jener Zeit relativ geringe Mittel, aber Plantamour wusste dieselben

als richtiger Schüler von Bessel so vortrefflich auszunutzen, dass seine Bestimmungen dennoch die Concurrenz mit denjenigen grösserer Sternwarten bestanden. Namentlich wurden seine Beobachtungen und Berechnungen der jeweilen in Sicht kommenden Kometen sehr geschätzt, und es mag z. B. angeführt werden, dass er zu den ersten europäischen Beobachtern des grossen Kometen von 1843 gehörte und überdies schon am 23. März nach eigenen Beobachtungen eine erste Bahnberechnung für denselben lieferte, — dass er den durch Mauvais entdeckten Kometen von 1844 VII 16— 1845 II 27 beobachtete, die auf anderen Sternwarten erhaltenen Bestimmungen sammelte und die Gesammtheit der vorhandenen Daten, unter Berücksichtigung der Störungen, zur Darstellung elliptischer Elemente verwertete, wofür auf sein „*Mémoire sur la Comète Mauvais. Genève 1847 in 4*“ zu verweisen ist, — dass er die merkwürdige Theilung, welche der Biela'sche Komet während seiner Erscheinung im Jahre 1846 erfuhr, durch Beobachtung und Rechnung mit grösster Energie verfolgte, — etc. etc. Auch Neptun und manche der kleinen Planeten, sowie vorkommende Sternbedeckungen, Durchgänge, Finsternisse etc. wurden fleissig beobachtet, — ja, um die totale Sonnenfinsterniss von 1860, welche den Streit über die Natur der Protuberanzen (in welchem er für die optische Erklärung Partei ergriffen hatte) entscheiden sollte, selbst sehen zu können, wurde sogar eine Reise nach Spanien unternommen. — Ausserdem machte Plantamour zahlreiche Fixsternbeobachtungen, theils zum Zwecke der Katalogisirung, theils zu Gunsten von Zeit- und Ortsbestimmungen, und es mag hier namentlich an seine 1843/4 unternommene neue Bestimmung der Breite der Genfer Sternwarte, sowie an seine 1861 mit Hilfe der telegraphischen Verbindung durchgeführte, die erste Operation dieser Art in der Schweiz repräsentirende Längenvergleichung mit Freund Hirsch in Neuenburg erinnert werden, welche 1846 und 1864 im Druck erschienen. — Anfänglich beobachtete Plantamour sehr viel selbst; als er jedoch später nach und nach immer mehr auch von anderen Aufgaben in Anspruch genommen wurde, war er genöthigt die laufenden Beobachtungen erst theilweise, zuletzt ganz seinen Gehilfen zu überlassen und sich auf die eigentliche Direction zu beschränken, die er dann aber, so lange es ihm seine Gesundheit erlaubte, in der ihm eigenthümlichen strammen Weise fortführte. Als ferner im Jahre 1871 die „*Classe d'industrie de la Société des Arts de Genève*“ zur Hebung der für Genf so wichtig gewordenen Chronometer-Industrie Concourse organisirte, für welche nothwendig die Sternwarte die zeitraubenden Untersuchungen, Attestate und Rapporte zu übernehmen hatte, unterzog sich Plantamour willig dem Wunsche, dass er sich nicht nur mit der nöthigen Aufsicht und Reglementirung der betreffenden Detailarbeiten befasse, sondern auch die Hauptrapporte erstatte, deren unanfechtbare Genauigkeit und Unparteilichkeit natürlich die Grundbedingung des Gelingens war. — Endlich ist noch rühmend hervorzuheben, dass Plantamour (namentlich in späteren Jahren) wiederholt persönlich eintrat, wenn die vom Staate angewiesenen Credite für die Sternwarte nicht ausreichten, — ja am 17. August 1880 dem Canton Genf geschenkweise ein auf seine Kosten construirtes und aufgestelltes, parallaktisch montirtes Fernrohr (Equatoreal) von 10 Zoll Oeffnung übergab. Da nach letztwilliger Verfügung auch seine reiche Bibliothek der Stadt Genf unter der Bedingung vergabt wurde, sie auf der öffentlichen Bibliothek als ein Ganzes aufzustellen, so besitzt Plantamour in seiner Vaterstadt ein Doppeldenkmal, das wahrscheinlich länger dauern, jedenfalls aber mehr Nutzen stiften wird, als ein steinernes Ungethüm.

Man sollte kaum glauben, dass Plantamour noch Zeit gefunden hätte, neben den bereits besprochenen Arbeiten auch für Meteorologie und Hypsometrie eingehend thätig zu sein, und doch ist dem nicht nur so, sondern es ist sogar der Meteorologe Plantamour fast noch bekannter als der Astronom. Zunächst galt es allerdings Genf den traditionellen Ruhm zu erhalten, gewissermassen die Vaterstadt der neueren Meteorologie zu sein, und zu diesem Zwecke voraus dafür zu sorgen, dass einerseits die in Genf schon bald nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts durch die Deluc, Saussure und Senebier begonnenen und seither ununterbrochen fortgeführten meteorologischen Beobachtungen ungestörten Fortgang nehmen und den jeweilen von der Wissenschaft gestellten neuen Anforderungen genügen konnten, und dass andererseits auch die seit 1817, auf Veranlassung von M. A. Pictet, auf dem Grossen St. Bernhard unternommenen Beobachtungen jeweilen entsprechend fortgeführt werden; aber hiemit begnügte sich Plantamour nicht, sondern er unterwarf Monat für Monat die erhaltenen zwei Reihen sorgfältiger Berechnung und publicirte dieselben bis an sein Lebensende sammt den Monats- und Jahresresultaten regelmässig unter dem Titel „*Résumés météorologiques*“ in den Archives der Bibliothèque universelle. Ferner benutzte er schon 1851 die für 1841—1850 von den beiden Stationen erhaltenen Reihen um den täglichen und jährlichen Gang von Temperatur und Luftdruck unter so verschiedenen Verhältnissen zu studiren (v. Mém. de Genève XIII), — erweiterte sodann zehn Jahre später, sich auf Genf beschränkend, aber dafür nicht nur die neuen Jahrgänge einbeziehend, sondern für die Temperatur bis auf 1826, für den Luftdruck wenigstens auf 1836 zurückgreifend, jene erste Arbeit zu einer alle Verhältnisse umfassenden, man darf wohl sagen mustergiltigen Klimatologie seiner Vaterstadt, die unter dem anspruchslosen Titel „*Du Climat de Genève. Genève 1863 in 4^e*“ erschien, — veröffentlichte 1867, wo er für Genf bereits über 40jährige zuverlässige Temperaturreihen verfügte, Studien über die sich in denselben zeigenden Anomalien (*Mém. de Genève XIX*), — und gab endlich noch 1876, wo 50jährige Thermometerreihen, 40jährige Barometerreihen, und auch für die übrigen meteorologischen Daten wenigstens sehr schöne Reihen vorlagen, seine, die frühere Klimatologie wesentlich ergänzenden und berichtigenden „*Nouvelles Etudes*.“ — Plantamour's Ruf als Meteorologe war somit längst begründet, als sich 1862 die schweiz. naturf. Gesellschaft entschloss, unter Subvention des Bundes und einzelner Cantonsregierungen, die Schweiz mit einem einheitlichen Netze von meteorologischen Stationen zu versehen, und es verstand sich so fast von selbst, dass er Mitglied der Commission wurde, welche sie zur Anlage und Leitung dieser neuen Institutionen niedersetzte. Er war auch in dieser Commission anfänglich sehr thätig, — suchte namentlich in Wallis persönlich die wünschenswerthen Stationen auf, — beaufsichtigte sie, bis die damals unter meiner Leitung in Zürich errichtete Centralanstalt den ganzen Betrieb des Netzes übernehmen konnte, — und bildete noch nachher mit Ch. Dufour und mir den Geschäftsausschuss der Commission. Auch als die Centralanstalt 1881 vollständig durch den Bund übernommen wurde, setzte der Bundesrath grossen Werth darauf, Plantamour in der zur Oberleitung vorgesehenen Fachcommission zu sehen, und man versprach sich namentlich von seinem Rathe für das Gelingen der beschlossenen Klimatologie der Schweiz sehr viel, — nicht ahnend, dass er so bald abgerufen werden sollte. — Endlich ist noch zu erwähnen, dass, als es sich 1873, und dann wieder 1879, darum handelte, auch für die Schweiz einen

officiellen Vertreter an den das erste Mal nach Wien, das zweite Mal nach Rom einberufenen meteorologischen Congress zu senden, der Bundesrath, auf meinen Vorschlag hin, beide Mal Plantamour mit dieser Mission betraute, — und dass er sich auf beiden Congressen eifrigst bemühte, sowohl der Wissenschaft, als den speciellen Interessen seines Heimatslandes zu dienen. — Schon in dem erwähnten Resumé von 1851 fand Plantamour, bei Besprechung der sich in den Barometer-Ablesungen zu Genf und auf dem St. Bernhard zeigenden Differenzen Gelegenheit auch über die Bestimmung des Höhenunterschiedes der beiden Stationen einzutreten, und liess ihm unmittelbar hypsometrische Tafeln folgen, welche er unter Einführung der neuen, durch Regnault bestimmten Constanten nach der bekanntlich auch die Feuchtigkeit berücksichtigenden Bessel'schen Formel berechnet hatte. Später kam er noch wiederholt auf diese Verhältnisse zurück, — sammelte auf mehreren Reisen in die Alpen die ihm zur Discussion nöthigen Daten, wie uns z. B. seine „*Mesures hypsométriques dans les Alpes (Mém. de Genève XV)*“ zeigen, und erwarb sich namentlich im Sommer 1855 (v. seine Note in den Archives) mit seinem Freunde Oberst Burnier das grosse Verdienst „*en faisant usage du niveau à bulle d'air et à lunette*“ durch ein eigentliches Nivellement die Höhe des St. Bernhard über dem Genfer See in zuverlässigster Weise zu bestimmen, so dass ihm die neuere Hypsometrie eine ihrer wichtigsten fundamentalen Grundlagen verdankt.

Als Plantamour 1862, nach dem Tode seines trefflichen Collegen Elie Ritter, durch die schweiz. naturf. Gesellschaft zu dessen Nachfolger in der geodätischen Commission gewählt wurde, begnügte er sich nicht damit deren Sitzungen regelmässig beizuwohnen und sie mit trefflichen Rathschlägen in ihren Arbeiten zu unterstützen, sondern er legte überall selbst Hand ans Werk: Nicht nur betheiligte er sich persönlich an der Leitung der neuen Basismessungen, sowie an den für Sichtung und Ergänzungsvorschläge des trigonometrischen Materiales nöthigen Untersuchungen und Rechnungen, — er leitete auch die Bereitstellung des letzteren für die Dr. Koppe übertragene Ausgleichung und Berechnung des Netzes, — führte die Untersuchung des durch die Commission angeschafften, damals noch wenig bekannten Repsold'schen Reversionspendels mit gewohnter Umsicht durch, dasselbe zur Bestimmung der Länge des Secundenpendels in Genf anwendend, wofür auf seine mustergiltigen „*Expériences faites à Genève avec le pendule à Réversion. Genève 1866 in 4*“ und mehrere spätere Abhandlungen verwiesen werden kann, — ja übernahm es theils diese letztere Bestimmung, theils die nöthigen astronomischen Beobachtungen an den fünf Punkten auszuführen, welche die Commission gewählt hatte, um in Verbindung mit den drei schweizerischen Sternwarten das trigonometrische Netz zu Gradmessungszwecken brauchbar zu machen. Um letzterem Versprechen nachzukommen, bezog Plantamour im Spätsommer 1867 für circa $1\frac{1}{2}$ Monate mit seinem treuen Diener Maurer im alten Hôtel auf Rigi-Kulm einige Zimmer, — richtete in einem derselben, das sich zugleich zur Aufstellung des Pendels eignete, ein Bureau ein, — schlug auf dem Kulm selbst eine eigens zu diesem Zwecke construirte Kuppel auf, — placirte in derselben das für die Commission hiefür durch Ertel in München construirte grosse Universalinstrument, sowie den von Dubois in Locle und Hipp in Neuenburg gemeinschaftlich erstellten Registrirchronometer, — machte neben den Pendelbeobachtungen die nöthigen Zeit-, Azimuth- und Breitenbestimmungen, — und tauschte auf telegraphischem Wege mit den Sternwarten in

Zürich und Neuenburg zahlreiche Sterndurchgänge und Zeitzeichen, behufs Bestimmung der Längendifferenz aus; nachher kam Plantamour mit seinen Instrumenten nach Zürich, wo auch Hirsch eintraf, — und es wurde hier die Längenoperation nochmals in der Weise durchgeführt, dass Plantamour an seinem Instrumente beobachtete, während Hirsch und ich abwechselnd am Züricher Meridiankreise arbeiteten, — ein Verfahren, das uns noch eine sicherere Bestimmung der anzuwendenden persönlichen Gleichung zu geben schien, als die von uns vorher und nachher in Neuenburg gemachten Beobachtungen wirklicher und künstlicher Sterne mit Hilfe des Chronographen und Chronoskops, oder der wohl sonst übliche Tausch der Beobachter, da durch dasselbe auch die Gleichung der Instrumente eingeschlossen wurde, — das uns aber auch zugleich auf den, bei einseitiger Beleuchtung des Gesichtsfeldes nicht unbedeutenden Einfluss der Ocularstellung zur Bildfläche aufmerksam machte, und die Mittel zu seiner Elimination aufzusuchen nöthigte. — In entsprechender Weise kam 1868 der Weissenstein, 1869 Bern an die Reihe; beide wurden durch Plantamour mit Neuenburg verbunden, und zugleich in Beziehung auf Polhöhe, Azimuth und Schwere absolvirt. Im Jahre 1870 folgte der Simplon, der wieder mit Neuenburg und zugleich, zum Anschlusse an Italien, mit Mailand verbunden wurde, wo Celoria beobachtete. Endlich kam noch 1872 der Gäbris an die Reihe, der an Zürich, und mit diesem zugleich, um die Verbindung mit Oesterreich zu erhalten, an den Pfänder angeschlossen wurde, wo Oppolzer zu diesem Zwecke stationirte. Bei dieser letzteren Operation wurde die Gleichung wieder dadurch bestimmt, dass Plantamour und Oppolzer mit ihren Instrumenten nach Zürich kamen, — während für Weissenstein, Bern und Simplon die aus Beobachtungen natürlicher und künstlicher Sterne abgeleiteten Gleichungen benutzt wurden. Weiteres Detail kann in den Special-Publicationen über diese Bestimmungen gefunden werden. — Hiemit noch nicht zufrieden, verband Plantamour Genf noch 1876 mit Strassburg (Löw), — 1877 theils mit München (v. Orff), theils mit Lyon (Bassot) — und endlich noch 1881 direct mit Wien (v. Oppolzer), — so dass er im Ganzen 10 Längenbestimmungen durchführte, von welchen überdies 3 doppelt und 5 mit anderweitigen Bestimmungen complicirt waren: eine ganz respectable Arbeit, da man nicht vergessen darf, dass die für die Beobachtungen nöthige Zeit nur einen kleinen Theil derjenigen ausmacht, welche für die Berechnungen erforderlich ist. — Zum Schlusse bleibt noch anzuführen, dass, als 1864 vom Bundesrathe gewünscht wurde, es möchte die geodätische Commission, neben den bisherigen astronomisch-trigonometrischen Arbeiten, auch noch die Ausführung eines „*Nivellement de précision*“ an die Hand nehmen, Plantamour sofort bereit war gemeinschaftlich mit Hirsch auch die Oberleitung dieser Operation zu besorgen, — und er scheute nicht nur, von jener Zeit an bis zum Ausbruche seiner letzten Krankheit, keine Mühe um die von den angestellten Ingenieuren eingelieferten Daten bis in das kleinste Detail hinein controliren, sowie für den Druck anordnen zu helfen, sondern er brachte sogar in den letzten Jahren noch persönlich nicht unbedeutende Geldopfer, um den Abschluss der betreffenden Feldarbeiten zu befördern, und die baldige Anhandnahme der Ausgleichung des Höhennetzes, an welcher er sich selbst zu betheiligen beabsichtigte, zu ermöglichen.

Leider sollte es Plantamour nicht mehr vergönnt sein diesen Plan auszuführen: Während sein im Ganzen kräftiger Körper früher mehrere Anfechtungen glücklich parirt hatte, stellte sich nämlich im Winter 1881/2 ein hartnäckiger Husten

ein, der im Mai eine Brustfellentzündung zur Folge hatte, zu welcher später noch Bronchitis hinzutrat, — die Kräfte verminderten sich dabei trotz aller Gegenmittel zusehends, so dass mir Freund Hirsch schon gegen Ende August schrieb, es sei das Schlimmste zu befürchten, — und am Morgen des 7. September erhielt ich schon die Trauerkunde, dass der Tod in der verflossenen Nacht erfolgt sei. — Der Verlust wurde, wie schon der feierliche Leichenzug am 9. September und die zahlreichen Beileidsbezeugungen von Nah und Fern erwiesen, allseitig schwer und schmerzlich empfunden, und die durch ihn veranlasste Lücke wird noch lange vorhalten: Seine Nächsten trauern von Herzen um den liebevollen Gatten und Vater, den treuen und einsichtigen Freund von altem Schrot und Korn, — das Vaterland ist sich, obsehon der Verstorbene nie mit seinen Verdiensten und den erhaltenen Auszeichnungen prahlte, bewusst, einen seiner besten Söhne, ja einen Träger seines wissenschaftlichen Ansehens im Auslande verloren zu haben, — die Wissenschaft hatte gehofft, sich noch lange seiner Einsicht, Energie und Opferbereitschaft erfreuen zu können. Sein Andenken wird Allen, welche ihn kannten, theuer bleiben, und die Geschichte der Wissenschaft wird seine Verdienste noch kommenden Geschlechtern bekannt geben.

R. Wolf.

Ueber monatliche Barometerschwankungen.

Von Dr. W. Köppen.

Die Differenz zwischen den während eines Monats an einer Station vorkommenden Extremen des Barometerstandes hat bereits Kämtz in seinem Lehrbuch (1834) zum Gegenstande einer für jene Zeit ziemlich umfassenden Zusammenstellung und sogar kartographischen Darstellung gemacht, in welcher er die Linien gleicher Schwankungsgrösse mit dem Namen „isobarometrische Linien“ belegte, einem Namen, welcher heute in wenig veränderter Form, aber wesentlich anderer, dem Sinne des Wortes mehr entsprechender Bedeutung bei den Meteorologen in alltäglichem Gebrauch ist.

Seitdem war der Gegenstand bis in die neueste Zeit gänzlich vernachlässigt, vorwiegend wohl deshalb, weil die Methode Vielen zu roh erschien, um auf Verwerthung in der Wissenschaft Anspruch zu haben — jedoch mit Unrecht, wie ich glaube im Folgenden beweisen zu können. In jüngster Zeit sind endlich zwei die ganze Erdoberfläche umfassende Arbeiten über diesen Gegenstand erschienen, nämlich:

1. Felberg: Ueber die unperiodischen monatlichen Schwankungen des Barometerstandes (Archiv der Deutschen Seewarte, I, 1878, mit 2 Karten) und

2. Köppen: Die monatlichen Barometerschwankungen, deren geographische Verbreitung, Veränderlichkeit und Beziehungen zu anderen Phänomenen (Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, 1882, pag. 275, mit 2 Karten).

Der erste dieser Aufsätze besteht wesentlich aus einer umfangreichen (13 Quartseiten umfassenden) Tabelle, welche für 316 Stationen (274 von der nördlichen und 42 von der südlichen Halbkugel) die mittlere Grösse der Barometerschwankungen in den einzelnen Monaten und im Durchschnitt der drei Winter- und drei Sommermonate (sämmtlich in Millimetern), und daneben alle

nöthigen Angaben über Lage der Station, Dauer und Jahrgänge der Beobachtungen und die benutzten Quellen enthält. Durch die Discussion dieser Zahlen und die fernere, behufs Lösung der in jener Arbeit dunkel gebliebenen Punkte vorgenommene Bearbeitung eines ziemlich umfangreichen anderweitigen Materials bin ich zu einigen Resultaten gelangt, welche den Inhalt des zweiten von den eben angeführten Aufsätzen bilden, der im Maiheft der genannten Zeitschrift erschienen ist. Ich beschränke mich dabei auf die Mittel aus den drei Winter- und drei Sommermonaten, da eine genauere Untersuchung des jährlichen Ganges der Schwankungen nach den einzelnen Monatswerthen leider nicht nur durch die Dürftigkeit des Materials, sondern auch durch die systematischen Fehler, welche die verschiedene Länge der Monate hineinbringt, behindert wird.

Zuvörderst galt es eine Schwierigkeit zu beseitigen, welche sich bei Herrn Felberg's Arbeit herausstellte und denselben im Verein mit der Lückenhaftigkeit des aussereuropäischen Materials nöthigte, sich für den Versuch einer kartographischen Darstellung mit einem einzelnen Jahrgange (1874) und mit dem von den Hoffmeyer'schen Karten umspannten Raume zu begnügen.

Diese Schwierigkeit lag in der grossen Verschiedenheit, welche selbst mehrjährige Mittel der Schwankungsweite zeigen, die der gleichen Gegend, aber verschiedenen Jahresreihen entnommen sind. So weit das spärliche und eine zeitraubende Bearbeitung erfordernde Material es gestattete, habe ich wenigstens für Mitteleuropa gesucht die Veränderlichkeit dieses Elements feztustellen, indem ich für die 63 Jahre 1816—1878 von einer Anzahl Stationen die mittlere Schwankung der drei Winter- und drei Sommermonate mit dem vieljährigen Durchschnitt verglich. Die Abweichungen vom letzteren stellen sich im Mittel aller benutzten Stationen (4—6 für jedes Jahr, seit 1866 mehr) aus dem Raume zwischen den Alpen, Schottland und Petersburg und für zehnjährige Perioden, wie folgt (der sub 2 genannte Aufsatz enthält die Werthe für die einzelnen Jahre):

	Winter	Sommer		Winter	Sommer
1816—25	—0·1	—0·6	1846—55	+0·8	+0·2
21—30	—0·5	—0·0	51—60	+0·4	—0·2
26—35	—2·0	+0·5	56—65	—0·2	—0·1
31—40	—0·4	—0·4	61—70	+0·6	+0·3
36—45	+0·3	—0·3	66—75	+0·8	+0·0
41—50	+0·8	+0·5	69—78	—0·7	+0·1

Es waren hiernach im Allgemeinen die Barometerschwankungen der Wintermonate in Europa in den 20er und 30er Jahren dieses Jahrhunderts erheblich geringer, in den 40er und 50er Jahren, sowie am Ende der 60er hingegen grösser als normal; im Sommer sind die Abweichungen kleiner.

Um nun zur Kenntniss der normalen Vertheilung der Druckschwankungen in Europa zu gelangen, habe ich für den sechsjährigen Zeitraum 1873—78, für welchen die meisten meteorologischen Institute ihre Jahrbücher bereits nach dem internationalen Schema veröffentlicht haben, und auch Beobachtungen von den für diese Frage besonders wichtigen isländischen und grönländischen Stationen vorliegen, von diesen und einer Anzahl russischer, deutscher, norwegischer und britischer Stationen die mittlere Grösse der Barometerschwankung für die drei Winter- und drei Sommermonate abgeleitet. Die Differenz zwischen diesem Mittel und dem vieljährigen hat sich für einige Stationen dieses Gebiets, wie folgt, erwiesen, wobei + bedeutet, dass die Schwankungen 1872—78 grösser, —, dass sie kleiner waren als normal:

	Bay- reuth	Ham- burg	Memel	War- schau	Wjlna	Peters- burg	Vardö	Christian- Bodö	Skudes- sund	Schott- land
Winter . . .	+0.2	+0.2	-2.5	-1.1	-0.1	+4.4	-0.9	-2.7	-2.2	-3.0
Sommer . . .	+0.6	0.0	-0.4	-1.6	-0.9	+0.2	0.0	+0.4	+0.9	+0.1

Im Sommer bleiben die Abweichungen, ausser in Polen, unter 1^{mm}; im Winter waren die Schwankungen 1873—78 im Streifen von Schottland und Norwegen bis Polen durchschnittlich 2 $\frac{1}{2}$ ^{mm} zu klein, in Petersburg 4 $\frac{1}{2}$ ^{mm} zu gross, in Westdeutschland ungefähr normal. In Südeuropa weichen die Resultate verschiedener Jahrgänge überhaupt bedeutend weniger von einander ab.

Da ich von Island und Grönland zur kartographischen Darstellung überhaupt nur die neueren, aus dem Zeitraum 1872—78 stammenden Beobachtungen benutzt habe, und dieser Zeitraum allgemein die am meisten vergleichbaren und reichhaltigen Daten geliefert hat, auch die vorhandenen Vergleichsobjecte wie die Daten über mittlere Bahnen, Häufigkeit und Tiefe der barometrischen Minima u. s. w. sich allein oder vorwiegend auf diesen Zeitraum beziehen, so habe ich demselben für die Darstellung ein erhöhtes Gewicht verliehen und nur die Hälfte der obigen Correctionen an dessen Mittelwerthe angebracht. Die so erlangten Werthe liessen sich recht gut mit den vieljährigen Mitteln einer Reihe anderer meteorologischer Stationen in Europa zu einem Gesamtbilde vereinigen, welches in den beiden meinem Aufsatz beigegebenen Karten niedergelegt ist.

Schwieriger, wegen Mangels an Material, war die Entwerfung der Linien gleicher monatlicher Schwankung über Nordamerika. Das Verfahren, welches ich einschlug, findet man in der sub 2 genannten Arbeit angegeben. Meine Karten stützen sich für diesen Erdtheil vorwiegend auf Beobachtungen aus den Jahren 1853 und 59 und auf solche aus dem letzten Jahrzehnt, letztere nach Loomis *Contrib. to Met. XIII paper*, und nach der „*Monthly Weather Review*“. Für die Küste des Territoriums Aljaska und die gegenüberliegende asiatische Küste bot die grosse Arbeit von Dall über das Klima von Aljaska wichtiges Material. Da für 6 von Dall's Stationen, nämlich Unalashka, St. Paul im Behringsmeere, St. Michaels im Nortonsund, Petropawlovsk, Ochotsk und Nikolajewsk vier- bis neunjährige Beobachtungsreihen berechnet sind, und für letzteren Ort in Herrn Felberg's Sammlung bereits zehnjährige ältere Beobachtungsergebnisse vorlagen, so können die Resultate als ziemlich gesichert angesehen werden, so auffallend die geringen Schwankungen an den beiden letzten Stationen gegen die grossen Schwankungen von St. Paul auf der einen und Nord-Japan auf der anderen Seite auch sind.

Aus dem Innern von Sibirien habe ich, der strengeren Vergleichbarkeit halber, von mehreren Orten (Jeniseisk, Irkutsk, Barnaul) die Schwankungen im Mittel der Jahre 1873—78 berechnet; sie stimmten nahe mit den Gesamtmitteln überein, die nun für diese Orte (im Winter) auf resp. 8, 20 und 22 Jahren beruhen¹⁾.

¹⁾ Das einzige Material aus Sibirien nördlich von 60° Breite, das mir bei Zeichnung der Karten vorlag, waren zweijährige Aufzeichnungen aus Jakutsk und ein Jahrgang der neueren Beobachtungen von Turuchansk. Seitdem sind in den Annalen des Petersburger Centralobservatoriums zwei weitere Jahrgänge Beobachtungen vom letzteren Orte veröffentlicht. Die dreijährigen Mittel ergeben für Turuchansk Barometerschwankungen, die im Winter um 1.1^{mm}, im Sommer um 0.5^{mm} grösser sind, als die Mittel desselben Zeitraumes in Jeniseisk; mit dem 10jährigen Mittel des letzteren Ortes verglichen, sind die Schwankungen von Turuchansk im Winter 1.9^{mm} grösser, im Sommer 0.8^{mm} kleiner; in der weiter unten folgenden Tabelle habe ich die Schwankungsgrössen für den Winter auf den Meridian 80° E. v. Gr. dementsprechend abgeändert.

Besonderes Interesse bot die Vervollständigung des Bildes über die Vertheilung der Barometerschwankungen in den Umgebungen des Nordatlantischen Oceans nach Norden hin durch die Beobachtungen im Umkreise von Grönland, weil sich an solchen im letzten Jahrzehnt ein ziemlich reichhaltiges Material angesammelt hat, durch welches der Gegensatz, in welchem diese Gegend in Bezug auf die Vertheilung der Schwankungen zu Europa steht, sich unzweideutig herausstellt. Das Material besteht einerseits aus den Beobachtungen der amerikanischen, englischen, deutschen und schwedischen Polarexpeditionen im Norden und Osten Grönlands und auf Spitzbergen, andererseits aus den mit den Jahren 1873–75 beginnenden mehrjährigen Beobachtungen der Stationen des Dänischen Meteorologischen Instituts auf Island und West-Grönland. Da in dem „Aarbog“ des letzteren die Grösse der monatlichen Barometerschwankung in den Resumés fehlt, so habe ich die bezüglichen Zusammenstellungen in einem Anhang zu meinem Aufsatz mitgetheilt.

Aus den Tropen und von der Südhemisphäre ist das verfügbare Material über Barometerschwankungen noch sehr dürftig, und eine Reduction auf gleiche Zeiträume u. s. w. noch durchaus unmöglich. Zu dem von Herrn Felberg Aufgenommenen habe ich nur aus den späteren Bänden der „Oesterreich. Zeitschr. f. Meteorol.“ folgende Stationen hinzugefügt: aus den Tropen Pernambuco 1 Jahr, Ascension 2 Jahre, Chinchoxo 2 Jahre, Samoa 2½ Jahre, Batavia 10 Jahre, Praia 5 Jahre; südlich vom Wendekreis des Steinbocks Kerguelen 1 Jahr, Concordia 3 Jahre, Buenos-Ayres 19 Jahre, Pelotas in Süd-Brasilien 2 Jahre; während des Druckes konnten noch die gerade einlaufenden Angaben des zweiten Bandes der „Anales de la Oficina meteor.“ von Argentinien für die Stationen Corrientes (6 Jahre) und Bahia blanca (20 Jahre) Benutzung finden.

An Beobachtungen aus grösserer Höhe über dem Meere ist ¹⁾ eine Reduction der Schwankungen auf das Niveau des letzteren proportional den mittleren Barometerständen angebracht worden zur Vergleichbarkeit der Resultate mit jenen der tiefliegenden Stationen; eine Rücksicht auf die, im Winter allerdings bei den höchsten und tiefsten Barometerständen im Durchschnitt erheblich verschiedene Temperatur war dabei freilich nicht möglich. Uebrigens sind zur Construction der Karten so weit als möglich nur Stationen in geringer Meereshöhe angewendet.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung der erlangten Resultate über die geographische Vertheilung der Barometerschwankungen während der beiden extremen Jahreszeiten (Mittel der 3 Monate), und versuchen wir das gewonnene Bild auch ohne Reproduction der Karten in seinen Hauptzügen anschaulich zu machen.

Das bedeutendste Factum, das hierbei in die Augen springt, ist die ausgesprochene Abhängigkeit der Barometerschwankungen von der geographischen Breite. Auf Seite 355 des Jahrganges 1874 der „Zeitschrift für Meteorologie“ habe ich den alten Ausspruch Saussure's erwähnt, nach welchem ein jeder Versuch zur Erklärung der Barometerschwankungen selbst vor Allem diese Abhängigkeit derselben begründen müsse — was keine der älteren Erklärungen in ausreichender Weise geleistet hat — und habe in aller Kürze gezeigt, dass die moderne Auffassung der Luftdrucks- und Wind-Phänomene dieser Forderung bezüglich des Hauptpunktes, der starken Zunahme der Schwankungen von den

¹⁾ Für die Zeichnung der Karten.

Wendekreisen gegen die Polarkreise, wenigstens in qualitativer Hinsicht genügt. Die seitdem erschienenen Untersuchungen von Guldberg und Mohn bestätigen die Richtigkeit dieser Auffassung und geben die Möglichkeit, dieselbe viel weiter, auch nach der quantitativen Seite hin, zu verfolgen.

Der Gedankengang, welcher mich hierbei in Bezug auf die Stellung der Barometerschwankungen zu jenen Elementen leitet, beruht auf der Wahrscheinlichkeit einer mehr oder minder nahen Proportionalität zwischen der mittleren Grösse dieser Schwankungen und jener der Gradienten. Denken wir uns auf einem gegebenen Gebiete eine Anzahl beweglicher Bezirke höheren und niederen Druckes, so wird die mittlere unperiodische Schwankung des Barometers an einem gegebenen festen Punkte in einem Zeitabschnitt von gegebener Dauer der mittleren Differenz zwischen den räumlichen Maxima und Minima des Luftdruckes proportional sein, wenn eine genügende Zahl von solchen Zeitabschnitten zusammengenommen wird und die Verschiebbarkeit jener Maxima und Minima eine vollständige ist; diese mittlere Differenz selbst wird aber der mittleren Grösse des Gradienten proportional sein, wenn man mehrere Gebiete mit verschiedener mittlerer Stärke des Gradienten mit einander vergleicht, so weit die durchschnittliche Länge der Steigungen, d. h. der mittlere Abstand zwischen den Maxima und Minima, als gleich angenommen werden kann. Allerdings ist in der Wirklichkeit jene Bedingung der vollständigen Verschiebbarkeit der barometrischen Maxima und Minima nie erfüllt, weil die Gebiete hohen und niederen Druckes sich über bestimmten Theilen der Erdoberfläche vorzugsweise aufhalten und der mittlere Luftdruck nicht überall gleich ist; zu den temporären Gradienten kommt deshalb noch ein den normalen Druckdifferenzen entsprechender Gradient hinzu, welcher letztere in den localen Barometerschwankungen keinen Ausdruck findet und in Gegenden mit sehr constanten Windverhältnissen neben jenen bedeutend ins Gewicht fällt; für die meisten Theile der Erdoberfläche, namentlich die ausserhalb der Tropen gelegenen Theile der Nordhemisphäre, kann indessen diese Rücksicht, welche die Betrachtung ausserordentlich erschwert, fürs erste ausser Acht gelassen werden, und erscheint wenigstens der Versuch lohnend, die mittlere Grösse des Gradienten als proportional der mittleren Barometerschwankung und aus dieser direct ableitbar zu behandeln. Es ist klar, dass sich unter dieser Annahme mit einem Schlage durch die Formeln von Ferrel und von Guldberg und Mohn eine Reihe hochwichtiger Punkte aus der geographischen Aërodynamik unmittelbar aus den von uns beigebrachten Zahlen für die Barometerschwankung beleuchten liessen, Punkte, deren directe Feststellung erst nach einer langen Reihe von kaum noch in Angriff genommenen Untersuchungen, nach vielen Jahren, möglich werden dürfte.

Zur Entstehung und Unterhaltung eines barometrischen Gradienten und mithin auch einer Luftströmung am Grunde der Atmosphäre ist der Transport von Luft in der Höhe aus dem Gebiete niederen nach jenem höheren Luftdrucks erforderlich; soll die Depression ihre Tiefe nicht ändern, so muss diese Abfuhr von Luft in den oberen Luftschichten der (wegen des Bewegungsverlustes durch Reibung nothwendig erfolgenden) Einströmung von Luft in die Depression, welche in den tieferen Luftschichten stattfindet, bezüglich der in der Zeiteinheit fortbewegten Massen gleich sein. Das Verhältniss dieser Einströmungsmenge zum Gradienten ist für gleichförmige und geradlinige Bewegung von der geographischen Breite und von der Reibung abhängig in folgender Weise:

$$\frac{\mu G}{m v'} = \frac{(2 \omega \sin \varphi)^2}{k} + k,$$

wo μ eine Constante, G der Gradient, m die Masse eines Kubikmeters Luft der betreffenden Dichtigkeit, v' die in die Richtung des Gradienten fallende Componente der Geschwindigkeit der Luftbewegung, ω die Winkelgeschwindigkeit der Erdumdrehung, φ die geographische Breite und k der Reibungscoefficient. Den letzteren setzen wir auf Grund der verschiedenen vorhandenen Bestimmungen seiner Grösse aus speciellen Fällen, gleich 0.00003 für die Oberfläche des Oceans bei mittlerem Bewegungszustand und gleich 0.00006 für die Luft über den Continenten; der letztere Werth ist etwas niedriger gegriffen, als er sich aus der Mehrzahl der Bestimmungen über den mittleren Ablenkungswinkel des Windes für die feste Erdoberfläche ergibt, aus dem Grunde, weil nicht die allerunterste Luftschicht allein hier in Betracht kommen musste. Wo die Meeresoberfläche mehr oder weniger von Eisschollen und -Bergen bedeckt ist, muss die Reibung als jener über dem Festlande sich nähernd angesehen werden, und nehme ich deshalb k über dem Ocean in 70° N-Br. zu 0.000040 im Sommer und 0.000045 im Winter, in 80° N-Br. stets zu 0.00006 an.

In der folgenden kleinen Tabelle habe ich die beobachteten Werthe der Barometerschwankung und die daraus abgeleiteten Werthe von mv' sowie endlich die unter gewissen Voraussetzungen (vergl. unten) berechneten Werthe der Barometerschwankung neben einander gestellt. Erstere sind aus den meinem Aufsatz beigegebenen Karten für die Mitte des Atlantischen Oceans und des Asiatischen Continents (diese bei 80° Ost von Greenw. angenommen) ermittelt; da indessen in den Tropen, mit seltenen Ausnahmen, die monatliche Schwankung des Barometers wenig mehr als das Doppelte der normalen täglichen Amplitude beträgt und die Monatsextreme in der Regel auf die Zeit der beiden täglichen Maxima und Minima fallen, so füge ich in Klammern die Grösse bei, welche von der Monatsschwankung nach Abzug der periodischen täglichen Schwankung übrig bleibt. Für die Südhemisphäre fehlt es an Daten, und sind auch die constanten Windverhältnisse dieser Betrachtungsweise ungünstig.

Geogr. Breite	Mittl. monatl. Schwankung des Barometers in Mm.				Relativwerthe der Einströmungsmenge				Berechnete Werthe der Barometerschwankung			
	Winter		Sommer		Winter		Sommer		Winter		Sommer	
	Ocean	Cont.	Ocean	Cont.	Ocean	Cont.	Ocean	Cont.	Ocean	Cont.	Ocean	Cont.
0°	5 (3)	6½(4)	5 (3)	6 (4)	100	67	100	67	2.5	5.0	2.5	5.0
10 N	6 (4)	8 (6)	5 (4)	6 (5)	78	84	78	70	4.3	6.0	3.9	5.5
20	8	11 (9)	6	8 (7)	71	88	53	69	9.5	8.6	7.9	7.1
30	16	13	9	11 (10)	77	87	43	67	17.4	12.6	13.1	9.4
40	29	18	16	12	90	87	49	59	27.2	17.4	18.3	11.8
50	38	25	25	14	85	93	56	52	37.5	22.5	23.2	13.9
60	45	31	28	19	80	95	50	58	47.2	37.5	26.8	15.6
70	40	33	25	18	86	89	54	48	38.8	31.4	22.7	16.6
80	34	—	18	—	82		43		34.9	34.9	17.7	17.7

Die Zahlen in den mittelsten vier Verticalspalten der Tabelle zeigen, dass unter den angegebenen Voraussetzungen sich nördlich vom 10. Breitengrade die Intensität der in der Gradientenbildung sich umsetzenden Arbeit unter den verschiedenen Breiten und auf dem Meere wie auf dem Festlande annähernd gleich ergibt, und dass die so ungemein grossen Differenzen zwischen der mittleren Stärke der Barometerschwankungen resp. der Gradienten in verschiedenen Abständen

vom Aequator sowie auf Land und See wesentlich auf die, je nach Breite und Reibung verschiedene Grösse der Ablenkung der bewegten Luft durch die Erdrotation zurückzuführen sind. Der allgemeine, diesen Zahlen zu Grunde liegende Satz lässt sich einfach dahin aussprechen, dass der mittlere Betrag der unperiodischen Barometerschwankung und des barometrischen Gradienten um so grösser ist, je bedeutender die Hindernisse, welche sich der Ausgleichung der Druckunterschiede in den Weg stellen. Diese Hindernisse sind einerseits die Reibung, andererseits die Ablenkung durch die Umdrehung der Erde, welche das bewegte Lufttheilchen nur auf weitem Umwege nach dem Orte der Aspiration gelangen lässt. Beide Ursachen heben sich indessen theilweise auf, weil Vergrösserung der Reibung Verringerung des Ablenkungswinkels hervorruft; deshalb ist nur in der Nähe des Aequators, wo die ablenkende Kraft gering ist, vergrösserte Reibung ein die Entstehung starker Gradienten und Schwankungen beförderndes Element, in mittleren und höheren Breiten geschieht im Allgemeinen die Einströmung und in Folge dessen die Druckausgleichung rascher über den rauhen Oberflächen der Festländer, als über der glatten der Oeeane, weil die Wirkung der stärkeren Ablenkung des Windes auf der letzteren überwiegt. Dem Zurückbleiben der Schwankungen — und aller Wahrscheinlichkeit nach auch der Gradienten — auf den Continenten um 30% und mehr hinter jenen der Oeeane in den Breiten 40°—70° Nord entspricht deshalb keine Verringerung der Abfuhr, resp. Einströmungsmenge daselbst, im Gegentheil zeigt sich in der Nähe von 50° und 60° N-Br. ein Uebergewicht in diesen Mengen auf Seite der Festländer, das indessen im Winter ausschliesslich durch die grössere Dichtigkeit der Luft über denselben bewirkt wird und sich in sein Gegentheil verkehrt, wenn man nach Division der obigen Grössen durch die resp. spezifischen Gewichte der untersten Luftschicht die Geschwindigkeit der Einströmung, resp. Abfuhr berechnet, wie letzteres auch für das ruhige Winterklima Innerasiens durchaus zu erwarten war. Dass unter dem Aequator das umgekehrte Verhältniss besteht und das thatsächlich sich daselbst erweisende Uebergewicht der Schwankungen auf dem Festlande, welches insbesondere auch durch die Beobachtungen in Innerafrika bestätigt wird, zu gering zu sein scheint gegen die Forderungen der Theorie und sich dadurch hier ein wenig wahrscheinliches starkes Ueberwiegen der Luftabfuhr auf den Oeeanen gegenüber den Continenten ergibt, dürfte theilweise in der für diese Breiten wegen der geringen Grösse der Schwankungen und des Mangels passend gelegener Stationen ganz besonders fühlbaren Ungenauigkeit der bisher gewonnenen empirischen Grundlage liegen.

Das Resultat der soeben gegebenen Tabelle, dass im Winter die Grösse der Abfuhrmenge pro Zeiteinheit durchschnittlich in allen Breiten gleich gross sei (resp. im allgemeinen Mittel von Ocean und Continent ein schwaches Maximum zwischen 40° und 50° N-Br. erreiche), im Sommer aber nördlich von 10° (also von der nunmehrigen Lage des Stillengürtels) die Abfuhrmenge, namentlich auf den Oeeanen, erheblich verringert sei, erscheint annehmbar, weil dem grösseren Wassergehalt der Luft in den Tropen die weit nähere Nachbarschaft thermischer Unterschiede in den mittleren und höheren Breiten im Winter die Wage hält, während im Sommer das Auseinanderrücken der Isothermen den letztgenannten wichtigen Factor sehr reducirt, wodurch namentlich auf den Oeeanen, wo barometrische Maxima alsdann vorherrschen und die verstärkte Temperaturabnahme nach der Höhe wegfällt, welche die Contiente

in dieser Jahreszeit charakterisirt, die Intensität der Gradientenerzeugung in mittleren und höheren Breiten sehr verringert werden muss.

Um besser übersehen zu können, bis zu welchem Grade hier Theorie und Erfahrung übereinstimmen, habe ich in den vier letzten Verticalspalten der Tabelle die Werthe angegeben, welche man für die Barometerschwankung aus der Formel erhält, wenn man den Relativwerth für die Einströmungsmenge mv' im Winter constant gleich 84 (dem allgemeinen Durchschnitt), und im Sommer denselben gleich $84(1 - \frac{1}{3} \sin \varphi)$ annimmt; der letztere Werth soll nichts als eine erste Annäherung sein. Die Differenzen gegen die beobachteten Werthe sind im Ganzen gering; die bedeutendste zeigt sich im Sommer auf 30° Breite, wo die Rechnung eine erheblich grössere Schwankung auf dem Ocean fordert, als die Beobachtung ergibt. Trägt man alle Zahlen in ein Coordinatennetz ein, so sieht man, dass zwischen 50° und 80° auf dem Ocean die beobachteten Werthe regelmässiger fortschreiten, als die berechneten, was man grösstentheils der unvollkommenen Art zuschreiben muss, in welcher bei der Rechnung auf die Vergrößerung der Reibung durch Eisbedeckung Rücksicht genommen wurde; unter Anderem ist zu bemerken, dass sich in Wirklichkeit deren Einfluss, wenn auch in sehr verringertem Maasse, auch noch auf den 60. Parallel erstrecken muss. Die eigenthümliche Form der Breitenfunction der Gradienten bewirkt, weil das Quadrat des Sinus bei 45° am raschesten, dagegen in niederen sowohl als in hohen Breiten nur langsam sich mit der Breite ändert, dass schon eine geringe Zunahme der Reibung nach dem Pole hin genügt, um eine Abnahme der Schwankungen nördlich vom Polarkreise hervorzurufen; wie denn diese Form der Function überhaupt für die auffällige Gliederung der gesammten Luftdruck- und Windverhältnisse jeder Hemisphäre nach drei Zonen von grosser Bedeutung sein dürfte. Allerdings darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass auch die Temperaturabnahme nach der geographischen Breite demselben Gesetze des Quadrats des Sinus, resp. Cosinus folgt und in mittleren Breiten am grössten, in der Nähe des Aequators und der Pole aber gering ist. Es ist anzunehmen, dass ein Theil der Abnahme der Barometerschwankungen nördlich von 60° N diesem Umstande zuzuschreiben ist.

Auf alle Fälle ist die Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung gross genug, um folgende Ergebnisse der Untersuchung als ziemlich gesichert ansehen zu dürfen.

1. Die in der gemässigten Zone rasche, in der tropischen langsame Zunahme der Schwankungen polwärts ist in erster Linie ein Resultat der Erdrotation, welche bei gleicher Luftabfuhr in der Höhe Gradienten an der Erdoberfläche bedingt, die sich wie die Quadrate der Sinus der Breite verhalten.

2. Die Abnahme der Schwankungen jenseits des Polarkreises auf dem Ocean ist zum überwiegenden Theile ein Resultat der vergrösserten Reibung über rauhen Eisflächen und der geringen Grösse von $d \sin^2 \varphi / d\varphi$ in diesen Breiten.

3. Dass die Schwankungen auf dem Ocean zwischen 30° und 70° grösser, am Aequator aber kleiner sind als auf dem Continent, ist ebenfalls vorwiegend dem Einfluss der Reibung zuzuschreiben.

4. Die Einströmung (das ist die in die Richtung des Gradienten fallende Componente der Bewegungsmenge) unten, oder die Luftabfuhr in der Höhe, ist im Winter annähernd unter allen Breiten gleich, im Sommer nimmt sie vom

Aequator aus erst rasch, dann langsam ab; in der Nähe des Wendekreises scheint sie über dem Lande merklich grösser als über dem Meere zu sein.

Sobald einmal die ungefähre Proportionalität der Barometerschwankungen mit der mittleren Grösse der (temporären) Gradienten zugegeben wird, gestatten die Formeln von Ferrel, wie von Guldberg und Moh n, auch für andere Werthe, z. B. für die mittlere Geschwindigkeit der veränderlichen Winde, die Intensität der bei der Gradientenbildung sich umsetzenden Arbeit u. s. w., Relativwerthe zu berechnen; dass die Grundlage dafür eine ziemlich schwankende ist, soll freilich nicht geläugnet werden.

Wenden wir uns nun denjenigen geographischen Verschiedenheiten in der Schwankungsweite zu, welche nach Elimination des Einflusses der Breite und der wässrigen oder festen Grundlage übrig bleiben.

Zwischen 16° S und 16° N beträgt die monatliche Schwankung an den Küsten oder auf Inseln allgemein nur zwischen 3 und 7^{mm} , ohne erhebliche jährliche Periode. Von 16° N an ist allgemein die Schwankung in den Wintermonaten am grössten, auch in Westindien erreichen in den vorhandenen mehrjährigen Beobachtungsreihen die Orkanmonate Juli bis September in dieser Hinsicht nicht die Wintermonate, wo die Schwankungen, namentlich an der Küste von Mexico und Yucatan, für die Breite gross sind; die Erklärung liegt in der geringen Ausdehnung der sommerlichen Cyklonen, wodurch die Wahrscheinlichkeit, in den Bereich des barometrischen Trichters zu gerathen, für den einzelnen Ort sehr gering ist. Zwischen 20° und 50° Breite ist die Barometerschwankung auf beiden Hemisphären an den Ostküsten der Continente bedeutend grösser, als an den Westküsten:

	Breite	Nordamerika		Europa—Asien		Südamerika		Australien	
		Westküste	Ostküste	Westküste	Ostküste	Westküste	Ostküste	Westküste	Ostküste
Winter	50°	28	38	33	29	—	—	—	—
	40	20	25	22	27	21	25	—	—
	30	11	19	15	17	11	20	17	19
Sommer	50°	14	23	19	18	—	—	—	—
	40	9	15	11	18	14	19	—	—
	30	7	9	8	13	7	14	10	15

Die einzige Ausnahme von diesem Verhältniss der Ost- und Westküsten wird durch die relativ geringe Grösse der Schwankungen an der Ostküste Asiens unter 50° N bedingt. Dieselbe steht mit der Thatsache in Verknüpfung, dass überhaupt an den Küsten des Grossen Oceans die Schwankungen erheblich geringer sind, als an jenen des Atlantischen, eine Thatsache, die wohl mit dem Vorhandensein der grossen Landflächen im Norden des Grossen Oceans (Tschuktschen-Land und Aljaska Terr.) zusammenhängt, welcher im Atlantischen eine freie und warme Wasserfläche gegenübersteht. Am stärksten ist der Gegensatz zwischen Ost- und Westküste in Südamerika, unter 30° Breite, da an der pacifischen Küste die Schwankungen, neben jenen Südecaliforniens, die kleinsten in dieser Breite sind, an der atlantischen Küste hingegen die grössten Schwankungen dieser geographischen Breite (neben Neu-Süd-Wales) sich finden. Die Ursache dieses Unterschiedes zwischen den Ost- und Westküsten in 30° — 50° Breite dürfte theils in einer mechanischen Wirkung der Reibungsvertheilung auf der Vorder- und Rückseite der Depressionen liegen, theils in dem Umstande, dass in

diesen Breiten die Temperaturabnahme vom Aequator zu den Polen auf den Ostseiten der Continente bedeutend rascher ist, als auf deren Westseite,

Vergleichen wir die Karten, welche die mittlere Grösse der Barometerschwankung darstellen, mit den vorhandenen Karten der mittleren Luftdruckvertheilung, so fällt uns in den aussertropischen Theilen der Erde, namentlich im nordhemisphärischen Winter, eine unverkennbare Aehnlichkeit beider Curvensysteme in die Augen. Die Gegenden der stärksten Schwankungen fallen mit den Gegenden des niedrigsten Luftdrucks zusammen. Dem entsprechend sind, ausserhalb der Tropen, die höchsten Barometerstände verschiedener Gegenden unter sich bedeutend weniger verschieden, als die tiefsten. Die folgende Tabelle gibt eine ungefähre Uebersicht über die einschlägigen Verhältnisse im ektropischen Theile der Nordhemisphäre. Dieselbe zeigt, dass über Europa in den Wintermonaten die durchschnittlichen monatlichen Maxima des Barometerstandes im Meeresniveau allgemein zwischen 770 und 780^{mm} liegen, während die Minima zwischen 750^{mm} im südlichen und 730^{mm} im nördlichen Theile des Continents variiren.

Mittlere monatliche Barometerextreme, auf den Meeresspiegel reducirt.

	Maxima		Minima	
	Winter	Sommer	Winter	Sommer
Upernivik, 4 Jahre	770.0	767.9	731.9	745.4
Godthaab, 5 Jahre	66.7	68.1	26.0	43.5
Stykkisholm, 6 Jahre	69.6	68.1	25.4	40.0
Nördliches Norwegen, 2 Stationen, 11 Jahre	72.7	67.7	29.8	45.1
Christiansund, 7 Jahre	72.2	68.5	28.8	43.6
Südliches Norwegen, 2 Stationen, 14 Jahre	76.5	69.4	31.3	45.8
Deutsche Küste, 5 Stationen, 59 Jahre	77.3	69.4	41.5	50.1
Wien, 76 Jahre	77.7	69.2	49.6	54.7
Südküsten Europas, 4 Stationen, 50 Jahre	72.7	66.1	49.5	55.0
Archangelsk, 18 Jahre	70.4	61.8	32.8	41.8
Petersburg, 17 Jahre	79.4	68.4	38.5	46.4
SW-Sibirien (Barnaul und Jekaterinburg)	82.2	65.5	48.8	45.5
Centralsibirien (Irkutsk und Nertschinsk)	90.0	65.6	63.6	50.3
Dublin und Edinburgh, 10 Jahre	74.6	70.8	39.6	48.0
Canal, 2 Stationen, 1) Jahre	75.4	70.8	45.4	51.8
Azoren, 1 Station, 6 Jahre	77.6	75.2	49.9	61.6
Madeira, 1 Station	74.7	69.8	54.4	61.6
Neufundland, 1 Station, 6 Jahre	76.2	71.5	38.1	47.9
Canada, 2 Stationen, 8 Jahre	77.6	69.2	42.8	50.7
U. S., mittlere atlantische Staaten, 2 Stationen, 12 Jahre	76.4	67.4	46.6	53.6
U. S., südliche atlantische Staaten, 2 Stationen, 12 Jahre	75.8	68.2	54.5	58.5
Bermuda-Inseln, 1 Station, 4 Jahre	74.2	70.2	53.7	57.6
Bahama-Inseln, 1 Station, 6 Jahre	70.1	68.0	58.6	60.4
Antillen, 2 Stationen, 12 Jahre	64.4	84.0	58.8	59.0

Auf dem ganzen grossen Raume, der von den Südstaaten nach Canada und vom Mittelmeere nach Norwegen hinüberreicht, erreicht das Barometer in jedem der drei Wintermonate seinen höchsten Stand bei durchschnittlich 772—778^{mm} Luftdruck; erst in Grönland und Island sind mit den Mittelwerthen auch die Maxima des Barometerstandes niedriger, und erst jenseits des hohen Druckes der Rossbreiten, südlich vom Wendekreise des Krebses, nimmt die Höhe der Maxima nach dem Aequator zu rasch ab; auf der anderen Seite übertreffen nicht nur in dem Gebiete der grossen nordasiatischen Anticyklone des Winters, wo auch die Minima noch sehr hoch sind, sondern schon von Petersburg ab die