

Eduard Brückner

**Die Geschichte unseres Klimas:
Klimaschwankungen und Klimafolgen**

Herausgegeben und eingeleitet von

Nico Stehr

Karl Mannheim Professor für Kulturwissenschaften
Zeppelin University
Am Seemoser Horn 20
D-88045 Friedrichshafen | Bodensee
Germany

und

Hans von Storch

Institut für Gewässerphysik
GKSS Forschungszentrum
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht

2008

Inhaltsübersicht

Danksagung

Vorwort: Nico Stehr und Hans von Storch, **Der Klimaforscher Eduard Brückner**

Einleitung: Nico Stehr und Hans von Storch, **Klimawandel, Klimapolitik und Gesellschaft**

1. **Grundwasser und Typhus** (Erstveröffentlichung: 1887-1888)
2. **Die Schwankungen des Wasserstandes im Kaspischen Meer, dem Schwarzen Meer und der Ostsee in ihrer Beziehung zur Witterung** (1888)
3. **In wie weit ist das heutige Klima konstant?** (1889)
4. **Klimaschwankungen seit 1700** (1890)
 - a.. **Der gegenwärtige Stand der Frage nach den Klimaänderungen**
 - b. **Die Periodizität der Klimaschwankungen**
 - c. **Die Bedeutung der Klimaschwankungen für Theorie und Praxis**
5. **Über den Einfluß der Schneedecke auf das Klima der Alpen** (1893)
6. **Der Einfluß der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge und Getreidepreise in Europa** (1895)
7. **Wetterpropheten** (1896)
8. **Zur Frage der 35jährigen Klimaschwankungen** (1902).
9. **Über Klimaschwankungen** (1909)
10. **Klimaschwankungen und Völkerwanderungen** (1912)
11. **The Settlement of the United States as Controlled by Climate and Climatic Oscillations** (1915)

Ausblick: Hans von Storch und Nico Stehr, **Klimawandel und Gesellschaft heute**

Quellenverzeichnis

Index

Danksagung

Noch vor der Danksagung für die wesentliche Hilfe von Kollegen und Institutionen bei der Zusammenstellung, der Bearbeitung und der Ausarbeitung der Aufsätze Brückners wollen wir unsere feste Überzeugung von der Signifikanz der Rolle Intellektueller Traditionen, der Ideengeschichte im Zusammenhang mit kognitiven Innovationen in der Wissenschaft zum Ausdruck bringen.

Intellektuelle Innovationen und Traditionen sind nicht unbedingt sich gegenseitig ausschließende Aktivitäten. Die Vorstellung, daß innovative wissenschaftliche Leistungen und die Wissenschaftsgeschichte unvereinbar sind, lehnen wir deshalb ab. Ein Vertrautsein mit vergangenen kognitiven wissenschaftlichen Erkenntnissen sollten man nicht also mit der Vorstellung verwechseln, dass dies nur auf eine schlichte Wiederholung oder den simplen Erhalt dieser Ideen hinausläuft. Jede Konfrontation mit der Ideengeschichte der Wissenschaft findet natürlich im Licht neuer intellektueller Rahmenbedingungen, sowie neuer Frage- und Problemstellungen statt. Die Beschäftigung mit den Erkenntnissen vergangener Epochen, zumal von Erkenntnissen, die sich in vieler Hinsicht Antworten auf Fragen konstituieren, denen man sich auch heute wieder als dringenden Problemen widmet, kann der Konstruktion und Bewertung neuen Wissens nur behilflich sein und damit keineswegs Hindernis auf dem Weg zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen sein. Wir gehen davon aus, dass dies im besonderen Maß für die interessanten Ideen, Problemansätze, und Forschungsergebnisse von Eduard Brückner zutrifft.

Wir danken einer Vielzahl von Individuen und Institutionen, dessen freundliche Unterstützung die deutsche Veröffentlichung dieser Anthologie der wissenschaftlichen Arbeiten Brückners zur Klimaforschung möglich machen. Finanzielle Beihilfe kam vom kanadischen Social Sciences and Humanities Research Council. Die institutionelle Unterstützung des Green College der University of British Columbia, Vancouver, Canada, sowie des GKSS Forschungszentrum, Geesthacht, Deutschland war ebenfalls wichtig in der Vorbereitung und Ausarbeitung dieses Bandes. Die deutsche Fassung hat jüngst von der Arbeit von Marian Adolf, Edgar Gerold und Jana Hauck (alle Zeppelin Universität) profitiert.

Der Klimaforscher Eduard Brückner

Nico Stehr und Hans von Storch ¹

Zahllos sind die Hypothesen und Theorien, die über Änderungen des Klimas in der Vergangenheit aufgestellt wurden und naturgemäß mehr oder minder lebhaft das Interesse weiterer Kreise in Anspruch nahmen, lässt doch der strenge Nachweis einer in vergangenen Zeiten vor sich gegangenen Änderung des Klimas sofort den Gedanken an die Möglichkeit einer zukünftigen Änderung auftauchen; eine solche aber könnte sich nicht ohne einschneidende Wirkung auf das wirtschaftliche Leben der Völker vollziehen.

Brückner (1890:2)

Der Geograph und Klimaforscher Eduard Brückner war einer der wichtigsten und mit seiner nüchternen Analyse hervorstechenden Wissenschaftler der Ende des neunzehnten und Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts in der auch schon damals sehr bald mit großer Intensität und unter umfassender Anteilnahme der Medien und der Öffentlichkeit geführten Debatte über globale Klimavariabilität und -veränderungen, sowie ihren möglichen wirtschaftlichen und politischen Folgen.

Brückner wurde am 29. Juli 1863 in Jena (wo sich seine Mutter bei ihren Eltern aufhielt) als Sohn des deutsch-russischen Geschichtsforschers Alexander Brückner geboren; Brückner starb im Alter von 65 Jahren am 20. Mai 1927 in Wien. Er verbrachte seine Kinder- und Jugendzeit in Russland (St. Petersburg und Odessa). 1879 wurde Brückner zur Gymnasialbildung nach Karlsruhe geschickt. Brückner studierte Geographie, Geologie, Paläontologie, Meteorologie, Physik und Geschichte an den Universitäten von Dorpat (heute: Tartu, Estland), Dresden und München. In München war er einer der ersten Schüler von Albrecht Penck. Penck war zu dieser Zeit mit einer bahnbrechenden Studie zur Vergletscherung der Alpen hervorgetreten. Brückners Dissertation (1885) unter Penck war eine Weiterführung dieser Arbeiten und befasste sich mit der "Vergletscherung des Salzachgebietes" in Österreich. Auf Grund dieser herausragenden Arbeit wurde Brückner nach kurzer Tätigkeit an der von Wladimir Köppen geleiteten Deutschen Seewarte in Hamburg 1888 als außerordentlicher Professor der Geographie an die Universität Bern berufen (siehe auch Grosjean, 1991:37-40). Schon 1892 wurde er in Bern ordentlicher Professor. In Bern entfaltete Brückner eine vielseitige Lehr- und Forschungstätigkeit; er leitete die

¹ Unsere Informationen über Eduard Brückner können sich allerdings nicht auf den Nachlass Brückners stützen. Nach unserer Kenntnis ist Brückners Nachlass einschließlich Teile seiner Bibliothek während oder kurz nach Ende des zweiten Weltkriegs in Österreich verloren gegangen. Wir möchten an dieser Stelle Herrn Dr. Robert W. Rosner, Wien herzlich für seine freundlichen Bemühungen danken, den Nachlass von Brückner aufzufinden.

wissenschaftlichen Vorarbeiten des V. Internationalen Geographenkongresses und war 899/1900 Rektor der Universität Bern. Seine bekannteste Untersuchung über "Klimaschwankungen seit 1700" (1890), worin Brückner einen durchschnittlichen 35jährigen Wechsel von nassen und trockenen Perioden entdeckt, entsteht in dieser Zeit. 1904 verließ Brückner die Schweiz und nahm einen Ruf an die Universität Halle an. Schon nach zwei Jahren in Halle wurde er als Nachfolger Pencks an die Universität Wien berufen (siehe Oberhummer, 1927, 1928; Penck, 1928; Finsterwalder, 1928).

Der wohl bekannteste amerikanische Geograph der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts, Ellsworth Huntington (1915:172) beschreibt Eduard Brückner als „one of the chief European authorities on climate“ und sieht in ihm den intellektuellen Architekten eines Paradigmawandels in der Klimaforschung: „Since the publication of Brückner's widely known book on 'Climatic Changes Since 1700' there has been a strong and growing tendency to treat climate as a dynamic instead of a static geographical force“ (Huntington, 1916:192)

Brückner veröffentlichte 1890 in Buchform eine der ersten ausführlichen Analysen jüngster Klimaveränderungen, das heißt, von Klimavariabilität in historischer Zeit.² Brückner (1894:1) bezeichnet den Meteorologen C. Lang als den Entdecker der dekadischen Klimavarianz-Skala in dessen Studie über das Klima des Alpenraumes (Lang, 1885). Nach 1890 publiziert Brückner nur mehr kleinere Studien zum Thema der Klimavariabilität (Brückner, 1895, 1902).³ Was seine Forschung für die heutige Situation allerdings so bedeutend macht, sind die Artikel betreffend die sozialen Konsequenzen klimatischer Schwankungen, wie Emigration, Immigration und Migrationsmuster (Brückner, 1912; [1912] 1915) oder betreffend Ernten, Handelsbeziehungen und damit verbundene Veränderungen der politischen Vormachtstellung von Nationen (Brückner, 1894, 1895, 1909).

Die von Brückner verwandten methodischen Instrumente umfassen vor allem deskriptive statistische Methoden, die er zur Analyse von meteorologischen Beobachtungswerten und Zeitreihen verwendet. Analytisch-statistische Methoden zur Überprüfung von Hypothesen standen ihm noch nicht zur Verfügung. So waren ihm dynamische Zusammenhänge unbekannt (wie zum Beispiel im Zusammenhang mit dem geostrophischen Wind), wie er auch jene Theorien nicht kannte, die die generelle Zirkulation der Atmosphäre behandelten (es blieb ihm beispielsweise die unterschiedliche Dynamik des tropischen wie des nicht-tropischen, westlichen Klimas verborgen).

Brückners Arbeiten zum Problem des Klimawandels sind dennoch bemerkenswert und in mancher Hinsicht auch einzigartig. Obwohl Brückner sich in erster Linie darum bemühte, einerseits die Tatsache von Klimaveränderungen empirisch zu beweisen und andererseits ihre Periodizität zu bestimmen, bemühte er sich ebenfalls darum, die möglichen Ursachen für die von ihm beobachteten Klimaveränderungen in Erfahrung zu bringen.

² An dieser Stelle sei erwähnt, dass Brückner im Jahre 1890 bereits das Vorhandensein von verlässlichen Wetterdaten eines hundertjährigen Zeitraums behauptete, was kurioserweise in etwa den Angaben zeitgenössischer Klimatologen entspricht.

³ Die geringe Anzahl empirischer Beobachtungsreihen in diesem Zusammenhang führt Brückner auf das Nichvorhandensein neuer und angemessener meteorologischer Daten zurück.

Die verbreitete Faszination mit der Idee der Periodizität, der Zyklen und des Rhythmus unterschiedlichster natürlicher und sozialer Prozesse als Erklärung für das Entstehen und den Verfall sowohl von geologischen Phänomenen, von Pflanzen und Tieren aber auch von gesellschaftlichen und ökonomischen Prozessen sowie der schiere Nachweis solcher Bewegungen war zur Zeit Brückners in vielen wissenschaftlichen Disziplinen eine besonders intensiv betriebene Vorgehensweise, favorisierter Erklärungsansatz und damit keineswegs eine bloß ideosynkratischer oder isolierte Vorgehensweise. Die von vielen Wissenschaftlern geteilte Überzeugung war nun einmal, daß „the whole history of life is a record of cycles“ (Huntington, 1945:453).⁴ Die beobachtete Periodizität und die einem bestimmten Muster folgende und somit regelmäßige Wiederholung von einzelnen Prozessen, wie zum Beispiel von Konjunkturzyklen, Preisbewegungen und Reproduktionsabfolgen wurden zu dieser Zeit in der Wissenschaft als Erklärung des fraglichen Phänomens angesehen und zwar nicht zuletzt deshalb, weil man davon überzeugt war, dass man auf diese Art und Weise den Ablauf dieser Prozesse vorausbestimmen kann und somit den Erkenntnisziel der Prognose sehr viel näher ist. "It will be a vast boon to mankind" betont Huntington (1945:458), "when we learn to prophesy the precise dates when cycles of various kinds will reach definite stages".⁵

Brückner sah seine empirischen Beobachtungen zur Klimavariabilität als wichtiges Instrument zur Vorhersage bevorstehender Klimaveränderungen.⁶

⁴ Das Gegenteil ist der Fall: Das Interesse an der Erforschung von Zyklen unterschiedlichster Art führte 1941 zur Gründung der Foundation for the Study of Cycles durch Edward R. Dewey. Diese wissenschaftliche Vereinigung wurde von einer Gruppe angesehener Wissenschaftler aus verschiedenen Ländern angeführt (vgl. Huntington, 1945:458) und existiert bis auf den heutigen Tag. Die Foundation for the Study of Cycles ist im Internet vertreten und beruft sich heute auf einen Mitgliederstand von immerhin mehr als 3000 Personen.

⁵ Das wissenschaftliche Interesse an der Analyse von Zyklen, Periodizitäten und wellenartigen Bewegungen unterschiedlichster gesellschaftlicher und natürlicher Prozesse war zumindest zu dieser Zeit –und bis weit in die Mitte unseres Jahrhunderts, so muss betont werden, –, sehr viel enger verbunden mit den tatsächlichen alltäglichen Erfahrungen der Menschen als Beobachter der Natur und der Gesellschaft, d.h. dem Aufstieg und Zerfall politischer Herrschaftssysteme, Krieg und Frieden, Hunger und Überfluss, den periodischen Wechsel zwischen erfolgreichen Ernten und der Zerstörung und Ausfall landwirtschaftlicher Erträge in ganzen Regionen der Welt. Heute, angesichts der Transformation der modernen Gesellschaft in Wissensgesellschaften, leben wir in einer Welt, in der Erfahrungen mit Zyklen dieser Art sehr viel seltener Teil unserer alltäglichen Erfahrungen zu sein scheint. Bis vor wenigen Jahrzehnten galt, dass die Welt eine risikoreiche Welt war. Wir haben die Welt der "langfristigen" Zyklen hinter uns gelassen. Heute sind die Bewegungen und Zyklen zeitlich gesehen kürzer und machen die eigenartige Volatilität der Gegenwart aus. Es überrascht deshalb nicht, da die Suche nach Periodizitäten und Zyklen nicht mehr zur vorrangigen Beschäftigung der Wissenschaft zählt.

⁶ Ein Beispiel für solch eine Vorhersage ist seine Behauptung, dass man in den USA um 1920 ein Feuchtigkeits-Maximum erreichen wird (Brückner, 1915: 132). Diese Voraussage beruht auf zwei wesentlichen Informationen: Erstens das Vorhandensein seines 35jährigen zyklischen Oszillationsmodells. Zweitens, die Beobachtung, dass die Niederschlagsmengen um 1900 ihr Minimum erreicht hatten. Die weiterführende

Schließlich befasste sich Brückner intensiv mit den geographischen und sozio-ökonomischen Konsequenzen von Klimawandel. Er war überzeugt, dass die Problematik der Klimafolgenforschung, wie man sie heute nennt, nicht nur von großer wissenschaftlicher Bedeutung war, sondern auch, dass zukünftige Klimaveränderungen von erheblicher gesellschaftspolitischer Bedeutung waren und einen gewichtigen Einfluss auf den allgemeinen gesellschaftlichen Wohlstand und das globale strategische und ökonomische Gleichgewicht haben werden.

Brückner veröffentlichte seine Schlussfolgerungen über den von ihm antizipierten Klimawandel und deren mögliche ökonomische, politische und soziale Folgen nicht nur in wissenschaftlichen Zeitschriften und vor wissenschaftlichen Gremien, sondern auch in der Form mündlicher Veröffentlichungen vor einem allgemeinen Publikum oder von Gruppen und Organisationen, wie zum Beispiel Bauern, von denen Brückner glaubte, dass sie besonders betroffen sein würden. Brückner trug seine ersten wissenschaftliche Resultate zum Klimawandel vor professionellen Geographen in Berlin vor, aber auch in öffentlichen Vorträgen unter dem Titel "Ändert sich unser Klima?", wie an der Universität von Dorpat (Tartu, Estland). Dieser Vortrag wurde dann wiederum zumindest in der örtlichen Presse besprochen (Brückner, 1888). Später veröffentlichte Brückner (1894, 1909) Zeitungsartikel über die Frage des Klimawandels und seiner politischen und wirtschaftlichen Konsequenzen. Seine wissenschaftlichen Arbeiten über Klimavariabilität wurden andererseits ausführlich in den Medien rezipiert und kommentiert (z.B. Neue Freie Presse, Wien, 11. Februar, 1891).

Ergebnis dieser vielschichtigen wissenschaftlichen Aktivitäten ⁷ sind ein großes und sehr oft zustimmendes Echo, das diese Arbeiten Brückners zur Geschichte und Variabilität des Klimas und seiner gesellschaftlichen Folgen in der internationalen scientific community der Klimaforscher, sowie anderen Wissenschaftsdisziplinen wie zum Beispiel Soziologen (Sorokin, 1928: 120-124), Geographen (Huntington, 1915: 172-173; [1915] 1924:25), Historikern (Le Roy Ladurie, [1971] 1988: 217, 220) und Physikern (z.B. Arrhenius, 1903: 570-571), aber auch in den Medien und der Öffentlichkeit fanden.

Allerdings sind seine Studien heute fast in Vergessenheit geraten. Wir möchten Brückners Originalarbeiten mit dieser Veröffentlichung wieder in Gedächtnis rufen und daran erinnern, dass die von Brückner und seine Kollegen ausgelöste Diskussion über die die Tatsache von Klimaveränderungen in historischer Zeit und die Untersuchung der gesellschaftlichen Folgen dieser Dynamik des Klimas in vieler Hinsicht ein Vorläufer gegenwärtiger Diskussionen und politischer Auseinandersetzungen ist.

Prognose, dass daher Mitte der 1930er Jahre mit einer Trockenperiode zu rechnen sei, machte Brückner nicht. Kontinental betrachtet traf die Vorhersage nicht ein (Bradley, 1987: Fig. 6), auf regional Ebene jedoch sehr wohl: Von 1910 bis 1930 erreichte der Große Salzsee (Great Salt Lake) seinen höchsten Wasserpegel, welcher Anfang der dreißiger Jahre einbrach. Auch die als "Dust Bowl" bezeichnete Dürrephase, welche verheerende Ernteausfälle in Zentral Nordamerika zur Folge hatte, ereignete sich zur Mitte der 1930er Jahre.

⁷ Wir verweisen auf die ausführliche Bibliographien der Veröffentlichungen Brückners in den von Albrecht Penck (1928) in der Geographischen Zeitschrift und in dem von S. Finsterwalder (1928) in der -- von Brückner begründeten -- Zeitschrift für Gletscherkunde verfassten Nachrufen auf Brückner.

Wir geben die Brückner Texte strikt in Ihrer Originalfassung wieder; die wenigen Änderungen im Text, die wir vorgenommen haben, sind die stillschweigende Korrekturen von Schreibfehlern bzw. die Änderung von völlig überholten Schreibweisen. Außerdem haben wir die eine oder andere Fußnote entfallen lassen, da sie heute weitgehend irrelevant geworden ist. Dies gilt zum Beispiel für Brückners Verweis in seinem Essay "Wetterpropheten", dass ein Postabonnement des schweizerischen Wetterberichts 12 Franken im Jahr beträgt. Die Fußnoten haben wir fortlaufend nummeriert. Ergänzungen haben wir mit eckigen Klammern versehen.

Bibliographie

Arrhenius, Svante A.

1903 Lehrbuch der kosmischen Physik. Band 2. Leipzig: S. Hirzel.

Brückner, Eduard

1888 „Ändert sich unser Klima?“ Vortrag, Universität Dorpat (siehe Neuen Dörptschen Zeitung No. 68)

Brückner, Eduard

1894 „Rußlands Zukunft als Getreidelieferant.“ S. 1-3 in Supplement zur Münchener Allgemeinen Zeitung (19. November 1894).

Brückner, Eduard

1895 „Der Einfluß der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge und Getreidepreise in Europa.“ Geographische Zeitschrift 1: 39-51.

Brückner, Eduard

1902 „Zur Frage der 35jährigen Klimaschwankungen.“ Dr. A. Petermanns Mitteilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt 48:173-178.

Brückner, Eduard

1909 „Über Klimaschwankungen.“ Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. 24: 556-561.

Brückner, Eduard

1912 Klimaschwankungen und Völkerwanderungen. Vortrag gehalten in der feierlichen Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 13. Mai 1912.. Wien: K.K. Hof- und Staatsdruckerei.

Brückner, Eduard

[1912] 1915 "The settlement of the United States as controlled by climate and climatic oscillations." Pp. 125-139 in Memorial Volume of the Transatlantic Excursion of 1912 of the American Geographical Society.

DeCourny Ward, Robert

[1908] 1918 Climate Considered Especially in Relation to Man. New York and London: G.P. Putnam's Sons.

Finsterwalder, S.

1928 „Eduard Brückner.“ Zeitschrift für Gletscherkunde 14: 1-9.

Grosjean, Georges

1991 100 Jahre Geographisches Institut der Universität Bern 1886-1996.
Bern: Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft von Bern.

Huntington, Ellsworth

1915 „A neglected factor in race development.” The Journal of Race Development 6: 167-184.

Huntington, Ellsworth

[1915] 1924 Civilization and Climate. Third Edition, Revised and Rewritten with Many New Chapters. New Haven: Yale University Press.

Huntington, Ellsworth

1916 “Climatic variations and economic cycles” The Geographical Review 1:192-202.

Huntington, Ellsworth

1945 Mainsprings of Civilization. New York: John Wiley and Sons.

Lang, C.

1885 „Der säculare Verlauf der Witterung als Ursache der Gletscherschwankungen in den Alpen.“ Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie 440-452.

Le Roy Ladurie, Emmanuel

[1971] 1988 Times of Feast, Times of Famine. A History of Climate Since the Year 1000. New York: Farrar, Straus and Giroux.

Oberhummer, E.

1927 “Eduard Brückner.“ Pp. 195-199 in Akademie der Wissenschaften in Wien, Almanach für das Jahr 1927. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky.

Oberhummer, E.

1928 “Eduard Brückner. Sein Leben und Werk.” Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Wien 71: 5-19.

Penck, Albrecht

1928 “Eduard Brückner.” Geographische Zeitschrift 34: 65-88.

Sorokin, Pitirim

1928 Contemporary Sociological Theories. New York: Harper & Brothers.

Stehr, Nico, Hans von Storch und Moritz Flügel

1995 “The 19th Century Discussion of Climate Variability and Climate Change: Analogies for the Present?” World Resources Review 7: 589-604.

Einleitung:

Klimawandel, Klimapolitik und Gesellschaft

Nico Stehr und Hans von Storch ⁸

There is a toy, which I have heard, and which I would not have it given over, but waited upon a little. They say it is observed in the Low Countries (I know not in what part), that every five and thirty years the same kind and suit of years and weathers comes about again; as great frosts, great wet, great drought, warm winters, summers with little heat, and the like, and they call it the prime; it is a thing I do the rather mention, because, computing backwards, I have found some concurrence.

Francis Bacon

Die Konzepte von "Klima-Variabilität", "Klima-Änderungen" und "Klima-Auswirkungen" ziehen ein enormes Interesse an, nicht nur in klimatologischen, meteorologischen und ozeanografischen Kreisen (von Storch und Hasselmann, 1995), sondern auch in Wissenschaften mit klimatisch sensitiven Systemen, wie Biometeorologie, Ökologie oder den Sozialwissenschaften.

Die Diskussion des "Klimaproblems"⁹ ist durchaus nicht auf die wissenschaftliche Gemeinschaft begrenzt. Ein Großteil der Anziehungskraft des Allgemeininteresses (Lacey und Longman, 1993) stammt vermutlich aus der Furcht vor möglichen Katastrophen als Konsequenz zukünftiger anthropogener Klimawechsel (vgl. Stehr und von Storch, 1995). Zeugnis gegenwärtiger öffentlicher und wissenschaftlicher Inanspruchnahme mit "den Problemen des Klimas" sind solche Institutionen wie das „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) und verschiedene internationale Konferenzen mit dem Ziel, internationale Klimatagungen einzuführen.

Die meisten wissenschaftlichen und allgemeinen öffentlichen Meinungen interpretieren das Klimaproblem als eine neuerliche Herausforderung. Und das, obwohl größtenteils während der vergangenen zwei Jahrhunderte die „Klimatologen“ und Meteorologen davon überzeugt waren, und es wurde nahezu als Grundsatz

⁸ Wir verwenden in diesen einleitenden Bemerkungen Elemente, die wir zuerst 1995 - - zusammen mit Moritz Flügel -- unter dem Titel "The 19th Century Discussion of Climate Variability and Climate Change: Analogies for the Present?" veröffentlicht haben (Stehr, von Storch und Flügel, 1995).

⁹ Wir setzen den Ausdruck „Klimaproblem“ in Anführungsstriche, da er nicht sonderlich definiert ist. Naturwissenschaftler assoziieren mit diesem Ausdruck das Verstehen, Vorhersagen und, wo möglich, die Kontrolle der Klimavariabilität. Sozialwissenschaftler, andererseits, erwägen den Begriff Klima und dessen sozialpolitische Implikationen aus ihren Erkenntnissen heraus als das "Klimaproblem".

angesehen, dass das globale Klima konstant sei.¹⁰ Einige Klimatologen des 19. Jahrhunderts, sowie Geographen und Meteorologen, erkannten, dass das Klima nicht ein gleich bleibendes Phänomen ist (z.B. Brückner, 1890; Hann, [1883] 1893:362), und dass das Klima nicht nur von geologischen Zeitabschnitten (in Tausenden von Jahren und länger), sondern auch in Zeitabschnitten von Jahrzehnten und Jahrhunderten aufgrund von natürlichen und anthropogenen Prozessen variiert.

Die dynamischen Prozesse, welche zum Ende des letzten Jahrhunderts als Ursprung von Klimavariabilität und -wechsel diskutiert wurden, waren recht unterschiedlich. Die "natürliche Variabilität", unabhängig menschlicher Aktivitäten, wurde in spekulativer Weise solchen astronomischen Faktoren zugeschrieben, wie der Sonnenaktivität und Vorgängen im Innern der Erde. Zusätzlich fand die Idee von periodisch auftretenden [astronomischen] Erscheinungsprozessen erheblichen Anklang bei den Klimatologen. Anthropogener "Klimawechsel" dagegen wurde z.B. als das Resultat von Aktionen wie die großflächige Be- und Entwaldung oder die rasch fortschreitende Kultivierung von Landflächen in Nordamerika angesehen. Die Möglichkeit, daß anthropogene Emissionen von Kohlendioxid das globale Klima verändern könnten, wurde zuerst von dem Physiker Svante Arrhenius (1896; 1903) geäußert, jedoch wurde das Konzept nicht ernst genommen oder einfach nicht genügend von den zeitgenössischen Klimatologen verstanden, die überwiegend Geographen mit ihrem Interesse für beschreibende Versuche waren.¹¹

Die intensive Debatte unter Klimatologen um die Jahrhundertwende ebte schnell ab und trat in den Hintergrund als ein neues Verständnis sich auftat, welches bis vor kurzem vorherrschend blieb: dass das globale Klimasystem sich überlagernde Ausgleichsprozesse entscheidend mit hervorbringt, welche eine Elastizität gegen säkulare Klimaschwankungen [Säkularvariationen] bilden. Schwankungen, die dennoch stattfanden, wurden als Abweichungen um einen nahezu stabilen Mittelwert klimatischer Bedingungen angesehen. Folglich sind die fraglichen Diskussionen und

¹⁰ Brückner (1889:2) vermerkt, dass während des 19. Jahrhunderts eine ausgeprägte Trennung der Disziplinen in Bezug auf die Folgen des Klimawechsels beobachtet werden konnte: Geographen und Geologen waren stärker geneigt, einen nachhaltig fortdauernden Klimawechsel als Realität in Betracht zu ziehen, während Meteorologen die These verteidigten, dass das Klima konstant sei. Brückner (1890:2) bietet eine Erklärung an, weshalb die meisten Fachmeteorologen und viele Geographen zu jener Zeit sich ziemlich still zum Problem des Klimawechsels verhielten. In der Tat stellte er fest, dass sie sich geradezu schämten in eine Diskussion über den Klimawechsel verwickelt zu werden. Der Grund dieses Zauderns lag in der Reichhaltigkeit miteinander im Wettbewerb stehenden Hypothesen über den Klimawechsel am Anfang des betreffenden Jahrhunderts. Diese vorausgegangenen Anstrengungen über die Art des Klimawechsels waren jedoch von sich vielfach widersprechenden Stimmen getragen, so dass Klimatologen dann zu zögern begannen, ihre Auffassung der bestehenden Kakophonie bloßer Meinungen hinzuzufügen.

¹¹ Es sollte ebenfalls angemerkt werden, dass Arrhenius (zum Beispiel 1903:479) durchaus nicht ernstlich über Veränderungen des globalen Klimas, verursacht durch vermehrte CO₂ Emissionen, nachdachte. Er nahm an, dass durch sich natürlich ausgleichende Prozesse die erforderlichen Anpassungen erzeugen würden und dass jedweder erkennbare Wechsel in der Zusammensetzung der Erdatmosphäre noch mehr als 1000 Jahre entfernt sein würde.

ihre Erkenntnisse jetzt völlig in Vergessenheit geraten.¹² Stehr (1995) bringt das Verschwinden von Diskussionen über die Klimavariabilität mit dem prominenten Auftreten von Rassentheorien in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, zumindest im damaligen Deutschland, in Verbindung. Einige dieser anthropologischen Theorien, wie zum Beispiel durch Sombart ([1911] 1951:324; 1938), Ploetz (1911) oder Hellpach (1938) aufgezeigt, setzen ausdrücklich konstante klimatische Bedingungen voraus. Ein weiterer Grund warum die Auffassungen von Klimaschwankungen über historische Zeitabschnitte unpopulär wurden, könnte in der Zurückweisung von „Katastrophismen“ und der Annahme von „Uniformitarismen“ in der Geologie liegen. Dies Konzept wurde von Lyell 1830 vorgeschlagen, einem der Begründer moderner Geologie, und führte schließlich zum Dementi der Existenz der sog. ‘kleinen Eiszeit’ -- selbst von Lyell (nach van Andel [1994: 397]).

Aus methodologischen, theoretischen und praktischen Gründen unternehmen wir daher in dieser Abhandlung den Versuch, einen bedeutenden Abschnitt der lebhaften Diskussionen welche gegen Ende des vergangenen und anfangs dieses Jahrhunderts unter Geographen, Meteorologen und Klimatologen stattfanden, zurückzugewinnen. Dabei bemühen wir uns, die Dynamik der Diskussion und die Art und Weise in welcher sie der breiten Öffentlichkeit angetragen wurde darzulegen, mit der ausdrücklichen Absicht, die Situation in jener Zeit mit den heute stattfindenden Diskussionen über Klimavariabilität und -wechsel vergleichend zu analysieren, und deren Klimapolitik, die sich darin abzeichnet, das Risiko eines Klimawandels zu vermeiden oder zu mildern oder eine reibungslose Anpassung zu erlauben, ebenfalls hier darzustellen.

Wir konzentrieren uns auf zwei der Hauptbeitragenden zu diesen früh stattgefundenen Diskussionen über Klimavariabilität und -wechsel gemessen in Zeitabschnitten von Jahrzehnten, namentlich Eduard Brückner und Julius Hann; beide wirkten für den bedeutendsten Teil ihres Lebens als Professoren in Wien. Zunächst stellen wir kurzgefasste Lebensläufe dieser beiden prominenten Wissenschaftler und ihre wesentlichen klimatologischen Leistungen zusammen. Zweitens diskutieren wir ihre unterschiedlichen sozialen Rollen, ihre Einstellung zum Stellenwert der Öffentlichkeit und ihr Verständnis über den Stellenwert ihrer eigenen Arbeiten als Teil eines vielschichtigen Gesamtbildes, in welchem sie danach strebten, unterschiedliche Funktionen und Rollen zu spielen. Wir zeigen, dass die zwei Protagonisten Brückner und Hann prägnante Rollen und ihnen eigene Konzepte repräsentieren, welche eindrucksvoll den heutigen Rollen von Klimatologen in ihren Diskussionen über die wissenschaftliche Bedeutung und den sozialen Auswirkungen von Klimavariabilität und -wechsel innerhalb und außerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft gleichen. Jedoch enden die Vergleiche hier noch nicht. Die Wissenschaftler versuchten schon damals ebenfalls ihren Einfluss auf die Bildung von nationalen und regionalen Körperschaften innerhalb der Regierungen, welche sich mit den Bedrohungen anthropogen verursachter Klimaänderungen befassten, auszudehnen und es ergeben sich Parallelen in der Konzeption und in der Art der daraus folgenden Diskussionen. Wir meinen, dass das „Klimaproblem“, wie es bereits von Wissenschaftlern und in der Öffentlichkeit um die Jahrhundertwende empfunden und verstanden wurde, eine wertvolle geschichtliche Analogie zu gegenwärtigen Debatten über das „derzeitige Klimaproblem“ bildet.

¹² Das hier angesprochene Werk schließt nicht kürzlich stattgefundene Klimawechsel ein (z.B. Flohn 1985).

EDUARD BRÜCKNERS ANALYSE DER KLIMAVARIABILITÄT

In dem folgenden Abschnitt fassen wir Brückners Versuch zusammen, observiertes Beweismaterial über simultan ablaufende Klimavariabilitäten bzw. Klimaveränderungen im globalen Rahmen aufzubereiten und mittels der damals begrenzt verfügbaren Daten und Rechnerleistungen nachzuweisen.

Brückner (1889:2) weist daraufhin, dass er zuerst auf die Möglichkeit des Klimawechsels aufmerksam wurde -- abgesehen von den bereits vorhandenen Informationen über das Schrumpfen der Alpengletscher -- aus den Ergebnissen seiner Beobachtungen der Ostsee, sowie des Kaspischen und Schwarzen Meeres. Die Wechsel des Wasserspiegels schienen bestimmten Mustern zu folgen. Der Rhythmus der Wechsel glich den Veränderungen in den Alpengletschern.

Kerndimensionen der Analyse vom Klimawechsel im späten neunzehnten Jahrhundert sind Temperatur und Niederschlag. Alle anderen meteorologischen Elemente spielen eine untergeordnete Rolle. Brückner konzentriert sich daher zunächst und vor allem auf den Wechsel im Regenvolumen und er stellt die Verbindung zwischen den Wasserständen und dem Ausmaß an Regenfällen in einem untersuchten Gebiet her.

In seiner ausführlichen Diskussion der „kürzlichen“ Klimaschwankungen (Brückner 1890) rechtfertigt er seine Methode unter Bezugnahme auf die Studien von Richter (1883), Lang (1885) und Swarowsky (1886). Richter kommt zu dem Schluss, dass die Ursache der säkularen Schwankungen eines bezeichneten Gletschers (Obersulzbachgletscher in Österreich) in nassen und trockenen Perioden bestehen, welche über mehrere Jahre in dem bestimmten Gebiet fort dauern. Lang bestätigt dies Resultat als ebenso gültig für das gesamte Gebiet der Alpen. Swarowsky zeigte eine auffallende Beziehung zwischen den Abweichungen des Wasserspiegels im Neusiedler See (einem Binnensee ohne natürlichem Abfluss nahe der österreichisch-ungarischen Grenze) und den säkularen Abweichungen der Alpengletscher auf, wodurch er den Beweis erbrachte, dass Binnenseen ohne Abfluss ausgezeichnete Indikatoren für die säkulare Klimavariabilität sind.

In seinem Buch über Klimavariabilität beginnt Brückner seine Analyse mit einer sorgfältigen Erforschung des größten „Sees“ ohne Abfluss auf der Erde, dem Kaspischen Meer. Brückner zieht aus seinen Studien den Schluss, dass Langs Resultate nicht nur für die Alpen gelten, sondern ebenfalls auf das ausgedehnte Einzugsgebiet der das Kaspische Meer umgebenden Gewässer Anwendung finden (Brückner 1890:86).

Diese induktive Methode von erweiterten Resultaten von einer kleinen Region auf ein großes Gebiet, welche nebenbei bemerkt typisch für Brückners Anwendungsmethode ist, erweitert er ständig und er sucht folglich nach Daten über Merkmale säkularer Abweichungen bzw. Schwankungen einer Anzahl anderer Seen ohne Abfluss auf der ganzen Erde. Brückner stellt fest, dass die bloße Existenz von Wasserschwankungen in den Seen es erlaubt vorauszusagen, dass säkulare Klimaschwankungen in den damit korrespondierenden Wassereinzugsgebieten stattfinden (Brückner 1890:115). In einem weiteren Schritt wendet Brückner das Konzept der Wasserstände von miteinander verbundenen [kommunizierenden] Seen in Relation zum Regenfall innerhalb deren regionaler Einzugsgebiete, erweitert auf Seen mit Abflüssen (Flusseen) und den Flüssen selbst an, wodurch er das Bestehen

von mehr oder weniger synchronen Klimaschwankungen im Gesamtbereich aller Landmassen auf der Erde darlegt (Brückner 1890:132).

Brückner erwähnt verschiedentlich, dass die Ursachen der säkularen Klimaschwankungen noch unbekannt seien (Brückner 1890:115,132) und beschäftigt sich mit dieser Frage, indem er hauptsächlich die verfügbaren Daten von Niederschlägen und Temperaturen untersucht. Er gelangt zu der vorsichtigen Vermutung einer 36jährigen Periode von Schwankungen global auftretender meteorologischer Bedingungen. Sodann führt er diese Periodizität auf unbekannte Kräfte im Solarsystem zurück (Brückner 1890:240,242), war sich jedoch bewusst, dass keine observative Beweisbarkeit für solche Schwankungen existieren. In diesem Zusammenhang bestreitet Brückner jede Verbindung zwischen säkularen Klimaschwankungen und Abweichungen durch Sonnenfleckenaktivität (Brückner 1890:242).

Um die säkularen Klimaschwankungen weiter zurückzuverfolgen, studierte Brückner ebenfalls die beobachteten Daten der Eisverhältnisse auf den Flüssen, der Weinernte und der Häufigkeit strenger Winter. Aufgrund dieser Daten war Brückner in der Lage, insgesamt 25 säkulare Zyklen während der letzten 1000 Jahre zu identifizieren (Brückner 1890:286).

Basierend auf solche jeweils 35jährigen periodischen Schwankungen prognostizierte Brückner eine Trockenperiode für die [vergangene] Jahrhundertwende (Brückner 1890:286,287) mit ernsthaften Konsequenzen auf die Ernten in kontinentalen Regionen, wie Nordamerika, Sibirien und Australien. Es ist bemerkenswert, dass dieses Vorhersageschema Brückner befähigt hätte die "Staubglocke" im zentralen Teil der Vereinigten Staaten vorauszusagen, welche tatsächlich während der Dreißiger Jahre dieses Jahrhunderts stattfand.

JULIUS HANN

Der vor hundert Jahren bekannteste professionelle Meteorologe und Klimaforscher war Brückners um mehr als zwanzig Jahre älterer Wiener Kollege Julius Hann (1839-1921). Hann studierte Mathematik, Physik, Geologie und Geographie an der Universität Wien. Nach einer Gymnasiallehrerkarriere wurde er Professor für Physik an der Universität Wien und 1897 Professor für Meteorologie an der Universität Graz. 1900 wurde Hann auf den neu geschaffenen Lehrstuhl für kosmische Physik an der Universität Wien berufen und war dort gleichzeitig Direktor des Instituts für Meteorologie und Geodynamik.

Wie Eduard Brückner (1923:152) in seinem Nachruf hervorhebt, war Hann zweifellos einer der wichtigsten, wenn nicht sogar der einflussreichste Meteorologe seiner Zeit und der Begründer der modernen Meteorologie und Klimaforschung als der wissenschaftlichen Analyse der Physik der Atmosphäre (siehe auch Steinhauser, 1951; Kahlig, 1993).

Er war deskriptiv orientiert; mit anderen Worten, Hann war vor allem bemüht, die empirischen und quantitativen Grundlagen für die verschiedenen meteorologischen Phänomene und Prozesse zu etablieren. Er erkannte früh die Bedeutung dreidimensionaler Beobachtungssysteme und setzte sich für die systematische Errichtung von meteorologischen Beobachtungsstationen in den Alpen ein. In der Meteorologie ist er (unabhängig von Helmholtz) für die Entdeckung der thermodynamischen Theorie des Föhns bekannt; die Klimaforschung verdankt ihm den weit verbreiteten Gebrauch quantitativer Methoden. Darüber hinaus war Hann

mehr als fünfzig Jahre Herausgeber des international anerkannten Fachjournals Meteorologische Zeitschrift. Hann war ein ausgesprochener Feind spekulativen Denkens. Sein vorrangiges Ziel war immer wieder, die Erhebung und Bestimmung meteorologischer Tatsachen zu verbessern (Brückner, 1923:155). Hann starb 1921 im Alter von 83 Jahren in Wien.

Julius Hann veröffentlichte das erste wissenschaftliche Textbuch zur Meteorologie und Klimaforschung. Dies zuerst 1883 und dann in mehreren Auflagen und Übersetzungen erschienene Handbuch der Klimatologie, das heißt sieben Jahre vor der Publikation von Brückners Studien zur Klimaschwankung, wurde schnell zu einem Standardwerk in der meteorologischen Lehre und Forschung (siehe auch Brückner, 1922; Köppen, 1923 : vi; Knoch, 1932 : viii).¹³

JULIUS HANNS BESCHREIBUNG DER KLIMAVARIABILITÄT

Im Gegensatz zu den späteren Handbuch Ausgaben, fasst die erste Ausgabe den Wissensstand in der Klimatologie zusammen -- zu jener Zeit noch als Hilfswissenschaft der Geographie (Hann, 1883:5; und Köppen, 1923:1) bezeichnet, beschäftigte sich jedoch nicht ausdrücklich mit den Folgen der Klimavariabilität. Als Reflexion auf die Voreingenommenheit jener Zeit mit dem Thema der Periodizität des Klimas unterscheidet Hann zwischen zwei Arten von Klimaschwankungen, namentlich „progressive“ (das heißt hier vorherrschende) Transformationen oder, in moderner Terminologie „Klimawechsel“ (siehe von Storch und Hasselmann, 1995) und „zyklischen“ Veränderungen (das bedeutet Fluktuationen oder Schwankungen um ein konstantes Mittel mit bestimmten charakteristischen Zeiten oder Perioden, in moderner Begriffsform als „Klimavariabilität“ definiert). Die hier relevanten zeitlichen Perioden des Klimawechsels welcher dem [letzteren] zyklischen Muster entspricht, könnten entweder auf eine deduktive (durch das Postulat bestimmter Kräfte-mechanismen wie der Sonnenaktivität) oder induktiver Begründung durch das Filtern von Beobachtungsaufzeichnungen) gefunden werden. Nach Hann sollte es auch möglich sein, fortschreitenden Klimawechsel entweder durch langzeitliche Trendstudien der Temperaturen im Kerninnern der Erde oder der Sonnen[energie]ausstrahlung zu verfolgen. Jedoch unternimmt Hann es nicht, diese Ansichten im einzelnen zu verfolgen.

Was das diesbezügliche empirische Material angeht, bezieht sich Hann ([1883] 1897:390) auf beide, nicht-instrumentale und instrumentale Beobachtungen von Temperatur und Niederschlag, sowie allgemeiner Tatsachen und Feststellungen zum Klimawechsel einer breit gefächerten Gruppe von Beobachtern -- und sogar nachvollzogen aus disparaten historischen Aufzeichnungen. Er legt besonderen Nachdruck auf eine kritische Auseinandersetzung mit den Aufzeichnungen dieser Klimabeobachtungen. Offensichtlich können solche Aufzeichnungen nur dann von Wert sein, wenn die Durchführung der Beobachtungen, deren Archivierung und, wo möglich, Anbringung von Korrekturen der rohen Daten konstant unterhalten und auf dem laufenden gebracht werden (vgl. Jones, 1995). Die für Hann verfügbaren historischen Daten erreichten im allgemeinen nicht diese Bedingungen an Homogenität. Bei näherer Untersuchung fand er, dass die in den vergangenen 150 Jahren aufgezeichneten Daten fast immer durch zeitbedingte Vorurteile und Wechsel der Observationspraktiken verwischt waren, deren älteste Instrumentenauf-

¹³ Eine englische Übersetzung, die auf der zweiten Auflage des Handbuchs basierte, wurde 1903 veröffentlicht (Hann, 1903).

zeichnungen zwangsläufig innerhalb der sich rasch ausdehnenden Städte begannen und daher die „Urbanisation“ reflektierten ¹⁴, während z.B. Regenmessungen ursprünglich auf hoch platzierten (z.B. Dächern) Stationen ernstliche Abweichungen in der vergleichbaren Messtechnik mit sich brachten (siehe Karl et al., 1993).

Auf der Basis solcher methodischen Fallgruben oder Fehleinschätzungen bezüglich der Qualität von Daten war Hann generell eher skeptisch gegenüber wissenschaftlichen Behauptungen identifizierter Klima-Variabilität und klimatischen Veränderungen beim allgemeinen Beobachten und Verwerten von diesbezüglichen Aufzeichnungen. Insbesondere folgerte er, dass der Beweis fehle für systematische Trends ("progressive Veränderungen") des Klimas während der historischen Periode aus den erhältlichen Daten von anderen Jahrhunderten, Kontinenten und Ländern, welche alle samt und sonders nicht genügend aussagekräftig sind (siehe Hann, [1883] 1897: 390). Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass die kontinentalen Vereinigten Staaten von Amerika im 19. Jahrhundert einer anthropogenen Klimaveränderung in der Natur ausgesetzt gewesen seien -- aufgrund der Folgen aus einer rasch zunehmenden Besiedelung. Hann hat mit Whitney daraus geschlossen (1894), dass es keine harten Beweise für einen derartigen [zeitkonformen] Klimawechsel auf dem nordamerikanischen Kontinent gibt (Hann [1883] 1897: 392).

Im Falle der Klimavariabilität war Hann keineswegs so zögernd. Zwar war er skeptisch gegenüber strikt periodischen Klimaschwankungen, ¹⁵ besonders bezüglich jedweder hypothetischer Verbindung zwischen Schwankungen in der Sonnenfleckaktivität (welches gleichzeitig als Beispiel für eine deduktive Methode der Periodizität dient) und meteorologischen Elementen wie Temperatur, Niederschlag oder Wechsel in der Formation von Eisfeldern kursieren noch heutzutage. Er kam im Gegenteil zu dem Schluss, dass der Einfluss der Sonnenfleckaktivität auf die Klimamodelle unbedeutend sei. Ferner lehnte er die Möglichkeit jeglicher Vorherbestimmung oder Kausalverbindung zwischen Klimaschwankungen und Sonnenfleckaktivitäten ab (Hann, [1883] 1897: 394).

Hann erwägt und beurteilt Brückners quasi Schwingungen von 35 Jahreszyklen wesentlich günstiger, zumal sie auf reichliche Daten unterschiedlicher Herkunft basieren. Brückners Entdeckung scheint für viele Gebiete und Perioden zu gelten und wurde durch Beobachtungen über Veränderungen bei den Ausdehnungen der Alpengletscher unterstützt, wie Richter 1891 anmerkt. Ebenfalls konnte dies durch die Untersuchung von Daten aus anderen Gebieten bewiesen werden. Hann

¹⁴ Hann gebrauchte den Ausdruck "Stadttemperaturen".

¹⁵ Damals war es besonders beliebt, nach einer Periodizität der Daten über Serien von Zeitabschnitten zu forschen. Davor hatte *Fourier* gezeigt wie beliebige Zeitabschnitte in bestimmbare Summen periodischer Komponenten zerlegt werden, wodurch es im Prinzip möglich sei, die "dominierende Periodizität" zu extrapolieren. Bedauerlicherweise wurde der "stochastische" Charakter nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit (z.B. Jenkins und Watts, 1968) der Serien von Zeitabschnitten noch nicht genügend verstanden, so dass nahezu alle Perioden in der einen oder anderen Gruppe von Daten als dominant erschienen. Wenn die Perioden für Prognosezwecke angewandt werden, verschwindet die Periodizität stets völlig. Die Gründe für dies Verhalten werden heutzutage voll verstanden, mussten jedoch sehr enttäuschende Wirkungen bei den Wissenschaftlern um die Jahrhundertwende hinterlassen. Überreste dieser Jagd nach Periodizität sind noch immer virulent vorhanden und werden sogar jetzt noch von mathematisch ungenügend ausgebildeten Wissenschaftlern und sog. Hobbywissenschaftlern angewandt.

([1883] 1897:400) machte keinerlei ernsthafte, unabhängige Anstrengungen, die dynamischen Zusammenhänge von Brückners observiertem Beweismaterial zu erklären. Statt dessen beschränkte er sich auf Bemühungen, die Existenz von Modellfolgen der Klimaschwankungen zu liefern. Hann beleuchtet die Tatsache, dass Brückners Beobachtungen es ermöglichen, die widersprüchlichen Aspekte der Klimaschwankungen in den bezeichneten Gebieten zu beleuchten, da sie „offensichtlich“ in unterschiedlichen Phasen während der 35jährigen Periode avancierten.

Tatsächlich enthält die zweite Ausgabe des 1897 publizierten Handbuchs einen 40 Seiten umfassenden Abschnitt über Klimavariabilität, welcher sich auf Brückners Forschungen konzentriert. In der 1932 veröffentlichten vierten Ausgabe des Handbuchs folgt Karl Knoch als Autor des Handbuchs und als Nachfolger Hanns (Hann und Knoch, [1883] 1932) dieser Thematik. Diese vierte Ausgabe befasst sich noch wesentlich systematischer mit der Klimavariabilität, obgleich die Zusammenfassung dort ein wenig kritisch klingt. Ein wesentliches Gewicht wird dort auf Beiträge gelegt, welche den Versuch unternehmen, die Stabilität des Klimas über historische Zeiträume darzustellen und man verweist auf das Fehlen von Beweisen säkularer Schwankungen (siehe Berg, 1914).

KLIMAVARIABILITÄT UND IHRE GESELLSCHAFTLICHE BEDEUTUNG

Für Brückner war es offensichtlich, dass Klimavariabilität eine direkte Auswirkung auf viele Aspekte der Gesellschaft hat, einschließlich der Wirtschaft, Umweltökologie, Gesundheit der Menschen, und sogar auf das politische Gleichgewicht zwischen Völkern und Nationen. Daher ist es von besonderem Interesse zu untersuchen, wie Brückner und Hann auf diese Herausforderungen reagierten, ihre Erkenntnisse der wissenschaftlichen und allgemeinen Öffentlichkeit als Warnungen vor bevorstehenden Klimawechseln anzutragen, aber auch als Instrumente zum Aufzeichnen von Strategien in der Auseinandersetzung mit klimatischen Schwankungen. Interessanterweise reagierten die beiden Wissenschaftler sehr unterschiedlich auf jene Aspekte.

Hann verwirft soziale Auswirkungen vollkommen. Er erwähnt nicht einmal mögliche soziale Konsequenzen hervorgerufen durch Klimaschwankungen. Getreu dem in jener Zeit vorherrschenden Eigenkonzept der Klimatologie als im wesentlichen beschreibende und aufzeichnende (z.B. Hann und Knoch, [1883] 1932:3) „junge“ Wissenschaft (z.B. Köppen, 1923:v), erforscht Hann vorhandene Merkmale der Klimavariabilität und unternimmt es daraufhin zu beweisen, ob die [deduzierten] Daten die Argumente über das Phänomen des Klimawechsels unterstützen.

Brückner, andererseits, diskutiert nicht nur Art und Umfang von Klimaschwankungen sondern betont die möglichen Konsequenzen für die Gesellschaft.¹⁶ Obgleich die dynamischen Ursachen der beobachteten Schwankungen noch ziemlich unbekannt waren, überzeugte er sich davon, dass es genügend Gründe gab anzunehmen, daß die praktischen Auswirkungen der Schwankungen allgemein von größter Bedeutung seien (siehe Brückner, 1889:11).

¹⁶ In seiner 1890 erschienenen Monographie widmet Brückner (1890:273-290) diesen Zusammenhängen ein ganzes Kapitel: "Die Bedeutung der Klimaschwankungen für Theorie und Praxis".

In dem gegenwärtigen Sprachgebrauch der Sozialwissenschaften stellen Brückners Erkenntnisse eine Art "praktischen Wissens" (Stehr, 1991) dar. Brückner beginnt mit jenen Störungen, welche durch Klimavariabilität hervorgerufen sein könnten: Das mit Gletschern bedeckte Gebiet variiert in Größe und Volumen, dem Wasserspiegel, das Auftreten [und Verschwinden] von Seen und Flüssen, das Ausmaß an Überschwemmungen, sie alle sind sensitiv abhängig von den klimatischen Bedingungen. Derartige Störungen würden sich hauptsächlich auf die Schifffahrt und den Handel auswirken und, in geringerem Ausmaße, auf die Landwirtschaft. Eine Änderung im Wasserspiegel und insbesondere in der Dauer der Eisdecke in den Flüssen würde Auswirkungen auf die Navigation in diesen Gewässern haben und daher auf die Leistungen im Güterverkehr. Ein weiterer sehr wichtiger Aspekt betrifft die Landwirtschaft (siehe ebenfalls Brückner, 1894). Klimatische Schwankungen haben naturgemäß einen wesentlichen Einfluss auf die Landwirtschaft, obgleich deren Auswirkungen erheblich von den zu erntenden Produkten abhängt. Brückner schließt daraus, dass mehr als zwei Drittel des überdurchschnittlich guten Ernteertrages in (Zentral- und West-Europa) mit warmen und trockenen Perioden zusammenfällt und ein verhältnismäßig gleich hoher Anteil schlechter landwirtschaftlicher Erträge mit nassen und kalten klimatischen Perioden in denselben Gegenden ebenfalls zusammenfällt. In Regionen mit überwiegendem Meeresklima würden verstärkt auftretende Sommerregen zu Fehlernten führen, während in mehr kontinentalen Klimagebieten, wie zum Beispiel im zentralen Nordamerika oder in Russland verstärkte Sommerregen die Landwirtschaft begünstigen würde (Brückner, 1894:2, 1915: 137-138). In seinem 1915 erschienenen Aufsatz fasst Brückner die Beziehungen zwischen klimaabhängigen Ernten und der Auswanderung nach Amerika in einer Anzahl eindrucksvoller Kurven zusammen, welche hier als Abbildung 1 wiedergegeben werden.

Brückner (1890:279-282) stellt ebenfalls die Hypothese des Vorhandenseins einer festen Verbindung zwischen Klimaschwankungen und der des Gesundheitswesens dar. Er nennt ein einziges Beispiel, namentlich eine Beziehung zwischen dem Auftreten von Typhus und den Grundwasserständen, welche durch sich langsam entwickelnde Schwankungen von klimatisch bedingten Faktoren beeinflusst werden. Nach Untersuchungen von Aufstellungen der Typhustodesfälle in Mitteleuropa schließt Brückner zumindest teilweise aus den zu beobachtenden Besserungen der rückläufigen Statistiken über jene Todesfälle durch Typhus seit Auftreten der nassen Periode (um 1860) -- ergänzend zu den sanitären Verbesserungen -- auf verbesserte Grundwasserverhältnisse als das Resultat einer Verschiebung von ehemals trockenen zu vorherrschend nassen Klimaperioden. Er erhebt den Anspruch, dass die Tabellen für Basel [Schweizer Stadtteil] (siehe Abb. 2) klare Zusammenhänge zwischen Klimaschwankungen und den Schwankungen in den Tabellen über Typhustodesfälle ergäben (Brückner, 1890: 280).

Auf der Grundlage seines 35jährigen „Modus der natürlichen Variabilität“ und seiner Analyse der Klimasensitivität in unserer Zivilisation sagte Brückner (1890:279, 287; 1915:132) eine Anzahl drohend bevorstehender abträglicher sozialer Konsequenzen hervorgerufen durch klimatische Schwankungen voraus, insbesondere ernsthafte wirtschaftliche Krisen für Regionen welche in vorausgegangenen Jahrzehnten nur günstige Klimabedingungen hatten, besonders für solche Gebiete wie die Vereinigten Staaten, Russland und Australien, verstärkt jeweils dort in Gebieten mit kontinentalem Klima. Diese Gebiete, so argumentiert Brückner, werden unausweichlich trockenen Wetterbedingungen ausgesetzt sein, mit dem Ergebnis

bedeutender Getreideausfälle und der Zerstörung Hunderttausender von Erwerbsgrundlagen.

DIE ANALOGIEN

In mancher Hinsicht war die Situation Ende des vergangenen Jahrhunderts mit der heutigen vergleichbar. Den Naturwissenschaftlern wurde zunehmend deutlich, dass das Klima nicht konstant ist, sondern sich in Zeiträumen von Jahrhunderten und Jahrzehnten signifikant verändert. Gleichzeitig wurde man sich darüber klar, dass sich das Klima als Reaktion auf menschliches Verhalten sowohl systematisch (in Hanns Terminologie „progressiv“) als auch zeitlich begrenzt (in Hanns Worten "zyklisch") aufgrund natürlicher Prozesse verändern kann.

Die Ursachen für die natürliche Klimavariabilität waren unbekannt -- spekulative Hypothesen machten etwa eine unterschiedliche Sonneneinstrahlung oder andere „kosmische“ Prozesse verantwortlich. In einer der gegenwärtigen Situation durchaus vergleichbaren Reaktion machte damals eine Anzahl von Wissenschaftlern den Fehler, relativ langsame natürliche Klimaveränderungen als Indikatoren für systematische Schwankungen zu deuten, während andere Wissenschaftler, wie zum Beispiel Hann, angesichts der in jener Zeit zur Verfügung stehenden Daten skeptisch blieben und es vorzogen, die klimatischen Entwicklungen sorgfältig zu messen und Buch über sie zu führen.

Gleichzeitig ging man vor hundert Jahren davon aus, dass anthropogene Klimaveränderungen durch grundlegende Modifikationen der Landoberfläche, insbesondere durch Entwaldung bzw. Aufforstung [großer Regionen], sowie deren Urbarmachung hervorgerufen werden. Angesichts der Tatsache, dass die Klimaverhältnisse einen erheblichen Einfluss auf bestimmte Wirtschaftszweige und gesellschaftliche Institutionen haben, sehen sich die Wissenschaftler damals wie auch heute vor die Frage gestellt, ob sie die Öffentlichkeit nur informieren oder sogar vor den anstehenden Klimaschwankungen warnen sollen. Einige Wissenschaftler, wie zum Beispiel Hann, entschieden sich dafür, es beim strikten Messen und Analysieren von Beobachtungsdaten zu belassen und ausschließlich mit anderen Wissenschaftlern zu kommunizieren. Andere dagegen, wie zum Beispiel Brückner, fühlten und erfüllten eine ethische Verpflichtung, sich direkt an die Öffentlichkeit zu wenden. Im Gegensatz zu besonders umweltbewussten, „aktivistisch“ orientierten Wissenschaftlern der Gegenwart verlangten sie, soweit ersichtlich, allerdings keine bestimmten politischen Maßnahmen zum Klimaschutz. Andere Wissenschaftler zögerten jedoch nicht. Beispielhaft ist der amerikanische Wissenschaftler F.B. Hough (1878; zitiert nach Brückner, 1890: 15), der um die Jahrhundertwende im Namen der American Association for the Advancement of Science (AAAS) umfassende Aufforstungsmaßnahmen in Nordamerika forderte, um ein weiteres Austrocknen des Kontinents zu vermeiden. Die Verfechter der These von anthropogenen Klimaveränderungen im vergangenen Jahrhundert hatten in der Tat einen gewissen Einfluss auf die öffentliche Verwaltung und die Politik verschiedener Nationen. Sie bestanden darauf, dass Umweltveränderungen, insbesondere durch großflächige Entwaldungen, eine Ursache für Klimaveränderungen seien. In einer Reihe von Nationen wurden parlamentarische Untersuchungskommissionen gegründet, um sich mit der Problematik des Klimawandels auseinanderzusetzen (siehe Brückner, 1890: 14-19).

Aus dem von uns dargestellten Abschnitt der Wissenschaftsgeschichte wird deutlich, dass das wachsende, populärwissenschaftliche Genre der öffentlichen Auseinandersetzung mit dem Klimaproblem keineswegs neu ist. Da ein bestimmtes ausgeprägtes Klimaverständnis wichtiger Teil des alltäglichen und allgemeinen Bewusstseins ist (vgl. Stehr, 1997), scheint die Frage des Klimawandels für umfassende öffentliche Diskussionen dieser Art besonders gut geeignet. Auch damals hatten die in diesen Diskussionen engagierten Wissenschaftler ein bestimmtes und sich stark voneinander unterscheidendes Selbstverständnis. Und schließlich machte man nicht erst heute auf die mit den Daten verbundenen Unsicherheiten und Ungewissheiten in der Prognose von Klimaschwankungen aufmerksam. Man tat dies bereits vor hundert Jahren.¹⁷

Gleichzeitig sind viele Beobachter davon überzeugt, dass die globale Perspektive einen neuartigen Ansatz darstellt. Wie unser Fall aber eindeutig demonstriert, prognostizierten Wissenschaftler schon Ende des neunzehnten Jahrhunderts globale Umweltveränderungen. Für Brückner stand eindeutig fest, dass unser Klima ein globales System ist.

Wie in der Gegenwart, waren die Diskussion über Klimaschwankungen von wissenschaftlichen Bemühungen begleitet, die generellen gesellschaftlichen Folgen der Klimaveränderung zu definieren. Allerdings haben sich der Umfang und die Bezugspunkte der Klimafolgen-Forschung drastisch verändert. In der Vergangenheit war es nicht ungewöhnlich, dass Überlegungen über den Einfluss des Klimas auf das menschliche Verhalten in die Nähe von rassistischen Theorien gerieten oder sogar auf ihnen basierten. Die „zivilisatorische Überlegenheit“ bestimmter Völker wurde mit großer Selbstverständlichkeit auf herrschende klimatische Bedingungen zurückgeführt. Klimatheorien dieser Provenienz sind mit Recht schon lange in Misskredit geraten. Die moderne Klimaforschung wird von naturwissenschaftlichen Disziplinen beherrscht, während die Sozial- und Geisteswissenschaften anscheinend Schwierigkeiten haben, sich mit der Umweltproblematik und ihren gesellschaftlichen Folgen zu befassen. Wahrscheinlich stellen die unrühmliche Geschichte sozialwissenschaftlicher Ansätze zur gesellschaftlichen Klimafolgeproblematik und die unerforschten Schwierigkeiten interdisziplinärer Arbeit wichtige Hindernisse auf dem Weg zu neuen Perspektiven und Forschungsprogrammen dar.

Die intensive wissenschaftliche und öffentliche Diskussion der Klimaschwankungen Ende des vergangenen und Anfang dieses Jahrhunderts verschwand allerdings sehr schnell von der Tagesordnung. In den Wissenschaften wurde sie durch einen neuen Konsens abgelöst, der bis in die Gegenwart

¹⁷ Brückner offeriert ebenfalls eine Erklärung für den kognitiven Dissens unter Meteorologen über die spezifischen Vorstöße des Klimawechsels während des [vergangenen] Jahrhunderts, das heißt, wo die beobachteten Wechsel als Signal für entweder zu trockener Wetterlagen oder zu feuchter Wetterlagen wohlmöglich gelten könnten!? Nach Brückner (1890:289) ist die Antwort hierauf ganz einfach. Klimawechsel beeinflusst die Voraussagen der Klimatologen. Während einer Trockenperiode gedeihen die allgemeinen Vorhersagen über ein trockeneres Klima und während einer nassen Periode überwiegen die Voraussagen, dass das Klima sich vorwiegend mit vermehrten bzw. erhöhten Niederschlägen weiter fortentwickelt. Ferner ist festzustellen, dass in der meteorologischen Literatur die Schlussfolgerungen gezogen werden, während vorherrschend trockener Perioden trügen Entwaldungen zur Senkung von Niederschlägen bei—und während häufiger vorherrschend nasser Perioden würden verstärkte Wiederaufforstungen die Niederschläge begünstigen.

beherrschend war und davon ausging, dass das globale Klimasystem auf Grund ihm inhärenter Gleichgewichtsprozesse erfolgreich gegen säkulare Klimaschwankungen gewappnet sei.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann man nur spekulieren, weshalb die einst heftige und teilweise mit Leidenschaft geführte Diskussion über Klimaschwankungen und ihre sozialen Folgen fast völlig verstummte und in Vergessenheit geriet. Sicher gab es schnell andere gewichtige Probleme: wie den ersten Weltkrieg, gravierende wirtschaftliche Krisen und das Entstehen totalitärer Regime, die zweifellos das Interesse an Fragen der Auswirkungen der Natur auf die Gesellschaft und der Gesellschaft auf die Natur für Jahrzehnte verdrängten. Ähnlich spekulativ ist die Frage: wird man sich in hundert Jahren erneut mit einer dann weitgehend verschütteten Diskussion zum Klimawandel befassen und werden sodann in deren Mitte zeitgenössische Wissenschaftler wie Richard Lindzen und James Hansen stehen?

Schlußbemerkungen

Unsere Diskussion über Klimavariabilität und Klimawechsel gegen Ende des 19. Jahrhunderts führte zu einer Reihe von Schlussfolgerungen, welche wir als wesentliche methodische, theoretische und praktische Gründe ansehen:

(1) Die Debatte über natürliche Klimavariabilität und einen anthropogenen Klimawechsel ist nicht neu. Eine ähnliche Debatte, obwohl heute nahezu vergessen, wurde schon vor einem Jahrhundert geführt. Die Protagonisten befanden sich in einer Situation ähnlich der zeitgenössischer Wissenschaftler. Insbesondere Brückner erinnert uns an heutige „Aktivisten“-Wissenschaftler, welche typischerweise hervorragende Wissenschaftler auf ihrem Gebiete sind. Brückner übersah, dass er nicht die Erfahrung besaß, die gesellschaftlichen Erwiderungen auf ungünstige Klimabedingungen vorherzusehen, die [Evolution menschlich-technischer] Fähigkeit diese nachteiligen Bedingungen zu bewältigen, z.B. durch verbesserte Hygienestandards (bei der Typhus Vorhersage), durch Verbesserungen der Infrastrukturen beim Eisenbahn-/Schiffahrts-Beförderungssystem (bei Vorhersagen bezüglich der vereisten Flüsse) oder durch die Möglichkeit künstlicher Bewässerungen landwirtschaftlich vermehrter Flächennutzungen (die Vorhersagen im Hinblick auf Ernten).

(2) Eines der bemerkenswerten Grundzüge der frühen Debatten unter Klimatologen, Geographen und Meteorologen über die Natur und deren Konsequenzen beim Klimawechsel ist ebenfalls der Gradmesser in welchem Ausmaß die intellektuellen Grenzen zwischen wissenschaftlichen Gebieten gezogen wurden und welcher schon damals die Teilnehmer daran hinderte, gemeinschaftliche Perspektiven und Entdeckungen aufzugreifen, soweit sie sich mit genau den gleichen Phänomenen befassten, welche bereits in anderen Disziplinen Fortschritte machten. Immerhin gab es über Jahrzehnte eine lebendige und leidenschaftlich ausgetragene Debatte hierüber zwischen Philosophen und ebenso in den aufkommenden Sozialwissenschaften über die Auswirkungen der klimatischen Konditionen auf psychologische und soziale Prozesse. Die wesentlichen Aussagen aus diesen Debatten erwiesen sich letztendlich als nicht überzeugend und wurden verworfen, nicht nur als eingleisig und engstirnig, zunächst um die Jahrhundertwende in Frankreich und Deutschland und später in den Vereinigten Staaten, jedoch ebenso als irrelevant in Bezug auf die ausgeprägten Erhebungen, welche aus den fortgeschrittenen

Abhandlungen der Sozialwissenschaft sich später ergaben. Das bedeutet, die Bereiche des physikalischen und die des sozialen Milieus wurden in der Wissenschaft erfolgreich voneinander getrennt.

Am Ende jedoch entstand ein Konsensus unter Klimatologen (z.B. Berg, 1914:67), dass in „historischer Zeit“ das globale Klima konstant blieb; dass weder ein Erwärmungstrend noch ein Trend in Richtung geringerer Niederschläge beobachtet werden konnte. Die einzige Voreingenommenheit in der vor hundert Jahren geführten Debatte über Klimaschwankungen bezog sich auf die Periodizität der beobachteten Schwankungen von Temperatur und Niederschlag—nicht irgendeines säkularen Klimas, wie es durch ein Ansteigen im CO₂ Volumen der Atmosphäre angezeigt würde. Dass solch eine Möglichkeit als das Resultat aus dem gesteigerten Verbrauch fossiler Brennstoffe in der Tat besteht, wurde im Zusammenhang mit Brückners 35jähriger Periodentheorie in einem Textbuch über kosmische Physik von Svante A. Arrhenius (1903) bereits damals diskutiert. Jedoch nahm keiner der Klimatologen jener Zeit diese Herausforderung an. Statt dessen kamen sie darin überein, dass der Klimawechsel keine Angelegenheit von besonderer Bedeutung sei und schon bald begannen andere Streitfragen die wissenschaftlichen Diskussionen und öffentlichen Vorträge zu dominieren.

Bibliography

Arrhenius, Svante A.

1896 “On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground.” Philosophical Magazine and Journal of Science 41:237-276.

Arrhenius, Svante A.

1903 Lehrbuch der kosmischen Physik. Volume Two. Leipzig: S. Hirzel.

Berg, Leo

1914 „Das Problem der Klimaveränderung in geschichtlicher Zeit.“ Geographische Abhandlungen 10 (2): 1-70.

Bradley, R.S., H.F. Diaz, J.K. Eischeid, P.D. Jones, P.M. Kelly and C.M. Goodess

1987: “Precipitation fluctuations over Northern Hemisphere land areas since the mid-19th century.” Science 237, 171-175.

Brückner, Eduard

1888 „Ändert sich unser Klima?“ Lecture, Universität Dorpat (cf. Neuen Dörptschen Zeitung No. 68)

Brückner, Eduard

1889 „In wie weit ist das heutige Klima constant?“ Pp. 1-13 in Verhandlungen des VIII. Deutschen Geographentages in Berlin. Leipzig: Teubner.

Brückner, Eduard

1890 Klimaschwankungen seit 1700. Nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit. Wien and Olmütz: Hölzel.

Brückner, Eduard

1892 „Über die praktische Bedeutung der Klimaschwankungen.“ Compte rendu du V^{me} Congr. inter. des Sc. geogr. Bern.

Brückner, Eduard

1894 „Rußlands Zukunft als Getreidelieferant.“ Pp. 1-3 in Supplement to Münchener Allgemeinen Zeitung (November, 19 1894).

Brückner, Eduard

1895 „Der Einfluß der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge und Getreidepreise in Europa.“ Geographische Zeitschrift 1: 39-51.

Brückner, Eduard

1902 „Zur Frage der 35jährigen Klimaschwankungen.“ Dr. A. Petermanns Mitteilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt 48:173-178.

Brückner, Eduard

1909 „Über Klimaschwankungen.“ Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. 24: 556-561.

Brückner, Eduard

1912 Klimaschwankungen und Völkerwanderungen. Vortrag gehalten in der feierlichen Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 13. Mai 1912.. Wien: K.K. Hof- und Staatsdruckerei.

Brückner, Eduard

[1912] 1915 “The settlement of the United States as controlled by climate and climatic oscillations.” Pp. 125-139 in Memorial Volume of the Translantic Excursion of 1912 of the American Geographical Society.

Brückner, Eduard

1918 „Klimaschwankungen 1813 bis 1912 in Vorderindien.“ Pp. 212-256 in Bibliothek Geographischer Handbücher: Festband Albrecht Penck. Stuttgart: Von J. Engelhorn.

Brückner, Eduard

1923 „Julius Hann.“ Pp. 151-160 in Akademie der Wissenschaften in Wien, Almanach für das Jahr 1922. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky.

Flohn, Hermann

1985 Das Problem der Klimaänderungen in Vergangenheit und Zukunft. Darmstadt: Wissenschaftlichen Buchgesellschaft.

Hann, Julius

1883 Handbuch der Klimatologie. Stuttgart: J. Engelhorn.

Hann, Julius

[1883] 1897 Handbuch der Klimatologie. Second Edition. Stuttgart: J. Engelhorn.

Hann, Julius

1903 Handbook of Climatology. Part I: General Climatology. New York: Macmillan.

Hann, Julius

[1883] 1908 Handbuch der Klimatologie. Third Edition. Volume 1: Allgemeine Klimalehre. Stuttgart: J. Engelhorn.

Hann, Julius von and Karl Knoch

[1883] 1932 Handbuch der Klimatologie. Fourth Edition. Volume 1: Allgemeine Klimalehre. Stuttgart: J. Engelhorn.

Hellpach, Willy H.

1938 „Kultur und Klima.“ Pp. 417-438 in Heinz Wolterek (ed.), Klima-Wetter-Mensch. Leipzig: Quelle & Meyer.

Hough, F.B.

1878: Report upon Forestry. Washington, D.C.: AAAS.

Huntington, Ellsworth

[1915] 1924 Civilization and Climate. Third Edition, Revised and Rewritten with Many New Chapters. New Haven: Yale University Press.

Jenkins, G.M. and D.G. Watts,

1968: “Spectral analysis and its application.” Holden-Day, 525 pp.

Jones, P.D.,

1995: “The Instrumental Data Record: Its Accuracy and Use in Attempts to Identify the CO₂ Signal”. In: H. von Storch and A. Navarra (eds), Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques!. Berlin: Springer Verlag (in press)

Kahlig, Peter

1993 “Some aspects of Julius von Hann’s contribution to modern climatology.” Interactions between Global Climate Subsystems. The Legacy of Julius Hann. Geophysical Monograph 75.

Karl, T.R., R.G. Quayle and P.Y. Groisman,

1993: “Detecting climate variations and change: New challenges for observing and data management systems.” J. Climate 6, 1481-1494.

Köppen, Wladimir P.

1899 Klimalehre. Leipzig: Göschen'sche Verlagshandlung.

Köppen, Wladimir P..

1901 Versuch einer Klassifikation der Klimate. Vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. Leipzig: B.G. Teubner.

Köppen, Wladimir P.

1923 Die Klimate der Erde. Grundriss der Klimakunde. Berlin and Leipzig: de Gruyter.

Köppen, Wladimir P.

[1923] 1931 Grundriß der Klimakunde. Second Edition of Klimate der Erde. Berlin: deGruyter.

Knoch, Karl

[1883] 1932 „Vorwort zur vierten Auflage.“ Pp. VIII-X in Julius von Hann and Karl Knoch, Handbuch der Klimatologie. Fourth Edition. Volume 1: Allgemeine Klimalehre. Stuttgart: J. Engelhorn.

Kremser, Victor

1891 „Review of Brückner's Klimawandel.” Meteorologische Zeitschrift 220-229.

Lacey, C. and D. Longmann

1993: “The press und public access to the environment and development debate.” The Sociological Review 41, 207-243.

Lang, C.

1885 „Der säculare Verlauf der Witterung als Ursache der Gletscherschwankungen in den Alpen.“ Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie 440-452.

Oberhummer, E.

1927 „Eduard Brückner.“ Pp. 195-199 in Akademie der Wissenschaften in Wien, Almanach für das Jahr 1927. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky.

Ploetz, Alfred

1911 „Die Begriffe Rasse und Gesellschaft und einige damit zusammenhängende Probleme.“ Pp. 111-136 in Verhandlungen des Ersten Deutschen Soziologentages vom 13.-22. Oktober 1910 in Frankfurt am Main. Tübingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck).

Richter, E.

1891 „Geschichte der Schwankungen der Alpengletscher.“ Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins 22: 1-74.

Smith, Southwood

1866 The Common Nature of Epidemics, and their Relation to Climate and Civilization. London: N. Trubner.

Sombart, Werner

[1911] 1951 The Jews and Modern Capitalism. Translated by M. Epstein. Glencoe, Ill.: Free Press.

Sombart, Werner

1938 Vom Menschen. Versuch einer geisteswissenschaftlichen Anthropologie. Berlin: Buchholz & Weisswange.

Stehr, Nico

1997 "Trust and climate." Climate Research 8: 163-169, 1997.

Stehr, Nico

1996 "The ubiquity of nature: Climate and culture." Journal for the History of the Behavioral Sciences 32: 151-159.

Stehr, Nico

1991 Practical Knowledge. London: Sage.

Stehr, Nico and Hans von Storch

1995 "The social construct of climate and climate change." Climate Research 5:99-105.

Stehr, Nico, Hans von Storch und Moritz Flügel

1995 "'The 19th Century Discussion of Climate Variability and Climate Change: Analogies for the Present?'" World Resources Review 7: 589-604.

Steinhauser, F.

1951 "Julius Hann." In Österreichische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), Österreichische Naturforscher und Techniker. Wien: Gesellschaft für Natur und Technik.

Swarovsky, A.

1881 Bericht über das XII. Vereinsjahr der Vereins der Geographen der Universität Wien. Wien: Verein der Geographen der Universität Wien.

van Andel, T.

1994: New Views on an old planet. A History of Global Change. 2nd Edition. Cambridge: Cambridge University Press.

von Storch, Hans and Klaus Hasselmann:

1995: Climate Variability and Change. Proceedings of The European Conference on Grand Challenges in Ocean and Polar Sciences, Bremen, 12-16 September 1994.

Whitney, J.D.

1882 "Climatic changes in later geological times." Memoirs of the Museum of Comparative Zoology. Harvard College. Volume VII. Cambridge, Mass.

Whitney, J.D.

1894 "Brief discussion of the question whether changes of climate can be brought about by the agency of man etc." United States Supplement I, Boston. Appendix B: 290-317.

Woeikof, Aleksandr I.

1887 Die Klimate der Erde. Grundriß der Klimakunde. Translation from the Russian by the Author. Jena: H. Costenoble.

Figure 1: Rainfall variations (in percentage departures from a normal) in Europe and the United States and emigration to the United States. All data are five yearly means. After Brückner (1915)

Figure 2: Number of typhoid related deaths per 10,000 in Basel (Switzerland); the data have been smoothed with a five-year running mean filter. The light line represents the raw data. The heavy line represents the data after subtraction of the linear trend and of the mean value. Prepared with data offered by Brückner (1890: 280).

1. Grundwasser und Typhus

Die Darstellung einer Krankheit nach ihren Symptomen, ihrem Verlauf und Ausgang, den Mitteln, mit denen man sie zu bekämpfen vermag, ist Aufgabe des Mediziners und vermessen wäre es, wenn ein Laie sich erkühnte, ein Wort hier mitsprechen zu wollen. Allein gar oft zeigt es sich, dass das Auftreten gewisser Krankheiten durch Vorgänge in der Natur außerhalb des Menschen bedingt ist; vor allem kommen hier jene Erscheinungen in Betracht, deren Studium der Meteorologie und physischen Geographie obliegt. So lösen gewisse meteorologische Vorgänge, etwa der Wechsel von Wärme und Kälte, von Dürre und Nässe, Krankheiten aus, wenn auch die moderne Medizin gelehrt hat, dieselben nicht als eigentliche Erzeuger, sondern nur als bedingende Ursachen jener Krankheiten aufzufassen. Indem bei Erforschung dieses Zusammenhanges die Medizin auf das Gebiet der Meteorologie übergriff, entstand eine Wissenschaft, die ein Grenzgebiet zwischen Meteorologie und Medizin bildet und als solches von beiden Seiten mit Erfolg bearbeitet wird. Ihr Charakter als Grenzgebiet darf nicht aus dem Auge gelassen und nicht etwa die Grenze, die beide Wissenschaften scheidet, willkürlich auf Kosten einer derselben verschoben werden. Dieser Umstand mag es rechtfertigen, wenn der Verfasser als Laie auf dem Gebiet der Medizin gelegentlich eines Vortrages im Zweigverein Hamburg-Altona der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft am 24. Februar 1888 das Wort zur Frage nach den Beziehungen zwischen Grundwasser und Typhus ergriff und in den nachfolgenden Seiten seine Resultate der Öffentlichkeit übergibt, indem er gleichzeitig Herrn Stadtphysikus Dr. Reincke seinen Dank ausspricht für die ihm von demselben in so zuvorkommender Weise zur Verfügung gestellten, noch nicht publizierten Daten der Hamburger Typhusstatistik.

Die Veranlassung zu der vorliegenden Studie gab die schwere Typhusepidemie, welche Hamburg in den Jahren 1884 bis 1887 heimsuchte. Überblickt man die Ergebnisse der Hamburger Medizinal-Statistik, so erkennt man, dass vom Jahre 1838 an, dem ersten, für welches entsprechendes Material vorliegt, die Zahl der jährlichen Todesfälle in Folge von Typhus mehr oder weniger ununterbrochen abgenommen hat, sofern wir von den allerersten Jahren absehen. Von 10000 Einwohnern starben in dem ersten Jahrzehnt des angegebenen Zeitraums 14 bis 19 jährlich. Ende der 70er und Anfang der 80er Jahre aber nur 2 bis 3. Seit 1885 griff eine bedeutende Verschlechterung Platz: 1885 erlagen von je 10000 Einwohnern des Hamburgischen Staates 4 dem Typhus, 1886 7 und 1887 sogar 8 bis 9, so dass in dem letzten Jahre im Ganzen 410 Todesfälle in Folge von Typhus konstatiert wurden. Die herrschende Epidemie tritt noch klarer hervor, wenn man nicht die Zahl der Todesfälle, sondern die Zahl der Erkrankungen ins Auge fasst: Es erkrankten 1879-84 von allen Einwohner jedes Jahr durchschnittlich 700, in den 12 Monaten von Juli 1884 bis Juni 1885 aber 1334. 1885/86 3015 und 1886/87 gar 5330. Die letzte Zahl ist ungeheuer, denn sie lehrt, dass 1 % der gesamten Bevölkerung in diesen 12 Monaten einmal vom Typhus befallen wurde. Glücklicherweise trat die Krankheit dabei in relativ milder Form auf, so dass nur etwa 8 - 9% der Erkrankten starben, gegenüber 15 - 16% in den Jahren vor 1880. Unwillkürlich drängt sich die Frage auf: Worin ist die Ursache dieser entsetzlichen Kalamität zu suchen?

Das Studium der Verbreitungsweise epidemisch oder endemisch auftretender Krankheiten führte v. Pettenkofer zu dem Resultat, dass für ihr Auftreten Faktoren der Außenwelt bestimmend werden, indem sie die Vermehrung und Ausbreitung der betreffenden Krankheitskeime begünstigen oder hemmen. Die Summe dieser äußeren

Einwirkungen auf den Krankheitskeim hat v. Pettenkofer als örtliche und zeitliche Disposition bezeichnet. Es kann nach ihm in der Regel zu einer epidemischen Ausbreitung einer solchen Krankheit nur innerhalb einer bestimmten Lokalität und auch in dieser nur bei einem bestimmten Zusammentreffen einer Reihe von Faktoren kommen, unter denen die meteorologischen eine große Rolle spielen. So suchte er einerseits das häufig so eigentümlich lokalisierte Auftreten der Cholera zu erklären, so wies er andererseits auf einen Zusammenhang des Auftretens des Typhus mit den Schwankungen des Grundwassers hin. In jüngster Zeit hat I. Soyka in Prag die letztere Frage aufgegriffen, viel neues Material zusammengetragen und ist zu demselben Resultat gelangt¹⁸). Soykas Verdienst ist es vor allem, den Fragen über den Einfluss des Bodens auf die Entwicklung der Krankheitskeime experimentell näher getreten zu sein¹⁹).

Die Schwankungen des Grundwassers erscheinen nämlich nur als Hilfsursachen, nicht als die eigentlichen Krankheitserreger. Die letzteren sind Lebewesen kleinster Art. Spaltpilze, Bazillen, deren massenhaftes Auftreten im menschlichen Körper Störungen und Zerstörungen verursacht, deren Gesamtheit wir als Typhus bezeichnen. Derartige Krankheitskeime gibt es immer und überall, fortwährend dringen sie auf den menschlichen Körper ein. Unser Organismus kämpft einen ununterbrochenen Kampf gegen dieselben, indem er die fremden Eindringlinge zu vernichten sucht: gelingt ihm dieses nicht, so erkrankt der Mensch. Nun gibt es aber Verhältnisse und Bedingungen, unter welchen jene Krankheitskeime sich außerhalb des Menschen im Boden ganz besonders stark vermehren und daher besonders zahlreich sind, oder solche, unter welchen sie besonders leicht in die unmittelbare Nähe des Menschen vordringen. Diese begünstigenden Verhältnisse ändern sich nicht nur von Ort zu Ort, sondern auch von Zeit zu Zeit und entsprechend ändert sich auch die Zahl der auf den Menschen eindringenden Krankheitserreger. Die unmittelbare Folge ist, das in den Zeiten, in welchen die Verhältnisse günstig für jene Keime liegen, die Zahl der Erkrankungen wächst und die Krankheit einen epidemischen Charakter annimmt. Eine Änderung der begünstigenden Faktoren, der Hilfsursachen, ruft auch sofort eine Änderung im Auftreten der Krankheit hervor. In dieser Weise spielt nach v. Pettenkofer und Soyka der Grundwasserstand die Rolle einer Hilfsursache für den Typhus, deren Änderungen von Zeit zu Zeit auch die Typhusfrequenz folgt.

Überall, wo nicht fester Fels, sondern lockere Ablagerungen, wie Sand und Kies die unmittelbare Erdoberfläche bilden, stoßen wir in unserem Klima in gewisser Tiefe auf Wasser, welches die Hohlräume des Bodens ausfüllt. Es ist eingedrungenes Regenwasser, welches sich auf Schichten, die, wie kompakter Fels oder Lehm, ein Tieferdringen nicht gestatten, als Grundwasser ansammelt. Sein Spiegel hebt oder senkt sich zu Zeiten, ebenso wie sich der Spiegel unserer Flüsse hebt und senkt: denn fortwährend wird ihm einerseits durch Regen Wasser zugeführt und andererseits durch Verdunstung Wasser entzogen. Die Abstammung des Grundwassers aus dem Regen ist zwar in jüngster Zeit von Volger²⁰) wieder bestritten worden: doch kann sie trotzdem als absolut sichergestellt betrachtet werden. Denn wie noch vor kurzem Soyka auf Grund eines großen Materials zeigte, folgen die Schwankungen des Grundwasserspiegels durchaus der Witterung an der Erdoberfläche. Wird mehr Regenwasser ihnen zugesandt,

¹⁸ Zur Epidemiologie und Klimatologie von Frankfurt a.M. Deutsche Vierteljahresschrift f. öffentl. Gesundheitspflege XIX, 2. Heft, Braunschweig 1887; Zur Actiologie des Abdominaltyphus, Archiv f. Hygiene Bd. VI S 257 ff.

¹⁹ Prager medizinische Wochenschrift. 1885. No. 28 - 31, Zeitschrift f. Hygiene, II. Bd., 1887, S. 96 ff.

²⁰ Meteorologische Zeitschrift. 1887. S. 388.

als die Verdunstung entführt, so steigt das Grundwasser, im andern Fall sinkt es. So kommt es, dass einerseits der Grundwasserstand sich von Monat zu Monat, andererseits auch von Jahr zu Jahr ändert. Es ist nun eine sehr bemerkenswerte Tatsache, dass die Häufigkeit des Typhus genau diesen Änderungen des Grundwassers folgt: in jenen Zeiten, in welchem das Grundwasser sinkt oder tief steht, tritt der Typhus besonders häufig auf, er wird seltener bei steigendem oder hochstehendem Grundwasser.

Diese Ansicht ist zur Zeit noch nicht allgemein in medizinischen Kreisen durchgedrungen, und es hat gewiss weit über die Hälfte der praktischen Ärzte die Überzeugung, dass nicht die Schwankungen des Grundwassers, sondern einzig und allein Verunreinigungen des Trinkwassers die Ursache von Epidemien sind. In der Tat spricht in manchen Fällen, z. B. bei der jüngsten Typhusepidemie in Zürich, die Beschränkung der Erkrankungen auf Häuser, die ihr Trinkwasser aus ein und derselben Leitung nehmen, für die Richtigkeit dieser Anschauung. Verbesserung des Trinkwassers ist die Parole, die ausgegeben wird, wo es gilt, dem Typhus zu wehren.

Zu diesen Theorien gesellt sich endlich als dritte diejenige hinzu, welche in Erdarbeiten eine wesentliche Ursache für eine epidemische Ausbreitung des Typhus erblicken will. Das Aufwühlen des Bodens, der die Krankheitskeime enthält, bringt die letzteren in unmittelbare Nähe des Menschen und vermag hierdurch den Ausbruch der Epidemie zu veranlassen.

Welche von diesen Anschauungen die richtige ist, ist zur Zeit noch nicht entschieden und sehr wohl denkbar ist der Fall, dass alle drei gleichzeitig zu Rechte bestehen, vermag doch die Natur fast immer dieselbe Wirkung auf verschiedene Wege zu erzielen. Für das letztere scheint mir durchaus die Typhusstatistik von Hamburg zu sprechen.

Es konnte nicht ausbleiben, dass bei der letzten Typhusepidemie in Hamburg die Ursache derselben eifrig erörtert wurde. Fast allgemein wurde das Trinkwasser für dieselbe verantwortlich gemacht, das ja freilich in Hamburg schlecht genug ist: Unfiltriertes Elbwasser mit einer reichen Fauna, die in den Röhren der Wasserleitung trefflich gedeiht. Auch v. Pettenkofers Grundwassertheorie wurde vertreten, vor allem von Herrn Dr. Reincke, und endlich auch vielfach die Meinung geäußert, die Epidemie sei durch die gewaltigen Erdarbeiten zum Zweck des Zollanschlusses veranlaßt. Fern sei es von mir, die Frage definitiv beantworten zu wollen: doch möchte ich einige Tatsachen darlegen, welche auf die zukünftige Lösung vielleicht einiges Licht zu werfen geeignet sein dürften.

Wenden wir uns zunächst der Jahresperiode des Grundwasserstandes und der Typhusfrequenz zu.

Die jährliche Schwankung des Grundwasserstandes ist durch das Ineinandergreifen der jährlichen Periode des Regenfalls und derjenigen der Verdunstung bedingt. In Mitteleuropa mit seinen Sommerregen wirkt die Jahresperiode des Regenfalls auf ein sommerliches Maximum des Grundwasserstandes hin: die gerade im Sommer ihr Maximum erreichende Verdunstung ihrerseits sucht ein sommerliches Minimum des Grundwasserstandes durchzusetzen. Je nachdem nun an einem Ort das eine oder das andere Element eine schärfer ausgesprochene Jahresschwankung besitzt, folgt auch der Grundwasserstand bald dem Rhythmus des einen, bald dem des andern. Soyka hat uns gelehrt, dass in dieser Beziehung zwischen Nord- und Mitteldeutschland einerseits und Süddeutschland andererseits ein Gegensatz besteht.²¹ In diesem überwiegt

²¹ Soyka, Schwankungen des Grundwassers mit besonderer Berücksichtigung der mitteleuropäischen Verhältnisse. Penck's Geograph. Abhandlungen, Bd. II, Heft 3, S. 49

der Einfluss des Regenfalls, in jenem derjenige der Verdunstung. Entsprechend ist auch die Verteilung der Typhusfälle auf die einzelnen Monate eine ganz verschiedene.

Als Repräsentant Süddeutschlands mag uns München dienen, für welches wir die Daten in der nachfolgenden kleinen Tabelle zusammenstellen. Die Änderung der Verdunstung von Monat zu Monat wird durch das Sättigungsdefizit dargestellt. Es ist das letztere die Differenz zwischen der tatsächlich beobachteten absoluten Feuchtigkeit der Luft und der der betreffenden Temperatur zukommenden maximalen Feuchtigkeit. Dasselbe stellt die Fähigkeit der Luft dar, Wasser aufzunehmen, und ist daher ein treffliches Maß der Verdunstung. Es ist für den vorliegenden Fall nach der einfacheren, allerdings nicht absolut genauen Methode, aus der der mittleren Temperatur des betreffenden Monats entsprechenden maximalen Dampfspannung und dem Monatsmittel der beobachteten absoluten Feuchtigkeit berechnet. Die Zahlen für den Grundwasserstand geben dessen Höhe über dem Meeresspiegel an. Die Verteilung der Typhustodesfälle über die einzelnen Monate ist durch Prozente der Jahressumme ausgedrückt. Überall sind die Maxima durch Fettdruck, die Minima durch Asterisken charakterisiert.

München (1850 - 85)

| | | Jan. | Feb. | März | Apr. | Mai | Juni |
|-------------------|----|------------|------|------|------|------|------------|
| Regenfall | mm | 35 | 29* | 48 | 56 | 78 | 112 |
| Sättigungsdefizit | mm | .18* | .42 | .86 | 1.84 | 2.43 | 3.11 |
| Grundwasser 54500 | cm | 40 | 42 | 48 | 50 | 52 | 58 |
| Typhustodesfälle | % | 11.5 | 11.9 | 11.2 | 9.0 | 7.5 | 6.9 |
| | | Juli | Aug. | Sep. | Okt. | Nov | Dez. |
| Regenfall | mm | 112 | 102 | 72 | 54 | 50 | 46 |
| Sättigungsdefizit | mm | 3.54 | 3.23 | 2.06 | .94 | .41 | .22 |
| Grundwasser 54500 | cm | 59 | 57 | 45 | 37 | 32* | 35 |
| Typhustodesfälle | % | 6.4 | 6.5 | 6.3 | 5.8 | 6.9 | 9.6 |

Man sieht, wie einerseits die Maxima des Grundwasserstandes, des Regenfalls und des Sättigungsdefizits zusammenfallen und wie andererseits die Todesfälle infolge von Typhus bald nach dem Maximum des Grundwasserstandes ihr Minimum erreichen. Es scheint hier der Einfluß der Verdunstung gleich Null zu sein, weil er ganz von demjenigen des Regenfalls überwuchert wird. Tatsächlich jedoch macht sich die Verdunstung dadurch geltend, daß sie das Grundwasserniveau im Sommer nicht so hoch steigen läßt, wie es der starken jährlichen Periode des Regens entsprechen würde, wenn dasselbe nur vom Regen abhängig wäre. Es ist durch das Entgegenwirken von Verdunstung und Regen die Schwankung außerordentlich gedämpft; die Amplitude beträgt zu München nur 27 cm, während sie an anderen Orten, wo sich Regenfall und Verdunstung nicht in dem Maße entgegenarbeiten, weit größer ist, so in Berlin bei gleichmäßigerer Regenverteilung 58 cm, in Bremen 60 cm, in Brunn 58 cm.

Ähnlich wie in München verhält sich das Grundwasser im Staate Michigan²² Im Mittel zweier Stationen zeigten Regenfall, Grundwasser und Typhus die nachfolgenden Beziehungen. Die Höhe des Grundwasserspiegels ist von einem willkürlichen Nullpunkt nach oben gerechnet. Das Sättigungsdefizit konnte ich für diese Stationen nicht berechnen.

Michigan (1885-86)

| | Jan. | Feb. | März | Apr. | Mai | Juni |
|--|------|------|------|------|-----|------|
|--|------|------|------|------|-----|------|

²²

Typhus 1856/85.

| | | | | | | | |
|-------------------|----|------|------|------|-----------|-----------|------|
| Regenfall | mm | 73 | 31* | 42 | 62 | 62 | 105 |
| Grundwasser 54500 | cm | 25 | 25 | 46 | 91 | 84 | 71 |
| Typhustodesfälle | % | 9 | 5 | 5 | 4* | 4* | 5 |
| | | Juli | Aug. | Sep. | Okt. | Nov. | Dez. |
| Regenfall | mm | 62 | 128 | 116 | 51 | 67 | 54 |
| Grundwasser 54500 | cm | 51 | 20 | 33 | 20 | 8 | 0* |
| Typhustodesfälle | % | 5 | 10 | 14 | 15 | 15 | 9 |

Auch hier sind die Monate April bis Juli durch hohen Grundwasserstand ausgezeichnet: allein doch ist schon durch die starke Verdunstung im Sommer das absolute Maximum in den April gerückt und vom Juli zum August findet eine enorme Erniedrigung des Wasserstandes statt, der vom August bis zum Februar tief bleibt. Durchaus im Einklang damit fällt das Maximum der Typhuskurve auf den Oktober, das Minimum auf den April. Das Verhältnis zwischen Grundwasser und Typhus ist auf Seite 185 graphisch dargestellt worden.

Ein ganz anderes Bild der jährlichen Schwankung des Grundwassers zeigen uns die Gebiete mit schwach ausgesprochener Regenperiode, welche uns Berlin repräsentieren mag.

Berlin (1870 - 85)

| | | | | | | | |
|--------------------|----|-------------|------|------|-------------|------|------|
| | | Jan. | Feb. | März | Apr. | Mai | Juni |
| Regenfall | mm | 40 | 35 | 47 | 32* | 40 | 62 |
| Sättigungsdefizit | mm | .71 | .95 | 1.55 | 2.73 | 3.95 | 5.13 |
| Grundwasser 3200 + | cm | 72 | 79 | 88 | 96 | 88 | 69 |
| Typhustodesfälle | % | 5.7 | 5.5 | 5.6 | 6.0 | 5.6 | 5.2* |
| | | Juli | Aug. | Sep. | Okt. | Nov. | Dez. |
| Regenfall | mm | 66 | 60 | 41 | 58 | 44 | 46 |
| Sättigungsdefizit | mm | 5.64 | 4.83 | 3.77 | 1.72 | 1.01 | .59* |
| Grundwasser 3200 + | cm | 56 | 45 | 40 | 38* | 47 | 50 |
| Typhustodesfälle | % | 8.0 | 11.6 | 13.9 | 14.3 | 9.9 | 8.5 |

Hier überwiegt durchaus der Einfluss der Verdunstung und das Grundwasser steht am Höchsten im Winter mit einem absoluten Maximum im April, dem das Minimum des Regenfalls angehört; es sinkt mit zunehmender Verdunstung trotz des gleichzeitig wachsenden Regens und beginnt erst wieder zu steigen, nachdem die Verdunstung bei sinkender Temperatur erheblich abgenommen hat. Die Typhuskurve verläuft wieder durchaus entsprechend dem v. Pettenkofer'schen Gesetz: Die Monate hohen Wasserstandes sind arm an Typhus, diejenigen niedrigen Wasserstandes reich.

Fassen wir unser Resultat in anderer Weise übersichtlich zusammen, indem wir sowohl für den Grundwasserstand als auch für die Typhusfrequenz Jahreszeitenmittel berechnen, welche die nachfolgende Tabelle enthält.

| | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|--------|-------------|
| München | Frühling | Sommer | Herbst | Winter |
| Grundwasser in cm | 50 | 58 | 38* | 39* |
| Typhustodesfälle % | 27.7 | 19.8* | 19.0* | 33.0 |
| Michigan | Frühling | Sommer | Herbst | Winter |
| Grundwasser in cm | 74 | 47 | 20* | 17* |

| | | | | |
|----------------------|----------|--------|--------|--------|
| Typhuserkrankungen % | 13* | 20 | 44 | 23 |
| Berlin | Frühling | Sommer | Herbst | Winter |
| Grundwasser in cm | 91 | 57 | 42* | 67 |
| Typhustodesfälle % | 17.2* | 24.8 | 38.1 | 19.7 |

Dem Typhus von Berlin folgt wie alle norddeutschen Städte auch Hamburg, wenigstens in den Jahren vor 1884. Freilich reichen hier die Beobachtungen über die Schwankungen des Grundwassers nur bis zum Jahre 1880 zurück: sie sind von dem Herrn Sanitätsbeamten C. C. H. Müller in der Vorstadt Eimsbüttel nicht weit vom Isebeck-Kanal mit großer Sorgfalt gemacht und mir von dem genannten Herrn in zuvorkommendster Weise zur Verfügung gestellt worden. Es ist für die zweite Stadt des Deutschen Reiches wenig ehrenvoll, daß diese aus privater Initiative und mit privaten Mitteln ins Werk gesetzten Beobachtungen die einzigen sind, die überhaupt in Hamburg angestellt wurden oder heute angestellt werden, während viele kleinere Städte seit Jahren eine größere Anzahl von Brunnen beobachten lassen, so Bremen seit 1869 10 Brunnen, Frankfurt a.M. seit 1869 15 Brunnen, von denen heute noch 6 beobachtet werden, Berlin seit 1870 31 Brunnen, München seit 1856 1 Brunnen, zu dem sich später mehrere andere gesellten, Salzburg seit 1860 1 Brunnen, seit 1867 eine größere Anzahl, u.s.w.

Leider ist die Lage des Beobachtungspunktes in Eimsbüttel keine sehr günstige. Das Bohrloch findet sich unweit der Eimsbütteler Kirche im Garten des Herrn Müller in einer Entfernung von etwa 100 m vom Isebeck-Kanal. Der letztere ist erst 1883 und 1884 gegraben worden; an seiner Stelle befand sich vorher ein winziger Bach, die Isebeck, deren Spiegel einige Meter über dem Spiegel des heutigen breiten und für größerer Boote passierbaren Kanals lag. Es konnte nicht ausbleiben, daß die Anlage des Kanals auf den Grundwasserstand der Umgebung einen Einfluß ausübte. Wenn wir daher sehen, daß der Grundwasserspiegel von 1880 bis 1887 um 4,20 m gesunken ist, so irren wir gewiß nicht, wenn wir den Anteil, den die Jahre 1884 bis 1887 hierzu lieferten, 2,73 m zum größeren Teil auf Rechnung des Kanals und nur zum kleineren auf Rechnung des geringeren Regenfalls setzen. Aus diesem Grunde sind die Beobachtungen bis auf weiteres nicht zu benutzen, wenn es sich um die Verfolgung der Schwankungen von Jahresmittel zu Jahresmittel handelt. Das neuerdings im Laufe des Jahres 1888 erfolgte starke Steigen des Grundwassers deutet indessen darauf hin, daß jene künstlichen Eingriffe doch nicht ganz so wirksam oder nicht so nachhaltig waren, als es den Anschein hatte. Auf alle Fälle lassen sich die Beobachtungen zur Konstatierung der jährlichen Periode recht gut verwenden. Nur muß freilich durch die allmähliche Senkung eine geringe Verzerrung der Jahresperiode in den Jahren 1884 - 1887 derart eingetreten sein, daß die Monatsmittel am Schluß des Jahres gegenüber denen am Anfang deprimiert erscheinen. Dieses ist in der Tat der Fall, wenn wir die mittlere Jahreskurve aus 1880 - 83 mit derjenigen von 1884 - 87 vergleichen. Beide sind durchaus ähnlich, nur ist das Minimum aus dem Juli, August und September fortgerückt in den August, September und Oktober, und der Dezember, in welchem 1880 - 83 der Wasserspiegel eben so hoch stand wie im Januar, ist 1884 - 87 erheblich tiefer als der Januar. Gleichwohl hat sich der *Typus der Kurve* nicht geändert und es steht sonach einem Vergleich der Jahreskurve des Typhus mit derjenigen des Grundwassers nichts im Wege.

Bereits eine flüchtige Durchsicht des Materials über den Typhus in Hamburg und seine jährliche Periode ließ es ratsam erscheinen, dasselbe nicht zu einem allgemeinen Mittel zu verdichten, sondern die Jahresperiode getrennt für den Zeitraum 1880 - 83 und für den Zeitraum der Epidemie 1884 - 87 zu berechnen und das Ergebnis mit der für

dieselben Zeiträume ermittelten Jahresschwankung des Grundwassers zu vergleichen. Die nachfolgende Tabelle gibt das Resultat wieder. Die Kurve der Typhusmorbidity ist wie oben durch Angabe des procentischen Anteils ausgedrückt, den jeder einzelne Monat zur Jahressumme der Erkrankungen stellt. Die Höhe des Grundwassers ist durch Mittheilung seiner Erhebung über den mittleren Stand des Monats, in welchem der Grundwasserspiegel seine tiefste Lage erreicht, ausgedrückt.

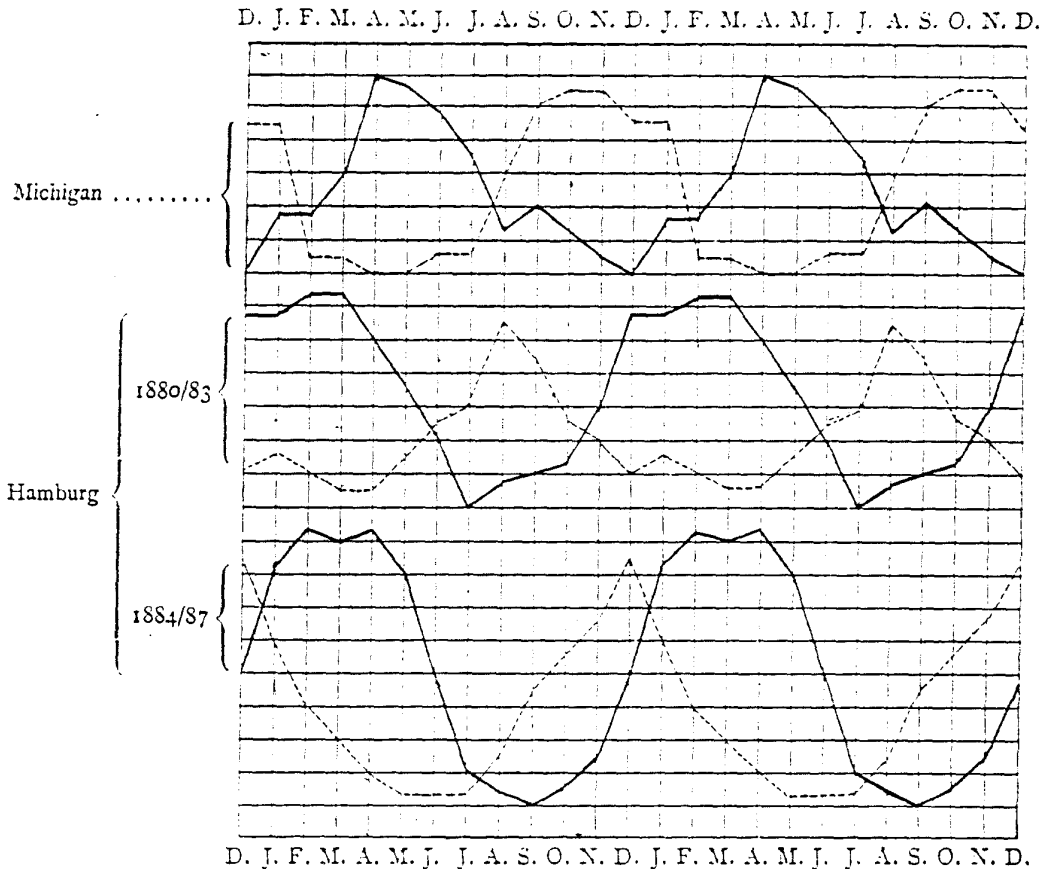
Hamburg 1880 - 83

| | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| | Jan. | Feb. | März | Apr. | Mai | Juni |
| Grundwasser cm | 17 | 19 | 19 | 15 | 11 | 5 |
| Typhuserkrank. % | 7 | 6 | 5* | 5 | 7 | 9 |
| | Juli | Aug. | Sep. | Okt. | Nov. | Dez. |
| Grundwasser cm | 0* | 2 | 3 | 4 | 9 | 17 |
| Typhuserkrank. % | 10 | 15 | 13 | 9 | 8 | 6 |

Hamburg 1884 - 87

| | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| | Jan. | Feb. | März | Apr. | Mai | Juni |
| Grundwasser cm | 22 | 25 | 24 | 25 | 20 | 12 |
| Typhuserkrank. % | 12 | 8 | 6 | 4 | 3 | 3* |
| | Juli | Aug. | Sep. | Okt. | Nov. | Dez. |
| Grundwasser cm | 4 | 1 | 0* | 1 | 4 | 11 |
| Typhuserkrank. % | 3 | 5 | 9 | 13 | 15 | 19 |

Um die Verhältnisse besser überblicken zu können, sind die Zahlen für Hamburg und außerdem diejenigen für Michigan auf der umstehenden Figur graphisch zur Darstellung gekommen. Der Maßstab ist derart gewählt, daß einem Ansteigen der Kurven um einen Teilstrich überall eine Zunahme der Typhusfrequenz um 2 % entspricht sowie ein Steigen des Grundwassers bei Hamburg um 3 cm, bei Michigan um 15 cm.



Auf den ersten Blick erkennt man, daß Hamburg in den Jahren 1880 - 1883 sich durchaus dem Gesetz von v. Pettenkofer und Soyka anschließt. Die Typhusfrequenz ist am größten bei tiefem, am kleinsten bei hohem Grundwasserstand. Bei steigendem Grundwasser fällt dieselbe durchweg. Ein ganz anderes Bild begegnet uns bei Hamburg 1884 - 87. Hier entfällt das Minimum der Typhushäufigkeit auf die Zeit, in welcher das Grundwasser fortwährend sich erniedrigt, und das Maximum in die Zeit des Steigens des Grundwassers; es findet also das gerade Gegenteil von dem statt, was man nach der Theorie von v. Pettenkofer sowie nach dem Verhalten der Jahre 1880 - 83 in Hamburg erwarten sollte. Dieser Gegensatz erscheint noch vollkommener, wenn wir bedenken, daß unsere Jahreskurve des Grundwassers durch dessen allgemeine Erniedrigung verzerrt ist. Wenn wir die Verzerrung zu eliminieren suchen, so nähert sich das Minimum des Grundwasserstandes noch mehr dem Minimum der Typhusfrequenz und das Maximum der Typhusfrequenz fällt in noch höherem Grade in die Zeit hohen Grundwasserstandes.

Die Schwankungen des Grundwassers bietet dabei dieselben Erscheinungen dar wie 1880 - 83, nur mit einer ganz geringen Verspätung der Epochen. Dagegen ist die Typhuskurve der Jahre der Epidemie 1884 - 87 zum Teil direkt derjenigen von 1880 - 83 entgegengesetzt. Vor 1884 war in Hamburg der Typhus eine Sommerkrankheit mit einem Maximum in den Monaten Juli, August und September. Von 1884 an ist er durchaus eine Winterkrankheit mit einem Maximum im November, Dezember und Januar. Um dieses besser übersehen zu können, bilden wir für die Typhushäufigkeit Jahreszeitenmittel.

| Hamburg Häufigkeit der Typhuserkrankungen %. | Frühling | Sommer | Herbst | Winter |
|---|----------|--------|--------|-----------|
| 1880-83 | 17* | 34 | 30 | 19 |
| 1884-87 | 13 | 11* | 37 | 39 |

Der Eintritt der Epidemie änderte vollkommen die jährliche Periode der Typhuserkrankungen und störte die früher scharf ausgesprochenen Beziehungen zwischen Grundwasserstand und Typhus. Dieses spricht durchaus dafür, daß jene außerordentliche Epidemie überhaupt keinen Zusammenhang mit den Schwankungen des Grundwasserspiegels besitzt; es deutet vielmehr alles auf das Eingreifen einer fremden Ursache hin.

Gehen wir nun zu der Frage über, ob die Änderung der Typhusfrequenz von Jahr zu Jahr etwa Beziehungen zu den Schwankungen des Grundwassers in Hamburg aufweist. Soyka hat dieses für eine Reihe von Städten untersucht, so für Berlin, Frankfurt a.M., Bremen, München und Salzburg. Er kam dabei zu dem Resultat, daß Jahre mit erheblichen Typhusepidemien auch durch niedrigen Grundwasserstand ausgezeichnet sind und andererseits Jahre mit hohem Grundwasserstand relativ typhusfrei erscheinen. Um sein Ergebnis zu veranschaulichen, geben wir hier die Daten für München wieder. Die Typhussterblichkeit ist auf 10 000 Einwohner bezogen, und der Grundwasserstand in Zentimetern von einem 514 m über dem Meer befindlichen Nullpunkt nach oben gezählt. Die Daten für das Grundwasser beziehen sich auf den Brunnen der Karlstrasse, seit 1875 jedoch auf denjenigen im physiologischen Institute, dessen Angaben von mir mit Hilfe der Resultate der gemeinsamen Jahre 1869 - 74 auf die Seehöhe des Brunnens in der Karlstrasse durch Anbringung einer Korrektur von + 6 mm reduziert wurden. Überall sind die Maxima durch Fettdruck, die Minima durch Asterisken markiert.

Typhussterblichkeit und Grundwasser zu München

| | | | | | | | | | | |
|-------------|------------|------------|------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------|
| | 1856 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 |
| Typhus | 29.1 | 28.2 | 33.0 | 17.0 | 10.7* | 11.9 | 20.1 | 16.1* | 25.3 | 20.5 |
| Grundwasser | 103 | 91 | 88* | 123 | 140 | 152 | 131 | 120 | 125 | 105* |
| | 1866 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 |
| Typhus | 20.8 | 5.2* | 7.4 | 11.6 | 15.0 | 13.3 | 23.3 | 12.7* | 16.0 | 11.7 |
| Grundwasser | 113 | 180 | 161 | 135 | 125* | 137 | 127* | 132 | 115* | 120 |
| | 1876 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 |
| Typhus | 6.0* | 8.0 | 5.1* | 10.4 | 6.4 | 1.8 | 1.7 | 1.9 | 1.5 | 1.7 |
| Grundwasser | 186 | 180 | 181 | 158* | 175 | 179 | 135 | 141 | 112 | 112 |

Die Jahre 1858, 1864, 1872 und 1879 sind durch Typhusepidemien und gleichzeitig durch tiefen Grundwasserstand ausgezeichnet: die Jahre 1861, 1867, 1876 und 1878 durch hohen Grundwasserstand und ein außerordentliches Zurückgehen des Typhus. Auch wenn man mehr ins Einzelne eingeht, zeigt sich durchaus eine Abhängigkeit; steigt das Grundwasser von einem Jahr zum andern, so senkt sich gleichzeitig die Typhuskurve. Von im Ganzen 25 Fällen vor dem Jahre 1881 folgen 19 dieser Regel und nur 6 bilden Ausnahmen. Es spricht sich durchaus eine Bestätigung des aus der Jahresperiode beider Elemente abgeleiteten Gesetzes aus. Von 1882 an fehlt die Übereinstimmung aus Gründen, auf welche wir weiter unten zu sprechen kommen.

Leider besitzen wir, wie erwähnt, für Hamburg Aufzeichnungen über den Stand des Grundwasserspiegels erst seit 1880 und auch diese sind nicht homogen. So ist es unmöglich, die Schwankungen der Typhusfrequenz direkt mit solchen des Grundwassers zu vergleichen. Doch hilft uns eine Überlegung, deren Berechtigung sich ziffernmäßig nachweisen läßt, über diesen Übelstand hinweg. Es läßt sich ohne erheblichen Fehler die Kurve des Grundwasserstandes durch eine andere Kurve, die Kurve der Flußwasserstände, ersetzen. Zuerst glaubte ich auf anderem Wege zum Ziel kommen zu können. Es sind nämlich zwei Faktoren, welche den Stand des Grundwassers regeln: neben dem Niederschlag, welcher das Grundwasser vermehrt, kommt noch, wie wir oben sahen, die Verdunstung in Betracht, welche dem Grundwasser fortwährend Wassermengen entführt. Erst das Ineinanderspielen beider Faktoren bestimmt den Stand des Grundwassers und seine Schwankungen. So kam es, daß in die Jahresschwankung, je nach dem überwiegenden Einfluß des einen oder des andern Faktors, das Grundwasser sich bald mehr der Schwankung des Regenfalls, bald mehr derjenigen der Verdunstung anschloß. Es läßt sich daher naturgemäß für die Jahresperiode nicht a priori voraussagen, ob an einem Ort der Grundwasserspiegel mehr dem einen oder dem anderen Element folgen wird. Etwas anders liegt der Fall bei den Schwankungen des Grundwassers, wie dieselben sich von Jahr zu Jahr vollziehen. Regenreiche Jahre pflegen nämlich gleichzeitig feucht und kühl und daher meist durch eine geringe Verdunstung, sehr trockene Jahre hingegen durch eine hohe Verdunstung ausgezeichnet zu sein. Die nachfolgenden Fünfjahrsmittel für Salzburg sind geeignet, diesen Zusammenhang zu beweisen.

Salzburg

| | Grundwasserspiegel (ü.d.M.) | Regenmenge | Sättigungsdefizit. |
|---------|--------------------------------|-------------|--------------------|
| | 410 m + | mm | mm |
| 1861/65 | 2.97* | 1058* | 2.38 |
| 1866/77 | 3.03 | 1207 | 1.95 |
| 1871/75 | 2.99 | 1283 | 1.70 |
| 1876/80 | 3.13 | 1431 | 1.63* |

Das Minimum des Regenfalls fällt zeitlich mit dem Maximum der Verdunstung zusammen und vice versa. Was für Fünfjahrsmittel gilt, gilt nun auch bis zu einem gewissen Grad für die einzelnen Jahre; ordnet man für Salzburg die einzelnen Jahre nach der Größe ihres Regenfalls und reinigt je 5 derselben in eine Gruppe und berechnet endlich das zugehörige Sättigungsdefizit, so findet man, das nachfolgende Werte des Regenfalls und des Sättigungsdefizits einander entsprechen:

| mittlere Regenmenge | mittleres Sättigungsdefizit |
|---------------------|-----------------------------|
| mm | mm |
| 1546 | 1.544 |
| 1361 | 1.752 |
| 1278 | 1.866 |
| 1111 | 1.994 |
| 866 | 2.280 |

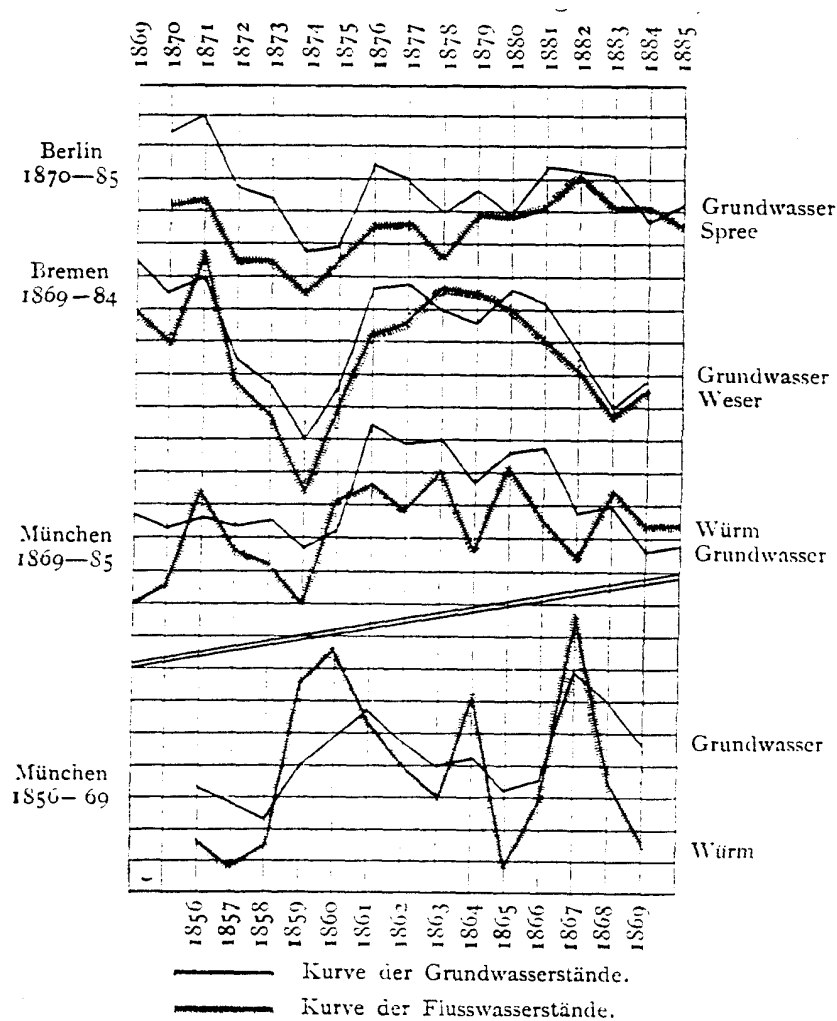
Verfolgt man endlich die Änderung des Regenfalls und des Sättigungsdefizits von Jahr zu Jahr, so entspricht meist einer Zunahme des Regenfalls eine Abnahme der Verdunstung und umgekehrt; so war in den Jahren 1860 bis 1885 in München die Änderung der beiden Elemente in 17 Fällen eine entgegengesetzte und nur in 7 Fällen eine gleichgerichtete: für Salzburg sind die betreffenden Zahlen 15 und 7. Es beeinflussen also meist Regen und Verdunstung das Grundwasser in gleichem Sinne.

In der Tat spricht auch Soyka aus, daß im Großen die Schwankungen des Niederschlags und diejenigen des Grundwassers von Jahr zu Jahr übereinstimmen und Lang geht sogar soweit, direkt den säkularen Verlauf der Grundwasserschwankungen durch die Kurve der Niederschlagssummen ersetzen zu wollen.²³⁾ Allein gleichwohl überzeugte mich eine Zusammenstellung der Grundwasser- und Niederschlagskurven für Berlin, Frankfurt a.M. und Bremen, daß diese Annäherung im Einzelnen unvollkommen sein kann, so daß sie unsern Zwecken nicht genügt. Ich mußte mich nach einem anderen Ersatz umsehen und fand denselben in den Flußwasserständen der Elbe. Schon Soyka wies²⁴⁾ darauf hin, daß die Kurve der Wasserstände der Flüsse und diejenige der Grundwasserstände an benachbarten Orten eine ganz auffallende Übereinstimmung besitzen; er tat dieselbe speziell für Berlin (Spree), Frankfurt a.M. (Main), Bremen (Weser) und München (Würm)²⁵⁾ dar. Wie ausnehmend parallel in der Tat der Gang der beiden Elemente ist, möge die nebenstehende graphische Darstellung zeigen, die auf Grund von Soykas Zahlen entworfen wurde. Der Maßstab der Kurven ist derart, daß einem Teilstrich des zu Grunde gelegten Netzes eine Änderung des Grundwasserstandes in Berlin um 0.1 m, in Bremen um 0.17 m, in München um 0.2 m entspricht und eine Änderung des Flußwasserstandes der Spree um 0.1 m, der Weser um 0.2 m und der Würm um 0.05 m.

²³⁾ Schwankungen der Niederschlagsmengen und Grundwasserstände in München 1857 - 1886. Beob. der Met. Stationen im Kgr. Bayern. Bd. IX, 1887. S. XIII.

²⁴⁾ Schwankungen des Grundwassers etc. S. 80.

²⁵⁾ Die Isar ist hierzu unbrauchbar, weil sie ihr Bett reißend rasch vertieft.



Diese Figur liefert uns den strengen Beweis, daß Grundwasserschwankungen und Schwankungen der Flußwasserstände direkt parallel verlaufen, und daß man ohne erheblichen Fehler die eine Kurve durch die andere ersetzen kann. Das gilt sowohl für die Bewegung des Wasserstandes in ihren großen Zügen, als auch im Einzelnen. Grundwasserspiegel und Flußspiegel senken und heben sich gleichzeitig. Die Bewegung war gleichgerichtet in Berlin in 11 Fällen und in nur 4 entgegengesetzt gerichtet, in Bremen in 13 bzw. 2 und in München in 24 bzw. 5 Fällen, d.h. im Ganzen in 48 Fällen gleichgerichtet und in nur 11 Fällen entgegengesetzt. Die Übereinstimmung erscheint noch vollständiger, wenn man in Betracht zieht, daß unter jenen 11 Fällen sich nur ein einziger (bei München 1860 - 61) befindet, in welchem es sich um eine stärkere Schwankung handelt. Wunder nehmen kann uns diese Übereinstimmung nicht, beeinflussen doch der Regenfall seiner Menge und seiner Verteilung über die Jahreszeiten nach sowie die Verdunstung den Wasserstand im Fluß wie im Boden genau in gleichem Sinn. Dazu kommt bei Berlin und Bremen noch, daß das Grundwasser bis zu einem gewissen Grade mit dem Flußwasser kommuniziert und auch daher dessen Bewegung folgt²⁶, während freilich bei München von einer Kommunikation des Grundwassers weder mit der mehrere Kilometer von München entfernten Würm noch mit der Isar die Rede ist, ohne daß darum die Kongruenz der Bewegung aufgehoben wäre. Hier ist es also nur die gleichartige Beeinflussung durch Regenfall und Verdunstung, welche die Übereinstimmung hervorrufen kann.

26

Soyka a. a O. S. 58, 80.

Forschen wir in Hamburg nach dem Verhältnis des Grundwassers zu den fließenden Gewässern. Das Elbwasser dringt in zahlreichen Fleeten in den mittleren und südöstlichen Teil der Stadt ein; der ganze Norden aber steht unter dem Einfluß der Alster und ihrer Zuflüsse, wie der Isebeck u.a. Der Boden Hamburgs wird in ziemlich unregelmäßiger Abwechslung von Lehm und Sand gebildet. An vielen Stellen bildet der Blocklehm über das Niveau der Oberflächengewässer emporrage Rücken, zwischen denen Mulden liegen, oder isolierte Kuppen; vielfach auch besteht der Boden bis erheblich unter das Flußniveau herab aus lockerem Sand. Es ist wahrscheinlich, daß hier wie in Berlin, Bremen und Frankfurt enge Beziehungen zwischen Grundwasserstand und Flußwasserstand herrschen. Diese Beziehungen streng nachzuweisen vermag ich leider nicht, da mir die Flußwasserstände der Elbe bei Hamburg nur bis zum Jahre 1869 berechnet und gedruckt vorliegen. Grundwasserstandsbeobachtungen aber erst seit 1880 und dazu nur im Gebiet der Alster und nicht in dem der Elbe existieren. Nur auf die Identität der Jahresperiode sei hier hingewiesen: Grundwasser und Fluß stehen in den Monaten Februar, März und April am höchsten und im September am tiefsten. Doch nehme ich angesichts der Verhältnisse in Bremen, München, Berlin und Frankfurt a. Main keinen Anstand, die Kurve der Schwankungen des Elbspiegels als Repräsentantin der Kurve der Grundwasserschwankungen in Hamburg zu benutzen.

Die nachfolgende Tabelle enthält nun für die einzelnen Jahre einerseits die Typhusmortalität für Hamburg, auf 10000 Einwohner bezogen, für die Jahre 1838 - 1887; beigegeben ist außerdem für die Jahre 1872 - 1887 die Typhusmorbidity, die ich, wie alle Angaben über die Typhusstatistik Hamburgs, dem Entgegenkommen des Herren Stadtphysikus Dr. Reincke verdanke. Die Jahresmittel beziehen sich hier leider nicht auf das bürgerliche Jahr, sondern auf den Zeitraum vom 1. Juli bis 30. Juni des folgenden Jahres und sind jeweilen dem zweiten Jahr beigegeben. Andererseits enthält die Tabelle den mittleren Wasserstand der Elbe. Der letztere ist für 3 Punkte gegeben: für Hamburg selbst, für Artlenburg, ca. 45 km weiter oberhalb, und für Magdeburg ca. 280 km oberhalb. Die Pegelstände für Magdeburg und Artlenburg sind nach einer gedruckten Tabelle berechnet, die von dem Bureau der Baudeputation, Sektion für Strom- und Hafenaufbau, herausgegeben wurde. Die Herbeziehung der Pegelbeobachtungen zu Artlenburg und Magdeburg geschah, weil der Wasserstand zu Hamburg keine reine Funktion der Witterungsverhältnisse des Stromgebiets der Elbe oberhalb ist. Es macht sich in Hamburg in sehr bedeutendem Maß Ebbe und Flut geltend; die Flutgröße beträgt in vieljährigen Jahresmittel 1.8 m und ist viermal so groß als die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Jahresmittel des Wasserstandes. Dazu kommt noch vor allem, daß die hier mitgeteilten Jahresmittel nicht aus Terminbeobachtungen gefunden sind, sondern als Mittel der mittleren Hochwasser und der mittleren Niedrigwasser. Sie sind also mit einem Fehler behaftet, der von jenen Perioden der Gezeitenbewegung stammt, deren Länge nicht rein, sondern mit einem Bruch in die Länge des bürgerlichen Jahres aufgeht. Daher repräsentiert der Wasserstand bei Artlenburg, wo die Gezeitenbewegung fast unmerklich geworden ist, viel besser die spontanen Schwankungen des Elbspiegels, wie sie als Folge der Witterungsphänomene auftreten und wie sie allein uns ein Bild der Schwankungen des Grundwassers in jenen bei weitem größeren Teilen Hamburgs geben können, welche wohl mit der Alster, nicht aber mit der Elbe in Beziehung stehen. Absolut unbeeinflusst von den Gezeiten ist die Elbe bei Magdeburg: die dortigen Beobachtungen sind schon darum mitgeteilt, weil sie bis 1883 mir vorliegen, dagegen die Beobachtungen zu Hamburg und Artlenburg nur bis 1869. Auch die Resultate der Grundwasserbeobachtungen des Herrn C. C.H. Müller seit

1880 in Hamburg-Eimsbüttel sind wiedergegeben, obwohl sie wegen künstlicher Änderungen im benachbarten Terrain nicht einwurfsfrei sind.

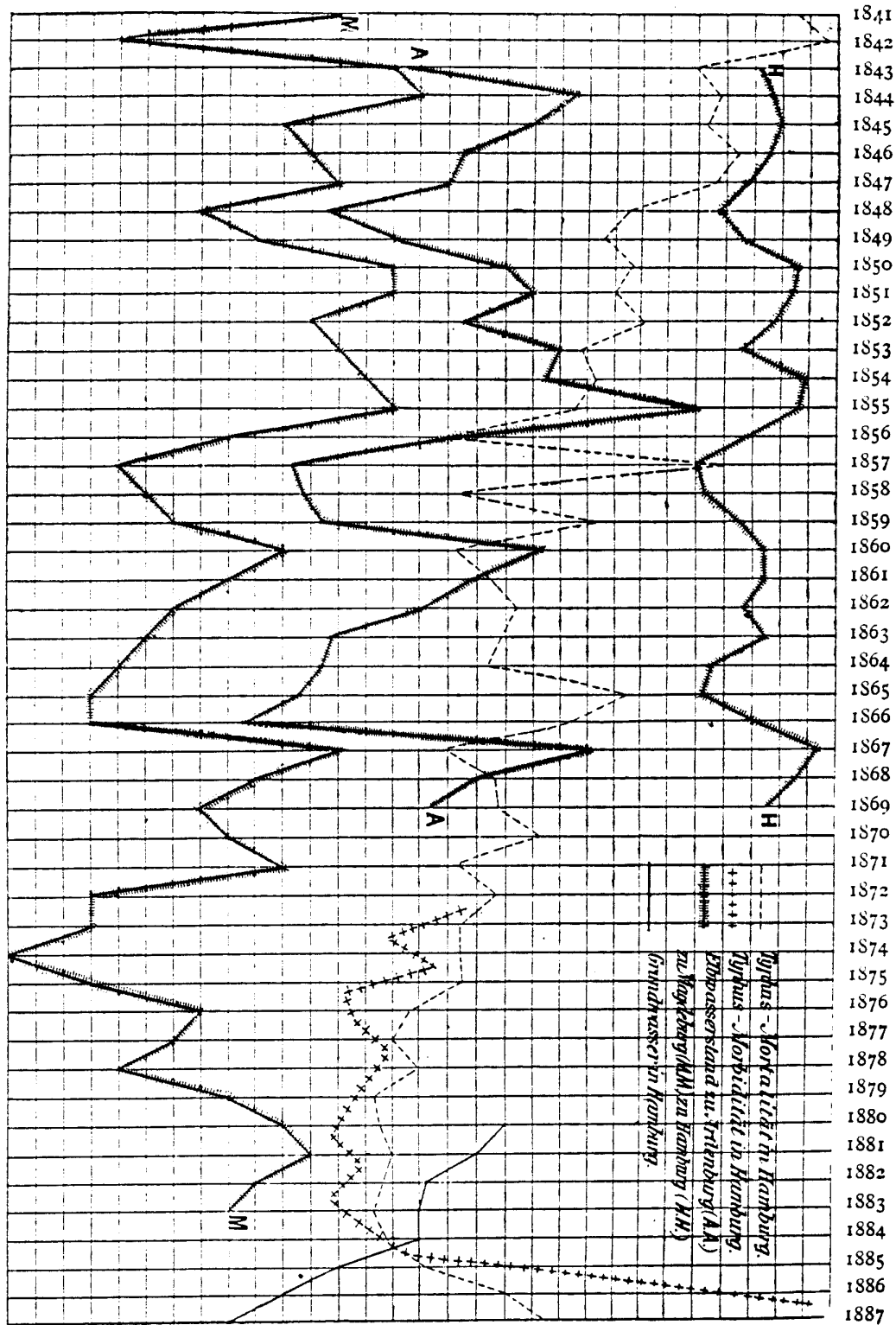
Typhus in Hamburg und Elbwasserstand.

| Jahr | Typhusmortalität ‰ | Elbwasserstand | | |
|------|-----------------------|--------------------|------------------------|----------------|
| | | Hamburg m | Artlenburg m | Magdeburg m |
| 1838 | 15.3 | - | - | - |
| 1839 | 16.1 | - | - | - |
| 1840 | 14.7 | - | - | - |
| 1841 | 17.7 | - | - | 2.1 |
| 1842 | 18.7 | - | - | 1.3 |
| 1843 | 14.1 | 1.34 | 1.25 | 2.3 |
| 1844 | 14.6 | 1.38 | 1.87 | 2.4 |
| 1845 | 14.3 | 1.39 | 1.68 | 1.9 |
| 1846 | 15.5 | 1.34 | 1.42 | 2.0 |
| 1847 | 14.8 | 1.27 | 1.41 | 2.1 |
| 1848 | 11.4 | 1.17 | 0.92 | 1.6 |
| 1849 | 10.7 | 1.27 | 1.18 | 1.8 |
| 1850 | 11.5 | 1.47 | 1.62 | 2.3 |
| 1851 | 11.1 | 1.43 | 1.73 | 2.3 |
| 1852 | 12.1 | 1.38 | 1.54 | 2.0 |
| 1853 | 9.9 | 1.28 | 1.82 | 2.1 |
| 1854 | 10.2 | 1.47 | 1.73 | 2.2 |
| 1855 | 9.6 | 1.42 | 2.34 | 2.3 |
| 1856 | 5.1 | 1.29 | 1.44 | 1.8 |
| 1857 | 16.2 | 1.10 | 0.83 | 1.4 |
| 1858 | 5.2 | 1.13 | 0.88 | 1.5 |
| 1859 | 10.5 | 1.26 | 0.97 | 1.6 |
| 1860 | 5.2 | 1.34 | 1.72 | 2.0 |
| 1861 | 6.6 | 1.34 | 1.45 | 1.8 |
| 1862 | 7.3 | 1.27 | 1.28 | 1.6 |
| 1863 | 6.9 | 1.34 | 0.97 | 1.5 |
| 1864 | 6.3 | 1.15 | 0.94 | 1.4 |
| 1865 | 11.5 | 1.14 | 0.85 | 1.3 |
| 1866 | 9.4 | 1.27 | 0.66 | 1.2 |
| 1867 | 5.0 | 1.54 | 1.87 | 2.1 |
| 1868 | 6.6 | 1.45 | 1.45 | 1.8 |
| 1869 | 6.8 | 1.33 | 1.21 | 1.7 |
| 1870 | 8.4 | Typhus- | 1.8 | |
| 1871 | 5.3 | Morbidität | 2.0 | |
| 1872 | 6.7 | 0/000 | 1.3 | |
| 1873 | 5.4 | 38.1 ²⁷ | Grundwasser Hamburg | 1.3 |
| 1874 | 5.4 | 23.7 | | 1.0 |
| 1875 | 5.5 | 32.4 | m | 1.3 |
| 1876 | 3.5 | 15.7 | | 1.7 |
| 1877 | 3.0 | 18.7 | | 1.6 |
| 1878 | 3.9 | 24.7 | | 1.4 |
| 1879 | 2.5 | 19.4 | | 1.8 |
| 1880 | 2.6 | 15.9 | 4.90 | 2.0 |
| 1881 | 3.0 | 13.9 | 4.45 | 2.1 |
| 1882 | 2.7 | 18.9 | 3.69 | 1.9 |
| 1883 | 2.5 | 13.5 | 3.48 | 1.8 |
| 1884 | 2.6 | 18.3 | 3.43 | - |
| 1885 | 4.2 | 26.8 | 2.48 | - |
| 1886 | 7.0 | 58.1 | 1.38 | - |
| 1887 | 8.6 | 100.7 | 0.70 | - |

Da die Übersicht über die Tabelle schwer zu gewinnen ist, so sind deren Zahlen auf der beistehenden Figur graphisch dargestellt worden. Der Maßstab ist derart gewählt

²⁷ Bei der Typhus-Morbidität ist das Jahr vom 1. Juli bis zum 30. Juni gerechnet und das Mittel zu demjenigen Jahr gesetzt, dessen erste Hälfte es enthält; also bezieht sich z. B. 38.1 bei 1873 stehend auf Juli 1872 bis Juni 1873 etc.

worden, daß ein Herabsteigen oder Emporschnellen der Kurven um einen Theilstrich eine Änderung der Typhus-Mortalität um 1 o/ooo, der Typhus-Morbidität um 5 o/ooo, des Elbwasserstandes um 0.1 m und das Grundwasserstandes um 0.5 m bedeutet.



Betrachten wir die Tabelle oder noch besser die Figur, so sieht man zunächst die außerordentliche Verminderung der Typhus-Mortalität, die sich mit geringen Unterbrechungen von 1842 bis 1883 vollzog. Dieselbe ist zweifelsohne einerseits eine Folge der Änderung in der Behandlungsweise, welche die Todesfälle der Erkrankten

reduzierte, andererseits der Assanierung der Stadt, welche überhaupt die Erkrankungen seltener werden läßt. Vom Jahre 1884 an aber beginnt die Kurve sich rapid und kontinuierlich zu heben.

Vergleichen wir nun die 3 Wasserstandskurven miteinander, so erkennen wir auf den ersten Blick, daß sie nahezu parallel verlaufen. Diese Parallelität ist vollkommen zwischen Magdeburg und Artlenburg, trotz der ca. 230 km betragenden Entfernung beider Stationen von einander. Sie ist sehr viel geringer zwischen Artlenburg und Hamburg, bei einer Entfernung von nur 45 km. Zwar treten auch bei Hamburg im Großen dieselben Schwankungen des Elbspiegels auf wie weiter oberhalb, doch sind sie außerordentlich gedämpft. Fassen wir die Richtung der Bewegung der Kurven von Jahr zu Jahr ins Auge, so war dieselbe in der nachfolgenden Zahl von Fällen übereinstimmend, entgegengesetzt oder unbestimmt:

Bei Magdeburg u. Artlenburg übereinstimmend 21, entgegengesetzt 3, unbestimmt 2

Bei Artlenburg u. Hamburg übereinstimmend 18, entgegengesetzt 8, unbestimmt -,

Bei Magdeburg u. Hamburg übereinstimmend 17, entgegengesetzt 7, unbestimmt 2.

Es tritt der Einfluß der Gezeitenbewegung klar zu Tage und zeigt uns, daß wir, wie wir oben schon a priori schlossen, die Schwankungen des Elbspiegels bei Hamburg nur für jene Teile des Grundwassers als Bild benutzen dürfen, welche direkt mit dem Strom kommunizieren, dagegen die Schwankungen des Grundwassers im Gebiet der Alster, die ausschließlich Funktion der Witterungsvorgänge sind, weit eher durch die Schwankungen der Elbe bei Artlenburg uns repräsentiert denken dürfen.

Vergleichen wir nunmehr die Typhuskurve mit den Kurven der Wasserstände, so finden wir, daß die Typhusepidemien der Jahre 1842, 1852, 1857, 1859, 1865, 1870 und 1878 sich alle bei niedrigem Wasserstand ereigneten und daß andererseits die auffallend typhusfreien Jahre 1843 - 45, 1860, 1867, 1871, 1876 - 77 Jahren mit hohem Wasserstand entsprechen. Nicht in Übereinstimmung mit dem Gesetz befinden sich die kleinen Epidemien von 1846 und 1872, sowie die typhusfreien Jahre 1856 und 1858, auf die ein sehr niedriger Wasserstand fällt.

Ist das Gesetz richtig, so muß im Einzelnen einem Ansteigen des Wasserstandes ein Sinken der Typhuskurve entsprechen und vice versa. Wenn man die Typhuskurve mit der Kurve des Wasserstandes zu Artlenburg vergleicht, so sprechen 62% der Fälle für einen Zusammenhang, 38% gegen einen solchen, mit der Wasserstandskurve zu Magdeburg 55% dafür, 45% dagegen, mit der Wasserstandskurve zu Hamburg 54% dafür und 46% dagegen. Nach Soykas graphischen Darstellungen sprechen in dieser Weise für einen Zusammenhang zwischen Grundwasser und Typhus in München, Berlin, Frankfurt a..M., Bremen, Salzburg im Mittel 61% der Fälle. Sehr viel günstiger stellt sich das Resultat, wenn wir nur die bedeutenderen Änderungen der Kurven in Betracht ziehen. Einer Senkung oder Hebung des Elbspiegels bei Magdeburg um 0.2 m oder mehr von einem Jahr zum andern entspricht eine entgegengesetzte Bewegung der Typhuskurve von Hamburg in 71% der Fälle und einer Hebung oder Senkung der Typhuskurve um 2 oder mehr als 2 o/ooo eine entgegengesetzte Bewegung des Elbspiegels bei Magdeburg in 66% der Fälle.

Es deutet also, soweit man aus den Schwankungen des Elbspiegels auf entsprechende des Grundwassers schließen kann, alles auf einen Zusammenhang zwischen Grundwasser und Typhus in Hamburg in ihrer Änderung von Jahr zu Jahr hin und es bestätigt sich das Resultat, daß wir für die Jahresperiode des Zeitraums 1880 - 83 fanden. Wie aber verhält es sich mit den Jahren 1884 - 87, deren Jahresperiode sich durchaus nicht dem allgemeinen Gesetz fügen wollte?

Soyka wies darauf hin, daß die Bewegung des Grundwasserspiegels von Jahr zu Jahr, wenn man ihre großen Züge ins Auge faßt, auf weiten Strecken auffallend parallel verläuft. Es erklärt sich dieses aus der Übereinstimmung der Witterung auf weit ausgedehnten Gebieten. Ich habe an anderer Stelle gezeigt, wie der Regenfall auf den Landmassen der Erde gewisse allgemein auftretende Schwankungen aufweist.²⁸⁾ Diesen Schwankungen des Regenfalls folgt nun auch das Grundwasser. Die Dürrenperiode Anfang der 60er-Jahre, die sich in ganz Europa, in Asien, in Amerika, in Australien, kurz in allen Ländern der Erde, als solche bemerkbar macht, ist in Europa allgemein von einem niedrigen Grundwasserstand begleitet; seit jener Zeit hat der Regenfall zugenommen und ist der Grundwasserspiegel gestiegen; man kann sagen, das Klima hat sich geändert. Es erleben die Länder der Erde großartige Klimaschwankungen, es wechseln regenreiche Perioden mit relativ trockenen ab. Das laufende Jahrhundert zählt bereits 3 Serien feuchter Jahre, um 1815, 1850 und 1880, zwischen welche sich Perioden regenarmer Jahre einschalten. Entsprechend änderte sich auch der Grundwasserstand und damit, wie wir schließen müssen und wie zuerst Penck aussprach,²⁹⁾ die Verhältnisse des Auftretens des Typhus. Die nachfolgende kleine Tabelle mag diesen Zusammenhang veranschaulichen.

| | Salzburg | | | München | | | Elbspiegel | | Hamburg |
|---------|-------------|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|----------------|-------------|---------------|
| | Regen mm | Grundw. m | Typhus † ‰ | Regen mm | Grundw. m | Typhus † ‰ | Artlenbg. m | Mgdbg. m | Typhus † ‰ |
| 1841/45 | - | - | - | - | - | - | - | 2.00 | 15.9 |
| 1846/50 | - | - | - | - | - | - | 1.31 | 1.96 | 12.8 |
| 1851/55 | - | - | - | - | - | - | 1.83 | 2.18 | 10.6 |
| 1856/60 | - | - | - | 781 | 0.09* | 23.6 | 1.17 | 1.66 | 8.4 |
| 1861/65 | 1058* | 2.97* | - | 755* | 0.27 | 18.7 | 1.10* | 1.52* | 7.7 |
| 1866/70 | 1207 | 3.03 | 9.3 | 790 | 0.42 | 12.0 | 1.0 | 1.76 | 7.2 |
| 1871/75 | 1283 | 2.99 | 14.9 | 766 | 0.27 | 15.4 | - | 1.38 | 5.6 |
| 1876/80 | 1431 | 3.13 | 5.9 | 874 | 0.75 | 7.2 | - | 1.70 | 3.1 |
| 1881/85 | 1285 | 3.04 | 2.6 | 919 | 0.35 | 1.7 | - | 1.93 | 3.0 |

Es ist in hohem Grade zu bedauern, daß uns für die Typhusfrequenz nicht die Morbiditätszahlen für eine längere Reihe von Jahren zur Verfügung stehen, sondern nur die Mortalitätszahlen. Die letzteren aber zeigen überall, wo es sich um den Vergleich weit von einander entfernter Zeiträume handelt, gefälschte Verhältnisse, in sofern, als sie in hohem Grade durch die Änderung in der Heilkunde herabgedrückt werden. Nur die Morbiditätszahlen können daher als Maß für die Häufigkeit des Auftretens einer Krankheit dienen. So kommt es, daß Hamburg in der Periode 1856 -m 65, welche durch tiefen Fluß- und Grundwasserstand ausgezeichnet war, doch kein Emporsteigen der Typhusmortalität aufweist. Daß jedoch die Typhusfrequenz gleichwohl eine größere war, als in den vorhergegangenen Lustren, scheint mir wahrscheinlich: ich bin geneigt aus der so auffallenden Verlangsamung in dem allgemeinen Rückgang der Mortalität, die gerade die fraglichen Lustren charakterisiert, auf eine größere Morbidität zu schließen. Es zeigten nämlich die einzelnen Lustren die nachfolgende Verringerung der Mortalität gegenüber dem unmittelbar vorhergehenden:

| | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1846/50 | 51/55 | 56/60 | 61/65 | 66/70 | 71/75 | 76/80 | 81/85 | 86/87 |
| 3.1 | 2.2 | 2.2 | 0.7* | 0.5* | 1.6 | 2.5 | 0.1 | 4.7 |

Also ist die Verschlechterung der Typhusverhältnisse in den 60er Jahren durch einen relativen Stillstand in der Abnahme der Typhusmortalität ausgesprochen, während die günstige Zeit mit hohem Grundwasserstand um 1850 und Ende der 70er Jahre durch

²⁸⁾ Annalen der Hydrographie 1888, Februarheft.

²⁹⁾ Münchener Allgemeine Zeitung 1887.

eine rapide Abnahme der Todesfälle ausgezeichnet erscheint. Ähnliche Verhältnisse weist München auf.

Seit 1881 treffen wir in Hamburg wie in ganz Mitteleuropa einen großen Rückgang des Regenfalls an. Es fielen in Hamburg nach einander in den Jahren Millimeter Regen:

| | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1876/80 | 1881 | 1882 | 1883 | 1884 | 1885 | 1886 | 1887 |
| 867 | 695 | 673 | 586 | 758 | 620 | 598 | 466 |

Die Folge davon war ein allgemeines Sinken des Grundwassers, wie es z.B. Soyka für Bremen, Berlin, Frankfurt a. Main, München und Salzburg zeigte.³⁰ Auch für Hamburg wird ein Sinken und zwar in ganz gewaltigem Umfang, um volle 4.2 m. durch die Beobachtungen von Herrn C. C.H. Müller angedeutet. Wir wissen nun allerdings, daß der Grundwasserspiegel in Eimsbüttel durch den 1883 und 1884 gegrabenen Isebeck-Kanal stark gesenkt worden sein und sich hierdurch der größere Teil der sonst vollkommen beispiellosen Senkung um 4.2 m in 7 Jahren erklären dürfte. Allein ein anderer Teil dieser Senkung ist unbedingt der großen Regenarmut der letzten Jahre zuzuschreiben, dürfte also überall im Hamburger Gebiet aufgetreten sein. Da liegt es denn nahe, die große Hamburger Epidemie der Jahre 1884 - 87 mit diesem Sinken in Beziehung zu setzen. Wäre dem so, so müßte man erwarten, daß auch in anderen Städten, wo der Grundwasserspiegel gleichfalls stark gefallen ist, Typhusepidemien aufgetreten seien. Das ist nun aber nicht der Fall. Zwar eine ganz geringe Zunahme des Typhus bei sinkendem Grundwasser zeigen von 1883 bis 1895 Salzburg und Frankfurt a.M. In Berlin und München fehlt eine solche, vor allem auch in Hamburgs Nachbarstadt Bremen, obwohl auch hier der Grundwasserspiegel von 1881 bis 1884 um 49 cm gesunken ist.³¹ Soyka erwähnt ausdrücklich diesen Mangel der Übereinstimmung zwischen Grundwasser und Typhus in den 80er Jahren und erklärt denselben durch die mehr und mehr fortschreitende Assanierung des Bodens, welche schließlich überhaupt den Einfluß des letzteren zu eliminieren vermag.³² Sollte nun in Hamburg die Assanierung nicht in dem Maße vorgeschritten sein, so daß hier das Sinken des Grundwassers eine Epidemie veranlaßte, wie sie, was die Zahl der Erkrankungen anbetrifft, einzig in den Annalen der Hamburger Geschichte dasteht? Das erscheint unwahrscheinlich, ist doch Hamburg eine der ersten deutschen Großstädte, welche in ihrem Sielsystem eine großartige Kanalisation sich schuf. Es scheint sonach manches dafür zu sprechen, daß für die Entstehung der letzten Hamburger Epidemie in erster Reihe lokale, nur in Hamburg wirkende Verhältnisse verantwortlich zu machen sind, nicht aber die allgemeinen Grundwasserschwankungen. Diese Anschauung wird dadurch bestätigt, daß, wie wir oben sahen, die Jahresperiode des Typhus während der Epidemie absolut nicht mit der Jahresschwankung des Grundwassers harmonierte. Die letzten Jahre mit ihrer Epidemie zeigen uns also anomale Verhältnisse zwischen Grundwasser und Typhus.

Worin aber besteht jene lokale Ursache der Epidemie, auf welche wir schließen? «Ist es ein Zufall, so schrieb ich vor Jahresfrist,³³ daß der Beginn der Epidemie mit dem

³⁰ Schwankungen des Grundwassers. S 83 f.

³¹ Nicht um 2.96 m, wie S o y k a a.a. O. S. 78 sagt; es sind dort irrtümlich die Summen der Jahresmittel der verschiedenen Bremer Brunnen gegeben, die daher erst durch die Zahl der Brunnen zu dividieren sind, damit man das Universalmittel erhält. Dieses Versehen ist bei der Konstruktion der Kurve S. 189 berücksichtigt.

³² Archiv f. Hygiene. Bd. VI, S 282 u. 285.

³³ Hamburgische Korrespondent 1888. No. 85, 25. März, Morgenausgabe S. 10.

Beginn der Hafengebäude zum Zweck des Zollanschlusses zusammenfällt? Ob die Aufwühlung der Erde bei den letzteren in der Tat die Ursache ist, wird die Zukunft lehren. Wir wollen es hoffen, denn dann stehen wir, wie unmittelbar vor dem Ende der Hafengebäude, so auch unmittelbar vor dem Ende der Epidemie.» Diese Vermutung haben die Tatsachen durchaus bestätigt. In der ersten Hälfte des Jahres 1888 wurden die Erdarbeiten an den Hafengebäuden beendet und im Oktober die neuen Hafenanlagen dem Gebrauch übergeben. Seit dem Frühjahr 1888 gilt auch die Typhusepidemie in Hamburg als erloschen. Freilich ist in dem feuchten Jahr 1888 auch der Grundwasserspiegel etwas gestiegen und hierdurch wird die Sicherheit des obigen Resultates in etwas abgeschwächt.

Werfen wir einen Rückblick auf unsere Ergebnisse. Auch in Hamburg steht das Auftreten des Typhus in enger Beziehung zu den Schwankungen des Grundwasserstandes. Dieses zeigt sich klar in der Jahresperiode beider Elemente, wie sie aus den Beobachtungen der Jahre 1880 - 1883 sich ergibt. Auch in seiner Änderung von Jahr zu Jahr besitzt das Auftreten des Typhus eine Abhängigkeit von den Schwankungen des Grundwasserstandes, wie sie uns in Ermangelung von eigentlichen Grundwasserbeobachtungen die Schwankungen des Elbspiegels seit 1841 andeuten.

Eine auffallende Inkongruenz zwischen Grundwasser und Typhus macht sich jedoch in den Jahren der Epidemie von 1884 bis 1887 geltend. Die Jahresperiode stimmt nicht mehr, insofern als aus der früheren Sommerkrankheit eine Winterkrankheit geworden ist. Dazu hat die Epidemie einen so entsetzlichen Umfang angenommen, wie er bisher unerhört war. Dieselbe kann nicht wohl mit dem Sinken des Grundwassers in Zusammenhang gebracht werden, da letzteres in allen Orten Mitteleuropas auftrat, ohne doch hier eine auch nur entfernt so ausgebreitete Epidemie zur Folge zu haben. Die Epidemie scheint sich vielmehr auf die Erdarbeiten bei den neuen Hamburger Hafengebäuden zum Zweck des Zollanschlusses zurückzuführen, da sie zeitlich genau auf die Dauer dieser Erdarbeiten beschränkt war und mit der Beendigung derselben erlosch. Diese Erdarbeiten brachten enorme Massen von durchfeuchtem und trocknendem Erdreich, dem Wohnsitze zahlloser Bakterien, mit der Luft in Berührung und boten dadurch in hohem Grade den Krankheitskeimen Gelegenheit, in die Nähe des Menschen vorzudringen. Ob jetzt, nachdem die Erdarbeiten beendet und die Epidemie geschwunden ist, die Typhusfrequenz wieder in ihrer Jahresperiode und in ihren Schwankungen von Jahr zu Jahr sich den Schwankungen des Grundwassers anschmiegen wird, muß die Zukunft lehren.

2. Die Schwankungen des Wasserstandes im Kaspischen Meer, dem Schwarzen Meer und der Ostsee in ihrer Beziehung zur Witterung ³⁴

Es herrscht gegenwärtig unter den Hydrographen und Ozeanographen mehr oder weniger allgemein die Neigung, die Schwankungen des Wasserstandes, welche uns die Pegelbeobachtungen an mehr oder minder vom offenen Ozean abgeschlossenen Meeresräumen kennen lehren, dem Einfluß des Windes zuzuschreiben. Und in der Tat, wenn man sich jene gewaltigen Sturmfluten ins Gedächtnis zurückruft, welche unter dem Anprall nördlicher und nordöstlicher Winde mehrfach die niedrigen deutschen Küsten heimsuchten, so scheint diese Anschauung ihre volle Berechtigung zu besitzen.

Allein, so leicht sich auch die Wirkung des Windes auf die unmittelbaren Wasserstände und deren unperiodischen Wechsel von Tag zu Tag nachweisen und begründen läßt, so schwer ist es doch, die langsam sich vollziehende Änderung der gemittelten Wasserstände als Folge des Windes zu deuten. Man erkannte nämlich, daß sich neben den unperiodischen Schwankungen kurzer Dauer, welche an den verschiedenen Küstenpunkten desselben Meeresraumes in ganz verschiedener Weise auftreten, auch langdauernde allgemeine Schwankungen bemerkbar machen. So zeigte z.B. die Ostsee, als man die mittleren Wasserstände der verschiedenen Monate verglich, eine deutliche Jahresperiode, welche bei allen Stationen einen mehr oder minder parallelen Verlauf nahm. Derartige Schwankungen ließen sich nicht mehr als Folge lokaler Windbewegungen auffassen, mußte man doch aus denselben auf eine erhebliche Änderung des Volumens der Wassermasse der Ostsee schließen. Die allgemeinen Windverhältnisse, der Winddruck, der zu Zeiten die Wasser der Ostsee gegen Süden und Westen, diejenigen der Nordsee gegen Westen trieb, zu Zeiten wiederum die Wogen der Nordsee ostwärts staute und diejenigen der Ostsee dem Norden und Osten zu drängte, konnte hier [nicht] allein in Betracht kommen. Baensch³⁵ und H. A. Meyer³⁶ erklärten in dieser Weise die Schwankungen des Wasserstandes, soweit dieselben als Folge einer Volumenänderung auftreten: nördliche und östliche Winde bewirken eine Vermehrung der Abfuhr von Wassermassen in die Nordsee, ein Sinken der Ostsee; Westwinde umgekehrt eine Verminderung der Abfuhr und ein Steigen des Ostseespiegels. Temperatur, Luftdruck und Niederschlag sollten ohne unmittelbaren Einfluß auf die Höhe der gemittelten Wasserstände sein. Im Gegensatz zu dieser Anschauung zeigte nun aber Seibt 1885, daß die Bewegung des Wasserstandes in der jährlichen Periode und von Jahr zu Jahr keineswegs so trefflich mit den Windverhältnissen übereinstimmt, wie man anzunehmen geneigt war:³⁷ es konnte füglich der Wind nicht mehr als alleiniger Urheber

³⁴ Vortrag gehalten vor der Allgemeinen Versammlung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft in Karlsruhe, Ostern 1887. Die Untersuchungen, deren Resultate in dem Nachfolgenden dargelegt sind, bilden einen Teil einer größeren Arbeit des Verfassers, die unter dem Titel "Klimaschwankungen seit 1700" Ende des Jahres 1888 im III. Band der "*Geographischen Abhandlungen*", Wien, Hölzer, erscheinen wird. Einige wesentliche Ergänzungen zu dem Vortrage, die sich bei der Fortführung der Studien des Verfassers ergaben, sind aus Festschriften dem Text beigelegt worden.

³⁵ Studien aus dem Gebiet der Ostsee, 1872.

³⁶ Untersuchungen über die physikalischen Verhältnisse im westlichen Bereich der Ostsee.

³⁷ Das Mittelwasser der Ostsee bei Travemünde. Publikation des Königl. preußischen Geodätischen Instituts, Berlin 1885.

für jene Schwankungen verantwortlich gemacht werden. Seibt glaubt die Jahresperiode auf eine jährliche wiederkehrende Flutwelle zurückführen zu müssen, eine Verschiebung der Wassermassen des Weltmeeres in Sommer der Nordhemisphäre von der südlichen auf die nördliche, im Winter umgekehrt von der nördlichen auf die südliche Halbkugel. Eine solche Verschiebung würde natürlich eine Änderung des Wasserstandes im Gefolge haben, welche sich auch im Stand der mit dem Ozean kommunizierenden und von demselben unvollkommen abgesperrten Nebenmeere bemerkbar machen müßte. Nach Seibt und v. Baeyer³⁸ gelangt diese jährliche Flut, welche der Deklination der Sonne folgt, nur hier in den Nebenmeeren zur Beobachtung, während sie in den offenen Ozeanen durch die ununterbrochene Folge der halbtägigen Flut- und Ebbe-Erscheinungen völlig verdeckt wird. Eine ähnliche Ansicht bezeichnete 1884 v. Maydell als haltlos und unbrauchbar zur Erklärung der Jahresperiode des Wasserstandes in geschlossenen Meeren: er vermochte die Jahresschwankung des Schwarzen Meeres überhaupt nicht zu erklären.³⁹ Es ist dieses auffallend: denn er gerade war der Erste, der gleichzeitig den Nachweis für den Pontus erbrachte, daß die Änderung des Mittelwassers von Jahr zu Jahr als eine Folge der Änderung der jährlichen Niederschlagsmengen und damit der Wasserführung der Flüsse aufzufassen sei. Es sei mir gestattet, die überwiegende und auch von v. Maydell noch weit unterschätzte Bedeutung des letztgenannten Faktors, der Wasserführung der Flüsse, für den Wasserstand an drei europäischen Meeren darzutun: dem Kaspischen Meer, einem jeder Verbindung mit dem Ozean entbehrenden Gewässer; dem Schwarzen Meer, das nur durch den schmalen und wenig tiefen Bosphorus unvollkommen mit dem Mittelländischen Meer und durch das letztere mit dem Weltmeer kommuniziert; und der Ostsee, deren Verbindung mit dem Ozean eine relativ innigere und freiere genannt werden muß.

Die jährliche Periode des Wasserstandes

Für die Konstatierung der jährlichen Periode des Wasserstandes im Kaspischen Meer stehen uns zwei Beobachtungsreihen zur Verfügung, welche zu *Baku* (25 Jahre) und zu *Aschur-Ade*, in der Bucht von *Astrabad* (17 Jahre), gewonnen wurden.⁴⁰ Als Mittel aus den Resultaten der beiden gut übereinstimmenden Reihen leitete ich die unten folgenden Zahlen ab. Das Vorzeichen + [plus] bedeutet, daß der Wasserstand über dem Jahresmittel, – [minus], daß derselbe unter dem Mittel ist. Wir treffen den niedrigsten Wasserstand im März und den höchsten im Juli und August. Die Amplitude der Schwankung beträgt über 0.3 m und die Volumenänderung der Kaspischen Wassermasse, welche wir aus dieser Amplitude und dem Areal des Meeres berechnen, 165 cbkm [ckm].

³⁸ Über dessen S. vergl. Meteorologische Zeitschrift 1885, Novemberheft.

³⁹ Morskoj Sbornik 1884. Band 11. November. In einer Abhandlung über "Strömungen und Wasseraustausch zwischen dem Schwarzen und Mittelländischen Meer", welche in dieser Zeitschrift 1886 S. 532 erschien, wird unrichtig hervorgehoben, daß v. Maydell die nach den Monaten wechselnde Wasserführung der Flüsse für die Jahresschwankung des Pontusspiegels verantwortlich macht: diese Anschauung wurde von mir im Gegensatz zu v. Maydell in einem Referat über des letzteren Abhandlung in der Zeitschrift "Naturforscher" vom 27. Februar 1886 ausgesprochen.

⁴⁰ Veröffentlicht von Filipot, Schwankungen des Wasserstandes im Kaspischen Meer, Morskoj Sbornik 1880 No. 7 und 8 (in russischer Sprache).

| | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dez. |
|------------------------------------|------|-------|------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|
| Kaspisches Meer cm | -14 | -15 | -16* | -8 | 0 | 13 | 21 | 22 | 15 | 2 | -9 | -11 |
| Wolga (Astrachan) ⁴¹ cm | -50 | -60 | -70* | -40 | 120 | 220 | 100 | -20 | -40 | -30 | -50 | -60 |

Daß die Ursache dieser großen und jahraus jahrein mit fast absoluter Gleichförmigkeit sich vollziehenden Schwankung in der jährlichen Periode der Wasserzufuhr durch die Flüsse, vor allem durch die *Wolga* zu suchen ist, ist bei dem abflußlosen Kaspischen Meer selbstverständlich. Eine Übereinstimmung der monatlichen Pegelhöhen der *Wolga* zu *Astrachan* mit denjenigen des Kaspischen Meeres ist in der Tat vorhanden: hier wie dort ist der Winter die Zeit niedrigen, der Sommer die Zeit hohen Wasserstandes. Bemerkenswert ist jedoch eine sehr intensive Verspätung des höchsten Standes, der bei der *Wolga*, welche ihr Hochwasser infolge der Schneeschmelze in Nord-Rußland erhält, auf den Juni, bei dem Kaspischen Meer 1½ Monate später auf den Juli - August fällt. Allein gerade diese Abweichung bestätigt den ursächlichen Zusammenhang beider Phänomene: denn die Verspätung des Maximums im Bassin des Kaspischen Meeres ist eine Notwendigkeit, sobald dessen Wasserstandsänderung eine Folge der wechselnden Wasserführung der *Wolga* ist. Der Wasserspiegel des Meeres muß, auch nachdem das eigentliche Hochwasser der *Wolga* abgeflossen ist, so lange steigen, bis die gegen den Spätsommer zunehmende Verdunstung von der Meeresfläche gleich der gegen jene Zeit hin wieder abnehmenden Wasserzufuhr wird: es findet im Meer eine Summation statt.

Keineswegs so selbstverständlich ist die Abhängigkeit der jährlichen Schwankung des Wasserstandes in den mit dem Weltmeer kommunizierenden Becken von der jährlichen Periode der Wasserführung ihrer Zuflüsse. An denselben Zahlen, nach denen v. Maydell eine Erklärung nicht zu geben vermochte,⁴² ist es mir gelungen, qualitativ und quantitativ den Nachweis zu führen, daß die jährliche Periode des Wasserstandes auch des Schwarzen Meeres von der Wasserführung der Flüsse abhängt.⁴³ Die nachfolgende Zusammenstellung der Zahlen für das Schwarze Meer, die Donau und den Don möge hier den Beweis skizzieren.

| | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni |
|---------------------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Don bei Kälatsch ³⁾ | -0.7 | -0.4 | 0.6 | 34 | 37 | 0.4 |
| Dnjepr bei Krementschug ³⁾ | -0.4 | -0.4 | 0.4 | 23 | 26 | 0.8 |
| Donau bei Orgsova ³⁾ | -0.5* | -0.3 | 0.4 | 1.0 | 1.0 | 0.6 |
| Pontus bei Flußmündungen | -0.061 | -0.056 | -0.013 | 0.075 | 0.130 | 0.107 |
| Pontus bei flußfreien Küsten | -0.053 | -0.058* | -0.036 | 0.048 | 0.109 | 0.130 |
| | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dez. |
| Don bei Kälatsch ³⁾ | -0.4 | -2.0 | -2.4* | -1.7 | -0.7 | -0.7 |
| Dnjepr bei Krementschug ³⁾ | -0.7 | -1.1 | -1.3* | -1.2 | -0.9 | -0.7 |
| Donau bei Orgsova ³⁾ | 0.0 | -0.5 | -0.8 | -1.0* | -0.5 | -0.2 |
| Pontus bei Flußmündungen | 0.048 | -0.010 | -0.058 | -0.058 | -0.051 | -0.051 |
| Pontus bei flußfreien Küsten | 0.094 | 0.020 | -0.05 | -0.081* | -0.079 | -0.038 |

⁴¹ Nach Woeikof. Klimate der Erde (Jena 1887), Tafel XXII.

⁴² a.a.O.

⁴³ Vgl. Meteorologische Zeitschrift 1886, Juliheft S. 297.

³⁾ Nach Woeikof. Klimate der Erde (Jena 1887), Tafel XXII.

³⁾ Nach Woeikof. Klimate der Erde (Jena 1887), Tafel XXII.

Auch hier tritt uns jene Verspätung der Epochen entgegen, welche durch die Summation der Wassermassen im Pontusbecken verursacht ist: auf den April und Mai fällt der höchste Wasserstand der Flüsse, auf den Mai und Juni derjenige des Schwarzen Meeres.

Freilich zeigte sich ferner als sekundärer, aber gleichwohl nicht ganz unwesentlicher Faktor für die Bildung des sommerlichen Maximums die thermische Ausdehnung des Meerwassers um 44 cbkm bei der Erwärmung von der Februartemperatur auf die Maitemperatur.

Sehr viel komplizierter gestalten sich die Verhältnisse an der Ostsee entsprechend dem Umstand, daß hier die Kommunikation mit dem Ozean eine freiere ist. Trotz der gewundenen Gestalt des Beckens vollziehen sich die Schwankungen im Laufe des Jahres an den verschiedenen Punkten der Küste parallel. Allgemein ist der Sommer durch den höchsten Wasserstand ausgezeichnet: sodann sinkt der Meeresspiegel und erreicht im Frühjahr einen tiefsten Stand. Nicht ganz so gleichmäßig gestaltet sich an den verschiedenen Stationen die Periode, wenn wir statt der Mittel für die Jahreszeiten solche für die einzelnen Monate nehmen, allein immerhin für die gleichen Zeiträume gleichmäßig genug, daß uns eine Station als Repräsentant des ganzen Meeres angenähert dienen kann.

Ich habe hierzu *Swinemünde* gewählt, da für diese Station ein durch Seibt trefflich bearbeitetes, absolut zuverlässiges Material vorliegt.⁴⁴ Ich gebe kein Generalmittel, sondern drei zehnjährige Mittel für die Decennien 1855/64, 1865/74 und 1875/84. Es ist, wie Seibt hervorhebt, sehr bemerkenswert, daß diese drei Decennien drei recht verschiedene Jahreskurven ergeben: dem Mittel 1855/64 fehlt das Novembermaximum ganz, das 1865/74 größeres Gewicht als das Augustmaximum besitzt und abgeschwächt auch 1875/84 auftritt.

Diese bedeutende Änderung von Decennium zu Decennium weist schon darauf hin, daß die Jahresperiode des Wasserstandes in der Ostsee durch das Ineinandergreifen verschiedener Faktoren entsteht, von denen bald der eine, bald der andere ein Übergewicht gewinnt.

Ostsee bei Swinemünde (mm).

| | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dez. |
|---------|------|-------|------|-------|-----|------|------|------------|-------|------|------|-------------|
| 1855-64 | 13 | 2 | -38 | -25 | -48 | -53 | 86 | 111 | 57 | 3 | -45 | -74* |
| 1865-74 | -38 | -56 | -67 | -72* | -29 | 25 | 54 | 54 | 34 | -30 | 87 | 35 |
| 1875-84 | -16 | -28 | -13 | -86* | -71 | 32 | 62 | 69 | 45 | -2 | 17 | -12 |

Oder bei Küstrin⁴⁵ (cm).

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----|------|-------|-----|----|------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| 1807-35 | 15 | 39 | 57 | 50 | 10 | -22 | -23 | -35 | -32 | -40* | -28 | -10 |
| Glommen (cm) | | | | | | | | | | | | |
| 1862-76 | -99 | -114 | -123* | -78 | 78 | 226 | 119 | 54 | 43 | 12 | -65 | -94 |

Ein Vergleich der jährlichen Schwankung des Ostseespiegels mit derjenigen des Wasserstandes der großen deutschen Ströme, in der Tabelle oben repräsentiert durch die Oder, lehrt, daß die Wasserführung der letzteren nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen kann: dort, wo wir in der Ostsee das Minimum des Wasserstandes treffen, fällt

⁴⁴ Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde. Berlin 1881

⁴⁵ Nach Wex, über die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen: Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins 1879.

das Maximum der Wasserführung der Flüsse hin. Einem ganz anderen Regime folgen die skandinavischen Flüsse, welche durch den *Glommen* vertreten sind. Ihr sommerliches Maximum mag von Einfluß auf das fast gleichzeitige Maximum der Ostsee sein, wenn dasselbe auch keineswegs ganz auf jene Flüsse zurückgeführt werden darf. Eine erhebliche Rolle spielt wohl auch die jährliche Periode des auf den Spiegel der Ostsee fallenden und unmittelbar die Wassermasse vergrößernden Niederschlages mit ihrem sommerlichen Maximum.

Gerade für den hohen Wasserstand des Sommers erscheint ein fernerer Faktor nicht ohne Bedeutung, die thermische Ausdehnung des Ostseewassers bei seiner Erwärmung von der Winter- auf die Sommertemperatur. Durch dieselbe erfährt die Ostsee die nicht unbedeutliche Volumenvergrößerung um 30 cbkm, welche einer Erhöhung des Spiegels um 8 cm gleichkommt. Nicht zu vergessen ist freilich, daß auch die Verdunstung gegen den Sommer hin sich steigert und dadurch diese Vergrößerung des Wasservolumens durch Ausdehnung, zum Teil durch die Verminderung der Wassermasse kompensiert werden muß.

Allein alle die oben genannten Phänomene vermögen nicht das Frühjahrsminimum zu erklären, dessen Existenz doch wohl mit den um die Zeit seines Auftretens herrschenden Ost- und Nordostwinden in Zusammenhang zu bringen sein dürfte. Ebenso mag auch der hohe Wasserstand des Sommers zum Teil auf Rechnung der in dieser Jahreszeit ihre größte Beständigkeit erreichenden Westwinde zu setzen sein. Jene treiben Wasser aus der Ostsee heraus, letztere in die Ostsee hinein.

So ist es denn eine Fülle von Erscheinungen, welche ohne Zweifel alle auf die jährliche Periode des Wasserstandes der Ostsee wirken; allein deren Einflüsse quantitativ gegeneinander abzuschätzen, vermögen wir zur Zeit noch nicht. Anders verhält es sich mit der Änderung des Wasserstandes von Jahr zu Jahr.

Säkulare Schwankungen des Wasserstandes.

Selten gelangt nach Verlauf eines Jahres der Wasserspiegel eines Sees wieder auf denselben Stand zurück, den er vor Jahresfrist inne hatte; selten halten sich im Laufe eines Jahres Zufuhr und Abfuhr absolut genau das Gleichgewicht. In der Regel überwiegt in der Jahressumme einer der beiden auf den Wasserstand wirkenden Faktoren; dementsprechend steigt der Wasserstand oder er sinkt; es ändert sich der mittlere Wasserstand von Jahr zu Jahr, und diese Änderung an den drei Meeren zu verfolgen, ist nunmehr unsere Aufgabe.

Es ist ganz natürlich, daß in einem abflußlosen Becken, wie es das Kaspische Meer ist, in dem die Zufuhr von Wasser nur durch den Regen und die Flüsse und die Abfuhr nur durch Verdunstung erfolgt, die Schwankungen des Mittelwassers von Jahr zu Jahr bedeutende Beträge erreichen. Diese Schwankungen sind um so größer, als in der Regel die Witterung Zufuhr und Abfuhr in entgegengesetztem Sinne beeinflußt: regenreiche Jahre, welche eine Vergrößerung der Wasserzufuhr im Gefolge haben, pflegen kühl und daher der Verdunstung, d.h. der Wasserabfuhr, ungünstig zu sein.

Es zeigt sich nun, daß diese Schwankungen im Kaspischen Meer sich keineswegs im Laufe weniger Jahre ausgleichen, sondern vielmehr, daß sich gewisse große Bewegungen des Wasserspiegels in längeren Zeiträumen vollziehen. Nehmen wir die Lustrenmittel der von Filipof⁴⁶ publizierten Pegelbeobachtungen zu *Baku* und *Aschur-Ade*, nachdem wir dieselben auf einen einheitlichen Nullpunkt bezogen haben, so lehren uns dieselben, daß 1851 bis 1865 das Niveau des Kaspischen Meeres ein niedriges war, und daß von 1866 an der Wasserspiegel fortwährend - im Ganzen um etwa 3/4 m -

⁴⁶

a.a.O.

gestiegen ist. Dieses Steigen des Wassers tritt an beiden Stationen in gleicher Klarheit hervor und muß als absolut sichere Tatsache betrachtet werden. Die Übereinstimmung beider Stationen widerlegt im Voraus die Annahme, es sei jene Schwankung durch Bodenbewegungen veranlaßt, wie man sie gerade für das naphthareiche Baku anzunehmen geneigt sein könnte. Ich gebe hier das Mittel aus beiden Beobachtungsreihen wieder, welches auch weiter unten auf Fig. 2 S 11 im Maßstab 1:100 graphisch dargestellt ist.

| | Kaspisches Meer | | | | | |
|----|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1851-55 | 56/60 | 61/65 | 66/70 | 74/75 | 76/78 |
| cm | -21 | -26 | -19 | -19 | +16 | +56 |

Zu kurz sind die Beobachtungen, um ähnliche langdauernde Bewegungen des Pontusspiegels erkennen zu lassen. Die Aufzeichnungen aus den Jahren 1874 bis 1882⁴⁷ lehren jedoch, daß das Mittelwasser von Jahr zu Jahr seinen Stand ändert und innerhalb dieses Zeitraumes eine Schwankung bis zu 36 cm aufwies. Fassen wir die Bewegung in ihren Grundzügen ins Auge, so erkennen wir auch hier ein Ansteigen des Wasserspiegels gegen 1880 hin, entsprechend der Bewegung des Kaspischen Meeres.

Auch an der Ostsee treten anhaltende Schwankungen des Wasserstandes in den Lustrenmitteln zu Tage, deren Amplitude zwar nicht nach Dezimetern zählt, wie am Kaspischen Meere und dem Pontus, wohl aber nach Zentimetern. Sie sind zu scharf ausgesprochen und treten zu allgemein auf, als daß sie sich etwa durch Beobachtungsfehler, Änderungen der Pegel etc. erklären ließen.

Um diese Schwankungen zu verfolgen, berechnete ich für 10 deutsche Stationen, und zwar, von Ost nach West geordnet, für *Memel, Neufahrwasser bei Danzig, Stolpmünde, Colbergermünde, Swinemünde, Wiek bei Greifswald, Stralsund, Warnemünde, Wismar und Travemünde* Lustrenmittel des Wasserstandes, die ich ohne alle Ausgleichung in der nachfolgenden Tabelle niederlege: Figur 1 stellt dieselben in 1:10 der Natur graphisch dar.

| Lustrum | Ostsee (mm). | | | | | | | | | | Zahl | der |
|---------|--------------|---------------------|------------------|----------------------|------------------|------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|------|-----|
| | 1) Memel | 1) Neufahrwasser | 1) Stolpmünde | 1) Colbergermünde | 2) Swinemünde | 1) Wiek | 1) Stralsund | 3) Warnemünde | 1) Wismar | 1) Travemünde | | |
| 1826/30 | - | - | - | - | -7 | - | - | - | - | - | | |

⁴⁷ v. Maydell a. a. O.

1) Nach den Nivellements und Höhenbestimmungen etc. ausgeführt von der trigonometrischen Abtheilung der Landesaufnahme. Bd. III. § 11, S. 139. Berlin 1875.

2) Nach Seibt, Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde. Berlin 1881.

3) Wie 1) jedoch ergänzt nach den Berichten der Kieler Kommission.

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|---|
| 1831/35 | - | - | - | - | -5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1836/40 | - | - | - | - | -5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1841/45 | - | - | - | - | -6 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1846/50 | -19 | -4 | -25 | -9 | -0 | -26 | -12 | - | -47 | -24 | 9 | 1 | |
| 1851/55 | -11 | -23 | -5 | -7 | -19 | -23 | -17 | - | -10 | -33 | 9 | 1 | |
| 1856/60 | -20 | -2 | -30 | -32 | -14 | -3 | -13 | -23 | -23 | -20 | 1 | 9 | |
| 1861/65 | -17 | -23 | -23 | -28 | -33 | -24 | -32 | -21 | -25 | -29 | -1 | 10 | |
| 1866/70 | -28 | -16 | -46 | -24 | -41 | -0 | -43 | -19 | -19 | -10 | 10 | - | |
| 1871/75 | -19 | -15 | -11 | -15 | -12 | -18 | -26 | -12 | -12 | -19 | 1 | 9 | |
| 1876/80 | - | - | - | - | -47 | - | - | -38 | - | -11 | - | - | |

1) Nach den Nivellements und Höhenbestimmungen etc. ausgeführt von der trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme, Bd. III, Paragr. 11, S. 139, Berlin 1875.

2) Nach Seibt, Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde, Berlin 1881.

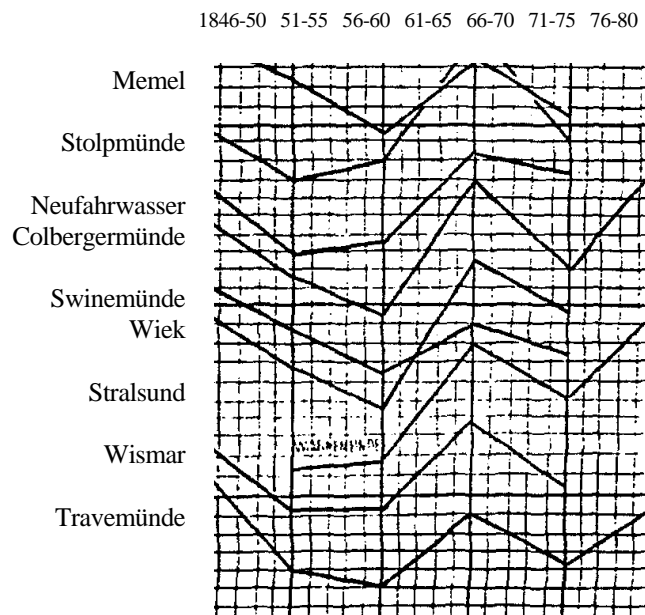
3) Wie 1), jedoch ergänzt nach den Berichten der Kieler Kommission.

4) Nach Seibt, Mittelwasser der Ostsee bei Travemünde, Berlin 1885.

Es ist ein Übelstand, daß außer von den deutschen Stationen mir bis jetzt keine langjährigen Reihen von Pegelbeobachtungen zur Verfügung standen. Allein erstens sind es doch schon der Stationen in verschiedenen Lagen genug, und andererseits dürften die Beobachtungen an den nicht vertretenen Küsten Schwedens und Finnlands zunächst nicht in dem Masse brauchbar erscheinen, weil jene Küsten sich in säkularer Hebung befinden sollen, deren Intensität vielleicht wechseln und dadurch die säkulare selbständige Bewegung des Wasserspiegels stark verzerren könnte.⁴⁸

Figur 1.
Ostseepegel.

Maßstab der Ordinaten zur Natur 1: 10



Ein Blick auf die Tabelle und noch mehr auf die Kurven der Figur 1 lehrt, daß die Bewegung des Wasserstandes an allen unseren Stationen gleichsinnig verläuft: ein Sinken von 1850 oder 1855 an, ein Minimum von 1860 bis 1865, ein erneutes Ansteigen seit 1866, erst ein plötzlicher Vorstoß, gefolgt von einem kleinen Rückschlag 1871/75,

⁴⁸ Wie ich mich später überzeugen konnte, treten auch an diesen Küsten ähnlich langdauernde Schwankungen des Wasserstandes auf.

dann ein allmähliches Anschwellen. Es ist in hohem Grade bemerkenswert, daß wir auch hier an der Ostsee jenes Ansteigen des Meeresspiegels seit der Mitte der 60er Jahre finden, welches uns am Kaspischen Meere begegnete.

Weit zurück lassen sich leider an der Hand exakter Pegelbeobachtungen die säkularen Wasserstandsbewegungen nicht verfolgen. Nur für *Swinemünde* liegt eine mit Ende der 20er Jahre beginnende Reihe von Beobachtungen vor; sie lehrt uns, daß jenem allgemeinen Maximum um die Mitte des Jahrhunderts (1845-55) eine Zeit niedrigen Wasserstandes der Ostsee voranging (vgl. Figur 2, [Seite 11 im Originaltext]).

Günstiger als für die Ostsee liegen die Verhältnisse für das Kaspische Meer. Zwar gehen die Pegelbeobachtungen nicht einmal bis über die Mitte des laufenden Jahrhunderts zurück. Allein hier riefen die in weit großartigerem Maßstabe sich vollziehenden Schwankungen des Wasserstandes tief eingreifende Veränderungen der Küstenumrisse hervor: da gibt es Inseln, die bald verschwinden, dann wieder über den Meeresspiegel sich erheben, bald mit dem Festlande als Halbinseln in Verbindung treten, dann wieder als echte Inseln erscheinen; die Schwankungen zogen daher hier früh die Aufmerksamkeit des Menschen auf sich, und in der Tat besitzen wir in zahlreichen Berichten ein schätzenswertes Material über die Bewegung des Meeresspiegels, das von Lenz und von Sokolof kritisch zusammengestellt wurde. Wenn Filipof⁴⁹ die Resultate dieser beiden Forscher als nicht genügend sicher gestellt bezeichnet, so kann ich ihm hierin nicht beipflichten. Jene zeigen vielmehr mit anderen Erscheinungen eine so gute Übereinstimmung, daß ich sie für durchaus zuverlässig und sicher halten muß.⁵⁰ Es ergibt sich, daß sich der Meeresspiegel bewegte, wie folgt:

Kaspisches Meer.

| | Bewegung | hoher Stand | tiefer Stand |
|-------------|----------|-------------|--------------|
| 644474448 | | | |
| Bis 1744 | Steigen | um 1745 | |
| bis 1766 | Sinken | | um 1765 |
| bis 1809/14 | Steigen | um 1815 | |
| bis 1842 | Sinken | | um 1845 |
| seit 1847 | Steigen | um 1850 | |
| hierauf | Sinken | | um 1860 |
| seit 1866 | Steigen | (um 1880) | |

Fassen wir das Resultat unserer bisherigen Ausführungen zusammen. Es weisen das Kaspische Meer wie die Ostsee Oscillationen ihres Spiegels auf; es wechseln langdauernde Zeiträume des Steigens mit solchen des Sinkens ab. Das Steigen und Sinken vollzieht sich, soweit Beobachtungen vorliegen, an beiden Meeren gleichzeitig und parallel, wenn auch die Amplitude der Oscillationen am Kaspischen Meer bei Weitem diejenige der Oscillationen des Ostseespiegels übertrifft.

Es liegt nahe, diese Schwankungen mit denen der Gletscher zu vergleichen, stehen doch abflußlose Seen, wie das Kaspische Meer, und Gletscher unter dem Einfluß derselben, sie in ihrer Größe und Ausdehnung regulierenden Faktoren: des Niederschlages, der beide nährt, und der Wärme, die das Wasser der einen verdunstet, das Eis der andern schmilzt. In der Tat ist eine Parallelität der Schwankungen beider

⁴⁹ a.a. O.

⁵⁰ Der eingehende Beweis hierfür wird an anderer Stelle erbracht werden. Weiteres Quellenstudium hat nur zu unbedeutenden Änderungen der obenstehenden Tabelle geführt. Dagegen ließen sich die Schwankungen bis 1685 zurückverfolgen: 1685 bis 1715 Sinken. 1715 bis 1744 Steigen, also hoher Stand 1685, tiefer Stand 1715.

Phänomene vorhanden, so viel wir über die Schwankungen der Gletscher wissen. Der Periode des Vorstoßens der Gletscher der Alpen im Beginn des Jahrhunderts entspricht eine Zeit des Steigens und des hohen Standes des Kaspischen Meeres. Der zweiten Periode des Vorrückens der Gletscher Ende der 40er Jahre läuft auch ein Anschwellen des Kaspischen Meeres parallel, und die jüngste, 1866 beginnende Hebung des Kaspi-Niveaus findet ihr Widerspiel in dem seit Ende der 70er Jahre sich vorbereitenden Gletschervorstoß. Es erscheint die Bewegung der Gletscher um einige Jahre gegen die Bewegung des Spiegels im Kaspischen Meer verschoben, derart, daß die erstere hinter der letzteren nachhinkt. Was Swarowsky für die Gletscher der Ostalpen und den abflußlosen Neusiedler See dargetan hat,⁵¹ begegnet uns, nur noch in viel großartigerem Maßstab, am Kaspischen Meer. Beide Phänomene, Gletscherschwankungen, wie Schwankungen der abflußlosen Seen, führen sich auf die gleiche Ursache zurück, auf säkulare Schwankungen der Witterung, auf Klimaschwankungen.

Die Witterung wirkt auf den Stand der abflußlosen Gewässer, indem sie die Zufuhr und die Abfuhr von Wasser regelt. Es fehlen mir hier für das Gebiet des Kaspischen Meeres langjährige Beobachtungen an Flußpegeln, aus denen man direkt eine Schwankung der Wasserführung der Flüsse erkennen könnte, und ich muß, um auf jene Schwankungen schließen zu können, zu den Niederschlagsbeobachtungen greifen.⁵² *St. Petersburg* im Nordwesten Rußlands, *Lugan* im Süden, *Bogoslowsk* im Ural und *Tiflis* im Kaukasus sollen uns die verschiedenen Teile des Einzugsgebietes des Kaspischen Meeres repräsentieren. Wenn sie auch zum Teil an dessen Grenzen, ja sogar jenseits derselben liegen, so dürfen wir sie doch zu unserer Untersuchung heranziehen, weil erfahrungsgemäß Abweichungen der Jahreswitterung sich immer über sehr weite Gebiete erstrecken.

⁵¹ XII. Bericht des Vereins der Geographen an der Universität Wien, 1889.

⁵² Die mir nachträglich zugänglich gewordenen Pegelbeobachtungen an der Wolga zu Astrachan stehen mit den folgenden Ausführungen in bestem Einklang.

| | | Regenfall | | | | | | | |
|---------------------|------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 1841/45 | 1846/50 | 1851/55 | 1856/60 | 1861/65 | 1866/70 | 1871/75 | 1876/80 |
| St. Petersburg | mm | 482 | 436 | 369 | 350* | 443 | 603 | 517 | 518 |
| Lugan | mm | 385 | 287 | 352 | 311 | 280* | 379 | 384 | 467 |
| Tiflis | mm | - | 522 | 454 | 452* | 465 | 530 | 448 | 520 |
| Bogoslawsk | mm | 387 | 452 | 412 | 384 | 320 | 282* | 483 | 466 |
| Mittel | mm | 103 | 89 | 94 | 88* | 88 | 105 | 108 | 117 |
| Wasserstand Meer | Kaspisches | - | - | -21 | -26* | -19 | 19 | 16 | 56 |

Überall finden wir eine Verminderung des Regenfalls vom Ende der 40er und Anfang der 50er Jahre gegen die 60er Jahre hin und von hier an wieder eine erhebliche Vermehrung desselben. Diese Bewegung der Niederschlagsverhältnisse im Einzugsgebiet des Kaspischen Meeres tritt uns noch deutlicher entgegen, wenn wir jene Lustrenmittel der einzelnen Stationen in Prozenten des Mittels 1841 - 1880 ausdrücken und aus diesen Prozenten allgemeine Lustrenmittel für das ganze Gebiet ableiten. Vergleichen wir diese Zahlenreihe, sowie ihre graphische Darstellung in Figur 2, Seite 11 (1 mm = 5%) mit derjenigen, welche uns die Schwankung des Kaspischen Meeres darstellt, so kann ein Zweifel nicht bestehen, daß die letztere durch Schwankungen des Niederschlages veranlaßt ist.

Von besonderem Interesse erscheint die Erkenntnis der Ursachen, welche die säkularen Schwankungen der Ostsee regeln, waren doch hier der die Jahresperiode beherrschenden Faktoren so viele. Jene Resultate, die wir am Kaspischen Meer gewonnen haben, geben uns Veranlassung, sofort zu einem Vergleich der Schwankungen der Ostsee und derjenigen der Wasserführung ihrer Zuflüsse zu schreiten. Es treten auch an den Flüssen Mitteleuropas langjährige Schwankungen des Wasserstandes auf, welche direkt auf Schwankungen über Wassermengen zu schließen gestatten. Auffallend ist, daß dieselben als solche noch nicht genügend gewürdigt worden sind, wenn auch Hagen⁵³ und vor Allem Fritz⁵⁴ auf dieselben aufmerksam machen. Die nachfolgende Tabelle gibt in Lustrenmitteln, berechnet nach den Daten von Fritz⁵⁵ die mittleren Wasserstände der *Memel* bei *Tilsit*, der *Weichsel* bei *Kurzbracke*, der *Oder* bei *Küstrin* und *Neuglietzen*, ferner aus der weiteren Nachbarschaft der Ostsee diejenigen der *Elbe* bei *Magdeburg*, der *Weser* bei *Bremen*, des *Rheins* bei *Düsseldorf* und *Emmerich* und der *Seine* bei *Paris*. Die letzte Reihe bezieht sich auf die Donau bei *Orsova*. In Figur 2, [Seite 11 im Originaltext], sind die Zahlen graphisch dargestellt, derart, daß eine Änderung der Ordinate um 1 mm einer Änderung des Wasserstandes um 0.2 m entspricht. Die beiden Reihen für die *Oder*, wie diejenigen für den *Rhein* wurden in je eine Kurve vereinigt.

⁵³ Wasserstände preußischer Ströme. Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1880.

⁵⁴ Petermann's geogr. Mittheilungen 1880, S. 245.

⁵⁵ Die Beziehungen der Sonnenflecken zu den magnetischen und meteorologischen Erscheinungen der Erde. Harlem 1878, S. 135.

Säkulare Schwankung des Wasserstandes mitteleuropäischer Flüsse (m).

| | Memel | Weichse l | Oder | | Elbe | Weser | Rhein | | Seine | Donau |
|---------|--------|-----------------|---------|-----------------|----------------|--------|-----------------|---------------|-------|--------|
| | Tilsit | Kurz- bracke | Küstrin | Neu- Glitzen | Magde- burg | Bremen | Düssel- dorf | Emme- rich | Paris | Orsova |
| 1766/70 | - | - | - | - | 2.91 | - | - | - | 1.24 | - |
| 1771/75 | - | - | - | - | 2.95 | - | - | 3.52 | 1.40 | - |
| 1776/80 | - | - | - | - | 2.63 | - | - | 3.24 | 1.20 | - |
| 1781/85 | - | - | 1.55 | - | 2.72 | - | - | 3.09 | 1.12 | - |
| 1786/90 | - | - | 1.61 | - | 2.47 | - | - | 3.18 | 1.32 | - |
| 1791/95 | - | - | 1.17* | - | 2.15* | - | - | 3.08 | 1.22 | - |
| 1796/00 | - | - | 1.33 | - | 2.23 | - | - | 2.74* | 1.09* | - |
| 1801/05 | - | - | 1.67 | - | 2.54 | - | 2.76 | 3.10 | 1.32 | - |
| 1806/10 | - | - | 1.33 | - | 2.13 | - | 2.98 | 3.02 | 1.37 | - |
| 1811/15 | - | 2.32 | 1.12 | 1.78 | 1.88 | - | 2.48 | 2.62 | 1.11 | - |
| 1816/20 | - | 2.46 | 1.28 | 1.88 | 1.97 | 1.33 | 2.93 | 2.90 | 1.46 | - |

| | Memel | Weichse l | Oder | | Elbe | Weser | Rhein | | Seine | Donau |
|---------|--------|-----------------|---------|-----------------|----------------|--------|-----------------|---------------|-------|--------|
| | Tilsit | Kurz- bracke | Küstrin | Neu- Glitzen | Magde- burg | Bremen | Düssel- dorf | Emme- rich | Paris | Orsova |
| 1821/25 | - | 2.11 | 1.00* | 1.66* | 2.01 | 1.14* | 2.74 | 2.82 | 1.14 | - |
| 1826/30 | - | 2.20 | 1.37 | 2.06 | 2.25 | 1.56 | 2.65 | 2.69 | 1.10 | - |
| 1831/35 | - | 1.67* | 1.11 | 1.71 | 1.83* | 1.22 | 2.48* | 2.41* | 1.04* | - |
| 1836/40 | - | 2.14 | - | 2.23 | 2.02 | 1.38 | 2.88 | - | 1.49 | - |
| 1841/45 | - | 2.01 | - | 2.04 | 2.05 | 1.47 | 2.85 | - | 1.29 | 3.04 |
| 1846/50 | 2.37 | 1.87 | - | 2.39 | 1.99 | 1.11 | 2.74 | - | 1.26 | -2.97 |
| 1851/55 | 2.67 | 2.31 | - | 2.69 | 2.21 | 1.44 | 2.93 | - | 1.43 | -3.15 |
| 1856/60 | 1.89 | 1.40 | - | 1.89 | 1.71 | 0.69* | 2.29 | - | 0.93 | 2.54 |
| 1861/65 | 1.77* | 0.94* | - | 1.76* | 1.52 | 0.88 | 2.20* | - | - | 2.19* |
| 1866/70 | 2.06 | 1.52 | - | 2.06 | 1.76 | 1.02 | 2.67 | - | - | 2.65 |
| 1871/75 | 2.00 | 1.68 | - | 2.12 | 1.38* | 0.83 | 2.48 | - | - | - |
| 1876/80 | 2.35 | 1.65 | - | 2.35 | 1.70 | - | 2.66 | - | - | - |

Es ist aus der Tabelle und noch besser aus der graphischen Darstellung derselben in Figur 2 zur Evidenz klar, daß die Bewegung des Wasserstandes in den verschiedenen Flüssen in ganz Mitteleuropa von Lustrum zu Lustrum ungefähr parallel verläuft. Um 1801 - 1810 erreichen alle Flüsse einen höchsten Stand, um darauf mehr oder weniger ohne Unterbrechung zu sinken. Um das Jahr 1830 gruppieren sich die Minima der Lustrenmittel. Um 1850, z. Teil etwas früher, treffen wir ein zweites Maximum, welches ebenso allgemein auftritt wie das erste. Ein sehr scharf markiertes Sinken folgt, und ein Minimum wird fast ohne Ausnahme in den Jahren 1856 - 65 erreicht. Seit 1866 sind die Flüsse wieder in eine Periode des Steigens eingetreten, welche 1880 noch nicht abgeschlossen zu sein scheint. Durchweg ist in Mitteleuropa diese letzte Schwankung schärfer ausgeprägt, als diejenige in der ersten Hälfte des Jahrhunderts.

Vergleichen wir mit diesen Schwankungen in der Wasserführung der Flüsse die Schwankungen des Ostseespiegels, repräsentiert in Figur 2 durch *Swinemünde*, so ergibt sich eine ganz auffallende Parallelität beider und das überraschende Resultat, daß der Spiegel der Ostsee in den Jahren großer Wasserzufuhr sich hebt, in solchen geringer Wasserzufuhr sinkt. Die Parallelität ist eine zu vollständige, als daß man sie etwa dem Zufall zuschreiben könnte, und ein genetischer Zusammenhang beider Erscheinungen nicht von der Hand zu weisen. Selbst die Intensität der verschiedenen Schwankungen ist

am Meer und an den Flüssen gleich: eine geringere Schwankung in der ersten Hälfte des Jahrhunderts (*Swinemünde*), eine ausgeprägtere in den 60er und 70er Jahren.

Es ist nun zu entscheiden, ob beide Erscheinungen sich auf eine gemeinsame Ursache zurückführen, oder eine die Ursache der anderen ist. Als gemeinsame Ursache könnte vielleicht der Wind angesehen werden. Von den Winden hängen in hohem Grade die Niederschläge ab, welche die Flüsse speisen und ihre Wasserführung regeln; eine Verstärkung der Regen bringenden Luftströmungen muß daher notwendig die Wassermasse der Flüsse vergrößern, deren Wasserstand heben. Andererseits vermögen ohne Zweifel die Winde durch Vergrößerung oder Verminderung des Abflusses aus der Ostsee in die Nordsee auf den Wasserstand der ersteren einzuwirken. Gerade die Regen bringenden Winde, die Westwinde, sind es nun aber auch, welche das Ostseewasser zurückstauen, während die trockenen kontinentalen Winde die Wasserabfuhr durch die Belte und den Sund begünstigen. So wäre es denkbar und möglich, Schwankungen der Windverhältnisse indirekt für die Schwankungen des Wasserstandes der Flüsse und direkt für die Schwankungen des Ostseespiegels verantwortlich zu machen. Allein ein Vergleich der Zahlen und Kurven für die einzelnen Fluß- und Meeresstationen belehrt uns eines Besseren. Es schließt sich die Bewegung des Wasserstandes eines Meeresteiles im Einzelnen enger der Bewegung des Wasserstandes der nächst benachbarten großen Ströme an, als derjenigen entfernter Teile der Ostsee. Dieses zeigt z.B. die folgende Tabelle. *Neufahrwasser* ist gegenüber den beiden ihm nächst benachbarten Pegelstationen *Memel* im Osten und *Stolpmünde* im Westen durch eine Verspätung seines ersten Maximums und Minimums ausgezeichnet; es folgt der Ostseepegel zu *Neufahrwasser* darin durchaus dem Weichselpegel zu *Kurzbracke*.⁵⁶

| | | 1846/50 | 51/55 | 56/60 | 61/65 | 66/70 | 71/75 |
|----------------------|----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Memel</i> | mm | -19 | -11 | -20* | -17 | +28 | -19 |
| <i>Stolpmünde</i> | mm | -25 | -5 | -30* | -23 | +46 | -11 |
| <i>Neufahrwasser</i> | mm | -4 | -23 | +2 | -23* | +16 | -15 |
| <i>Weichsel</i> | mm | 187 | 231 | 140 | 94* | 152 | 168 |

Hierdurch wird die direkte Abhängigkeit des Wasserstandes der Ostsee von der Wasserführung der Flüsse, nicht aber von den in ihren Änderungen so äußerst schwer zu verfolgenden Windverhältnissen dargetan.

Die säkularen Schwankungen des Wasserspiegels des Kaspischen Meeres, der Ostsee und des Schwarzen Meeres, wie wir, gestützt auf die Übereinstimmung in der Bewegung des Regenfalls und des Pontusspiegels in den Jahren 1874 bis 1882,⁵⁷ hinzuzufügen uns für berechtigt halten, führen sich auf Schwankungen in der Wasserzufuhr der Flüsse zurück; die Erkenntnis der letzteren läßt uns unbedingt auf säkulare Schwankungen der Niederschlagsverhältnisse schließen - auf säkulare Schwankungen des Klimas. Analoge Schwankungen des Niederschlages und gleichzeitige der Temperatur hat für die Alpen Lang in seiner für die Erklärung der Größenänderungen der Gletscher so hoch wichtigen Abhandlung nachgewiesen.⁵⁸ Es kann kein Zufall sein, daß jene Schwankungen der Witterung, auf welche wir durch die Pegelbeobachtungen an Meeren und Flüssen geführt wurden, sich zeitlich absolut mit den von Lang für die Alpen festgestellten decken.

⁵⁶ Noch viel schärfer zeigt sich dieses bei einem Vergleich der Bewegung des Ostseespiegels an der schwedischen und an der deutschen Küste.

⁵⁷ v. Maydell a. a. O.

⁵⁸ Zeitschrift der Meteorologie, 1885. S. 113 (433).

Überblicken wir das Gebiet, für welches die Klimaschwankung erwiesen ist (vgl. Figur 2); es gehört demselben an das Einzugsgebiet des Kaspischen Meeres, dasjenige des Schwarzen Meeres,⁵⁹ der Ostsee, der Nordsee, ferner das Seine-Becken und die Alpen nebst dem Po-Gebiet, d.h. nahezu das gesamte Europa. Wir müssen nunmehr sagen: fast ganz Europa erlebt gleichzeitige und gleichsinnige Klimaschwankungen.

⁵⁹ Donau, Regenfall (Südrußland).

Sofort ergibt sich die Frage, wo die räumliche Grenzen dieser klimatischen Schwankungen liegen, ob die letzteren auf Europa beschränkt sind oder ob andere Weltteile ganz oder teilweise an denselben partizipieren. Die nachfolgende Tabelle, welche gleichfalls in Figur 2 graphisch dargestellt ist, dürfte geeignet sein, diese Frage, wenn auch nur skizzenhaft zu beantworten.

| Europa | Asien | | | | Afrika | Nord-Amerika | | |
|-----------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Wasserstand des | Regenfall zu | | | | | ⁵⁾ Wasser- masse des | Wasserstand des | |
| | Bodensee ¹⁾ | Barnaul ¹⁾ | Nert- schinsk ²⁾ | Madras ³⁾ | Nilpegel ¹⁾ | Mississippi | Michigan- see ⁶⁾ | Großen Salzsees ⁶⁾ |
| | m | mm | mm | mm | m | cbkm | cm | cm |
| 1816/20 | +4 | - | - | 1458 | - | - | - | - |
| 1821/25 | +0 | - | - | 1133 | - | 619 | - | - |
| 1826/30 | -2 | - | - | 1303 | 6.80 | 527 | - | - |
| 1831/35 | -14* | - | - | 914* | 6.44* | 523 | - | - |
| 1836/40 | -3 | - | - | 1311 | 6.55 | 479* | - | - |
| 1841/45 | +1 | 282 | | 1262 | 6.97 | 659 | - | - |
| 1846/50 | +1 | 291 | | 1486 | 7.30 | 608 | - | 0 |
| 1851/55 | +10 | 221 | | 1262 | 7.13 | 503 | - | 79 |
| 1856/60 | -17* | 203 | | 1174 | 6.92* | 523 | 84 | 52* |
| 1861/65 | -16 | 194 | | 1112* | 7.20 | - | 61 | 88 |
| 1866/70 | +5 | 173* | | 1130 | 7.39 | - | 45* | 274 |
| 1871/75 | +5 | 258 | | 1432 | 7.52 | 483 | 48 | 311 |
| 1876/80 | +28 | 369 | | - | - | 534 | - | - |

1) Beiträge zur Hydrographie des Großherzogtums Baden, I. Heft, 1884; Honsell, der Bodensee, Atlas Taf. IV.

2.) Annalen des physikalischen Centralobservatoriums zu St. Petersburg.

3) Fritz, Beziehungen der Sonnenflecken zu den magnetischen und meteorologischen Erscheinungen der Erde, Haarlem 1878, S. 129.

4) Fritz in Zeitschr. f Meteorologie 1878, S 363.

5) v. d. Groeben, ebenda 1884, S. 1 ff.

6) Woeikof, ebenda 1881, S. 288.

Wir sehen, wie sich die Schwankungen des Bodensees (in Fig. 2 im Maßstab 1:100 gezeichnet) völlig denjenigen des Regenfalls in den Alpen, des Wasserspiegels der Ostsee, des Kaspischen Meeres etc. anschmiegen. Allein auch die Niederschlagsmengen von *Barnaul* und *Nertschinsk*, deren Abnahme von 1845 bis 1865 bereits 1870 Woeikof hervorhob,⁶⁰ lassen eine deutliche Verminderung und von 1871 bzw. 1866 an eine nicht minder deutliche Zunahme erkennen. Jene entfernten Gebiete Innerasiens nehmen an der Klimaschwankung Europas Teil. Daß das Gleiche im tropischen Afrika der Fall ist, lehrt uns die Bewegung der Hochwasser des Nils von Lustrum zu Lustrum mit einem Minimum um 1835, einem Maximum um 1846/50 und einem zweiten schwächer ausgeprägten Minimum um 1856/60, auf welches wieder ein Ansteigen folgt. Noch mehr, Indien, repräsentiert durch die Regenbeobachtungen zu *Madras*, folgt genau derselben Schwankung. Die Amplitude beträgt hier über 0,5 m Regenhöhe, und es verhält sich der Regenfall des trockensten Lustrums 1831/35 zu demjenigen der drei feuchtesten 1816/20, 1846/50 und 1871/75 wie 2 zu 3.

In der neuen Welt lehren uns die Abflüßmengen des Mississippi, ferner die Bewegung des Spiegels der fünf großen amerikanischen Seen, hier vertreten durch den Michigan-See, Schwankungen des Klimas kennen. Wenn auch zum Teil von seinen nächsten Nachbarn, den großen Seen, abweichend, nimmt auch der Große Salzsee Teil

⁶⁰

Wild's Repertorium für Meteorologie I 2 S. 199.

an dieser Schwankung. Um 1856 erreichte derselbe ein allerdings nicht sehr hohes Maximum, dem bis 1860 ein Sinken des Seespiegels um 1,5 m folgte. Von Anfang der 60er Jahre ist dann der See um volle 3 m gestiegen. Es ergibt sich das überraschende Resultat, dass die Länder der gesamten Nordhemisphäre⁶¹ in der Gegenwart gleichzeitig säkulare Schwankungen des Klimas erleben: eine relative Trockenperiode um 1830, eine nasse Periode um 1850 und eine zweite Trockenperiode um 1860, gefolgt von einer zweiten nassen Periode (um 1880?).

Es sind Schwankungen der Witterung oder Klimaschwankungen, weit großartiger als jene 11jährigen, welche man im Zusammenhang mit der Periode der Sonnenflecken nachzuweisen gesucht hat, großartiger durch den Betrag ihrer Amplitude wie durch ihre Dauer - Schwankungen, an denen sämtliche hydrographischen Phänomene der Erde teilnehmen: Gletscher, Flüsse, Seen und die relativ abgeschlossenen Meeresarme wachsen gleichzeitig an und nehmen gleichzeitig wieder ab.

⁶¹ und, wie ich nach meinen neueren Untersuchungen hinzufügen möchte, nicht minder auch der Südhemisphäre.

3. In wie weit ist das heutige Klima konstant?

Von jeher hat die Frage nach Änderungen des Klimas in historischer Zeit das Interesse der weitesten Kreise in hervorragendem Maße beansprucht, wohnt ihr doch unleugbar eine große praktische Bedeutung inne. Denn ist einmal der Nachweis erbracht, daß die klimatischen Verhältnisse unseres Erdballes vor den Augen des Menschen eine Änderung erlitten, so müssen wir auch unbedingt mit der Möglichkeit rechnen, daß in der näheren Zukunft sich Änderungen vollziehen. Solche aber können nicht ohne den tiefgehendsten Einfluß auf das ganze Leben und Treiben des Menschengeschlechtes bleiben. So enthält bis zu einem gewissen Grade die allgemeine Antwort auf jene Frage eine Prognose für die zukünftigen Geschicke des Menschen und seiner Werke.

Diese Antwort ist nun äußerst mannigfach ausgefallen, und es gibt wohl wenige überhaupt denkbare Fälle einer Klimaänderung, die man nicht für kleinere oder größere Gebiete hat vertreten wollen.

Über jeden Zweifel erhaben ist, daß in der geologischen Vergangenheit das Klima ein anderes war als heute. In der Polarzone reden die Fossilreste einer tropischen Vegetation aus den ältesten Perioden der Erdgeschichte wie aus der Kreidezeit eine nicht minder deutliche Sprache als in dem gemäßigten Gürtel und selbst in einzelnen Gebirgen der Tropen die Moränen der diluvialen Gletscher. Das Klima hat sich von der Kreidezeit bis zur Eiszeit und seit der Eiszeit geändert; aber können wir diese Änderung in historischer Zeit nachweisen? Der Bescheid hat mehrfach "ja" gelautet. So will 1882 Whitney für die gesamte Erde einen allgemeinen Austrocknungsprozeß dartun.⁶² So vertritt eine Klimaänderung von demselben Rang Theobald Fischer, wenn er von einem Vordringen der Wüsten im Mittelmeergebiet spricht.⁶³

Weit häufiger aber als solche, man möchte sagen, geologische Änderungen des Klimas in historischer Zeit, sind lokale in ganz beschränkten Gebieten behauptet worden, die man auf die Tätigkeit des Menschen zurückführen wollte. So soll nach der Ansicht zahlreicher Forscher das Ausrodern des Waldes den Regenfall und die Wassermenge der Flüsse und Quellen mindern, Aufforstung dieselben mehren. Andererseits ist es ein Glaubenssatz der Amerikaner in den trockenen Gebieten des fernen Westens der Vereinigten Staaten, daß die Ausbreitung der Kulturländereien an Ort und Stelle den Regenfall habe anwachsen lassen.

Den zahllosen einschlägigen Hypothesen oder Theorien, welche in dieser oder ähnlicher Weise eine fortdauernde Änderung des Klimas in einer Richtung vertreten, stehen nun aber die Ergebnisse nicht minder zahlreicher Gelehrter entgegen, welche eine solche Änderung für die historische Zeit leugnen. Bemerkenswert ist es, daß gerade von meteorologischer Seite meist jede kontinuierliche Änderung des Klimas in Abrede gestellt wird, während Geologen, Geographen und Hydrographen vielfach für eine solche eingetreten sind. Die Konstanz des Klimas ist den Meteorologen bis zu einem gewissen Grade ein Axiom.

Unbegreiflich scheint es, wie ein solcher Widerstreit der Meinungen entstehen konnte.

⁶² Whitney, Climatic changes in later geological times. Memoirs of the Museum of comparative zoology at Harvard College. Vol. VII. Cambridge, 1882.

⁶³ Th. Fischer, Beiträge zur physischen Geographie der Mittelmeerländer, Leipzig 1887, S. 25 ff. u. Studien über das Klima der Mittelmeerländer. Ergänzungsheft Nr. 58 zu Petermanns Mitteilungen. Gotha 1879, S.41.

In eine neue Phase trat die Frage, als man nicht mehr einer einseitigen Änderung nachspürte, sondern das meteorologische Material auf säkulare Auf- und Abschwankungen der Witterung hin zu untersuchen begann. Die Veranlassung hierzu boten die so geheimnisvollen Schwankungen der Alpengletscher, die nur in Schwankungen der meteorologischen Verhältnisse ihre Ursache besitzen konnten.

Diese Anschauung suchten zuerst Forel⁶⁴ und Richter⁶⁵ statistisch zu begründen; sie erhielt eine allgemeine Gültigkeit durch die Arbeit von C. Lang aus dem Jahre 1885⁶⁶, die auf weit ausgedehnterem Material fußend, für die gesamten Alpen den Wechsel langjähriger relativ kühler und feuchter Zeiträume und relativ warmer und trockener im Zusammenhang mit den Schwankungen der Gletscher nachwies.

Das war die Sachlage, als ich vor zwei Jahren auf ganz anderem Wege und für ganz andere Gebiete auf analoge Schwankungen der Witterung stieß und meine ersten Ergebnisse der in Karlsruhe tagenden Deutschen Meteorologischen Gesellschaft vortrug⁶⁷. Hydrographische Untersuchungen lehrten mich eigentümliche Schwankungen des Wasserstandes in der Ostsee, im Kaspischen Meer und im Schwarzen Meer kennen, deren Rhythmus, wie es Swarowsky für den Neusiedler See dargetan hatte⁶⁸, eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Rhythmus der Gletscherschwankungen nicht verkennen ließ. Überall wechselten gleichzeitig Perioden mit durchschnittlich hohem Wasserstand und solche mit relativ niedrigem mit einander ab. Am Kaspischen Meer lag es nahe, die Ursache in einem Wechsel der Menge des durch die Flüsse zugeführten Wassers sowie der Verdunstung von der Meeresoberfläche zu suchen. Eine Diskussion der Pegelbeobachtungen an der Wolga wie der Niederschlagsbeobachtungen an einer Reihe meteorologischer Stationen des russischen Reiches tat die Realität dieser Vermutung dar. Es ergab sich, daß die gleichen Schwankungen des Regenfalls, die Lang für die Alpen nachgewiesen hatte, auch in dem gewaltigen Einzugsbecken des Kaspischen Meeres wiederkehrten. Ja noch mehr, das Gebiet der Ostsee und des Schwarzen Meeres unterliegt denselben und die eigentümlichen lang dauernden Änderungen des Niveaus, welche an diesen Meeren auftreten, sind zum Teil nur eine Folge der mit jenen Änderungen des Regenfalls variierenden Wasserzufuhr durch die Flüsse. In den gemittelten Wasserständen der Weichsel, der Oder, der Elbe, der Weser, des Rheins, der Donau, selbst der Seine, überall spiegeln sich die Schwankungen des Regenfalls in den gleichen langen Zeiträumen deutlich ab. Kurz in ganz Europa kehren diese säkularen Schwankungen der Witterung wieder, und die probeweise Zusammenstellung einiger meteorologischer und hydrographischer Daten lehrte, daß mehr oder minder alle Länder der Nordhemisphäre an ihnen Teil nehmen: ihre Allgemeinheit wie ihre

⁶⁴ Forel in Archives des sciences phys. et naturelles, 1881, No. 5.

⁶⁵ Ed. Richter, Der Obersulzbachgletscher. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1883, S. 75 ff.

⁶⁶ C. Lang, Der säkulare Verlauf der Witterung als Ursache der Gletscherschwankungen in den Alpen. Zeitschr. d. Österr. Ges. f. Meteorologie, 1885, S. 443.

⁶⁷ Ed. Brückner, Die Schwankungen des Wasserstandes im Kaspischen Meer, im Schwarzen Meer und in der Ostsee. Vortrag. Annalen der Hydrographie a. 1888, Februarheft. Ein kurzes Referat über den Vortrag erschien in der Meteorologischen Zeitschrift 1887, Juniheft S. 232.

⁶⁸ Swarowsky, Die Schwankungen des Neusiedler Sees. Bericht über das XII. Vereinsjahr des Vereins der Geographen der Universität Wien, 1886. S. 15.

Dauer geben uns das Recht, sie als Klimaschwankungen zu bezeichnen. Es gereichte mir zur großen Genugtuung, als im Herbst des Jahres 1888 Sieger auf Grund der Untersuchung der Schwankungen zahlreicher Seen meine Hauptresultate zum großen Teil bestätigte⁶⁹.

Seitdem vermochte ich das einschlägige Material zu häufen und die Untersuchung auch auf die Südhemisphäre auszudehnen.

Die ersten Ergebnisse waren vorwiegend auf Grund hydrographischer Phänomene gewonnen und daher nur qualitativer Natur. Es galt nun, durch Diskussion der meteorologischen Aufzeichnungen auch quantitativ den Betrag der Klimaschwankungen festzustellen.

Heute liegen die Beobachtungen von beiläufig 600 meteorologischen und hydrographischen Stationen, welche im ganzen an 30 000 Beobachtungsjahre umfassen, in einheitlicher Weise bearbeitet vor, und mit ihrer Hilfe gelingt es bereits, ein deutliches Bild der Klimaschwankungen zu gewinnen, welche unser Erdball erlebt. Es sei mir gestattet, einige der Hauptergebnisse der Untersuchung, die dem Abschluß nahe ist,⁷⁰ hier in Kürze zu skizzieren.

Schon die eigentümlichen Schwankungen der hydrographischen Phänomene, der Gletscher, der Seen und Flüsse, ließen es wahrscheinlich erscheinen, daß die Klimaschwankungen mit besonderer Deutlichkeit sich im Regenfall aussprechen würden. In der Tat hat sich das durchaus bestätigt.

In den beigegebenen Kurven (Fig. I. und II) sind die Schwankungen des Regenfalles graphisch dargestellt. Die erste Serie gestattet dieselben über die ganze Nordhemisphäre hinweg zu verfolgen, die zweite desgleichen von der Nordhemisphäre durch die Tropen auf die Südhemisphäre. Die Kurven repräsentieren die Schwankung für ein großes Gebiet, wie sie als Mittel aus zahlreichen Stationen abgeleitet wurde. Die Zahl der benutzten Stationen ist für:

- | | |
|---|---------------|
| 1) Schottland (Arbroath, Laurick Castle, Loch Leven Sluice, Northesk Reservoir, Glencrose, Swanton, Fernielaw, Edingburgh, Inveresk, Haddington, Culloden, Sandwich, Arrdaroach, Castle Toward, Cameron House und Bothwell Castle). | 16 Stationen. |
| 2) England (Chillgrove, Nash Mills, Oxford, Exeter, Orleton, Podeshale, Boston, Bolton und Kendal). | 9 Stationen. |
| 3) Nordfrankreich (Rouen, Paris, Vendôme, Pannetière, La Collancelle, Clamecy, Avallon, Laroche, Montbard, Pouilly und Dijon). | 11 Stationen. |
| 4) Norddeutschland (Kleve, Trier, Köln, Boppard, Gütersloh, Frankfurt a. M., Gießen, Bremen, Kiel, Heiligenstadt, Torgau, Dresden, Stettin, Berlin, Küstrin, Frankfurt a. O., Posen, Görlitz, Breslau, Königsberg I. Pr. und Tilsit). | 21 Stationen. |
| 5) Österreich=Ungarn (Bodenbach, Prag, Deutschbrod, Lemberg, Kremsmünster, Klagenfurt, Wien, und Hermannstadt). | 8 Stationen. |
| 6) Westrußland (Helsingfors, St. Petersburg, Riga, Warschau, Moskau und Kiew). | 6 Stationen. |
| 7) Ostrußland (Lugan, Ssimferopol, Astrachan, Baku, Tiflis, Bogoslaws, Jekatherinenburg und Slatoust). | 8 Stationen. |
| 8) Westsibirien (Barnaul). | 1 Station |
| Ostsibirien (Nertschinsk, (Hüttenwerk), Nikolajewsk a. Amur und Peking). | 3 Stationen. |
| 10) Vereinigte Staaten, Nordamerika, Inneres, (Toronto Ont., Milwaukee Wis., Detroit Mich., Madison Jo., Steubenville Ohio, Marietta Ohio, Cincinatti Ohio, Leavenworth Ka. und St. Louis Miss.). | 9 Stationen. |
| 11) Norddeutschland (wie oben 4.) | 21 Stationen. |

⁶⁹ R. Sieger, Die Schwankungen der hocharmenischen Seen seit 1800 im Vergleich mit einigen verwandten Erscheinungen. Mitt. d. K. K. Geograph. Ges. in Wien 1888.

⁷⁰ Dieselbe soll Anfang des Jahres 1890 in Penck's Geographischen Abhandlungen Wien, Hölzel) separat unter dem Titel "Klimaschwankungen seit 1700" erscheinen. Dort wird auch alles Maerial in extenso mitgeteilt werden, auf Grund dessen die unten folgenden Kurven entworfen. wurden.

12) Mittelitalien (Parma, Modena, Bologna, Genua, Florenz, Siena und Rom).

7 Stationen.

13) Vorderindien (Madras, Calcutta, Jablapur und Bombay).

4 Stationen.

14) Mauritius (S. Louis, Alfred-Observatorium.)

1 Station

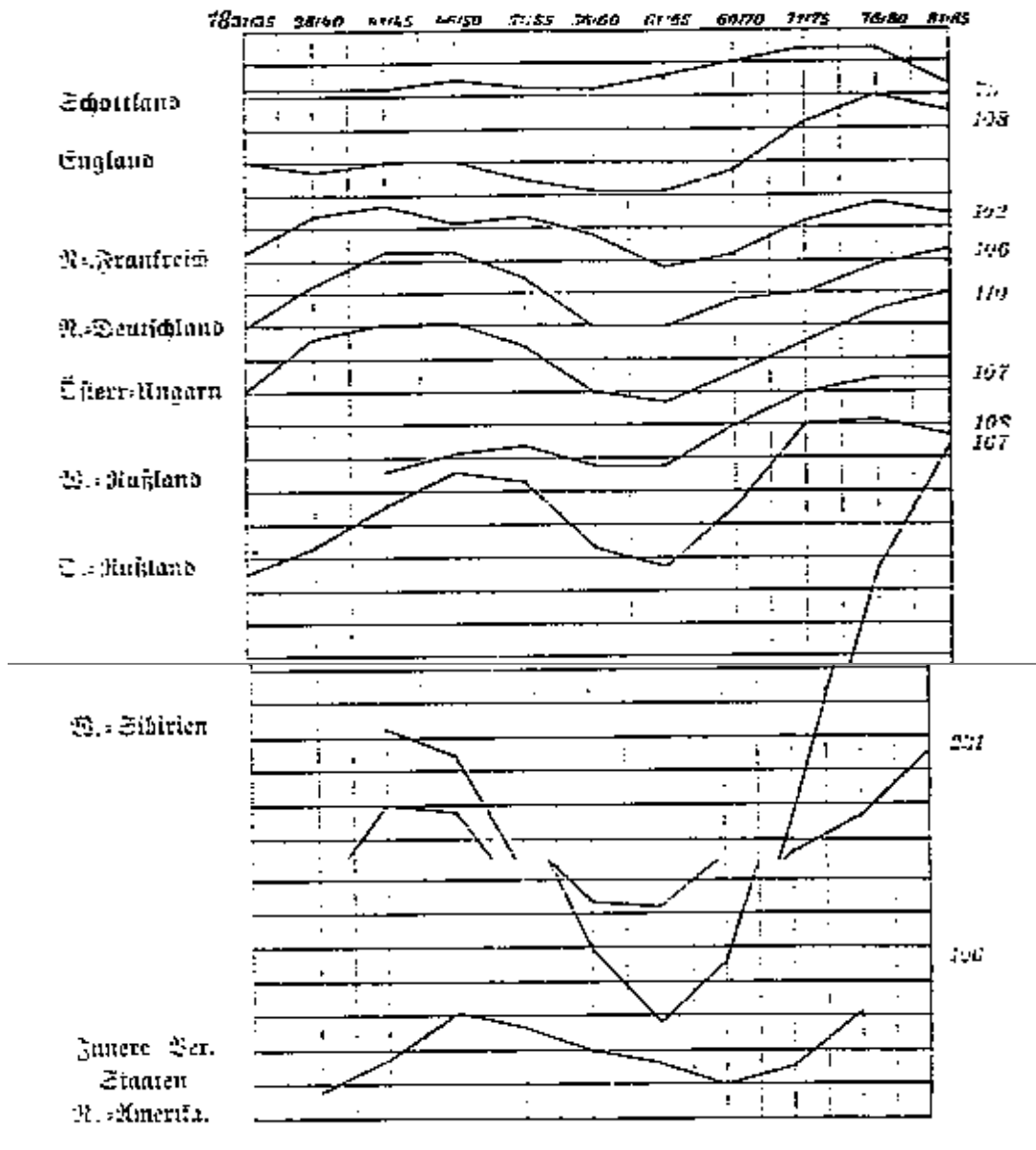
15) Australien (Adelaide, Bathurst, Bukelong, Denili..., Goulburn, Melbourne und Sydney).

7 Stationen.

Graphische Darstellung

Es stützen sich also unsere graphischen Darstellungen auf die Beobachtungen von im ganzen 111 meteorologischen Stationen. Vordem deren Daten für die einzelnen Länder zu Gruppenmitteln vereinigt wurden, wurden die Lustrenmittel der Regenmenge der einzelnen Stationen berechnet und in

Fig. 1. Säkulare Schwankungen des Regenfalls⁷¹
Schnitt von West nach Ost.



⁷¹ Die Zahlen in %) rechts am Rande der Fig. I. u. II beziehen sich je auf den Endpunkt der Kurve, bei welcher sie stehen.

Prozenten des dreißigjährigen Mittels 1851 - 80 ausgedrückt: die dann durch Vereinigung mehrerer Stationen gewonnenen Mittel für die einzelnen Länder wurden nach der Formel

$$\frac{a + 2b + c}{4}$$

bezw. für das erste und letzte Lustrum nach der Formel

$$\frac{2a + b}{3} \quad \text{und} \quad \frac{a - 2b}{3}$$

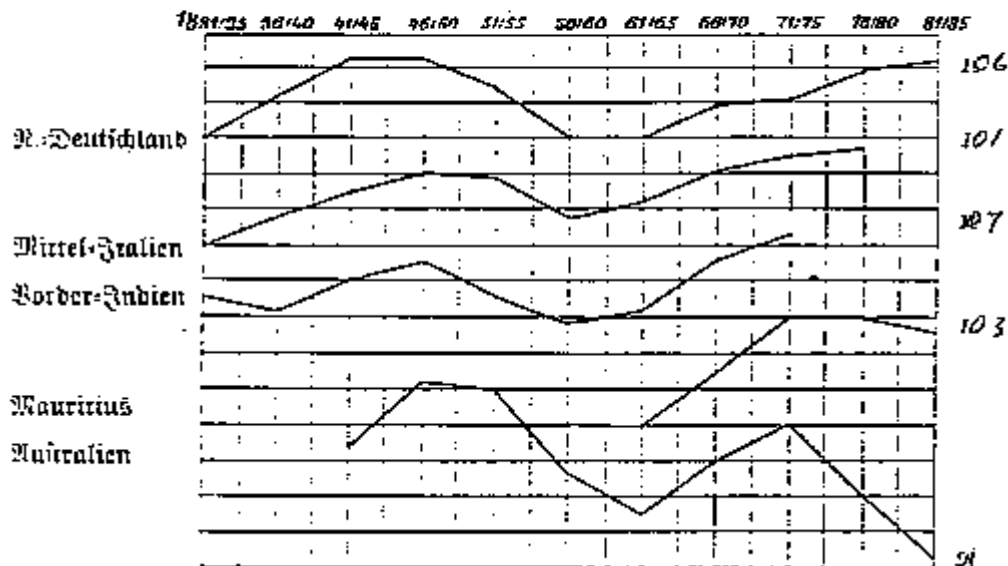
ausgeglichen.

Um den Gang der Zahlen bequem überblicken zu können, sind dieselben auf den beistehenden Figuren graphisch dargestellt worden.

Ein Ansteigen der Kurve um einen Teilstrich bedeutet ein Wachsen, ein Sinken derselben eine Abnahme des Regenfalls um 5%. Der Abstand des Scheitelpunktes vom Talpunkt gibt sonach den Betrag der Schwankung, jedoch nicht in absolutem Maß, sondern in relativem. Je größer dieser Abstand, desto größer ist das Verhältnis der zur Zeit des Maximums fallenden Niederschlagsmenge zu derjenigen des Minimums.

Es ist ein überraschender Gleichlauf der Kurven, der uns begegnet, überall eine Senkung derselben gegen das Jahr 1860 und eine Hebung gegen 1850 und 1880, von der Westküste der alten Welt bis zu ihrer Ostküste, sowie im Innern Nordamerikas, von Deutschland über Italien und Indien bis

Fig. II. Säkulare Schwankungen des Regenfalls.
Schnitt von Nord nach Süd.



nach Australien. Es zeigt sich, daß mehr oder minder alle Länder der Erde gleichzeitig eine regenreiche Periode und gleichzeitig eine Trockenperiode erleben. Im laufenden Jahrhundert gruppieren sich die Maxima des Regenfalls um die Jahre 1815, 1850 und 1880, die Minima um die Jahre 1830 und 1860.

Freilich fallen die Epochen nicht absolut gleich; so trifft das Minimum des Regenfalls bei einigen Gebieten auf 1856/60, bei anderen auf 1861/65, in einem Fall sogar verspätet auf 1866/70, und analog wechselt auch etwas die Lage des Maximums. Bei keinem der hier aufgeführten Fälle aber koinzidiert ein Minimum mit einem Maximum. Kein Minimum fällt auf die Jahre 1841-55 und 1871-85 und kein Maximum auf die Jahre 1825-40 und 1856-70. Es entspricht also nicht einem Zuviel des Regenfalls in einem Gebiet ein Zuwenig in einem anderen; eine Kompensation findet auf den hier vertretenen Landmassen der Erde nicht statt. Die geringen Abweichungen von der Mittellage der Epochen sind dazu regellos und meist auf kleiner Gebiete beschränkt. Das kann aber auch nicht anders sein. Wie trotz der deutlich ausgesprochenen Jahresperiode eines meteorologischen Elements, etwa der

Temperatur, doch dessen Maximums je nach der momentanen Witterung etwas früher oder später im Laufe des Jahres eintritt, so auch hier.

Auch die relative Intensität der Maxima und Minima ist nicht überall gleich: in Australien ist das Maximum um 1850 stärker ausgeprägt, als dasjenige der siebziger Jahre: bei einer Reihe von Gebieten sind beide Maxima gleich intensiv, während in der Mehrzahl der Fälle das Maximum um 1880 größer ist als dasjenige um 1850.⁷²

Doch gibt es immerhin einige Gebiete, welche direkt als Ausnahmen von der Regel erscheinen. Da ist Unteritalien und Sizilien, sowie Südspanien, da ist das untere Indus- und Gangesgebiet, da sind ferner die östlichen der Vereinigten Staaten von Nordamerika, deren Regenfall ein Maximum in den sechziger Jahren aufweist, also in jener Zeit, welche in den übrigen Ländern durch Regenarmut ausgezeichnet ist. Analog scheint es sich mit Island zu verhalten. Ebenso bildet Schottland durch seine zum Teil äußerst verschwommenen Schwankungen eine Ausnahme, während England sich der Regel fügt. Diese Ausnahmegebiete sind jedoch, soweit der heutige Stand der meteorologischen und hydrographischen Beobachtungen dieselben zu überblicken gestattet, sehr unbedeutend gegenüber dem Gros der Landmassen, die an den Schwankungen teilnehmen.

Noch ein anderes Gesetz tritt aus den Kurven klar und deutlich hervor: es ist die Verschärfung der Schwankung beim Vordringen in das Innere der Kontinentalmassen. In Schottland ist die Schwankung verwischt. In Deutschland ist sie deutlich und es verhält sich die Regenmenge des trockensten Lustrums um 1860 zu derjenigen des regenreichsten Lustrums um 1880 wie 1 : 1,09, im östlichen europäischen Rußland wie 1 : 1,24 und in Westsibirien gar wie 1 : 2,26. Mehr als zweimal soviel Regen fiel hier in den feuchten 5 Jahren 1881/85 als in den trockenen 1861/65. In Ostsibirien sinkt das Verhältnis wieder auf 1 : 1,36 herab. Nicht erwehren kann man sich angesichts dieser Tatsache, besonders wenn man die Lage einiger der oben genannten Ausnahmegebiete an den Gestaden des Atlantischen Ozeans gleichzeitig ins Auge faßt, als sei der geschilderte Rhythmus der Schwankung des Regenfalls ein kontinentaler und als könnte vielleicht die auf den Landflächen vergeblich gesuchte Kompensation auf Teilen des Ozeans stattfinden.

Der Regenfall ist nicht das einzige meteorologische Element, das rhythmische Schwankungen dieser Art aufweist. Es gelang ganz entsprechende für die Temperatur darzutun, und zwar war der Nachweis ein doppelter: er basierte einerseits auf der Diskussion der Register über die Dauer der winterlichen Eisdecke auf den Flüssen, andererseits auf den direkten Temperaturbeobachtungen. Die nachfolgende Kurve Fig. III möge diese Temperaturschwankungen illustrieren. Die ihr zu Grunde liegenden Zahlen wurden als Lustrenmittel aus den von Köppen⁷³ mitgeteilten Mittelwerten der schon vor 1820 beobachtenden Stationen Europas und Neuenglands berechnet und in der oben angegebenen Weise ausgeglichen. Ein Ansteigen der Kurve um einen Teilstrich bedeutet eine Zunahme der Temperatur um 0,05° C.

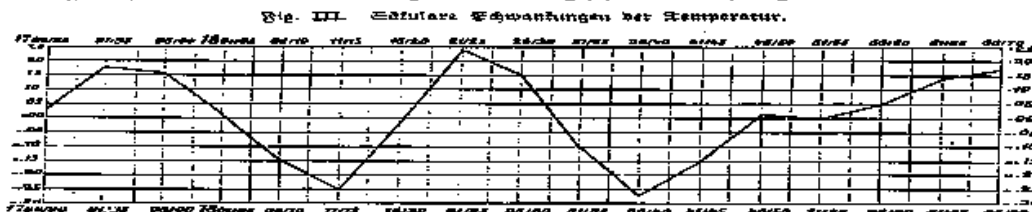
Ein allgemeines Resultat lesen wir aus unserer Kurve ab: der Rhythmus der Schwankungen der Temperatur vollzieht sich in der Weise, daß die feuchten Perioden auch kühl, die trockenen auch warm sind. So treffen wir im laufenden Jahrhundert in

⁷² Einige der letztgenannten Fälle dürften wohl auf Rechnung der allmählich Platz greifenden Verbesserung der Methode der Messung der Niederschläge, vor allem derjenigen des Winters einzusetzen sein, wie die im allgemeinen aufsteigende Tendenz der Kurven für Rußland, Sibirien und Mittelitalien anzudeuten scheint.

⁷³ Köppen in Zeitschr. d. Österr. Ges. f. Meteorologie, 1874, S. 260

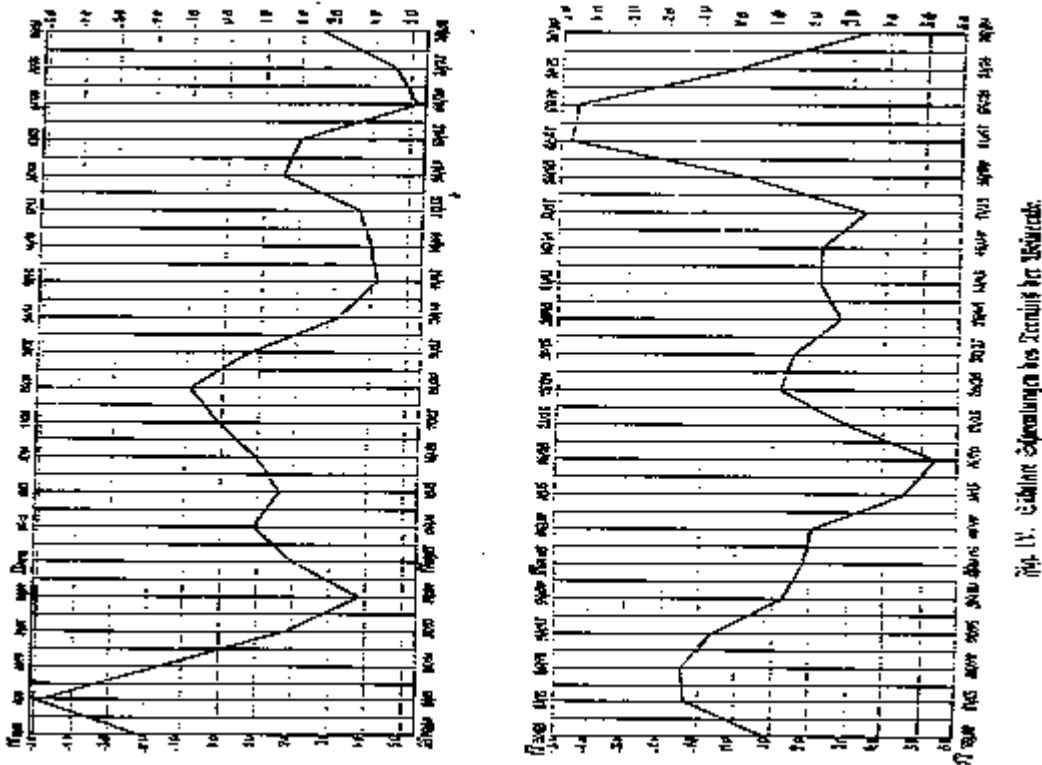
Europa und in den Neuenglandstaaten um 1815 eine durchschnittlich kalte Periode, um 1825 eine warme, um 1840 wieder eine kühle, die sechziger Jahre sind wieder warm und an sie schließt sich als letzte kühle Periode diejenige Ende der siebziger Jahre an. Unwillkürlich entsteht angesichts der Klimaschwankungen dieses Jahrhunderts die Frage, ob sich dieselben weit in die Vergangenheit zurück konstatieren lassen. Es ist dieses an der Hand eines verschiedenartigen Materials gelungen. Freilich zuverlässige meteorologische Beobachtungen reichen nicht tief in das vorige Jahrhundert zurück.

Fig. III. Säkulare Schwankungen der Temperatur.



Doch bot sich uns ein anderes wertvolles Material teils hydrographischer, teils pflanzenphänologischer Natur dar. Da sind zunächst die Schwankungen des Spiegels des Kaspischen Meeres, über welche Aufzeichnungen seit dem Jahre 1685 uns vorliegen; da sind ferner Beobachtungen über das Gefrieren und Aufgehen mehrerer russischer Flüsse, welche bis zum Beginn des vorigen Jahrhunderts fast lückenlos zurückgehen. Vor allem aber existieren langjährige Register über den Beginn der Weinlese in den Weingegenden Frankreichs, Südwest=Deutschlands und der Schweiz, die zum Teil schon mit dem Jahre 1400 beginnen. Erst seit 1550 freilich ist die Zahl der Stationen groß genug, um ihre Aufzeichnungen gegenseitig kontrollieren und zu Mitteln vereinigen zu können.

Es ist bekannt, daß im allgemeinen in feuchten und kühlen Jahren die Traubenreife erst spät, in trockenen und warmen dagegen früh eintritt. Da nun die Schwankungen des Termins der Weinernte bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts sich nachweislich entsprechend denen der Jahrestemperatur und der jährlichen Regenmenge vollziehen, so dürften sie überhaupt als Repräsentanten der Klimaschwankungen gelten.



Es wurden die Lustrenmittel des Datums der Weinernte für 30 Stationen der genannten 3 Länder gebildet (Verdun, Argenteuil, Foug, Loches, Les Riceys, Coupignon, Denainvilliers, Auxerre, Vendôme, Besoul, Dijon, Beaune, Lois-Le-Soulier, Renne, Pichon=Longueville, die Landschaft Médoc, Tain, Castres, Stuttgart, Kürnbach, Altstetten, Veytaux, Vevey, Lausanne, Lavaux, Aubonne, Rolle und Pully bei Morges).⁷⁴

Diese Lustrenmittel wurden für jede Station durch Abweichungen vom dreißigjährigen Mittel 1851 - 1880 ausgedrückt und hierauf für jedes Lustrum die Mittel der einzelnen Stationen zu einem Gesamtmittel vereinigt. Auf Grund der letzteren wurde die obige, wieder in der angegebenen Weise ausgeglichene Kurve entworfen, welche die Schwankungen des Klimas bis 1670 zurückverfolgen gestattet. Ich hätte sie ohne weiteres bis 1550 zurückführen können, freilich mit abnehmender Sicherheit, da die Zahl der Stationen von 1670 an rasch immer kleiner und kleiner wird. Doch möge die hier mitgeteilte Probe genügen.⁷⁵ Ein Ansteigen der Kurve um einen Teilstrich bedeutet eine Verfrüfung der Weinernte um einen Tag, also eine Zunahme der Temperatur und eine Abnahme des Regenfalls.

Um die Jahre 1880, 1851 - 55, 1816 - 20, 1766 - 70, 1741 - 45, 1696 bis 1700 und 1671 - 75 fallen kühle und feuchte Perioden, um die Jahre 1861 - 65, 1820 - 30, 1786 - 90, 1756 - 60, 1726 - 30 und 1681 - 85 warme und trockene. Die Zeiträume von Maximum zu Maximum sind dabei nicht vollkommen gleich: die Klimaschwankungen vollziehen sich also in keiner strengen Periode von bestimmter

⁷⁴ Die Mehrzahl der Reihen nach Angot Vendanges en France. Annales du Bureau Central Météorologique de France 1883, I. Paris 1885

⁷⁵ Die Kurve von 1550 an, wie alles derselben zu Grunde liegende Beobachtungsmaterial wird in der eingangs (S. 3 Anmerkung) erwähnten größeren Publikation des Verfassers mitgeteilt werden.

Länge, und wenn wir ihre Länge auf 36 - 37 Jahre angeben, so ist das nur ein Mittelwert.

Worin aber haben diese eigentümlichen Schwankungen, welche die wichtigsten klimatischen Elemente erleiden, ihren Grund? Die Endursache ist noch vollkommen in Dunkelheit gehüllt. Nur für den Regenfall vermögen wir einen Schritt zurück zu Tun, wenn auch nur auf dem beschränkten Gebiet Europas. Die Schwankungen des Regenfalls gehen nämlich hier genau Hand in Hand mit säkularen Schwankungen des Luftdruckes. Diese aber vollziehen sich auf dem Nordatlantischen Ozean und in Europa derart, daß in den regenreichen Perioden eine Abschwächung aller Luftdruckdifferenzen eintritt, in den trockenen eine Verstärkung derselben. Da nun während des größten Teils des Jahres sowie im Jahresdurchschnitt der Gradient vom Kontinent zum Ozean gerichtet ist, so muß eine Schwächung desselben notwendig den Übertritt feuchter ozeanischer Luft vom Meer aufs Land und damit den Regen auf dem Lande erleichtern, eine Verstärkung denselben erschweren. Die Schwankungen des Luftdruckes aber sind nichts anderes als eine Folge der Schwankungen der Temperatur. Eine Zunahme der letzteren bedingt eine Verschärfung des thermischen Gegensatzes zwischen Wasser und Land in gemäßigten und hohen Breiten und daher auch eine Verschärfung des Überdrucks auf dem Lande, die ihrerseits eine Minderung des Regens zur Folge hat. Ähnlich dürften sich wohl auch im allgemeinen die Schwankungen des Regenfalles auf die oben skizzierten Schwankungen der Temperatur zurückführen, wenn auch der Beweis zunächst nur für Europa gegeben ist. Wer die Temperaturschwankungen erklärt, hat die Ursache des gesamten Phänomens der Klimaschwankungen erkannt.

Ist nun der Betrag dieser Klimaschwankungen erheblich, so daß denselben eine Praktische Bedeutung zukommt? Dieses ist in der Tat der Fall. Besonders in den trockenen Gebieten, die an sich schon wenig Wasser besitzen, ändern sich die hydrographischen Verhältnisse gewaltig, indem sie jenen Schwankungen des Klimas folgen. Seen verschwinden in den Trockenperioden, um in den feuchten wieder aufzutreten, wie Z. B. der Lake George in Neu-Südwestwales, der um 1820 und 1876, in geringem Maße auch um 1850 ein stattliche See von 12 - 18 km Länge, 10 km Breite und 5 - 8 m Tiefe war, in den dazwischen liegenden Trockenzeiten aber völlig vom Erdboden verschwand: oder die innerafrikanischen Seen, die nach Sieger⁷⁶ zu Zeiten, wie der Tsadsee, der Tanganyika und der Nyassa so anschwellen, daß sie für einige Jahre einen Abfluß erhalten, dann aber beim Beginn der Trockenperiode wieder abflußlos werden. Flüsse und Bäche versiegen für ein Jahrzehnt; Sümpfe trocknen aus, um in der nächsten feuchten Periode wieder zu erscheinen. Leicht ließe sich dieses, wenn die Zeit es gestattete, noch durch zahlreiche Beobachtungen, besonders aus Afrika und Australien, belegen.

Dadurch berühren die Klimaschwankungen tief das menschliche Leben. Die Flußschiffahrt ist in hohem Grade abhängig von der im Strombett vorhandenen Wassermenge, welche die Tiefe bestimmt. In den Zeiten der Trockenheit, so um 1830 und 1860 wuchsen die Hindernisse der Schifffahrt, und gar bald entstand eine gewaltige Literatur über die Frage, was wohl die Ursache des Sinkens der Flußwasserstände sei, und meist wurde die zunehmende Entwaldung als solche gedeutet. Heute wissen wir es besser: es sind die Klimaschwankungen.

In anderer Weise äußert sich der Einfluß der Schwankungen der Temperatur auf den Verkehr durch Vermittlung der Dauer der Eisdecke der Flüsse. Es blieb z. B.

⁷⁶ R. Sieger, Schwankungen der innerafrikanischen Seen. Bericht über das XIII. Vereinsjahr des Vereins der Geographen an der Universität Wien, Wien, 1888.

im Durchschnitt der Kälteperiode 1806 - 1820 die Newa und damit der Hafen von St. Petersburg jährlich um volle 3 Wochen länger durch Eis geschlossen, als in der warmen Periode 1821 - 1835.⁷⁷

Das bedeutet, daß in der kalten Periode die westlicher gelegenen Häfen mit kurzer Sperrzeit einen Teil des Verkehrs von Petersburg erhalten, der ihnen in der warmen Periode wieder entzogen wird. Freilich kommen derartige Unterschiede in der Dauer der Navigationsperiode auch von einem Jahr zum andern vor. Dann aber macht das folgende Jahr wieder gut, was das vorhergehende geschadet; nicht so bei den Klimaschwankungen, wo sich die Durchschnittswerte geändert haben und die günstigen oder ungünstigen Verhältnisse im Mittel vieler Jahre hindurch anhalten. So gehen denn Hand in Hand mit den Klimaschwankungen gewisse Schwankungen im Verkehrsleben.

Ein anderes Gebiet, auf dem sich der Einfluß der Klimaschwankungen geltend macht, ist die Landwirtschaft. Besonders gilt dieses für das Innere der Kontinente, da dort die Schwankungen verschärft auftreten, wie z. B. in Sibirien, wo in den sechziger Jahren im Gefolge der Dürren, Hungersnöte auftraten, oder in Ägypten, wo von der größeren oder geringeren Höhe der Nilflut die Ertragsfähigkeit weiter Ländereien abhängt.

Geradezu verhängnisvoll dürften die Klimaschwankungen für die Zukunft der trockenen Gebiete des inneren Nordamerika werden, die sich um den großen Salzsee herum gruppieren. Hier ist von Anfang der sechziger bis zur Mitte der siebziger Jahre der große Salzsee um 3 m gestiegen; seine Zuflüsse füllten sich mit Wasser, das zur Berieselung der neu angelegten Felder und Wiesen abgeleitet wurde⁷⁸. Wir sahen oben, daß die Ansicht meist dahin geht, die Ausbreitung des Kulturlandes in den früher wüsten Gebieten habe den Regenfall erheblich vermehrt.

Dagegen möchte ich hervorheben, daß die Besserung des Klimas genau in jene Zeit fällt, in welcher mehr oder weniger die gesamten Landmassen der Erde, besonders aber die Kontinentalgebiete infolge der Klimaschwankung eine Zunahme des Regenfalls erlebten. Daß sich andererseits in Amerika in früheren Zeiten analoge Änderungen des Klimas abspielten, bald in dem einen, dann wieder in dem anderen Sinn, ließ sich an den Beobachtungen des Regenfalls und der Flußwasserstände im benachbarten Mississippigebiet für das laufende Jahrhundert konstatieren. Es sind dieselben Schwankungen die in Europa bis 1550 sich zurückverfolgen ließen, und diese große Zahl der nachgewiesenen Schwankungen zwingt uns zur Annahme, daß sie auch in Zukunft sich weiter vollziehen werden. Es scheint mir nach allem in hohem Grade wahrscheinlich, daß auf die von Anfang der sechziger Jahre an konstatierte Verbesserung des Klimas am Salzsee nunmehr eine Verschlechterung folgen wird, deren Vorboten bereits in den letzt vergangenen trockenen Jahren zu erkennen sein dürften, welche in der Tat auch ein Sinken des großen Salzsees im Gefolge hatten: 1888 stand der See schon wieder so tief wie 1864⁷⁹. Sollte sich diese Vermutung bewahrheiten, dann ist leider für jene Gebiete eine große ökonomische Krise in der allernächsten Zeit unvermeidlich; denn die Ländereien, welche von 1870 - 80 anbaufähig waren, würden dann gar bald infolge der Dürre einen Ertrag verweigern. Es dürfte sich dann hier zeigen, wie es sich in Ägypten und

⁷⁷ Berechnung: nach den von Rykatschew (Aufgang und Zugang der Gewässer Rußlands.

⁷⁸ Hann in der Zeitschr. d. Österr. Ges. f. Meteorologie. Bd. II, 1867.

⁷⁹ Nach einer handschriftlichen Kurve von Herrn G. K. Gilbert, die ich der Zuvorkommenheit des Herrn Dr. R. Sieger verdanke.

Sibirien gezeigt hat, daß entsprechend den Klimaschwankungen das Areal des anbaufähigen Landes in seiner Größe Schwankungen erleidet.

Doch die Zeit drängt, brechen wir ab!

Wir sind dazu gelangt, allgemeine Schwankungen des Klimas zu erkennen; ich habe versucht, mit wenigen Strichen eine kurze Skizze derselben zu entwerfen. Es mag im ersten Augenblick Wunder nehmen, daß dieselben bis heute sich dem forschenden Auge entzogen hatten. Doch sind in der Tat diese Schwankungen gleichsam schon geahnt worden; denn hier und da taucht in der Literatur auf Grund eigentümlicher Erscheinungen an den Gewässern die Anschauung auf, es sei das Klima gewisser Orte, speziell deren Regenfall, wahrscheinlich periodischen Schwankungen unterworfen, so u. a. Hann für das Gebiet des Kaspischen Meeres⁸⁰, so Schweinfurth für Teile der Mittelmeerländer⁸¹, so vor allem Fritz für zahlreiche Gebiete der Erde⁸². Doch ein meteorologischer Nachweis wurde nur für die Alpen von Forel, Richter und Lang erbracht. Und es konnte auch die Allgemeinheit des Phänomens, seine Gleichzeitigkeit und Bedeutung für die ganze Erde bis heute nicht wohl in streng meteorologischer Weise dargetan werden, ehe eine große Zahl meteorologischer Stationen die Trockenperiode der sechziger Jahre und die feuchte Periode um 1880 erlebt und in ihren Tagebüchern registriert hatten.

Diese allgemeinen Klimaschwankungen geben uns auch den Schlüssel zu jener argen Verwirrung, die zur Zeit über die Frage der Änderung des Klimas herrscht und die wir eingangs zu schildern suchten; sie erklären, wie ganz entgegengesetzte Ansichten neben einander bestehen konnten: es ändert sich eben das Klima eine Zeit lang in der einen Richtung und hierauf in der anderen — das Klima schwankt und mit ihm schwanken Flüsse, Seen und Gletscher.

⁸⁰ Hann.

⁸¹ Schweinfurth in der Einleitung zu Bädekers *Egypten*. I, 1877, S. 70.

⁸² Fritz in Petermann's *Mitteilungen*, 1880. S. 245 ff.

4a. Der gegenwärtige Stand der Frage nach den Klimaänderungen.

Definition des Begriffes Klima. I. Die Klimate der geologischen Vergangenheit. Lyells Anschauung. Heers homogenes Klima der vortertiären Zeit. Die Abkühlung des Erdenklimas in der Tertiärzeit (Heer und Engler). Neumayr greift das homogene Klima der Jura-, der Kreide- und Steinkohlenzeit an. Die karbonische Eiszeit. Nathorst und Neumayr treten für eine Verlegung der Erdaxe während der Tertiärzeit ein. Das Klima der Diluvialzeit. - II. Die Frage nach Klimaänderungen in historischer Zeit. a) Änderungen des Regenfalls. Allgemeine Änderungen desselben auf der ganzen Erde behauptet. Dissiccationstherorie von Whitney, Th. Fischer. Kritik des Beweismateriales. Partsch gegen Fischer. Angebliche lokale Änderung des Regenfalls in den gemäßigten Breiten und in den Tropen: Abnahme infolge von Entwaldung, Zunahme infolge von Bewaldung. Abnahme des fließenden Wassers in den Kulturländern: Wex. Unbrauchbarkeit korrespondierender Regenbeobachtungen zum Entscheid der Frage nach dem Waldeinfluß auf den Regenfall. Die experimentellen Untersuchungen Blandford's und Gannet's. Keine Regenabnahme an den Beobachtungen nachzuweisen. Die kontinuierliche Wasserabnahme in den Kulturländern existiert nicht. Zunahme des Regenfalls infolge von Entwaldung in Australien. Angeblicher Einfluß der Kulturländereien im inneren Nordamerikas auf den Regenfall. - b) Änderungen der Temperatur. Allgemeines Kälterwerden des Klimas der Nordhemisphäre bald behauptet, bald widerlegt. Konstanz der Temperatur in historischer Zeit: Ideler, L. Dufour. Änderungen der Windverhältnisse. Zusammenfassung: Es fehlt ein roter Faden durch das Gewirr der Hypothesen über Klimaänderungen. - III. Meteorologische Zyklen. Hypothesen über die Wiederkehr der Witterung eines Jahres in bestimmter Periode. Vieljährige Perioden der kalten Winter: Krafft, Renou, Köppen. Einfluß der Sonnenfleckperiode auf die meteorologischen Elemente: Temperatur, Regenfall, Luftdruck, etc. Gletscherschwankungen im Zusammenhang mit säkularen Schwankungen der Witterung: v. Sonklar, Forel, Richter, Lang.

Wie Wind und Wetter von Tag zu Tag sich ändert, wie auf Regen Sonnenschein folgt und auf Sonnenschein Regen, so wechseln auch trockene und feuchte, kalte und warme Jahre mit einander ab. Berechnet man für einen Ort die mittlere Temperatur eines Jahres aus den täglich zu bestimmten Stunden angestellten Thermometerbeobachtungen und vergleicht dieselbe mit derjenigen der benachbarten Jahre, so treten in unseren Breiten nicht selten Unterschiede von 2 bis 3° C., ja selbst noch mehr zu Tage. Stellen wir diese Temperaturschwankungen von Jahr zu Jahr durch eine Kurve graphisch dar, so erhalten wir eine unruhig auf- und abspringende Zickzacklinie. Gleichwohl aber verläuft dieselbe keineswegs absolut willkürlich; vielmehr gruppieren sich ihre Ausschläge deutlich um eine gewisse Mittellinie. Die letztere repräsentiert uns die klimatische Mitteltemperatur jenes Ortes, die eckige Kurve dagegen die Witterung der einzelnen Jahre in ihrer Aufeinanderfolge. Unter Klima verstehen wir die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, welche den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgend einer Stelle der Erdoberfläche charakterisieren. Was wir Witterung nennen, ist nur eine Phase, ein einzelner Akt aus der Aufeinanderfolge der Erscheinungen, deren voller, Jahr für Jahr mehr oder minder gleichartiger Ablauf das Klima eines Ortes bildet. Das Klima ist die Gesamtheit der Witterungen eines längeren oder kürzeren Zeitraumes, wie sie durchschnittlich zu dieser Zeit des Jahres einzutreten pflegen.⁸³ So verbindet sich uns mit dem Worte Witterung der Begriff des Unbeständigen, des Wechselnden, mit dem Worte Klima durchaus der Begriff des Beständigen, das nur von Ort zu Ort, nicht

⁸³

Hann: Handbuch der Klimatologie. Stuttgart, 1883. S. 1.

aber von Zeit zu Zeit sich ändert. Das Bewußtsein der Konstanz des Klimas ist tief eingewurzelt im Volk und spricht sich in der sicheren Zuversicht aus, daß die ungewöhnliche Witterung einer Jahreszeit oder eines Jahres durch diejenige des folgenden wieder wett gemacht werden müsse.

Allein auch das Klima ist im Lauf der Zeiträume nicht immer sich gleich geblieben. Zahllos sind die Hypothesen und Theorien, die über Änderungen des Klimas in der Vergangenheit aufgestellt wurden und naturgemäß mehr oder minder lebhaft das Interesse weiterer Kreise in Anspruch nahmen, läßt doch der strenge Nachweis einer in vergangenen Zeiten vor sich gegangenen Änderung des Klimas sofort den Gedanken an die Möglichkeit einer zukünftigen Änderung auftauchen; eine solche aber könnte sich nicht ohne einschneidende Wirkung auf das wirtschaftliche Leben der Völker vollziehen. Gewiß nur durch diese praktische Bedeutung der Frage ist es zu erklären, wenn die Zahl der aufgestellten Hypothesen so groß ist, daß es wohl überhaupt keinen denkbaren Fall einer Klimaänderung gibt, der nicht seinen Vertreter gefunden hätte. Bei diesem Wirrwarr der widersprechendsten Meinungen, die meist nur sehr schwach gestützt erscheinen, ist es kein Wunder, wenn es heutzutage bei den Meteorologen fast gegen den guten Ton verstößt, sich überhaupt mit der Frage der Klimaänderung zu beschäftigen, geschweige denn eine neue Hypothese zu den alten hinzuzufügen.

Es kann nicht unsere Absicht sein, hier alle irgendwann und irgendwo geäußerten Meinungen über Klimaänderung zusammenzustellen; eine solche einigermaßen vollständige Zusammenstellung würde leicht Bände füllen. Allein es mag uns gestattet werden, mit wenigen Strichen den heute noch herrschenden Widerstreit der Meinungen zu skizzieren, indem wir hierbei die Legion der Hypothesen und Theorien nach großen Gesichtspunkten in Gruppen einordnen.

I. Die Klimate der geologischen Vergangenheit.

So alt die Geologie ist, so alt ist auch die Erkenntnis, daß die Klimate der geologischen Vergangenheit andere waren als die heutigen. Doch gibt es wohl wenige Gebiete, in denen die Spekulation in dem Maße der Feststellung der Tatsachen vorausgeeilt ist, wie gerade in dieser Frage. Ehe auch nur ein verschwindender Bruchteil des einschlägigen Tatsachenmaterials bekannt war, da machte man sich schon daran, die Änderungen des Klimas in der geologischen Vorzeit, die man erkannt zu haben glaubte, theoretisch erklären zu wollen. So schoß vom Anfang dieses Jahrhunderts an bis zur Gegenwart eine Hypothese nach der andern auf, von denen die Mehrzahl jedes Wertes entbehrte, während andere wenigstens geeignet waren durch eingehende spekulative Erörterungen der verschiedenen für die Erklärung einer Änderung des Klimas in Betracht kommenden Faktoren einer zukünftigen, auf reeller Grundlage zu errichtenden Theorie vorzuarbeiten. Von all diesen rein spekulativen Hypothesen können wir hier gänzlich absehen; denn keine einzige von ihnen genügt auch nur einigermaßen den zu stellenden Anforderungen. Wir begnügen uns mit einer kurzen Darstellung der Ansichten, die über das Klima der verschiedenen geologischen Formationen auf Grund des Tatsachenbefundes geäußert wurden und heute noch unvermittelt nebeneinander bestehen.

Schon früh mußte man darauf stoßen, daß die alte Lebewelt, deren fossile Reste man eingeschlossen in den geologischen Formationen fand, ihrem klimatischen Charakter nach von der heute an Ort und Stelle existierenden verschieden war. Der Gedanke an einer Klimaänderung lag also nahe. Zwei Wege gab es nun, die zur Feststellung der Klimate der Vorzeit führen konnten. Entweder man verglich die organischen Formen aus verschiedenen Formationen und aus der Gegenwart mit

einander und suchte aus der Änderung des Charakters derselben die Änderungen des Klimas im Laufe der Zeiten zu erkennen. Oder aber man legte das Hauptgewicht auf den Vergleich der Floren und Faunen ein und derselben Periode und strebte darnach, für die Vorzeit die Existenz oder das Fehlen von Klimaabstufungen festzustellen, wie wir ihnen heute zwischen Pol und Äquator begegnen. Beide Wege sind eingeschlagen worden.

Der erste Weg ist der ältere und seit Anfang dieses Jahrhunderts oft betreten worden. Er führte zuerst zu der Theorie einer allmählichen fortschreitenden Abkühlung des Erdenklimas. Lyell freilich kam zu einem etwas abweichenden Ergebnis.⁸⁴ Auch er wurde allerdings zur Annahme eines früher im Allgemeinen wärmeren Klimas geführt; doch sollten sich in diese Zeit warmen Klimas temporär Perioden niedrigerer Temperatur einschalten, nicht nur in der Diluvialzeit, sondern auch im Miocän, im Eocän und im Perm. Die Frage nach der Existenz von Klimazonen berührte er, wie auch seine Vorgänger, kaum.

Ganz anders verfuhr Heer, indem er eingehend die Pflanzenüberreste derselben Periode an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche mit einander verglich. Die Untersuchung der fossilen Floren schien ihm die Tatsache eines einförmigen tropischen Klimas auf der ganzen Erdoberfläche in weit entlegenen Perioden darzutun, die unvereinbar ist mit dem heutigen solaren Klima und seinen Abstufungen vom Äquator bis zum Pol. Die moderne Polarforschung, vor allem die Reisen Nordenskjöld's, der die Polarregionen mit der beistimmten ausgesprochenen Absicht aufsuchte, das Klima der Vorzeit zu erforschen, gestatteten die auf dem Boden der heißen und gemäßigten Zonen gewonnenen Ergebnisse bis zum äußersten Norden auszudehnen.

Diese Homogenität des Klimas konnte freilich nur für einige Epochen der geologischen Vergangenheit behauptet werden, vor allem für das Carbon. Es fand die Polarexpedition von Nares⁸⁵ in den unteren Carbonschichten unter 74 und 76° N. Br. dieselbe üppige Carbonflora, welche die Gebiete der gemäßigten neuen und alten Welt zur Carbonzeit besiedelte, während sie im Kohlenkalk an der Nordküste von Grinnell-Land (83° N Br.) Korallen und Cephalopoden von durchaus tropischem Habitus entdeckte⁸⁶ und Oswald Heer von der Bäreninsel und von Spitzbergen karbonische Pflanzengattungen und Arten beschrieb, die mit denen Europas identisch waren.⁸⁷ Ähnliches schien sich auch für einzelne Teile der mesozoischen Ära zu ergeben. So lehrte uns Nathorst dieselbe Juraflora in Spitzbergen und in Indien kennen,⁸⁸ zeigten Nathorst und Heer,⁸⁹ wie in Nordgrönland in der Kreideperiode gleichzeitig wie in Europa und Nordamerika unvermittelt die Laubhölzer auftreten.

⁸⁴ Lyell: Principles of Geology. 10th ed. Chap. X.-XIII.

⁸⁵ G. S. Nares: >> A Narrative of a Voyage to the Polar Sea during 1875 - 76 in H. M. Ships >>Alert<< and >>Discovery<< London, 1878. Bd. II S. 331 f. Citat nach Whitney.

⁸⁶ O. Heer: Flora Fossilis Arctica. Bd. V. Abth. 1, S. 17

⁸⁷ Heer a. a. O. Bd. II. Abth. 1, Bd. III. Anth. 1 und Bd. IV. Abth. 1

⁸⁸ Nathorst: Polarforskningens bidrag till forntidens växtgeografi in A. E. Nordenskjöld: Studier och forskningar föranledda af mina resor I häga Norden. Stockholm 1883.

⁸⁹ Heer: Flora fossilis arctica. Bd. I. S. 60 und an anderen Orten des Großen Werkes mehr. Bd. I. S. 53 ff. u. Bd. VII. S. 226 findet sich eine kurze Zusammenfassung aller klimatologischen Resultate Herr's.

In der Tertiärperiode erst erleidet nach Heer und Engler⁹⁰ das homogene Klima der Erde eine Störung und es beginnt vom Pol ausgehend die Heranbildung der heutigen klimatischen Zonen. Die vorschreitende Abkühlung spiegelt sich deutlich in den Wandlungen wieder, von welchen Flora und Fauna in gleicher Weise ergriffen werden. Heer's klassische Arbeiten haben gezeigt, daß in der Schweiz die Floren in der Tertiärzeit genau in derselben Weise zeitlich aufeinander folgten und hier fossil übereinander geschichtet sind, wie sie heute räumlich zwischen Pol und Äquator sich einordnen.⁹¹ Die tropische Eocänflora wird von der subtropischen Miocänflora abgelöst, die ihrerseits am Ausgang der Tertiärperiode einer borealen Flora vom Charakter der heutigen Platz macht. Zu einem entsprechenden Resultat gelangte Lesquereux durch Untersuchung der fossilen Floren des Felsengebirges in den Vereinigten Staaten.⁹²

Das Vordringen der Abkühlung vom Pol gegen niedere Breiten, welches durch diese Aufeinanderfolge der Floren angedeutet wird, erhielt erst seine volle Bestätigung durch die Funde der Reste von Tertiärfloren innerhalb des Polarkreises, die namentlich von Nordenskjöld ausgebeutet wurden. Wieder war es Heer, dessen Meisterhand das gesammelte Material ausschließlich zur Bearbeitung anvertraut wurde und der in einer stattlichen Reihe von Bänden die Flora "fossilis arctica" beschrieb. Es gelang für die Gebiete von Ost- und Westgrönland, Grinnellland, die Lenamündung und Spitzbergen der Nachweis einer Flora von demselben Charakter wie die subtropische Flora des schweizer Miocäns.

Es entstand nunmehr die Frage, ob wirklich die arktische Tertiärflora gleichzeitig mit der Miocänflora der Schweiz lebte oder ob sie vielleicht einen Vorläufer derselben darstellt, also älter ist, und zu einer Zeit existierte, als in der Schweiz noch tropisches Klima und tropische Vegetation herrschten. Eine zuverlässige Lösung dieser Frage wäre nur durch kontinuierliches Verfolgen der Miocänschichten nach Norden möglich; ein solches aber ist infolge der Unterbrechung des Festlandes durch den Ozean ausgeschlossen. Heer⁹³ und Engler⁹⁴ hielten an der Gleichzeitigkeit der miocänen Flora der Schweiz und ihrer nahen Verwandten in den Polargebieten fest und nahmen daher einen relativ geringen Temperaturunterschied zwischen den Polargebieten und Mitteleuropa an. Andere Forscher dagegen, wie J. H. Gardner und Saporta, wollten in der arktischen Tertiärflora mit subtropischem Charakter eher ein Äquivalent der tropischen Eocän- und Oligocänflora als der subtropischen Miocänflora Mitteleuropas sehen.⁹⁵ Es würde dann zwischen der subtropischen Tertiärflora der Polargebiete und der subtropischen des schweizer und westdeutschen Miocäns ein ähnliches Altersverhältnis bei gleichzeitiger naher Verwandtschaft bestehen, wie zwischen der fossilen miocänen Flora Mitteleuropas und der heute noch fortlebenden nahe verwandten subtropischen Vegetation Japans und der südlichen Vereinigten Staaten, und die Temperaturdifferenz zwischen Mitteleuropa und dem Polargebiete wäre bedeutender, als Heer sie annahm.

⁹⁰ Engler: Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt. 2 Bde. Leipzig 1879 und 1882.

⁹¹ Heer: Flora fossilis Helvetiae.

⁹² Lesquereux: A Review of the Fossil Flora of North-America. Bull. of the Geol. and Geog. Survey of the Territories. II. Ser. Nr. V.

⁹³ Heer: Flora fossilis arctica. Bd. I. S. 73, Bd. VII. S. 22.

⁹⁴ Engler a. a. O. Bd. I. S. 2 f.

⁹⁵ Penck in Verh. des V. Deutschen Geographentages. Berlin 1885. S. 33; Neumayr: Erdgeschichte. Bd. II. Leipzig 1887. S. 510.

In jedem Fall aber zeigt der Arko-Tertitär selbst eine deutliche klimatische Sonderung in zwei Zonen, deren äußere, bis 75° Nordbreite reichende, eben jene Tertiärflora birgt, welche mit der schweizer miocänen eine Reihe subtropischer Arten gemeinsam hat, während die innere unter 80° Breite gefundene lebhaftere Anklänge an die heutige boreale Flora aufweist.⁹⁶

So sehen wir nach Heer und Engler im Verlauf der Tertiärzeit die Herausbildung der heutigen Zonen des solaren Klimas sich vollziehen. Am Pol macht sich zuerst die Abkühlung bemerkbar, die vielleicht schon in der Oligocänzeit derartige Dimensionen angenommen hatte, daß die tropische Vegetation bis in die gemäßigten Breiten verdrängt war und eine subtropische Flora die südlichen Teile der Polarzone in Besitz genommen hatte, während polwärts von 75° Breite das kühle Klima nur noch die Existenz einer borealen Flora gestattete. Die Abkühlung schritt im Lauf der Miocän- und Pliocänperiode weiter fort und Ring für Ring schoben sich die Pflanzenzonen südwärts und engten immer mehr und mehr das Gebiet der tropischen Vegetation ein. Am Ausgang der Tertiärzeit, im Pliocän, hatten sich im Großen und Ganzen die Verhältnisse von heute herausgebildet und eine der heute lebenden klimatisch außerordentlich nahestehende Flora besiedelte Mitteleuropa.⁹⁷

Man hat den Betrag des Kältewerdens des Klimas zu berechnen gesucht; derselbe war in verschiedenen Breiten ein ganz verschiedener. Während im Gebiete der heutigen Tropen sich von Anbeginn an die tropische Vegetation hielt, eine einigermaßen bemerkbare Abkühlung also überhaupt nicht stattfand, hat man für den Süden Mitteleuropas, wo auf das tropische Eocänklima nacheinander das subtropische Miocänklima und endlich am Schluß der Pliocänperiode das boreale folgte, ein Sinken der Temperatur um 14 - 15° gefunden; für die Polarregion, wo am Ausgang der Kreideperiode noch Gewächse gediehen, deren Verwandte heute den Wendekreis nicht mehr überschreiten, am Schluß der Tertiärzeit aber Schnee- und Eisfelder neben einer dürftigen arktischen Vegetation sich ausdehnten, ergibt sich ein Sinken um fast 30° C.⁹⁸

Mit wenigen Schlagworten läßt sich die eben vorgetragene Anschauung Heer's charakterisieren: Homogenes Klima zur Carbonzeit und wohl auch in einzelnen Perioden der mesozoischen Ära - von den Polen beginnende und von hier aus fortschreitende Abkühlung in der Tertiärzeit.⁹⁹

Was die Ursache dieses eigentümlichen Kälterwerdens des Klimas in der Tertiärzeit war, darüber vermochte man sich nicht zu äußern. Jedenfalls hat aber die alte Hypothese, welche dasselbe mit der Verminderung der Eigenwärme der sich abkühlenden Erdkugel in Beziehung brachte, heute auch nicht mehr einen Schein von Berechtigung. Ganz abgesehen von allen schwerwiegenden physikalischen Bedenken spricht uns ja die aus den Fossilresten von Heer entzifferte Geschichte der Erde von einem kontinuierlich fortschreitenden Kälterwerden des Klimas überhaupt nur während der Tertiärzeit, aber weder vor noch nach derselben. Daß aber der Abkühlungsprozeß der Erdkugel durch Wärmeverlust in den Weltenraum in den langen geologischen Zeiträumen vor der Tertiärzeit ein unmerklich langsamer gewesen sein sollte, um sich

⁹⁶ Heer: Flora fossilis arctica. Bd. VII. S. 225.

⁹⁷ Geyler und Kinkelin: Oberpliocänflora aus den Baugruben des Klärbeckens bei Niederrad und der Schleuse bei Höchst a. M. Sep.-Abdr. aus den Abh. d. Senckenbergischen naturf. Ges. Frankfurt a. M. 1887, S. 43 f.

⁹⁸ Vgl. auch Penck: Deutsches Reich. Wien, Prag, Leipzig. 1887. S. 107.

⁹⁹ Eine treffliche Darstellung dieser Anschauungen gibt Penck: Die erdgeschichtliche Bedeutung der Südpolarforschung. Verh. d. V. deutschen Geographentages. Berlin, 1885. S. 25 ff.

dann während der relativ nur sehr kurzen Tertiärzeit in enormen Maße zu beschleunigen, ist sehr unwahrscheinlich.

So gewaltig auch das von dem genannten Forscher beigebrachte Beweismaterial und so groß die Schärfe seiner Schlußfolgerungen ist, so haben sich doch in der allerletzten Zeit gegen diese Anschauungen Bedenken erhoben und vor allem die Lehre vom homogenen Klima der alten Perioden ist heute wieder in Frage gestellt.

Dreierlei Kategorien von Argumenten waren es, welche für die bedeutende Wärme und Homogenität des Klimas auf der ganzen Erde während früher Perioden beigebracht wurden. Die eine umfaßt jene, welche sich auf die große Üppigkeit der Vegetation in der Vorzeit stützen, die allein die Ablagerung so mächtiger Kohlenflötze ermöglichen könne; die zweite beruft sich darauf, daß die Organismen der vortertiären Perioden durchweg mehr Verwandtschaft und Analogie mit der heutigen Lebewelt der Tropen als mit jener kälterer Gegenden zeigen; die dritte Art der Folgerung endlich geht davon aus, daß Fauna und Flora der Vorzeit in sehr verschiedenen geographischen Breiten übereinstimmend sind.

Alle diese Argumente sind, wie Melchior Neumayr auszuführen sucht, teils nicht zwingend, teils unrichtig und auf Irrtum beruhend.¹⁰⁰

Das erste Argument ist direkt falsch, wie übrigens schon seit langer Zeit erkannt ist. Heute bilden sich ja Lager kohligter Substanzen gerade nur in den kalten Gebieten mit nichts weniger als üppiger Vegetation, während in den warmen die pflanzlichen Stoffe rasch durch Verwesung vernichtet werden.

Gegen die zweite Art der Argumente wird der Einwand erhoben, es sei das Anpassungsvermögen der Lebewesen an verschiedene klimatische Verhältnisse entschieden unterschätzt worden; dasselbe kann, wie Neumayr zu zeigen sucht, sich mit der Zeit geändert haben, als Mitbewerber auftraten, die besser gegen die Unbill des Klimas geschützt waren als jene alten Formen, und die daher die letzteren in die Tropen verdrängten. Auch heute gedeihen Pflanzen, die wild nur in den Tropen zu leben vermögen, in rauheren Klimaten, sobald man sie im Kampf ums Dasein gegen die besser gewaffneten Konkurrenten schützt, d.h. sie auf Äckern und Beeten zieht, die man von "Unkraut" frei hält.

Auch die so vielfach betonte Identität der Faunen und Floren in den verschiedensten Breiten hat sich bei genauerem Zusehen nicht als absolut herausgestellt. Neumayr tat im Gegenteil für die Jura- und Kreidezeit das Vorhandensein einer zonalen Anordnung in der Verbreitung gewisser Meeresorganismen dar, aus der er auf die Existenz von Klimazonen schließt, die in ihrer Lage zu den Polen den heutigen Klimazonen entsprechen.

Die Flora des Carbons ist nach Neumayr ebenfalls keineswegs so absolut gleichmäßig. Manches spricht im Gegenteil für gewisse klimatische Unterschiede, so die Seltenheit oder das Fehlen der Sigillarien in den Kohlen hoher Breiten und das Fehlen der typischen Steinkohlenflora zwischen den Wendekreisen. Doch besaßen ohne Zweifel die Polarregionen damals eine höhere Jahrestemperatur, vor allem mildere Winter, als heute.

Den stärksten Stoß aber dürfte die Lehre vom homogenen Klima der Carbonzeit erleiden, wenn sich die Deutung gewisser carboner Vorkommnisse als

¹⁰⁰ M. Neumayr: Über klimatische Zonen während der Jura- und Kreidezeit. Denkschr. Wiener Akad. Math. nat. Cl. Bd. XLVII. Ferner: Die klimatischen Verhältnisse der Vorzeit. Schriften des Ver. z. Verbreitung naturw. Kenntnisse in Wien 1889. Mehrfach auch in seiner Erdgeschichte Bd. II (Leipzig 1887).

Gletscherbildungen bestätigen sollte.¹⁰¹ Es treten nämlich in den oberen Carbonschichten im südlichen Afrika, in Australien und in Indien mehrfach eigentümliche Konglomerate auf, die in Schiefertone und feinkörnigen Sandstein eingebettet, gekritzte Blöcke von glacialem Habitus enthalten; in Indien¹⁰² und in Südafrika¹⁰³ ist das Liegende dieser Ablagerungen sogar an einzelnen Stellen mit Schrammen versehen. So scheint sich denn Alles zu vereinigen, um die Existenz von ausgedehnten Eismassen am Ende der Carbonzeit sicherzustellen. Gleichwohl ist Angesichts der zahlreichen Täuschungen, denen selbst gewiegte Geologen durch Verwechseln von pseudo-glacialen Bildungen mit echt-glacialen zum Opfer gefallen sind,¹⁰⁴ zur Zeit die Frage nach der carbonischen Eiszeit noch als eine offene zu behandeln. Frappieren könnte freilich das scheinbar durchaus harmonische Auftreten von Glacialerscheinungen an drei so weit von einander entfernten Punkten der Erdoberfläche in gleichaltrigen Schichten, wäre nur nicht diese genaue Gleichaltrigkeit zum Teile eben aus dem Vorkommen jener angeblich glacialen Erscheinungen abgeleitet worden. Wie dem auch sei, in jedem Fall muß heute die Lehre vom homogenen Klima der Carbonzeit und der vortertiären Perioden überhaupt als erschüttert gelten; "es spricht," nach Neumayr,¹⁰⁵ geradezu Alles gegen die Annahme einer über die ganze Erde, vom Äquator bis zum Pole gleichmäßig heißen Temperatur."

Auch auf den Abkühlungsprozeß des Erdenklimas, welcher sich nach Heer und Engler von den Polen beginnend so einheitlich während der Tertiärzeit vollzogen haben soll, haben die letzten Forschungen Nathorst's und Neumayr's neues Licht geworfen; es scheint daß derselbe sich keineswegs so einfach abspielte, wie man zuerst glaubte.

Neumayr hat die Kontinuität des Abkühlungsprozesses angegriffen. Er sucht es wahrscheinlich zu machen, daß Europa zur Zeit des unteren Eocäns ein etwas kühleres Klima besaß, als zur Zeit des mittleren und des oberen; die letztere Periode stelle ein Wärmemaximum dar.¹⁰⁶ Erst von jener Zeit an datiere der Beginn einer fortschreitenden Abkühlung, die bis zur Diluvialzeit anhielt. Nathorst spricht aus, daß in der oberen Jurazeit auf Spitzbergen ein rauheres Klima herrschte, als in der Tertiärzeit und zeigt, daß in Japan seit der Miocänzeit überhaupt keine Abkühlung zu bemerken ist.¹⁰⁷ Auch in Sachalin und Kamtschatka weist die tertiäre (miocäne) Flora auf ein im Vergleich zur Gegenwart nur sehr wenig wärmeres Klima hin. Die Abkühlung während der Tertiärzeit ist also nicht allgemein, sie zeigt sich vielmehr gerade in den zuerst auf ihre Fossilflora erforschten Gebieten Europas und vor allem Grönlands am allerintensivsten, beträgt sie doch, wie wir oben sahen, für Grönland und Grinnell-Land nahezu 30° C. Nathorst hebt hervor, daß nun gerade Japan, das Gebiet ohne Abkühlung, und Grönland, das Gebiet

¹⁰¹ Eine ausführliche Darlegung der Frage geben W. Waagen: Die carbone Eiszeit (Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1887. S. 143 - 192) und Feistmantel: Über die Pflanzen und Kohlen führenden Schichten in Indien (bezw. Asien), Afrika und Australien und die darin vorkommenden glacialen Erscheinungen (Sitzungsber. d. k. böhm. Ges. d. Wiss. Prag 1887. S. 1—109).

¹⁰² Waagen, a. a. O. S. 147.

¹⁰³ A. Schenck: Die geologische Entwicklung Südafrikas. Petermann's Mitth. 1888. S. 229. f.; ferner: Über Glacialerscheinungen in Südafrika. Verh. d. D. Geographentages, Berlin 1889.

¹⁰⁴ Vgl. Penck: Pseudo-glaciale Erscheinungen. Ausland 1884. S. 641 ff.

¹⁰⁵ Neumayr: Die klimatischen Verhältnisse der Vorzeit. A. a. O. S. 27 des Separatabdruckes.

¹⁰⁶ Neumayr: a. a. O. S. 30.

¹⁰⁷ Nathorst: Zur fossilen Flora Japans. Paläontolog. Abhandlungen, Herausgegeben von Damesund Kayser, Bd. IV. Nr. 3. 1888. S. 53, 51 ff.

intensivster Abkühlung, nahezu auf einem Meridiankreis liegen. Es würde sich die geographische Anordnung der miocänen Floren verschiedenen klimatischen Charakters durch die Annahme der Lage des Pols unter 70° N. Br. und 120° O. L. v Greenwich, d.h. durch eine Verschiebung desselben um 20° in der Richtung auf Japan hin erklären lassen, während der heutige Pol zu jenen Pflanzenzonen stark exzentrisch liegt. Es würden dadurch die Floren von Kamtschatka, vom Amurland und Sachalin innerhalb des Polarkreises, diejenigen von Spitzbergen und Grinnell-Land noch nördlich vom 60° Breitenkreis zu liegen kommen. Die Floren Japans, Alaskas, vom Makenzie-River, von Grönland und Island mit subtropischem Charakter lägen zwischen 50 und 60° N. Br., diejenigen der Schweiz mit schon mehr tropischem Charakter unter 36° N. Br. So sind wir, schreibt Nathorst, durch den heutigen Stand unserer Kenntnis dahingeführt, eine Veränderung in der Lage der Pole in der tertiären Zeit als sehr wahrscheinlich anzunehmen. Er ist heute nicht der einzige, der diese Ansicht vertritt.

Unabhängig von ihm war Neumayr zu ganz ähnlichen Ergebnissen gekommen¹⁰⁸ und nicht nur auf der Nordhemisphäre, sondern auch auf der Südhemisphäre werden paläontologische Tatsachen dafür angeführt.¹⁰⁹ Freilich nicht alle Schwierigkeiten sind damit gelöst; denn welche Stellung wir auch dem Pol innerhalb des Ringes tertiärer Florenüberreste anweisen mögen, immer liegen ihm die Fundstellen tertiärer Waldbäume weit näher als heute die nördliche Grenze des Baumwuchses. Es war also, schließt *Neumayr*, das Klima der Tertiärzeit im allgemeinen etwas wärmer als das heutige, aber bei weitem nicht in dem Maße als die durch die Verschiebung der Pole besonders begünstigten Länder Grinnellland, Grönland, Spitzbergen und West- und Mitteleuropa es vermuten lassen.¹¹⁰

Werfen wir einen Blick zurück, so müssen wir freimütig gestehen, daß wir über die klimatischen Verhältnisse der vordiluvialen geologischen Vergangenheit herzlich wenig, ja fast nichts wissen. Vor wenigen Jahren noch galt die Theorie einer allmählich und kontinuierlich vor sich gehenden Abkühlung des Erdenklimas als die herrschende und auch heute noch zählt sie Anhänger; in die Siebziger Jahre und in den Anfang der Achtziger fallen die Arbeiten Heer's über das homogene Klima und die allmähliche Abkühlung in der Tertiärzeit; der allerneuesten Zeit gehören diejenigen Nathorst's und Neumayr's an, welche das homogene Klima wie die gleichmäßige tertiäre Abkühlung leugnen. Diese Ansichten stehen sich heute noch gegenüber. Es ist daher ein vollkommenes Verkennen der Sachlage, wenn v. Czerny 1881 schreibt, man müsse sich jetzt mit der Darlegung der Ursachen beschäftigen, derentwegen das Klima seit den ältesten Zeiten Veränderungen unterworfen gewesen sei, denn diese Veränderung selbst seien eine seit lange her durch die Geologen festgestellt und bewiesene Sache.¹¹¹

Etwas besser steht es um unsere Kenntnis vom Klima der durch gewaltige Gletscherausdehnung ausgezeichneten Diluvialzeit; wir werden demselben weiter unten ein ganzes Kapitel widmen; an dieser Stelle können wir uns daher ganz kurz fassen, indem wir die dort abgeleiteten Resultate vorausnehmen.

¹⁰⁸ Neumayr: Erdgeschichte II. S. 611—514.

¹⁰⁹ Nathorst a. a. O. S. 55. Über die von vielen Astronomen geleugnete Möglichkeit einer Verlegung der Erdaxe innerhalb der Erdkugel hat sich jüngst Schiaparelli keineswegs so ablehnend geäußert. Vgl. Neumayr: Erdgeschichte II. S. 513.

¹¹⁰ Neumayr: Klimatische Verhältnisse der Vorzeit, A. a. O. S. 38.

¹¹¹ v. Czerny: Die Veränderlichkeit des Klimas und ihre Ursachen. Wien, Pest, Leipzig, 1881. S. 76

Es gab eine Zeit, da glaubte man die so außerordentlich gesteigerte Gletscherentfaltung der Diluvialperiode durch lokale Ursachen erklären zu können. Die angeblich früher weit bedeutendere Erhebung der Gebirge spielte hierbei eine große Rolle. In dieser Weise äußerte sich beim Beginn seiner Glacialstudien Charpentier¹¹² und ihm folgten viele andere nach. Heute aber, nachdem die Glacialforschung festgestellt hat, daß das Phänomen der Eiszeit durchaus ein allgemeines und überall in seiner Intensität proportional der Größe der heutigen Gletscher ist, muß diese Anschauung als widerlegt gelten, und ein Zweifel kann darüber nicht mehr bestehen, daß in der Eiszeit überall klimatische Verhältnisse herrschten, die von den heutigen etwas verschieden waren.

Im Allgemeinen ist man anzunehmen geneigt, diese Differenz betreffe hauptsächlich die Niederschläge, die in der Eiszeit weit reichlicher gewesen sein müßten. Das ist jedoch nicht richtig; unserer Meinung nach hat die alte Anschauung von Agassiz und Charpentier vom Jahre 1841, welche die Gletscher als Thermometer betrachtet, ihre volle Berechtigung. Wir werden unten dartun, daß auch die Temperatur in der Eiszeit tiefer gewesen sein muß, wenn auch die Differenz gegen heute wahrscheinlich überall geringer als 5° C. war. So schiebt sich zwischen den Ausgang der Tertiärzeit, dessen klimatische Verhältnisse den heutigen sehr nahe standen, die Eiszeit mit einem kühlen und feuchten Klima ein. Allein nicht nur eine Eiszeit gab es, sondern mindestens deren zwei und beide waren durch eine relativ trockene Interglacialzeit getrennt. Es sind wiederholte Klimaschwankungen, welche die Diluvialzeit auszeichnen, und die mit ihrem Auf- und Ab eigentümlich gegen die kontinuierliche, lang anhaltende Abkühlung des Klimas abstecken, die sich in der Tertiärzeit vollzog.

Was die Ursache dieser Klimaschwankungen der Diluvialzeit ist, wissen wir heute ebenso wenig, wie wir die Ursache des tertiären Abkühlungsprozesses kennen. Es ist noch keine einigermaßen genügende Theorie aufgestellt worden, welche mit den Tatsachen vollkommen im Einklang stehen würde. Wir verzichten hier darauf, auf Spekulationen einzugehen, wie sie von Croll,¹¹³ Blytt,¹¹⁴ auch von Schmick¹¹⁵ unternommen wurden, wenn wir auch ihren Wert als erste Versuche anerkennen.

Das Eiszeitklima ist ein anderes als das heutige: das Klima hat sich seit der Eiszeit geändert. Die Änderung vollzog sich bereits angesichts des Menschen¹¹⁶ und sofort entsteht die Frage, ob der letztere wenigstens einen Teilbetrag derselben in seinen Überlieferungen registriert hat. Es ist die Frage nach den Änderungen des Klimas in historischer Zeit, an die wir herantreten.

II. Ansichten über Klimaänderungen in historischer Zeit.

Zahllos und mannigfach sind die Hypothesen oder Theorien über Klimaänderungen in historischer Zeit, die aufgestellt und mit größerem oder geringerem Erfolg gegen die nie ausbleibenden Angriffe verteidigt wurden. Bald werden allgemeine Ursachen angerufen, welche, völlig unabhängig vom Menschen, allgemeine Klimaänderungen veranlaßt haben sollen; bald sind es Eingriffe des Menschen in die Natur, besonders Modifikationen des Pflanzenkleides der Erde durch denselben, welche man verantwortlich machen will. Meist ist es gerade eine Änderung der wichtigsten

¹¹² Charpentier in den Annales des mines, 1835.

¹¹³ Croll: Climate and Time (1875), sowie eine Reihe neuerer Publicationen.

¹¹⁴ Blytt im Biologischen Centralblatt. Band IV. S. 33 ff.

¹¹⁵ Schmick's zahlreiche Schriften finden sich zusammengestellt im Geogr.

Jahrbuch Bd. V, Gotha 1874, S. 236.

¹¹⁶ Penck: Mensch und Eiszeit. Archiv für Anthropologie Bd. XV. (1884.)Heft 3.

meteorologischen Elemente, der Temperatur oder des Regenfalls, die man beobachtet haben will. Die übrigen klimatischen Faktoren spielen in der Literatur über die vorliegenden Frage nur eine ganz untergeordnete Rolle. Wenn auch hier und da der Versuch gemacht wird, Änderungen etwa der Windrichtung oder Windstärke darzutun, so geschieht es fast immer nur in der Absicht, einer Erklärung der Änderung der Temperatur oder des Regenfalles näher zu treten.

Vom Regen, d.h. vom Wasser, ist die Existenz und das Gedeihen des Menschen in fast noch höherem Maße abhängig als von den Wärmeverhältnissen. Gegen Kälte vermag sich der Mensch bis zu einem gewissen Grade durch die Kleidung zu schützen; der absoluten Trockenheit erliegt er sofort. So wurde von jeher gerade die Frage nach Änderungen des Regenfalls in historischer Zeit besonders lebhaft ventiliert.

Naturgemäß fesseln hier unser Interesse zunächst diejenigen Versuche, welche sich mit dem Nachweis der seit Schluß der Eiszeit eingetretenen Änderung der Regenverhältnisse beschäftigen.

Unter den zahlreichen einschlägigen Arbeiten gebührt dem großen Werk von J. D. Whitney unstreitig der erste Platz.¹¹⁷ Nach ihm ist die Eiszeit ein lokales Phänomen für jedes einzelne Gebirge und eine notwendige Erscheinung im allgemeinen Abkühlungsprozeß der Erde. Der Letztere soll dadurch, daß er im Laufe der Zeiten die Verdunstung von der Oberfläche der Meere immer mehr mindert, eine allmähliche Austrocknung der Landmassen der Erde im Gefolge haben; es sei dies jenes Trockenerwerden des Klimas, auf welches wir unbedingt aus dem Schwinden der diluvialen Gletscher schließen müssen. Diesen Austrocknungsprozeß aus historischen Daten darzutun war eine der Hauptaufgaben, die *Whitney* sich stellte. Er ist freilich nicht der Erste, der in dieser Weise eine Minderung des Regenfalls auf der Erde infolge allgemeiner, außerhalb des Menschen und seiner Tätigkeit liegender Ursachen verfißt. Unter seinen Vorgängern ist vor allem *Theobald Fischer* zu nennen, der in verschiedenen Schriften für ein Trockenerwerden des Klimas der Mittelmeerländer seit dem Altertum eingetreten ist.¹¹⁸ Er spricht allerdings auch die Ausrodung der Wälder, welche vielfach in der Umgebung des Mittelmeeres in historischer Zeit die Physiognomie der Landschaft vollkommen geändert hat, nicht von jeder Schuld frei; doch ist ihm der Austrocknungsprozeß und das Vordringen der Wüste gegen das Mittelmeer eine zu allgemeine Erscheinung, um durch solche, jedenfalls nur lokale und erst nördlich von 34° Nordbreite wesentliche Eingriffe der Menschen genügend erklärt zu werden. Er hält dieselbe vielmehr für die Äußerung einer allgemeinen Zunahme der Trockenheit der subtropischen Zone an ihrer Äquatorialgrenze.

Während *Fischer* seine Untersuchungen auf die Umgebung des Mittelmeeres beschränkt, hat *Whitney* Material zur Konstatierung der historischen Klimaänderung für alle Länder der Erde gesammelt. Man findet dasselbe in einem besonderen Abschnitt gleichzeitig mit den prähistorisch-geologischen Beweisen für das Trockenwerden des Klimas seit der Eiszeit mitgeteilt. Da sind bezüglich Beobachtungen zusammengetragen für das Gebiet des aralo-kaspischen Beckens, für Persien, Zentralasien, das

¹¹⁷ Whitney: Climatic Changes of later Geological Times. Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College. Cambridge 1882.

¹¹⁸ Theobald Fischer: Über Klimaänderungen an der Äquatorialgrenze der subtropischen Regenzone (Ausland, 1877. S. 891, ohne Namen erschienen); Beiträge zur physischen Geographie der Mittelmeerländer. Leipzig, 1877; Studien über das Klima der Mittelmeerländer. Petermann's Mitth. Ergänzungsheft Nr. 48. Gotha, 1879. S. 41 ff.: Zur Frage der Klimaänderung im südlichen Mittelmeergebiet etc. Petermann's Mitth. 1883. S. 1 ff.

Mittelmeergebiet, die Sahara, Innerafrika und Südamerika und aus denselben wird der Schluß gezogen: das Klima ist in historischer Zeit auf der gesamten Erde trockener geworden. Es ist das eine Bestätigung der für einzelne Gebiete außer von Fischer auch schon von Humboldt,¹¹⁹ Schmick,¹²⁰ W.T. Blanford,¹²¹ v. Richthofen,¹²² O. Fraas, Chavanne¹²³), jüngst noch von Jadrinzew,¹²⁴ Venukof¹²⁵, W. Gütz¹²⁶ und vielen Anderen geäußerten Ansicht; sie alle nehmen ein Trockenerwerden des Klimas, und zwar unabhängig von der Tätigkeit des Menschen an.

Verschiedenartig sind die Tatsachen, aus denen auf dieses Trockenerwerden geschlossen wird. Zum geringen Teil nur ist der Beweis ein geologischer, insofern, als er auf Wandlungen hydrographischer Erscheinungen sich stützt, die in jeder Beziehung dem Einfluß des Menschen entrückt sind, wie das Sinken des Spiegels abflußloser Seen; so schließt von Richthofen aus dem vor 4000 Jahren weit größeren Umfang des Lob-nor im Tarymbecken auf eine Zunahme der Trockenheit seit jener Zeit; in dieser Weise wurde früher das Verschwinden des Meerbusens Aibugir am Aralsee als Zeichen des Eintrocknens desselben aufgefaßt und analog deutete man eine beobachtete, angeblich kontinuierliche Senkung des Spiegels des Kaspischen Meeres. Der weit größere Teil des Beweismaterials aber stützt sich auf Änderungen des Pflanzenkleides der kurz auf Erscheinungen, welche dem Wirkungskreis des Menschen keineswegs ganz entzogen und daher nicht vollkommen und absolut beweiskräftig sind. Es sind zum großen Teil dieselben Tatsachen, welche, wie wir weiter unten sehen werden, auch als Beweis der Klimaänderung in Folge lokaler Entwaldung gedeutet werden.

In der Tat sind denn auch Widersprüche gegen jene Theorie des Austrocknens nicht ausgeblieben und fast für jede Gegend, für welche ein Trockenerwerden des Klimas behauptet wurde, ist die Berechtigung dieser Behauptung bestritten worden. Man wies darauf hin, daß eine Zurückdrängung des Ufers eines abflußlosen Sees sehr wohl auf einen lokalen Verlandungsprozeß zurückgeführt und der Rückgang der Kulturländereien im Mittelmeergebiet der zunehmenden Indolenz der Orientalen zugeschrieben werden könne. So entschieden *Fischer* für eine Änderung des Klimas in den Mittelmeerländern Afrikas eingetreten ist, so entschieden weist *Zittel*¹²⁷ eine solche für die historische Zeit von der Hand und jüngst hat sich *Partsch* ihm auf Grund eines äußerst kritisch zusammengestellten Materials angeschlossen: Das Niveau des Schott el Djerid im

¹¹⁹ Humboldt für das Aralo-Kaspische Becken in L'Asie centrale. Paris 1843. Vol II S. 142.

¹²⁰ Schmick: Die Aralo-Kaspische Niederung und ihre Behandl. Leipzig 1874.

¹²¹ Blanford für Persien in Quarterly Journal of the Geological Society. Vol. XXIIX. (London 1873) S. 493.

¹²² v. Richthofen für das Gebiet des Lob-Nor in: China. I. S. 110.

¹²³ Chavanne: Die Sahara. Wien 1879. S. 627.

¹²⁴ Jadrinzew über das Schwinden der westsibirischen Seen in den Iswestija der k. russ. geogr. Ges. XXII. Nr. 2

¹²⁵ Venukof in der Revue de géographie X. Paris 1886. S. 81 f.

¹²⁶ W. Gütz: Die Verkehrswege im Dienste des Welthandels. Stuttgart 1888. S. 418, 506, 610, 669.

¹²⁷ Zittel: Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Libyschen Wüste etc. Paläontographica Bd. XXX.S 42.

tunesischen Afrika hat sich seit dem Altertum nicht geändert u.s.f.¹²⁸ Ähnlich äußert sich auch Tietze.¹²⁹

Sehr alt und heute weit verbreitet ist die Ansicht, der Wald habe einen wesentlichen Einfluß auf den Regenfall. In der Tat scheint ein solcher a priori durchaus wahrscheinlich. Der Wald bietet zunächst der vom Winde bewegten Luft ein mechanisches Hindernis, das sie ähnlich wie Hügel und Bergzüge zu übersteigen gezwungen ist. So geringfügig die Hebung der Luft hierbei ist, so muß sie doch theoretisch an der Luvseite zu einer Verstärkung der Kondensation führen. Allein der Einfluß des Waldes äußert sich auch in anderer Weise dadurch, daß über ihm die Luft relativ feucht erhalten bleibt. Der Wald hemmt den raschen Abfluß des Regenwassers und speichert im Waldboden einen Wasservorrat auf, den er durch die Baumkronen wieder verdunsten läßt. Auch dieses Phänomen muß auf eine Mehrung des Niederschlages über dem Wald hinwirken, um so mehr, als die feuchte Luft infolge der großen Reibung, welche der Wind an der Oberfläche des Waldes erleidet, und welche die Luftbewegung verzögert, die Tendenz hat, über dem Walde zu verharren. Wenn nun der Wald einfach durch sein Dasein in dieser Weise eine Mehrung des Regenfalles und seiner Häufigkeit veranlassen soll, so muß ein Niederschlagen desselben, wie es überall der Ackerbau und die Kultur mit sich bringt, unbedingt von einer Minderung des Regens und einer Zunahme der Dürre gefolgt sein. Am schärfsten wird diese Ansicht durch die Worte charakterisiert: Der Mensch schreitet über die Erde und ihm folgt die Wüste.¹³⁰

Wohl für kein Gebiet der Erde ist der Einfluß der Entwaldung auf den Regenfall so vielfach betont worden, wie für die Mittelmeerländer und jene von Fischer und Whitney als ein allgemeines Phänomen gedeutete Zunahme der Trockenheit seit dem Altertume ist weit häufiger der lokalen waldvernichtenden Tätigkeit des Menschen zugeschrieben worden. In der Tat, vergleichen wir das einst an den Gestaden des östlichen Mittelmeeres so blühende Kulturleben mit dem Vegetieren der heutigen Orientalen auf dem gleichen Boden, so springt uns der enorme kulturelle Niedergang jener Gebiete in die Augen und nur zu leicht sind wir geneigt, jenes Degenerieren der alten Kulturvölker denselben Ursachen zuzuschreiben, welche unsere eigene Arbeitskraft erschaffen machen, sobald wir den Orient betreten, der sengenden Dürre des Klimas. Den heutigen Trägern der Kultur als Bewohnern des kühlen und feuchten Nordens scheint die Kulturblüte des Altertums bei den heutigen klimatischen Verhältnissen des Orients undenkbar: Das Klima muß seit dem Altertum trockener und wärmer geworden sein. Da bietet denn die Entwaldung jener Gebiete, die seit den ältesten Zeiten vor sich gegangen ist, eine willkommene Erklärung: der Mensch hat seine eigene Kultur durch Entwaldung umgebracht und sein Land verwüstet, auf dem er heute nur mehr ein kümmerliches Dasein zu fristen vermag. Eine Bestätigung scheint sich durch den Vergleich der Schilderungen des Landescharakters im Altertume und heute zu ergeben.¹³¹ In dieser Weise äußern sich Herschel, Arago, Kämtz, Lecog, Clavé, David

¹²⁸ Partsch: Über den Nachweis einer Klimaänderung der Mittelmeerländer. Verhandlungen des VIII. Deutschen Geographentages. Berlin 1889. S. 123.

¹²⁹ E. Tietze: Ueber Steppen und Wüsten. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse. Wien, 1885, S. 160.

¹³⁰ Citirt bei Simony: Schutz dem Walde! Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse in Wien. Bd. LXX. 1876/77. Wien, 1877. S. 425.

¹³¹ Eine übersichtliche Zusammenstellung der Literatur über den Einfluss der Entwaldung auf das Klima gibt uns D. Milne Home im Journal Scot. Meteor. Soc.

Milne Home, Mathieu, Wilson Flagg, G. vom Rath, Fautrat, Marsh, Simony,¹³² Denza¹³³ u.s.w. Auch Theobald Fischer glaubt wenigstens einen Teil des "Austrocknens" der Mittelmeerländer, soweit dieselben nördlich vom 34. Breitengrad liegen, der Entwaldung auf Rechnung setzen zu dürfen. Allein vielfach übersah man, daß im Altertum Bewohner der subtropischen Zone schrieben, die Pflege der heutigen Wissenschaft aber vorwiegend dem gemäßigten Europa obliegt. Der Südländer mußte notwendig dieselben Erscheinungen mit anderen Augen sehen und mit anderen Farben malen als der Bewohner des Gebietes jenseits der Alpen.

Diese Zunahme der Trockenheit soll noch heute vor sich gehen; so will Trottier¹³⁴ auf Grund der Regenbeobachtungen zu Port d'Alger eine solche seit 1838, besonders aber seit 1855 in Algier konstatieren; eine Besserung erwartet er ebenso wie Niel¹³⁵ nur durch Aufforstung in großem Stil. Nach Marmont,¹³⁶ dessen Beobachtungen ohne Zitat auch N. Gräger¹³⁷ wiedergibt, sollen die Ober-Ägypten die Regen, die noch vor 100 Jahren häufig waren, aufgehört haben, seit die Araber die Bäume auf den Grenzgebirgen des Niltales gegen Osten und Westen niedergeschlagen haben. Den entgegengesetzten Erfolg haben nach ihm wie nach Anderlind¹³⁸ (1888) die großen Baumanpflanzungen des laufenden Jahrhunderts in der Umgebung von Kairo gehabt, eine Ansicht, die gleichfalls schon viel früher (1835) durch Marmont geäußert wurde. Hier sollen die Regen häufiger geworden sein, während sie früher fast ganz fehlten. Ebenso soll nach Murphy¹³⁹ die Umgebung des Baches Kidron bei Jerusalem sich eines reichlicheren Regenfalles erfreuen, seitdem dort ein Maulbeerhain angelegt worden ist, u. s. f.

Kein Wunder, daß unter solchen Umständen bereits hier und da die Waldfrage im Zusammenhange mit der Klimafrage von den Regierungen behandelt worden ist. So wendet die italienische Regierung neuerdings der Wiederbeholzung des Landes und der von dieser zu erwartenden Aufbesserung des Klimas große Aufmerksamkeit zu.¹⁴⁰ Das Ziel dieser Anpflanzungen hebt Pater *Denza* mit den wenigen Worten hervor: Es muß verhindert werden, daß Perioden der Wolkenbrüche mit Perioden der Dürre abwechseln.¹⁴¹

Beobachtungen aus anderen Gegenden scheinen diese Schlüsse bezüglich des Waldeinflusses und die an die Aufforstung geknüpften Erwartungen durchaus zu stützen.

New. Ser. IV, 1870. S. 35 ff, ferner Löffelholz-Colberg: Die Bedeutung und Wichtigkeit des Waldes. Leipzig 1872; endlich Whitney a. a. O. S. 155 ff. Wir citieren hier nur die in den genannten Publikationen nicht erwähnten Autoren.

¹³² Simony: Schutz dem Walde. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturw. Kenntnisse. Wien. 1877. S. 451.

¹³³ Denza: La meteorologia e la fisica terrestre al III. congresso geografico internazionale di Venezia. Rom 1882. S. 16 ff. (Citat bei Günther.)

¹³⁴ Trottier referiert bei O. Niel: Géographie de l'Algérie 23 éd. T. L. 1876. Seite 178.

¹³⁵ Niel a. a. O.

¹³⁶ Marmout referiert bei Berghaus: Länder u. Völkerkunde. Bd. II. 1837. S. 309.

¹³⁷ N. Gräger: Sonnenschein und Regen. Weimar. 1870. S. 153.

¹³⁸ Anderlind in der Meteorolog. Zeitschrift. 1888. S. 154.

¹³⁹ J. J. Murphy: Are we drying up? Nature XV. (1876) S. 6.

¹⁴⁰ David Milne Home a. a. O.; Günther: Geophysik Bd. II. S. 290.

¹⁴¹ Denza a. a. O. S. 16 ff., citiert bei Günther.

Vielfach glaubte man für Deutschland eine Besserung des Klimas seit dem Altertum erkennen zu können, bestehend in einer Minderung der Bewölkung und des Regenfalles als Folge der zunehmenden Entwaldung. In der Tat schien ein Vergleich der trüben Schilderung Germaniens, wie sie uns etwa Tacitus gibt, mit der Gegenwart auf eine Änderung des Klimas hinzuweisen; man bedachte nicht, daß die Schilderung des Römers naturgemäß subjektiv gefärbt sein mußte. Aber auch für die jüngste Zeit hat man mehrfach für Teile Mitteleuropas eine Änderung des Klimas im Zusammenhang mit der Abholzung nachweisen wollen. In diesem Sinn äußert sich van Bebbber in seinem Werk über die Regenverhältnisse Deutschlands,¹⁴² in diesem Sinn auch Studniška für Böhmen.¹⁴³ Nach Wessely ist in Ungarn das Steppenklima seit den Zeiten Maria Theresias in fortwährendem Vorrücken begriffen; nur von einer energischen Aufforstung verspricht er sich Hilfe und Rettung vor der Dürre.¹⁴⁴

Für den Süden Frankreichs, die Vendée, die Provence und besonders das Department du Var vertrat 1836 Rivièrè¹⁴⁵ in der Pariser Akademie die Entwaldungstheorie; durch das Erfrieren und die nachfolgende Ausrodung der Olivenwälder in den Jahren 1821 - 22 sollte eine erhebliche Minderung des Regenfalles und ein allgemeines Versiegen der Quellen veranlaßt worden sein. Ähnlich äußerte sich für das ehemalige Poitou und das Departement der unteren Charente Fleuriau de Bellevue.¹⁴⁶ Überhaupt wurde die Frage der Klimaänderung durch die Vernichtung des Waldes in Frankreich mehrfach erörtert, so 1858 durch Ladoucette, der in der französischen Deputiertenkammer hervorhob, das Klima der Departements Pyrénées Orientales und Hérault sei durch Waldverwüstung trockener und wärmer geworden.¹⁴⁷ Daher beschäftigte sich die Gesetzgebung ernstlich mit der Frage der Wiederaufforstung.¹⁴⁸

In der Schweiz schrieb schon in den Zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts Kasthofer die zunehmende Dürre der immer weiter um sich greifenden Entblößung des Schweizer Hochgebirges von Waldungen zu und riet zur Wiederaufforstung.¹⁴⁹

Auch in den Vereinigten Staaten spielt die Entwaldung eine große Rolle und wird als Ursache einer Abnahme des Regenfalles gedeutet, die man sowohl in den Neu-England-Staaten als in den pazifischen Staaten beobachtet zu haben glaubt,¹⁵⁰ und F.B. Hough¹⁵¹ als Präsident des von der American Association for the Advancement of Science ernannten Comités, fordert in seinem Bericht energisch zur Vergrößerung des Waldbestandes auf, um der zunehmenden Trockenheit zu steuern.

In Sibirien waren die Sechziger Jahre unseres Jahrhunderts durch außerordentliche Dürren ausgezeichnet, in deren Gefolge Hungersnöte auftraten. Man

¹⁴² van Bebbber: Regenverhältnisse Deutschlands. München, 1877. S. 119.

¹⁴³ Studniška: Hyetographie von Böhmen. Archiv f. naturw.

Landesdurchforschung von Böhmen. Bd. VI. Nr. 3. Prag 1887.

¹⁴⁴ Wessely in Simony: Schutz dem Walde! a. a. O. S. 497.

¹⁴⁵ Rivièrè Effets des défrichements. Comptes Rendus II. 1836. 2 S 358.

¹⁴⁶ Fleuriau de Bellevue bei Berghaus: Länder- und Völkerkunde. Stuttgart 1837. Bd. II. S. 30.

¹⁴⁷ Hough: Report upon Forestry. Washington 1878. S. 292.

¹⁴⁸ Marsh: The Earth as modified by human action. New York 1877. S. 395

¹⁴⁹ Kasthofer: Bemerkungen auf einer Alpenreise. Aarau, 1822. Anhang: Klima des Alpengebirges S. 329.

¹⁵⁰ Vgl. die Zusammenstellung bei Whitney: Climatic changes in later geological Time. Cambridge, 1882. S. 162 f.

¹⁵¹ Hough: a. a. O.

stand vielfach nicht an, diese Zunahme der Trockenheit mit der zunehmenden Entwaldung in ursächlichen Zusammenhang zu bringen. Van den Brinken schreibt sogar die Trockenheit der süd-russischen Steppen der Waldverwüstung durch die Nomaden zu! Diese Beispiele mögen für die nördliche gemäßigte Zone genügen.

Nicht minder hat man die zunehmende Entwaldung für ein angebliches Trockenerwerden des Klimas in einzelnen Gegenden der Tropen verantwortlich machen zu müssen geglaubt.

Blanqui¹⁵² hält die Trockenheit des Klimas der Kapverdischen Inseln für eine Folge der Entwaldung, während St. Helena seit Napoleons I. Zeiten durch eine geringe Zunahme des Waldes an Regen gewonnen habe. Ebenso sollen auf Ascension die Regen häufiger geworden sein, seitdem die Engländer die Insel zum Teile wieder bewaldet haben.¹⁵³

Die Insel Madeira verlor Anfang des 15. Jahrhunderts durch eine Feuersbrunst ihre Wälder und bereits um 1450 wollte man eine merkliche Abnahme des Regenfalles erkennen.¹⁵⁴

Meldrum erwähnt Ende der Sechziger Jahre, daß die Bewohner der feuchten Gebiete von Mauritius absichtlich die Wälder lichteten, um trockeneres Ackerland zu erhalten. Doch ging die Abholzung zu weit und hatte Anfang der Sechziger Jahre entsetzliche Dürren im Gefolge; um den letzteren zu entgegen ist Meldrum für Wiederbewaldung.¹⁵⁵

In Indien ist, wie Gibson 1846 an die Regierung berichtet,¹⁵⁶ nach der Aussage aller Eingeborenen, seitdem die Entwaldung so gewaltig um sich griff, das Klima der Umgebung Bombays und der Nilgiri-Hügel trockener geworden. Den gleichen Effekt hat nach Bidin die Entwaldung der Landschaft Coorg in den westlichen Ghats gehabt.¹⁵⁷ Jüngst wies Blanford¹⁵⁸ für eine Region in den südlichen Zentralprovinzen Indiens den umgekehrten Vorgang nach: eine Zunahme des Regens bei gleichzeitiger Zunahme der Waldbedeckung.

Wheeler schreibt in seinem Bericht über seine zweite Expedition nach Neu-Mexiko, das Klima des letzteren werde von Jahr zu Jahr durch Entwaldung wüstenartiger. In St. Cruz, West-Indien, soll sich nach Hubbert infolge der Entwaldung die Regenmenge in dem Grade verringert haben, daß die Verödung und Entvölkerung der Insel immer traurigere Dimensionen annimmt.¹⁵⁹ Ähnlich äußerte sich Sachs über Teile der venezolanischen Küstengebiete¹⁶⁰ und Hartt¹⁶¹ über Brasilien; die Entwaldung habe hier bereits einen deutlichen Einfluß auf das Klima von Bahia ausgeübt.

¹⁵² Blanqui erwähnt bei Marsch a.a. O.S. 184.

¹⁵³ J..J. Murphy in Nature Vol. XV. S.6.

¹⁵⁴ Peschel: Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde. Leipzig 1870. S. 163.

¹⁵⁵ Meldrum in Quarterly Journal R. Meteorological Society Vol. IV. London, 1868, S. 187.

¹⁵⁶ D. Milne Home a.a.O.

¹⁵⁷ Bidin referiert im Geogr. Jahrbuch IV. S. 30.

¹⁵⁸ Blanford: The Rainfall of India. Part II. S. 135 ff. und Meteorolog. Zeitschrift 1888. S. 35.

¹⁵⁹ Simony a.a. O.S. 465 f.

¹⁶⁰ Sachs erwähnt von Fritz in Petermann's Mitth. 1880. S. 251 f.

¹⁶¹ Hartt: Geology and physical Geography of Brasil. Bosten, 1870. S. 321. (Citat bei Whitney).

Aus dem zahlreichen Beispielen für die Tropen sei noch eines hier besonders hervorgehoben, welches einen zwingenden Beweis für den Einfluß des Waldes auf den Regenfall zu geben scheint und als solcher oft Verwendung gefunden hat. Wir meinen die Beobachtungen in der Umgebung des Sees von Tacarigua oder Valencia in Venezuela. 1800 weilte Alexander v. Humboldt an seinen Ufern und konstatierte, daß sein Umfang seit Gründung der Stadt Valencia, besonders aber in den letzten 30 Jahren des vorigen Jahrhunderts stark abgenommen hatte. Humboldt stand nicht an, dieses Sinken des Sees der Ausrodung der Wälder zuzuschreiben, welche in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts große Dimensionen angenommen hatte. 22 Jahre später besuchte *Boussingault* den See und erfuhr, daß derselbe seit einer Reihe von Jahren wieder stark steige; Inseln, die 1796 emporgetaucht waren, waren wieder verschwunden, weite Ackerflächen, die vollkommen trocken gelegen hatten, waren in Gefahr ersäuft zu werden. Wieder gibt der Wald die Erklärung. In den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts herrschten nämlich in Venezuela blutige Kämpfe, die sich zum Teile gerade in der Umgebung des Sees abspielten. Hierdurch gingen Industrie und Ackerbau stark zurück und der tropische Urwald eroberte kraft seiner Üppigkeit gar bald einen großen Teil des Bodens wieder zurück, den der Mensch ihm entrissen. Sofort nahm mit der Ausbreitung des Waldes auch der Regenfall wieder zu und gar bald begann der See von Tacarigua wieder zu steigen. Gewiß dem Anschein nach ein schlagender Beweis für den Waldeinfluß, wie man ihn glänzender nicht verlangen kann!¹⁶²

Auch aus der gemäßigten Zone der Südhemisphäre liegen analoge Beobachtungen vor. So sollen nach *Milne Home*¹⁶³ in Australien in einer Gegend, in welcher noch vor 20 Jahren 37 Zoll Regen fielen, heute - *Home* schrieb 1870 - infolge der Entwaldung nur 17 Zoll fallen. Infolgedessen ist in einer der australischen Kolonien der Anfang mit der Gründung eines eigenen Departements zur Erhaltung und Vergrößerung der Wälder gemacht worden. Wirklich hat auch stellenweise die Aufforstung bedeutende Dimensionen angenommen und *Landsborough* hebt hervor, daß hierdurch auch das Klima Australiens feuchter zu werden beginne und der ganze Erdteil bald nicht nur für Viehzucht, sondern auch für Ackerbau geeignet werden dürfte.¹⁶⁴ Nach *Strzelecki* ist dagegen das Klima Tasmaniens, Dank sei es der Waldverwüstung, erheblich trockener geworden.¹⁶⁵

Für die Capkolonie in Südafrika haben *S. Fritsch*, *Wilson* und *Livingstone* eine Zunahme der Trockenheit behauptet. *Fritsch*, der dieselbe 1863 - 66 bereiste, fand überall Spuren einer solchen;¹⁶⁶ ihre Ursache sieht er in der zunehmenden Entwaldung. Die gleiche Beobachtung machten *Böhm* und *Bernsmann* im Herero-Land.¹⁶⁷

Überschauen wir die geschilderten Ansichten, mögen sie nun für Teile der alten oder der neuen Welt, für Gebiete der gemäßigten oder der tropischen Zone aufgestellt worden sein, wägen wir die Namen ihrer Vertreter, so scheint es unzweifelhaft: Entwaldung hat vielfach auf der Erde den Regenfall gemindert, Aufforstung ihn gemehrt.

¹⁶² *Boussingault*: Influence des défrichemens sur la diminution des cours d'eau. *Annales de Chimie et de Physique*. T. LXIV, 1837. S. 217.

¹⁶³ *D. Milne Home* a.a. O.

¹⁶⁴ *Landsborough* referiert in *Nature* Vol. XVI, 1877. S. 217.

¹⁶⁵ *Strzelecki*: Van Diemens-Land. S. 192 f. (Citat bei *Milne Home*.)

¹⁶⁶ Über *Fritsch*, *Wilson* und *Livingstone* siehe das Referat von *Hann* in *Zeitschr. f. Meteorologie*. 1869. S. 18 ff.

¹⁶⁷ *Böhm* und *Bernsmann* in *Petermann's Mitth.* 1878. S. 307 ff.

Eine große Stütze erhielt diese Anschauung durch den Versuch, eine Abnahme des fließenden Wassers in allen Kulturländern nachzuweisen. Daß durch Entwaldung der Wasserreichtum einer Quelle herabgemindert, ja selbst vollkommen vernichtet werden kann, ist eine seit langer Zeit bekannte Tatsache. Becquerel ist für dieselbe eingetreten¹⁶⁸ ebenso vor ihm Boussingault,¹⁶⁹ der Schweizer Marchand¹⁷⁰ und viele andere Gelehrte, die wir zum Teile schon als Anhänger der Theorie, daß Entwaldung den Regenfall mindere, kennen gelernt haben.

Zweimal aber in unserem Jahrhundert wurde das Problem eine brennende Tagesfrage: in den Dreißiger- und Anfang der Siebziger-Jahre. Im erstgenannten Decennium entstand eine weitschichtige Literatur über die Wasserabnahme in den Flüssen und Strömen Mitteleuropas im Anschluß an die epochemachenden Untersuchungen von Heinrich Berghaus¹⁷¹ über die deutschen Ströme und von P. Merian¹⁷² speziell über den Rhein. An vieljährigen, zum Teile sogar 100jährigen Beobachtungsreihen zeigte Berghaus, daß der Wasserspiegel der Elbe und Oder im großen Ganzen eine kontinuierliche Senkung erfahren habe. Er glaubte diese Senkung als die Folge einer Abnahme der durchfließenden Wassermenge betrachten zu müssen und brachte die Verminderung der letzteren mit der Urbarmachung und Entsumpfung des Landes in Zusammenhang, welche den Wasserverbrauch durch Verdunstung sehr gesteigert hätten. Ja, er spricht die Befürchtung aus, es möchte die Elbe, wenn die Verminderung des Wasserstandes in demselben Verhältnis fortschreiten sollte, nach 24 Jahren, d.h. um das Jahr 1860, mit den jetzt üblichen Fahrzeugen nicht mehr als Wasserstraße benutzt werden können. Das war im Jahre 1837; später dehnte er seine Untersuchungen auf Weser, Weichsel und Memel aus und kam zu den gleichen Resultaten¹⁷³. Beidemale äußerte er sich über die Ursache dieser allgemeinen Verminderung, wengleich er der Entwaldung mit Schuld gibt, im Sinne Pfeil's¹⁷⁴ und vorsichtiger als die Mehrzahl seiner Zeitgenossen, welche die ganze Wasserabnahme auf Rechnung der Minderung des Regenfalls durch Entwaldung setzen wollten.

Diese Klagen beschränkten sich jedoch nicht nur auf Mitteleuropa. Dieselbe Wassernot herrschte in Rußland. Die Quellgebiete der Oka und des Don, die noch in den ersten zwei Jahrzehnten unseres Jahrhunderts wald- und wasserreich waren, sind nach einem 1842 schreibenden Autor A . . . wald- und wasserarm geworden.¹⁷⁵ Das zeigt sich überall in Rußland. 1836 werden lebhaftige Klagen über den Wassermangel in der Wolga geführt, der seit einer Reihe von Jahren infolge der Waldverwüstung eingerissen sei und die Schifffahrt hemme. Daher wurde vom Kaiser Nicolaus eine Kommission zur Untersuchung der Frage über den Einfluß der Verminderung der Wälder auf die

¹⁶⁸ Becquerel im Atlas météorologique de l'Observatoire de Paris, 1867.

¹⁶⁹ Boussingault: Rural Economy. S. 586. Citat bei Whitney.

¹⁷⁰ Marchand: Über die Entwaldung der Gebirge. Bern 1849. S. 29 ff.

¹⁷¹ Berghaus: Allgemeine Länder- und Völkerekunde. II. Bd. Stuttgart 837. S. 300 ff. und s. 325.

¹⁷² Merian in Poggendorff's Annalen. LVII. 1842. S. 314 ff.

¹⁷³ Berghaus in seinen Annalen der Erd-, Völker- und Staatenkunde. III. Reihe V. Bd. 1838. S. 95.

¹⁷⁴ Pfeil: Rührt der niedrige Wasserstand der Flüsse etc. von der Verminderung der Wälder her? Berghaus' Annalen. III. Reihe. IV. Bd. 1837. S. 289 ff.

¹⁷⁵ A . . . Über die Ursachen der Missernten in Rußland und die Mittel, denselben zu begegnen. Journal des Ministeriums der Reichsdomänen. 1842, Th. IV. S. 135 f. (In russischer Sprache.)

Verminderung des Wassers in der oberen Wolga ernannt, die in der Tat jene Meinung voll bestätigt zu haben scheint.¹⁷⁶

Anfang der Siebziger-Jahre trat G. Wex¹⁷⁷ mit seiner bekannten Arbeit über die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen an die Öffentlichkeit. Sein Material war weit größer als dasjenige von Berghaus, bestand jedoch gleichfalls ausschließlich in Beobachtungen des Wasserstandes. Aus einem Sinken der Wasserstände schloß Wex auf eine kontinuierliche Minderung der Regenmenge in den Kulturländern, die er für einige Fälle sogar zu berechnen suchte; er findet aus den Pegelbeobachtungen bei Basel für die Jahre 1857 - 72 eine Senkung des Wasserstandes um 1.97 cm jährlich und aus der hieraus berechneten Minderung der Wassermenge eine Minderung des Regenfalls im Einzugsgebiete des Rheins oberhalb Basel um 6.95 mm jährlich.¹⁷⁸ So leitete W e x aus seinen Resultaten als allgemeines Gesetz ab: In den Kulturländern findet eine kontinuierliche Abnahme des Wassers in den Quellen, Flüssen und Strömen statt, verursacht in erster Reihe durch die zunehmende Entwaldung und die hierdurch bedingte Minderung des Regenfalls. Zu dem gleichen Resultat wurde für die Elbe M.W. Schmidt geführt.¹⁷⁹

Dieser Nachweis mußte ernstliche Besorgnis hervorrufen. 1873 beschäftigte sich infolge dessen der in Wien tagende landwirtschaftliche und forstliche Congress eingehend mit der Frage¹⁸⁰ und als das preußische Abgeordnetenhaus eine Kommission beauftragt hatte, ein vorgeschlagenes Gesetz betreffend die Erhaltung und Begründung von Schutzwaldungen zu prüfen, da hob dieselbe gerade die stetige Abnahme des Wasserstandes in den preußischen Strömen als eine der schlimmsten Folgen der Entwaldung hervor, welcher man nur durch Wiederaufforstung entgegen könne.¹⁸¹ Es ist sehr bemerkenswert, daß um die gleiche Zeit oder doch nur wenige Jahre früher auch in Rußland sich die gleichen Klagen vernehmen ließen und in Regierungskreisen die Waldfrage wieder erwogen wurde.¹⁸²

So vielfach bezeugt nun dieser Einfluß der Entwaldung auf den Regenfall ist, so ist doch die Zahl der Stimmen, die sich gegen einen solchen erhoben haben, kaum kleiner als diejenige seiner Verteidiger und es ist schwer zu entscheiden, wo die Wahrheit liegt.

Erst vor relativ kurzer Zeit hat die forstliche Meteorologie, vor allem durch das Vorgehen Ebermeyers, einen Aufschwung genommen. Es ist daher kein Wunder, daß nur wenige zuverlässige Beobachtungen bezüglich des Waldeinflusses auf das Klima überhaupt und besonders auf den Regenfall vorliegen und diejenigen, die vorhanden sind, scheinen wenig geeignet, die Theorie von der Minderung des Regens durch

¹⁷⁶ Siehe P. v. Köppen's Bericht an die Commission etc. in v. Baer und v. Helmersen: Beiträge zur Kenntnis des russischen Reiches. Bd. 4. S. III. f., das Vorwort der Herausgeber, das sich ebenso wie Köppen's Bericht energisch gegen das Ergebnis der Commission wendet.

¹⁷⁷ Wex: über die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen. Zeitschrift d. österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines. 1874. Ferner Wex: II. Abhandlung über die Wasserabnahme etc. Ebenda 1879.

¹⁷⁸ Wex: II. Abhandlung etc.

¹⁷⁹ M.W. Schmidt: Wasserstandsbeobachtungen an der Elbe im Königreich Sachsen. Civilingenieur. (Leipzig) 1878, S. 559.

¹⁸⁰ Hough a.a. O.S. 292

¹⁸¹ Schlichting in der Deutschen Bauzeitung 1875. S. 274.

¹⁸² Vgl. z.B. im Journal des k. russischen Ministerium der Reichs-Domänen 1863, April, die Übersicht über die Waldwirtschaft. S. 167.

Entwaldung zu stützen. Ebermayer¹⁸³ selbst schließt auf Grund seiner Untersuchungen, daß in Ebenen von gleichem allgemeinem Charakter der Einfluß des Waldes auf die Regenmenge jedenfalls sehr gering ist; mit der Erhebung über die Meeresoberfläche nehme er jedoch zu.

Nicht alle Forscher haben ihre Schlüsse mit jener Vorsicht und Umsicht gezogen wie Ebermayer und einige sind, zum Teile durch nachweisbare Trugschlüsse, zu anderen Resultaten gekommen. So wollen Fautrat und Sartiaux aus den von ihnen angestellten Beobachtungen des Regenfalles über dem Wald und über freiem Land eine Mehrung der Regenmenge über dem Walde nachweisen.¹⁸⁴ Mit Recht wird jedoch von einem Referenten (*Hann?*) hervorgehoben,¹⁸⁵ daß die beiden Stationen, deren Beobachtungen verglichen werden, unter ganz verschiedenen Bedingungen beobachtet. Analog sind die Resultate, welche *Mathieu* aus sechsjährigen vergleichenden Beobachtungen inmitten eines Waldes und auf nicht bewaldetem Terrain in der Nähe von Nancy gewonnen hat.¹⁸⁶ Aus seinen Messungen stellte sich heraus, daß die Regenmenge der bewaldeten Gegend jene der unbewaldeten um 6 Prozent übertraf. Allein dieses Resultat erscheint durchaus unsicher, wenn man bedenkt, daß beide Stationen zwar in gleicher Seehöhe, doch in etwas verschiedener Lage und 17 km von einander entfernt sich befanden. Es läßt sich überhaupt gegen alle Versuche, die vorliegende Frage mit Hilfe korrespondierender Beobachtungen im Wald- und im Freilandgebiet zu lösen, der Einwurf erheben, daß man nie vor dem Eingreifen unkontrollierbarer Faktoren sicher sein kann, welche lokale Unterschiede im Regenfall veranlassen, deren Auftreten nichts mit dem Waldeinfluß zu tun hat. Dieses gilt auch von den Untersuchungen A. Woeikoff's, der energisch für den Einfluß des Waldes eingetreten ist.¹⁸⁷

Wie zahlreich solche lokale Faktoren, die zum Teil in der Aufstellung des Regenmessers beruhen, sind und wie durch sie selbst auf ganz kleinem Gebiete ohne irgend welche Erhebungen die gemessene Regenmenge von Ort zu Ort wechselt, haben die durch *Hellmann*¹⁸⁸ angeregten Beobachtungen des Regenmesser-Versuchsfeldes bei Berlin erwiesen. Hier beobachteten 1886 und 1887, über eine waldlose mit Feldern und Gebäuden bedeckte Fläche von nur 40 qkm zerstreut, 10 Stationen. Gleichwohl differierten die zweijährigen Mittel des Regenfalles bis zu 16 Prozent. Das zeigt zur Evidenz, daß auf dem Wege der Vergleichung gleichzeitiger Beobachtungen an verschiedenen Stationen der Einfluß des Waldes auf den Regenfall überhaupt sehr schwer zu erweisen ist.

Jüngst ist nun endlich der, wie uns dünkt, einzig mögliche Weg, den Waldeinfluß darzutun, von *Blanford* eingeschlagen worden.¹⁸⁹ Wir hatten bereits oben Gelegenheit, von seinen Resultaten kurze Notiz zu nehmen. In den südlichen Zentralprovinzen Indiens findet sich ein ausgedehntes Gebiet, das früher intensiv entwaldet wurde, seit

¹⁸³ Ebermayer: Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden etc. Berlin, 1873, S. 202.

¹⁸⁴ L. Fautrat in Comptes Rendus. Bd. 83. Paris 1876. S. 514.

¹⁸⁵ Zeitschr. f. Meteorologie. 1874. S. 384

¹⁸⁶ Vgl. A. Woeikoff: Einfluss der Wälder auf das Klima. Petermann's Mitth. 1885. S. 81.

¹⁸⁷ Woeikoff: Die Klimate der Erde. Bd. I. Jena, 1887. S. 290 ff. sowie mehrfach in den zahlreichen Schriften des hochverdienten Forschers.

¹⁸⁸ *Hellmann* in der Meteorologischen Zeitschrift, 1887. S. [62] und im "Wetter" 1888. S. 165 ff.

¹⁸⁹ *Blanford*: The Rainfall of India. Part II. S. 135 ff. und Meteorolog. Zeitschrift 1888. S. 35.

einiger Zeit aber sich wieder mit Wald zu bedecken begann. Das Ende des Raubbaues und der Beginn der Wiederbewaldung fällt auf das Jahr 1875 und gegenwärtig ist die ganze Fläche wieder mit Wald bestanden. *Blanford* berechnet nun für 14 Stationen des fraglichen Gebietes den mittleren Regenfall für die Jahre 1866 - 75 sowie 1876 - 85 und konstatiert eine erhebliche Mehrung desselben, die an sieben nicht allzuweit entfernt, jedoch schon außerhalb des neubewaldeten Areals gelegenen Stationen fehlt. Er steht nicht an, diese Mehrung dem Waldeinfluß zuzuschreiben, und zwar um so mehr, als die Zunahme von Jahr zu Jahr als kontinuierlich sich erwies. So vermehrt denn nach *Blanford*, wenigstens in tropischen Gegenden, die Aufforstung den Regenfall und Entwaldung muß ihn daher mindern.

Zu einem ganz andern Resultate kam für das gemäßigte Nordamerika *Gannet* mit Hilfe einer ähnlichen Methode, die gleichfalls darauf ausgeht, quantitative Änderungen des Regenfalles in Gegenden zu konstatieren, deren Vegetationscharakter eine allmähliche durchgreifende Änderung erlitt.¹⁹⁰ Da ist zunächst die Prärieregion, welche Iowa, das nördliche Missouri, das südliche Minnesota, den größten Teil von Illinois und einen kleinen Teil Indianas, zusammen 5000 Quadratmeilen umfaßt; hier wurde Aufforstung im großartigsten Maßstabe durchgeführt. Da dieselbe eine kontinuierliche war, so muß jede Beobachtungsreihe, sobald man sie der Zeit nach genau halbiert, für ein und denselben Ort in ihrer ersten Hälfte die Regen-Verhältnisse einer Periode geringerer Waldbedeckung, in ihrer zweiten diejenigen einer Periode größerer Waldbedeckung darstellen. *Gannet* fand, daß der Regenfall in der zweiten Periode trotz der zunehmenden Bewaldung um 4 Prozent abgenommen hatte. Der entgegengesetzte Vorgang spielte sich in Ohio, sowie in den Neuengland-Staaten ab, wo die Entwaldung immer mehr um sich griff. Es ergab sich für Ohio trotzdem nur eine Minderung des Regenfalls um 0.5 Prozent, für die Neuengland-Staaten im Mittel von 12 Stationen, die vor 1860 beobachteten, eine Mehrung des Regenfalls um 7 Prozent, im Mittel von 14 Stationen nach 1860 überhaupt keine Änderung. Aus diesen Daten schließt *Gannet*, daß Abholzung und Aufforstung eines Landes einen merklichen Einfluß auf die Menge des Niederschlages nicht ausüben.

Wird in dieser Weise auf Grund von experimentellen Untersuchungen über den Waldeinfluß, wenigstens für die gemäßigte Zone, von Ebermayer und *Gannet* die Möglichkeit geleugnet, daß Entwaldung eine wesentliche Änderung der Regenmenge nach sich ziehen könne, während allerdings für die Tropen durch *Blanford* das Gegenteil erwiesen scheint, so hat andererseits auch die Diskussion langjähriger meteorologischer Beobachtungen keineswegs jene so vielfach behauptete Minderung des Regenfalles ergeben. So zeigen *Schott*¹⁹¹ und *Draper*¹⁹², daß von einer Minderung des Regenfalles in den östlichen Vereinigten Staaten für die letzten 60 Jahre keine Rede sein kann, so tut *Jamieson*¹⁹³ 1859 für Großbritannien dar, daß die Regenmenge seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts sich nicht geändert hat. Die gleiche Anschauung vertraten *Burton*¹⁹⁴ und *Schweinfurth*¹⁹⁵ für Ägypten gegenüber *Anderlind* u.a. Die Kommissionen der

¹⁹⁰ *Gannet's* Abhandlung ist eingehend referiert in "Das Wetter". 1888. S. 97-105.

¹⁹¹ *Schott* in *Smithsonian Contributions to Knowledge*. Vol. XXIV. Washington 1885. S. 228.

¹⁹² *Draper* in *Zeitschrift für Meteorologie*. 1874. S. 239

¹⁹³ *Jamieson* erwähnt im Gutachten der Wiener Akademie über die Abhandlung von *Wex*. Sitzungsberichte d. Wiener Akademie II. Abth. 1874. S. 642. Ein Referat erschien auch in *Kämtz' Repertorium für Meteorologie*.

¹⁹⁴ *Burton*: *The Gold Mines of Midian*. London, 1878, S. 26.

¹⁹⁵ *Schweinfurth* in *Bädecker: Ägypten*. Bd. I, 1878, S. 79.

Mehrzahl der Akademien europäischer Staaten, denen Wex seine Abhandlung über die Abnahme der Wasser- und Regenmenge in Kulturländern zur Begutachtung eingesandt hatte, konnten aus den meteorologischen Beobachtungen ihrer Gebiete gleichfalls in keiner Weise eine Abnahme des Regenfalls konstatieren, trotz der vielfach zunehmenden Entwaldung. So äußerte sich die Pariser Akademie¹⁹⁶, so die St. Petersburger¹⁹⁷, die Wiener¹⁹⁸ und so auch die Kommission des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines¹⁹⁹. Allerdings reichen exakte meteorologische Beobachtungen nur in wenigen Fällen über die Mitte des vorigen Jahrhunderts zurück, so daß diese Nachweise im besten Fall für die Dauer eines Jahrhunderts gelten. Zwar sind Versuche gemacht worden durch Vergleich der meteorologischen Beobachtungen, welche unabhängig von Instrumenten angestellt wurden, auch für weiter zurückliegende Zeiträume der Frage nach Änderungen des Regenfalles näher zu treten. Es folgert La Cour aus dem Vergleich der Daten des meteorologischen Tagebuches von Tycho de Brahe mit den heutigen meteorologischen Aufzeichnungen, daß die Bewölkungs- und Regenverhältnisse an der Küste des Sundes seit 300 Jahren sich nicht geändert haben.²⁰⁰ Ebenso hat R. Wolf aus einem von J. Gessner 1747 gehaltenen Vortrag geschlossen, daß seit 140 Jahren die mittlere Niederschlagsmenge in der Nordschweiz weder eine Mehrung noch eine Minderung erfahren habe.²⁰¹ Solche Beweise aber, welche der quantitativen Schärfe entbehren, sind natürlich in keinerlei Weise zwingend. Soweit exakte Regenbeobachtungen vorliegen, soweit ergibt sich aus den aufgeführten Untersuchungen als allgemeines Resultat: Trotzdem die Entwaldung bis in die letzte Zeit immer größere Dimensionen angenommen hat, hat doch nach den meteorologischen Aufzeichnungen die Regenmenge der entwaldeten Länder nicht abgenommen. Die Wasserabnahme in den Flüssen müßte, soweit sie vorhanden ist, durch andere Faktoren erklärt werden. In welcher Weise, darauf wies u. A. Marié Davy hin.²⁰² Auch er führt das Sinken der Wasserstände in Frankreich auf die Ausdehnung des Kulturbodens zurück, erklärt dasselbe jedoch nicht durch eine Minderung des Niederschlages, sondern durch eine Zunahme der Verdunstung, denn diese sei bei Kulturland am größten und größer als bei Waldland.

So wurden die meteorologischen Konsequenzen widerlegt, welche W e x aus der von ihm vertretenen Wasserabnahme in den Gewässern in Übereinstimmung mit der Entwaldungstheorie gezogen hatte. Allein selbst der Ausgangspunkt von Wex, die Wasserabnahme in den Flüssen, wurde für nicht bewiesen erklärt. Schon Pfeil²⁰³ warnte in den Dreißiger Jahren in einer äußerst kritischen Abhandlung davor, das von Berghaus u. a. beobachtete Sinken des Wasserstandes ohne weiteres als Symptom einer

¹⁹⁶ Das Gutachten der Par. Akad. erwähnt Grebenau in d. D. Bau-Ztg. 1876. S. 426.

¹⁹⁷ Bulletin de l'acad. des sc. de St. Pétersborough. T. XXI, 1876. S. 293-302.

¹⁹⁸ Sitzungsber. Wiener Akad., math.-nat. Cl. LXIX. Bd. II. Abth. 1874. S. 642.

¹⁹⁹ Bericht in der Zeitschrift des genannten Vereines. Jahrgang 1881. S. 86.

²⁰⁰ La Cour: Tycho Brahes meteorologische Dagbog holdt paa Kransborg for aarene 582-1597. Kopenhagen. 1876.

²⁰¹ R. Wolf erwähnt bei Günther: Geophysik II. S. 294.

²⁰² Marié Davy in Zeitschrift für Meteorologie 1874 S. 145, ff.

²⁰³ Pfeil: Rührt der niedrige Wasserstand der Flüsse und insbesondere derjenige der Elbe und Oder, welchen man in neuerer Zeit bemerkt, von der Verminderung der Wälder her? Pfeil's kritische Blätter f. Forst- u. Jagddwirtschaft. Bd. XI, 1837. Heft 2. S. 62 ff.: wieder abgedruckt in Berghaus' Annalen der Erd-, Völker- u. Staatenkunde. III. Reihe. Bd. IV, 1837. S. 289.

tatsächlichen Minderung des abfließenden Wassers zu betrachten. K.E. v. Baer und Helmersen,²⁰⁴ wie auch Berghaus²⁰⁵ stimmten ihm bei und erklärten den Wald für unschuldig an jenem Sinken. Später wurde gelegentlich der durch die Abhandlung von Wex veranlaßten Diskussion besonders von technischer Seite, so von J. Schlichting,²⁰⁶ Sasse²⁰⁷ u.a. darauf hingewiesen, daß Wasserstandsbeobachtungen nur dann ein relatives Bild von der durchfließenden Wassermenge zu geben vermögen, wenn Querprofil und Geschwindigkeit des Flusses an Ort und Stelle sich nicht geändert haben. Das ist aber eine Voraussetzung, die bei geschiefbeführenden Flüssen niemals zutrifft. Ja, solche Änderungen werden durch die Korrekturen der fließenden Gewässer geradezu hervorgerufen, welche in diesem Jahrhundert besonders intensiv in das Leben der Flüsse eingriffen. So deutete Grebenau²⁰⁸ das auch nach seiner Ansicht allgemeine Sinken der Wasserstände, das er im Mittel auf jährlich 1 cm berechnete, als eine Folge der Tieferlegung der Sohle der Flüsse, als ein Werk der Erosion. In gleichem Sinne äußert sich Fessel²⁰⁹ über die Ursache des allgemeinen Sinkens der Wasserstände.

Wieder andere machten geltend, die Senkung der mittleren Jahreswasserstände sei die Folge einer Änderung im Regime der Flüsse, welche durch die zunehmende Entwaldung und Entsumpfung des Einzugsgebietes veranlaßt sei. Durch die Entwaldung haben sich die Abflußverhältnisse für den Regen gänzlich geändert; der letztere rinnt heute weit rascher ab als früher, da er noch durch den Waldboden wie von einem Schwamme aufgesogen und erst allmählich an die Flüsse abgegeben wurde. Hierdurch sind die unperiodischen Schwankungen des Wasserstandes häufiger und beträchtlicher, die Hochwasser zahlreicher und höher, die Niedrigwasser zahlreicher und tiefer geworden. Ein solcher Vorgang aber muß unbedingt in seinem Sinken des Jahreswasserstandes sich äußern. Bei jedem Fluß befindet sich der Wasserstand, bei welchem das dem Jahresmittel der Wassermenge pro Sekunde entsprechende Wasserquantum abfließt, über dem Mittel der Wasserstände; denn die Wasserführung wächst nicht einfach proportional der Wassertiefe, sondern proportional einer höheren Potenz der letzteren. Nur bei einem Fluß ohne Jahresschwankung entspricht der Pegelstand, welcher der mittleren Durchflußmenge zukommt, auch dem arithmetischen Mittel aller Wasserstände. Je mehr aber Niedrigwasser und Hochwasser in der Höhe differieren, desto mehr senkt sich der mittlere Jahreswasserstand unter das der mittleren Durchflußmenge entsprechende Niveau. Es wird sich also infolge der Entwaldung ein Sinken der Jahreswasserstände einstellen, ohne daß die Durchflußmenge sich geändert hätte. In diesem Sinne äußerte sich das hydrotechnische Comité des österreichischen

²⁰⁴ Baer und Helmersen: Beiträge zur Kenntnis des russischen Reiches. 4. Bd. Petersburg 1841. Vorwort zum Bericht von P.v. Köppen an die Commission zur Untersuchung der Frage über den Einfluss der Verminderung der Wälder auf die Verminderung des Wassers in der oberen Wolga.

²⁰⁵ Berghaus: Länder- und Völkerkunde. Bd. II. s. 310.

²⁰⁶ Schlichting in "Deutsche Bauzeitung" 1875. S. 273. Vgl. auch die oben erwähnten Berichte der Akademien und Gesellschaften.

²⁰⁷ Sasse in "Deutsche Bauzeitung" 1873. S.259, 268.

²⁰⁸ Grebenau: Resultate der Pegelbeobachtungen an den elsass-lothringischen Flüssen Rhein und Mosel von 1807-1872. Strassburg, 1874. (III. Heft d. statist. Mitth. über Elsass-Lothringen) Ferner: Flusssenkungen und die damit zusammenhängenden Erscheinungen. Vortrag. Deutsche Bauzeitung 1876. s. 425.

²⁰⁹ Fessel, Deutsche Bauzeitung 1873. S. 329.

Ingenieur- und Architekten-Vereines,²¹⁰ in diesem Sinne auch v. Helmersen und Wild²¹¹ ferner Whitney,²¹² Markham, Hann,²¹³ v. Wagner²¹⁴ u. a. Entwaldung ändert das Regime der Gewässer und dadurch den Wasserstand, ohne den Regenfall und die Wassermenge zu beeinflussen, so lautet hier die Parole.

Allein selbst dieser doch relativ bescheidene Einfluß des Waldes ist mit Erfolg bestritten worden, indem von hervorragender Seite der Richtigkeit der Grundtatsache, von welcher Berghaus wie Wex ausgegangen waren, die kontinuierliche Senkung des Wasserspiegels der Ströme in den Kulturländern, geleugnet wurde. Schlichting machte darauf aufmerksam, daß Wex' eigens Material zum Teil gar kein kontinuierliches Sinken des Wasserstandes zeigt, sobald man dasselbe anders in Mittel zusammenfaßt, als es Wex getan.³⁾ Soweit aber eine Senkung nicht zu leugnen sie, soweit dürfte sie zum Teile gewiß dadurch zu erklären sein, daß der Eisstau seltener und geringer geworden.²¹⁵ Hagen tat dar, daß das Sinken des Wasserstandes nur bei einigen Flüssen Preußens zu beobachten ist, bei andern wieder nicht²¹⁶ und Pralle²¹⁷ wie Schlichting²¹⁸ zeigten durch Vergleich der Beobachtungen mehrerer Pegelstationen der Elbe, daß das Sinken des Wasserspiegels nur lokal auftritt und demselben an anderen Punkten des gleichen Flußlaufes ein Steigen entspricht. Das deutet aber unbedingt auf lokale Bettveränderungen hin und nicht auf eine Minderung der Wassermenge. Zu dem gleichen Resultate kam schon früher Graeve, der sich gleichzeitig auch energisch gegen Grebenau's Spekulationen richtig wären, fast alle Flüsse vor relativ kurzer Zeit hoch über dem Niveau der alten an Ihrem Laufe gelegenen Städte und Ortschaften geflossen sein müßten.²¹⁹ Jüngst hat in diesem Sinne auch Honsell sich gegen ein allgemeines Sinken des Wasserstandes in den Flüssen ausgesprochen. So ist denn weder die Theorie von Wex noch diejenige von Grebenau nötig, denn das, was beide erklären wollten, die allgemeine Senkung der Flußwasserstände in Kulturländern, existiert nicht und die zu beobachtenden Bewegungen des Wasserspiegels der Flüsse sind unstat, unregelmäßig und durch lokale Verhältnisse bedingt.

Blicken wir zurück auf die zahllosen geschilderten Hypothesen! Die Entwaldung hat allerwärts das Klima trockener gemacht, die Wassermenge in Quellen, Bächen und Flüssen gemindert, heißt es auf der einen Seite; von einer Zunahme der Trockenheit keine Spur, keine Spur von einer Minderung der Wassermenge auf der anderen. Zwei Ansichten, die sich vollkommen ausschließen und doch beide vertreten durch Namen

²¹⁰ Bericht in der Zeitschrift d.ö. Ingen.- u. archit.-Vereines 1875. S. 157 ff. Schluss-Resumé.

²¹¹ v. Helmersen und Wild's Bericht über die Abhandlung von Wex. Bull. de l'acad. des sc. de. St. Pétersbourg 1876. S. 293 ff.

²¹² Whitney a.a. O.S. 179 f.

²¹³ Hann: Thatsachen und Bemerkungen über einige schädliche Folgen der Zerstörung des natürlichen Pflanzenkleides der Erdoberfläche. Zeitschr. f. Met. 1869. S. 18 ff. Hier auch nber Markham.

²¹⁴ v. Wagner: Hydrologische Untersuchungen an der Weser, Elbe, dem Rhein und mehreren kleineren Flüssen. Braunschweig, 1881. S. 24.

²¹⁵ Schlichting in der Deutschen Bauzeitung 1875. S. 144.

²¹⁶ Hagen: Über die Verminderung der Wasserstände in den preußischen Strömen. Abh. d. kgl. Akademie der Wiss. in Berlin 1880.

²¹⁷ Pralle: Wasserstandsverhältnisse der Oder. Ztschr. f. Bauwesen 1882. S. 188.

²¹⁸ Schlichting: Elbestromschau 1869 u. 1873. Deutsche Bauztg. 1875. S. 274.

²¹⁹ Graeve: Über den Wasserreichthum u. die Senkung der Flüsse in Kulturländern. Deutsche Bauzeitung 1877. S. 261, 271 ff.

ersten Ranges! Wir können heute zwischen ihnen nicht entschieden. Nur eines geht aus allem zur Evidenz hervor, daß wir bezüglich des Einflusses des Waldes auf den Regenfall noch vollkommen im dunkeln tappen.

Das drängt sich uns in noch höherem Grade auf, wenn wir erfahren, daß die Entwaldung nicht nur den Regenfall und die Wassermenge der Gewässer mindern, sondern an einigen gesegneten Punkten der Erdoberfläche ihn mehren soll. Ich denke hier nicht etwa an die alte Erzählung des Theophrast, nach welcher, wie Seneca berichtet,²²⁰ der Hämus durch Entwaldung wasserreich geworden sein soll, sondern an Autoren, die in den allerletzten Jahren geschrieben haben. So haben sich merkwürdiger Weise Stimmen erhoben, welche für ein allgemeines Steigen des Wasserstandes der Flüsse eingetreten sind, und wieder mußte die Entwaldung daran Schuld sein. Schmidt schreibt 1858, vielfach sei die Ansicht verbreitet, daß infolge der Entwaldungen in Polen und der dort ausgeführten Meliorationen gegenwärtig (1858) der Weichsel mehr Wasser zugeführt werde als früher.²²¹ Er selbst freilich bekämpft diese Ansicht und führt die auch von ihm anerkannte Hebung der Wasserstände auf en größten Eisstau infolge der Eindeichungen zurück, also ähnlich und doch umgekehrt wie Schlichting, der die beobachtete Senkung der Wasserstände der Minderung des Eisstaus zuschrieb.

Wir schilderten oben, daß in Australien früher die Zunahme der Trockenheit, welche man beobachtet haben wollte, allgemein durch die Entwaldung erklärt wurde. Nach den neuesten Untersuchungen in Neu-Süd-Wales und in anderen Teilen Australiens, die R. Abbay,²²² M.E. Abbott²²³ und R. von Lendenfeld²²⁴ mitteilen, ist das aber durchaus falsch. Im Gegenteil hat sich vielerorts seit Ende der Sechziger Jahre gezeigt, daß gerade die Entwaldung den Wasserschatz einer Gegend vermehrt. So sind der Lake George und der Lake Bathurst, zwei abflußlose Seen in Neu-Süd-Wales, seit den Fünfziger Jahren sehr gestiegen, nach Abbay offenbar, weil nach erfolgter Entwaldung ihres Einzugsgebietes ihnen heute das Regenwasser sehr viel rascher als früher und ohne zu verdunsten zufließt. Mehrfach sind früher trockene oder doch nur von einem spärlich Gerinne durchflossene Täler nach erfolgter Fällung der Wälder in den Besitz eines permanent fließenden lebhaften Baches gekommen. Abbott und Lendenfeld raten daher dringend die Entwaldung immer weiter auszudehnen, um die trockenen Gebiete mit Wasseradern zu bereichern. »Es würden dadurch immer größere Wassermassen auf Australien herabgezogen und teilweise dort festgehalten werden.«⁵⁾ Zwar wird zur Erklärung dieser mit den Verhältnissen der alten Welt so wenig in Einklang stehenden Erscheinung das eigentümliche, große Wasserbedürfnis der australischen Waldbäume angerufen, durch welches der Waldboden fortwährend ausgetrocknet werde.²²⁵ Allein es mutet uns doch sonderbar an, daß derselbe australische Wald, dessen Niederschläge früher ganz allgemein als Ursache der zunehmenden Dürre galt, heute abgeholzt werden soll, um dem Land Regen und Wasser zu geben; man möchte geneigt sein anzunehmen, daß die Wahrheit hier wie so oft in der Mitte liegt, daß der Wald und die Entwaldung früher ebenso unschuldig an der behaupteten Minderung des Regenfalles und der

²²⁰ Seneca: Quaestiones naturales III.11.

²²¹ Schmid: Nachrichten über die Ströme des preußischen Staates. III; Weichselstrom. Zeitschr. f. Bauwesen VIII, 858, S. 158 f.

²²² Abbay in Natur XIV. S. 47 f.

²²³ Abbott in den Publicationen der R. Geographical Society of N.-S.-Wales, referiert im American Meteorological Journal. Vol. IV, 1887. Oct. S. 247.

²²⁴ R. v. Lendenfeld: Der Einfluss der Entwaldung auf das Klima Australiens. Petermann's Mittheilungen. 1888. S. 41. ff.

²²⁵ von Lendenfeld a. a. O. S. 43.

Wassermenge waren, wie sie es heute an deren Mehrung sind. Die Regenabnahme wie die Regenzunahme hätten sich dann beide ganz unabhängig von der Entwaldung und aus ganz anderen Ursachen vollzogen. In jedem Fall ist dieser eigentümliche Einfluß der Entwaldung auf das Klima Australiens, der zu Zeiten in das Gegenteil sich verkehrt, gewiß geeignet, unseren Ausspruch oben zu bestätigen, daß wir über den Waldeinfluß auf den Regenfall heute noch nichts wissen.

Nicht besser steht es mit einem anderen Eingriff in die Klimaverhältnisse der Erdoberfläche, der dem Menschen zugeschrieben wird; ich meine die Besserung des Klimas durch Ausbreitung der Kulturländereien in ursprünglich trockenen und fast vegetationslosen Gebieten. Uralt ist diese Ansicht; schon Theophrast erzählt, daß bei der Stadt Arcadia auf Kreta Quellen und Seen eintrockneten, als man aufhörte das Land zu bebauen, daß jedoch nach der Zerstörung der Stadt, als der Boden wieder bebaut wurde, auch das Wasser wieder erschien.²²⁶ Jüngst ist diese Hypothese in größtem Umfang für die trockenen Gebiete des fernen Westens der Vereinigten Staaten von Nordamerika aufgestellt worden.

Die Tatsachen, aus denen man so weitgehende Schüsse auf eine Änderung des Klimas zieht, sind nicht meteorologischer Natur; es ist vielmehr das Vordringen des Ackerbaues in Gegenden, welche noch vor 30 Jahren als vollkommen unfähig für jede Kultur galten. Im Jahre 1856 zog die Linie, welche die unfruchtbare "große amerikanische Wüste" östlich begrenzen sollte, zwischen dem 96. und 97. Meridian durch Dakota, Nebraska, Kansas, das Indianer-Territorium und Texas. Allmählich bauten sich jedoch Ansiedler auch jenseits dieser Linie an und Schritt für Schritt drang der Ackerbau nach Westen vor. Heute hat er schon den 100. Meridian überschritten und den 102. stellenweise erreicht; der amtliche Census für Kansas von 1885 gibt für den zwischen 97° und 100° Länge gelegenen Streifen dieses Staates eine Bevölkerung von mehr als einer halben Million an, welche in den letzten 20 Jahren sich dort niedergelassen hat. Es ist ein Glaubenssatz der Ansiedler, daß sie selbst eben dadurch, daß sie dem trockenen Land Ackerboden abgewannen und denselben mit Getreide und Mais bepflanzen, das Klima verändert und regenreicher gemacht haben. Ihrer eigenen Energie schreiben sie die Umgestaltung des Landes und seines Klimas zu.²²⁷ Ähnliches wird von Montana und Dakota berichtet.²²⁸

Das Gleiche ist in der Umgebung des großen Salzsees vor sich gegangen. Hier hat man beobachtet, daß von 1860 an die Flüsse sich zu füllen begannen; ihr Wasser konnte zur Berieselung der Felder abgeleitet werden und der Ackerbau ergriff Besitz von Ländereien, die noch vor Kurzem nicht anbaufähig waren.²²⁹ Der große Salzsee stieg um mehr als 3 m und seine Fläche wuchs von 4532 qkm auf 5609 qkm. Dieses Steigen des Sees hat nun gerade mit der Ausbreitung der Ansiedlungen in der Umgebung begonnen und die Zunahme des Regenfalls und der Wassermenge in den Flüssen und im See wird direkt dieser Ausbreitung der Kulturländereien auf Kosten der Wüste zugeschrieben. So äußerte sich 1869 Cyrus Thomas über die seit acht Jahren zu

²²⁶ Ideler: Über die angeblichen Veränderungen des Klimas. Berghaus' Annalen der ERd-, Völker- und Staatenkunde. Bd. V, 1832 S. 425.

²²⁷ Vgl. das Referat von Heyer über N.R. Hilton: Report of the Kansas State Board of Agriculture, for the Quarter ending March 31, Topeha 1888, im "Wetter" 1889. S. 223 f. Das Original war mir nicht zugänglich.

²²⁸ American Meteorological Journal. Vol. IV. 1887. Oct. S. 242.

²²⁹ Siehe Gilbert in Powell: Report on the Lands of the Arid Region of the United States. 2de Ed. Washington 1879. S. 57 ff.

beobachtende Besserung des Klimas;²³⁰ er ist überzeugt, daß mit Zunahme der Bevölkerung auch ferner der Regenfall zunehmen werde. Hough spricht sich 1878 ganz ähnlich aus. Die arbeitsamen Mormonen, sagt er, haben das Recht zu erwarten, daß eine immer weitergehende Ausbreitung der Kulturländereien den Regenfall noch mehr steigern wird; durch fernere Baumpflanzungen wird die Luft immer feuchter werden, so daß endlich eine genügende Regenmenge fällt.²³¹ Diese Worte sind nur ein Ausdruck der allgemeinen Volksmeinung. Ob nun aber der Regenfall wirklich zugenommen hat oder nicht, darüber entspann sich eine große Kontroverse.

Gilbert, der unermüdliche Erforscher des Great-Basin, äußert sich über die Ursache der Wasserzunahme im Gebiet des großen Salzsees in der ihm eigenen kritischen Weise. Er läßt es unbestimmt, ob dieselbe die Folge einer Klimaänderung ist, oder die Folge einer Änderung der Abflußverhältnisse des Landes durch den Menschen.²³² Wenn aber ersteres der Fall sein sollte, dann will er durchaus nur an eine allgemeine Klimaänderung denken, die sich ganz unabhängig vom Menschen vollzog, vergleichbar den geologischen Klimaänderungen. Die eingetretene Änderung der Wasserverhältnisse hält es für beständig innerhalb längerer Zeiträume und nicht nur etwa für den Ausdruck einer Oscillation des Klimas von nur kurzer Periode, die sich um eine Mittellage herum vollzieht.

Für eine Zunahme des Regenfalls in den weiten Ebenen des fernen Westens sprachen sich jüngst wieder Morrow, Snow, Ch. F. Adams und Greely aus, während Dorsey²³³ ebenso wie H.A. Hazen²³⁴ aus den Regenbeobachtungen eine Zunahme nicht erkennen konnten und S.R. Thompson.²³⁵ Die Frage überhaupt zur Zeit noch nicht für spruchreif erklärt. Drei Arbeiten, die in der allerletzten Zeit erschienen, suchen dem Problem in exakter Weise mit meteorologischem Material näher zu treten.

Es ist klar, daß der Entscheid sofort durch Vergleich zweier Regenkarten sich ergibt, die auf Grund eines aus verschiedenen Zeiträumen stammenden Beobachtungsmaterials entworfen wurden. Diesen Weg schlug Mark W. Harrington ein, indem er die Regenkarte der Vereinigten Staaten, die Blodget, gestützt auf die älteren Beobachtungen vor 1856 entworfen hat, mit der Regenkarte von Ch. Denison verglich, welche auf dem Beobachtungsmaterial des Signal-Service aus den Jahren 1870 bis 1883 basiert. Er fand, daß sich die Isohyeten der Präriegebiete zwischen 45° und 30° Nordbreite im allgemeinen nach Westen verschoben haben, was einer Zunahme des Regenfalls entspricht.²³⁶

Zu einem genau entgegengesetzten Resultat kam Gannet. Mit Hilfe seiner bereits oben S. 21 geschilderten Methode findet er für das Gebiet zwischen Missouri und Felsengebirge, daß keine Vermehrung des Niederschlages eingetreten und mithin die Kultivierung des Landes ohne Einfluß auf die Niederschlagsverhältnisse geblieben ist.²³⁷

²³⁰ Gilbert a.a. O.S. 71.

²³¹ Hough a.a. O.S. 92

²³² Gilbert a.a. O.S. 67-77.

²³³ Über Adams, Snow, Morrow, Greely und Dorsey berichtet kurz Harrington in *American Met. Journal*. Bd. IV. S. 369 und Curtis ebenda Vol. V. S. 69 ff.

²³⁴ H.A. Hazen: *Variations of Rainfall West of the Mississippi River*. Signal Service Notes. N. VII. Washington, 1883.

²³⁵ Thompson im *American Met. Journal*. I.S. 59.

²³⁶ Harrington im *American Met. Journal*. Vol. IV. S. 309 ff. Vgl. mein Referat in der *Met. Zeitschrift* 1888. S. 43.

²³⁷ Gannet a.a. O.S. 103.

Auch die neuesten Untersuchungen von G.E. Curtis führten zu dem gleichen negativen Ergebnis.²³⁸

Gegen jene Hypothese, daß die zunehmende Kultivierung des Landes den Regenfall gemehrt habe, sprach sich schon früher sehr energisch Whitney aus;²³⁹ es sei undenkbar, daß am großen Salzsee die Bebauung von nur 1/400 der gesamten Fläche des Territoriums (gleich 1/12 der Fläche des Sees) den Regenfall in dem Maß habe vermehren und den See steigen lassen könnten, wie es der Fall ist. Zudem zeige sich auch in Nachbargebieten eine Zunahme des Wassers, obgleich dort nur Entwaldung, aber kein Anbau stattgefunden habe. Ablehnend verhält sich auch Powell in einer Ende 1888 publizierten Abhandlung.²⁴⁰

So sehen wir hier denselben Widerstreit der Meinungen herrschen, wie bezüglich der Frage des Waldeinflusses. Da wird behauptet, das Klima des inneren Amerika sei Dank dem Ackerbau feuchter geworden; dann heißt es, der Ackerbau sei unschuldig daran; endlich gar, es sei von einer Zunahme des Regens überhaupt nichts zu spüren.

Fassen wir die Ergebnisse unseres kleinen historischen Exkurses zusammen, indem wir mit wenigen Worten den momentanen Stand der Frage nach der Äderung des Regenfalles in historischer Zeit skizzieren.

Eine Zunahme des Regenfalles in historischer Zeit wird heute nur für wenige und beschränkte Gebiete behauptet, und dann fast immer auf die Tätigkeit des Menschen zurückgeführt.

Dagegen ist die Zahl der Forscher, die für eine Minderung des Regens eingetreten sind, eine sehr bedeutende. Allein über die Ursache dieser Minderung herrschen ganz verschiedene Anschauungen. Während die einen alles auf Rechnung der zunehmenden Entwaldung setzen wollen, freilich ohne etwas sicheres über die Art der Wirkung des Waldes auf den Regenfall zu wissen, sprechen die andern an ihrer Spitze Whitney, der Entwaldung einen so weitgehenden Einfluß auf den Regenfall ab und nehmen einen allgemeinen Austrocknungsprocess der Erde an, von welchem die zahllosen Einzeltatsachen nur Symptome seien.

Im schärfsten Gegensatz zu allen diesen Forschern befinden sich nicht minder zahlreiche und angesehene Gelehrte, welche jede Änderung des Regenfalles in historischer Zeit leugnen. Es ist bemerkenswert, daß gerade unter den Gegnern der Änderung sich die Mehrzahl der Meteorologen findet, deren Beobachtungen allerdings nicht gar weit zurückreichen.

Eine Einigung zwischen diesen grundverschiedenen Anschauungen scheint völlig unmöglich und unwillkürlich fragen wir uns: wie konnte ein solcher Wirrwarr der Meinungen entstehen?

Nicht gering ist die Zahl der Forscher, welche für eine Änderung der Temperatur in historischer Zeit eingetreten sind. Die Mehrzahl derselben stützt sich nicht auf Temperaturbeobachtungen, sondern auf Erscheinungen im Pflanzenkleid und in der Tierwelt der Erde, oder auf hydrographische Phänomene, deren Änderung man durch Vergleich historischer Daten aus verschiedenen Zeiträume erkannt haben will.

Der Umstand, daß die Bevölkerung Grönlands heute im Vergleich zum 15. Jahrhundert nur sehr gering sei und vor allem, daß Grönlands Ostküste noch am Ausgang des Mittelalters von Kolonisten bewohnt gewesen sein soll, während heute jene Regionen von Eis starren und von einem schier undurchdringlichen Packeisgürtel

²³⁸ Curtis: The Trans-Mississippi Rainfall Problem Restated. AmericanMet. Journal. Vol. V (Juni 1888). S. 66 ff.

²³⁹ Whitney a.a. O.S. 176.

²⁴⁰ Powell in den Proc. R. Geogr. Soc. Londen 1888. S. 793.

blockiert sind, ist vielfach als Beweis für ein Kälterwerden des Klimas in historischer Zeit gedeutet worden. Man sprach direkt von einem Südwärtswandern der Isothermen auf dem nordatlantischen Ozean. Diese Ansicht scheint sehr alt zu sein; sie ist bis heute oft wiederholt worden. Sie wurde wesentlich unterstützt durch den Namen "Grünland," der für das heutige Grönland in der Tat nichts weniger als passend ist. Arago teilt sie in seiner Abhandlung über den Wärmezustand der Erde mit,²⁴¹ ebenso Bernard Studer,²⁴² ferner von neueren Schriftstellern u.a. Czerny²⁴³ und jüngst noch hat Michelier²⁴⁴ aus diesem angeblich früher so viel milderen Klima Grönlands weitgehende Schlüsse ziehen wollen. Auch Whitney²⁴⁵ hält an einer Änderung der klimatischen Temperatur von Grönland fest, wenn auch in einer mehr kritischen Weise als seine Vorgänger. Gleichwohl ist allen diesen Schlüssen heute der wesentlichste Teil ihres Bodens durch Conrad Maurer entzogen worden, der Nachwies, daß niemals normannische Siedlungen an der Ostküste Grönlands bestanden haben und daß die im 10. Jahrhundert gegründeten eskimohaften kleinen Normannen-Weiler der Westküste im Laufe des 14. Jahrhunderts nicht dem ungünstiger gewordenen Klima, sondern der Invasion der Eskimos erlagen, welcher sie vom Mutterland im Stich gelassen nicht zu widerstehen vermochten.²⁴⁶

Ein mehr oder minder allgemeines Kälterwerden des europäischen Klimas ist häufig behauptet worden. Ein solches schien in trefflichem Einklang mit dem Kälterwerden Grönlands zu stehen. So wird der Niedergang des Kulturlebens in Island mit einer Änderung der Temperaturverhältnisse in Zusammenhang gebracht;²⁴⁷ gleichzeitig soll sich hier ein Rückzug der Baumgrenze vollzogen haben, der als ein Symptom der Verschlechterung des Klimas gedeutet wird. Im ganzen Norden Europas und Asiens sollen Anzeichen eines Kälterwerden des Klimas zu beobachten sein.²⁴⁸ Auf den Shetlands-Inseln, in Island und Schottland weicht nach v. Czerny²⁴⁹, in Lappland nach Whitney,²⁵⁰ in Sibirien nach v. Middendorf²⁵¹ und F. Schmidt²⁵² die Baumgrenze südwärts zurück. Analoges haben viele Forscher in den Alpen beobachtet, so Kasthofer²⁵³ und Tschudi²⁵⁴ für die Schweiz, denen Theobald,²⁵⁵ Muret,²⁵⁶ Leresche²⁵⁷ und Coaz²⁵⁸ unbedingt beistimmen, so Whitney²⁵⁹ für die Alpen überhaupt.

²⁴¹ Arago: Oeuvres completes. T. VIII. Paris 1858. S. 243.

²⁴² B. Studer: Lehrbuch der physikalischen Geographie, II. Bern, Chur, Leipzig 1847, S. 306.

²⁴³ Czerny: Veränderlichkeit des Klimas. Wien, Pest, Leipzig 1881. S.5

²⁴⁴ Michelier: Etude sur les variations des glaciers des Pyrénées. Annales du Bureau Central Mét. de France, 1885. Part. I. S. 207-234.

²⁴⁵ Whitney a.a. O.S. 239

²⁴⁶ Vgl. das Referat Kirchhoff's über Czerny, Leopoldina 1881. S. 176.

²⁴⁷ Whitney a.a. O.S. 239 f.u. 236.

²⁴⁸ Ideler in Berghaus' Annalen. 1832, V. Bd. S. 421.

²⁴⁹ Czerny a.a. O.S. 49.

²⁵⁰ Whitney a.a. O.S. 236.

²⁵¹ v. Middendorf: Sibirische Reise Bd. IV 1, St. Petersburg 1867, s. 612.

²⁵² F. Schmidt: Resultate der zur Aufsuchung eines Mamuthcadavers etc. ausgesandten Expedition. Bull. d. St. Petersburger Akademie. Bd. VIII 1872 S. 26.

²⁵³ Kasthofer: Bemerkungen auf einer Alpenreise etc. Aarau, 1822.

²⁵⁴ Tschudi: Die alpen. 1859. S. 305.

²⁵⁵ Theobald im Jahrbuch des Schweizer Alpenclujbs für 1868.

²⁵⁶ Muret bei Dufour in Bull. Soc. Vaud. des sc. X.S. 373.

²⁵⁷ Leresche bei Dufour a.a. O.S. 378.

Diese Zurückweichen der Baumvegetation wird fast immer als das sichere Zeichen einer Klimaänderung gedeutet. Dagegen macht jedoch schon 1837 Ideler geltend²⁶⁰ daß das Südwärtsrücken der polaren Baumgrenze sehr wohl durch Menschenhand veranlaßt sein kann, werden doch gerade die größten und schönsten Bäume fortwährend für Bauzwecke gefällt und hierdurch die geringeren Bäume ihres Schutzes gegen den Wind beraubt; diese führen daher einen gegen früher wesentlich erschwerten Kampf ums Dasein. Ähnlich will Coaz²⁶¹ das Abwärtsrücken der Baumgrenze im Gebirge den Verwüstungen durch das Vieh und die Älpler zuschreiben nicht aber einer Änderung der Temperaturverhältnisse, und auch L. Dufour schließt aus jener Tatsache keineswegs unbedingt auf eine Änderung des Klimas.

Für Großbritannien und Irland vertrat Ende des vorigen Jahrhunderts Hamilton ein Kälterwerden des Klimas, gestützt auf das Urteil sachverständiger Landwirte.²⁶² Glaisher zeigte dagegen, das Londons Temperatur in den letzten 100 Jahren entschieden wärmer geworden. Allein es ergab sich, das Glaisher's Schluß nur für London gilt, wo die Temperaturzunahme eine Folge der immer größer anwachsenden Stadt ist, die im Laufe der Zeit das meteorologische Observatorium vollkommen einschloss.²⁶³ Buchan endlich kam durch Untersuchung langjähriger Temperaturreihen zu dem Resultat, die klimatische Temperatur Schottlands habe sich überhaupt nicht geändert, so lange Thermometerbeobachtungen angestellt werden.²⁶⁴

Ein Land, für welches die Frage der Klimaänderung, und zwar speziell der Temperaturänderung in historischer Zeit, besonders eingehend und von den verschiedensten Seiten untersucht wurde, ist Frankreich. Die Änderungen, die man hat erkennen wollen, sind zum Teile einander gerade entgegengesetzt. Nach Picot soll Frankreich seit dem Altertum bedeutend wärmer geworden sein, eine Folge der allmählich vor sich gegangenen Entwaldung.²⁶⁵ Die gleiche Ansicht vertrat später Ladoucette für das südliche Frankreich in der Kammer.²⁶⁶ Genau das Umgekehrte schließt nun aber Arago²⁶⁷ aus der früher weiter nach Norden reichenden Verbreitung der Weinkultur; es sollen die Sommer in Frankreich im Laufe der letzten Jahrhunderte kühler und die Winter wärmer geworden sein. Und abermals ist die zunehmende Entwaldung Schuld daran! In Übereinstimmung damit suchte 1870 Bourlot²⁶⁸ für das Elsaß aus phänologischen Beobachtungen den Nachweis zu führen, das sich seit dem 13. Jahrhundert das Klima erheblich verschlechtert habe. Freilich nicht für ganz Frankreich glaubt Arago eine derartige Änderung des Klimas vertreten zu müssen, sondern nur für dessen größten Teil. Er beruft sich darauf, das auch in anderen Ländern die Entwaldung den gleichen Einfluß auf die Temperaturverhältnisse ausgeübt habe. Allein abgesehen davon, das diese von Arago behauptete Wirkung der Entwaldung allen Erfahrungen widerspricht, die bezüglich des Waldeinflusses auf die Temperatur gemacht wurden, so

²⁵⁸ Coaz, Brief an Dufour bei Dufour a.a. O.S. 379.

²⁵⁹ Whitney a.a. O.S. 236 f.

²⁶⁰ Ideler a.a. O.S. 420 f.

²⁶¹ Coaza a.a. O.S. 375.

²⁶² Hamilton in Transactions of the Irish Academy. Vol. II, 1788. Citiert bei Günther: Geophysik, Bd. II s. 294. War mir nicht zugänglich.

²⁶³ Vergl. Whitney a.a. O.S. 228.

²⁶⁴ Buchan: Climate of Scotland. Athenaeum, 1876. S. 329.

²⁶⁵ Picot siehe bei Ideler a.a. O.S. 425.

²⁶⁶ Ladoucette bei Hough: Report upon Forestry. Washington 1878. S. 293.

²⁶⁷ Arago: Oeuvres complètes. T. VIII. Paris 1858. S. 230 ff.

²⁶⁸ Bourlot im Bull. de l'Ass. sc. de France, 1870. 23 Januar.

wird heute, nach dem Vorgehen Ideler's und Ch. Martins²⁶⁹ auch der Ausgangspunkt seiner Resultate, das Südwärtsrücken der nördlichen Grenze des Weinbaues, ganz anderen Ursachen als klimatischen zugeschrieben. In Frankreich, wie in Deutschland und England, wo gleichfalls in früheren Jahrhunderten Wein in höheren Breiten gebaut wurde als heute, betrachtet man gegenwärtig jenes Südwärtsrücken des Weinstockes nur als das Symptom eines verfeinerten Geschmacks und eines erleichterten Verkehrs, der gute Ware um billigen Preis aus großer Entfernung herbeizuschaffen gestattet.

Hatten nun Picot, Arago u.a. sich entschieden für eine Änderung der Temperaturverhältnisse Frankreichs in dem einen oder dem andern Sinne ausgesprochen, so wurde von anderen eine solche vollkommen negiert. In einer kritischen Untersuchung wies Charles Martins, wie wir oben erwähnten, die Anschauung Arago's als unberechtigt zurück. Er verwahrte sich jedoch auch gegen die entgegengesetzte Hypothese, indem er uns lehrte, das die Angaben der Römer, aus denen man auf eine Besserung des Klimas hatte schließen wollen, nur relativ aufzufassen sind, ganz wie es 13 Jahre früher der treffliche Ideler getan. Für Deutschland, Dänemark und Skandinavien widerlegten Schouw²⁷⁰ und Dove durch Diskussion der meteorologischen Beobachtungen die Existenz einer kontinuierlich vor sich gehenden Änderung der Temperatur, während Zimmermann²⁷¹ später für Hamburg wieder ein Kälterwerden des Klimas vertrat. Für Genf zeigten Gautier²⁷² und Plantamour²⁷³, das eine irgend bemerkbare Temperaturänderung seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts nicht zu konstatieren ist.

Für Toskana hat Arago²⁷⁴ eine Änderung des Klimas vertreten, ein Kühlerwerden der Sommer und ein Wärmerwerden der Winter, das er ebenfalls der zunehmenden Entwaldung zuschrieb. Doch macht Whitney²⁷⁵ mit Recht auf die Unzuverlässigkeit des von Arago benutzten meteorologischen Beweismaterials aus dem 17. Jahrhundert aufmerksam. Auch für einzelne andere Gegenden der Subtropenzone sind Änderungen der Temperaturverhältnisse berichtet worden. Hauptsächlich ist es ein Südwärtsrücken der Nordgrenze der Dattelpalme in Afghanistan, das in dieser Weise verwertet wurde, so von Bellew²⁷⁶ und Whitney²⁷⁷ während Theobald Fischer bei dieser Erscheinung lieber an eine Vernachlässigung der Kultur durch den Menschen denken will.²⁷⁸

Genau wie in Frankreich, so stehen auch in Nordamerika zwei grundverschiedene Hypothesen über Klimaänderung einander gegenüber. Ende des vorigen Jahrhunderts vertrat Laroche-foucauld-Liancourt²⁷⁹ für Kanada eine Zunahme der Sommerhitze und

²⁶⁹ Idelera a.a. O.S. 449; Ch. Martins: Le climat de la France a-t-il changé? *Annuaire météorologique de France pour 1850*. S. 121.

²⁷⁰ S c h o u w: *Skildring af Verjrligets Tilstand i Danmark*. Kjöbenhavn 1826. Citiert und referiert bei Ideler a.a. O.S. 428 ff.

²⁷¹ Zimmermann in Poggendorff's *Annalen* 1856, 98. Bd. S. 323.

²⁷² Gautier in *Bibl. univ. de Genève*. 1843 janvier. (T.XLIII.) S.158.

²⁷³ Plantamour: *Le climat de Genève*. Genève.

²⁷⁴ Arago a.a. O.S. 227.

²⁷⁵ Whitney a.a. O.S. 234.

²⁷⁶ Bellew: *From the Indus to the Tigris*. London 1874 S. 239.

²⁷⁷ Whitney a.a. O.S. 233

²⁷⁸ Fischer: *Die Dattelpalme*. Ergänzungsheft Nr. 64 zu Petermann's *Mitth.* Gotha 1881. S. 50

²⁷⁹ Laroche-foucauld-Liancourt: *Voyage dans les États-Unis de l'Amérique septentrionale*. Vo. II. S. 207.

eine Minderung der Winterkälte. Ähnlich äußerte sich, wie Volney 1803) berichtet,²⁸⁰ erheblich früher für einzelne Teile der Vereinigten Staaten Peter Kalm. Dem entgegengesetzt sollen nach S. Williams²⁸¹ und Williamson,²⁸² die ungefähr gleichzeitig mit den eben genannten schreiben, sowie nach der allgemeinen Volksmeinung in den Neuengland Staaten, nach Jefferson¹⁴⁾ in Virginia und nach Thomassy²⁸³ in Louisiana, die Sommer gerade erheblich kühler, überhaupt das Klima gemäßiger geworden sein. Kühlere Sommer hat auch, wie Loomis und Newton²⁸⁴ auf Grund meteorologischer Beobachtungen berichten, im Laufe dieses Jahrhunderts Newhaven erhalten. Alle diese Änderungen werden fast einstimmig der zunehmenden Entwaldung zugeschrieben, bezw., wie im Fall von Newhaven, einer lokalen Aufforstung. Dagegen aber stehen die Resultate zahlreicher Forscher, welche jede Änderung der Temperatur leugnen, so Humboldt, Noah Webster und Forry,²⁸⁵ so in neuester Zeit Schott²⁸⁶ auf Grund eines großen meteorologischen Materials, so Draper²⁸⁷ vor allem gestützt auf die unveränderte Dauer der winterlichen Eisdecke des Hudson.

Neben diesen Zeugnissen für eine in historischer Zeit eingetretene Änderung der Temperatur besitzen wir nun, außer den in die obige Darstellung bereits verwobenen, noch eine ganze Reihe von Angaben, welche für eine Konstanz der Temperaturverhältnisse sprechen. Ein Vergleich der Berichte über Kultur und Pflanzenleben in historischen Denkmälern aus dem Altertum mit den heutigen Verhältnissen führte Arago dazu, für Palästina, Syrien, Ägypten und Griechenland jede Änderung der Temperatur zu leugnen.²⁸⁸ Dasselbe Resultat gewann mit Hilfe der gleichen Methode E. Biot²⁸⁹ für China; nach ihm hat seit 3300 Jahren die Temperatur dieses Landes sich nicht geändert. In demselben Sinn sind auch die Resultate von Ideler und jüngst diejenigen von Partsch für das Klima der Mittelmeerländer ausgefallen.²⁹⁰

Vor allem aber besitzen wir die trefflichen Untersuchungen von L. Dufour über die Frage der Änderung des Klimas in der Schweiz.²⁹¹ Seine kritische Stellung in der Diskussion über die Ursache des Sinkens der Baumgrenze in den Alpen haben wir bereits oben skizziert. Er zeigt ferner, daß alle Angaben über frühere Kultur des Ölbaumes oder des Weinstockes in Gegenden, die heute jener Pflanzen entbehren, teils mißverstanden, teils unzuverlässig sind und im Widerspruch mit anderen Angaben stehen, teils endlich durch willkürliche Eingriffe des Menschen, die nichts mit dem Klima zu tun haben,

²⁸⁰ Volney: Tableau du climat et du sol des États-Unis d'Amérique. Paris 1803. T.I.S. 288.

²⁸¹ Williams und Jefferson referiert bei Ideler a.a. O.S. 422.

²⁸² Williamson erwähnt bei Draper in Zeitschr. f. Met. 1874. S. 240.

²⁸³) Thomassy bei Dufour a.a. O.S. 364.

²⁸⁴ E. Loomis and H.A. Newton: On the Mean Temperature and on the Fluctuations of Temperature at Newhaven. Transactions of the Connecticut Academey of Arts and Sciences. Vol. I. S. 194. (Citat bei Whitney.)

²⁸⁵ Humboldt etc. bei Draper a.a. O.

²⁸⁶ Schott: Tables, Distribution and Variations of the Atmospehric Temperature in the United States. Smithsonian Contributions to Knowledge. Vol. XXI. S. 311.

²⁸⁷ Draper s. Referat in der Zeitschr. der österr. Ges. f. Meteorologie. Bd. X 1874. S. 239 f.

²⁸⁸ Arago a.a. O. 222 ff.

²⁸⁹ E. Biot: La température ancienne de la Chine. 1841. (Citat bei Dufour.)

²⁹⁰ artsch, Verh. des VIII. Deutschen Geogrphentages zu Berlin. Berlin, 1889.

²⁹¹ Dufour: Variation du climat. Bull. Soc. Vaudoise des Sc. nat X. S 359-436.

erklärt werden können. Überhaupt sind alle Beweise für eine Änderung des Klimas in der Schweiz, die aus stattgefundenen Änderungen der Vegetationsverhältnisse abgeleitet werden, nicht zwingend, da jene Änderungen auch auf andere Weise sich erklären lassen. Jedoch ist es in jedem Fall einigermaßen bemerkenswert, daß alle jene Phänomene, sofern man sie als Symptome einer Klimaänderung deuten wollte, einheitlich auf eine Verschlechterung des Klimas, auf ein Sinken der Temperatur hinweisen würden. Zu dem gleichen Resultate führt auch die Untersuchung der Register über den Termin der Weinernte in der Schweiz. Es fand die Weinernte im sechzehnten Jahrhundert und im Beginn des siebzehnten früher statt als heute, besonders aber als im achtzehnten Jahrhundert. So interessant diese Tatsache ist, so verhehlt sich Dufour nicht, daß auch der Termin der Weinernte Einflüssen unterliegen kann, die nichts mit dem Klima zu tun haben. Er läßt daher die Frage, ob das Klima sich geändert hat oder nicht, vollkommen offen. In der Tat hat jüngst A. Angot gezeigt, daß diese im Laufe der Jahrhunderte zunehmende Verspätung der Weinernte auf schweizerischem Boden im benachbarten Jura und im Departement Côte d'Or nicht auftritt.²⁹²

So ist man denn heute bezüglich der Frage nach der Änderung oder Konstanz der Temperaturverhältnisse in historischer Zeit genau so weit wie mit der Lösung der Frage nach Änderungen des Regenfalls. Das Klima wird wärmer, sagen die einen, das Klima wird kälter, die anderen. Die Ursache der behaupteten Temperaturänderung wird gleichfalls in ganz Verschiedenem gesucht. Ein Kälterwerden des Klimas wird heute freilich niemand mehr mit der zunehmenden Entwaldung in Zusammenhang bringen, wie es Arago tat. Dagegen wird das Wärmerwerden mehrfach auch heute der Entwaldung auf Rechnung gesetzt. Im Ganzen jedoch herrscht entschieden vielmehr die Neigung, die Änderung der Temperatur allgemeinen Ursachen zuzuschreiben. Zwei Hypothesen stehen hier einander gegenüber. Schmick faßt alle Daten zusammen, die für ein Wärmerwerden des Klimas sprechen, und bringt diese, nach ihm der ganzen Nordhemisphäre eigene Änderung der Temperaturverhältnisse mit der Präcession der Tag- und Nachtgleichen in Zusammenhang.²⁹³ Whitney dagegen spricht von einem allgemeinen Abkühlungsprozeß der Erde, der sich an allen Teilen ihrer Oberfläche in historischer Zeit äußern soll und nichts anders sei als jene in den jüngsten geologischen Perioden vom Beginn der Tertiärzeit an datierende fortschreitende Abkühlung.²⁹⁴ Allen diesen Anschauungen gegenüber aber steht heute noch wie früher der Ausspruch zahlreicher Gelehrter, unter denen die Mehrzahl der Meteorologen sich findet: Die Temperaturverhältnisse haben sich in historischer Zeit nicht geändert.

Gering ist gegenüber der Legion von Hypothesen über eine Änderung der Temperatur oder des Regenfalles die Zahl der Versuche, den Beweis der Änderung irgend eines anderen klimatischen Elementes zu erbringen. Doch sind immerhin, z.B. bei Änderungen des Windes für verschiedene Gegenden Behauptungen aufgestellt, verfochten und angegriffen worden. So soll nach S. Williams und Jefferson sich in Neu-England die Häufigkeit der Westwinde vermindert, diejenige der Ostwinde vermehrt haben.²⁹⁵ Diese Änderung wird wieder der Entwaldung zugeschrieben. Nach

²⁹² A. Angot: Etude sur les vendanges en France. Annales du Bureau Central météorologique de France. 1883. Part , s.b. 83.

²⁹³ Schmick: Die Aralo-kaspische Niederung im Lichte der Lehre von den säcularen Schwankungen des Seespiegels und der Wärmezonen. Leipzig, 1874.

²⁹⁴ Whitney a.a. O.

²⁹⁵ S. Williams und Jefferson referiert bei Ideler a.a. O.S. 426

Simony ist in dem entwaldeten Karstgebiete die Bora weit heftiger geworden.²⁹⁶ Lespiault suchte für Frankreich eine tiefgehende Änderung des Klimas darzutun, die er der stetig zunehmenden Wucht der an die Westküste Frankreichs anprallenden Stürme zuschreibt.²⁹⁷ Gerade umgekehrt will Blavier eine Abnahme der Winde und eine Zunahme der Ruhe in der Atmosphäre verbunden mit einer Vermehrung der Nebel erkannt haben, welche er einer hypothetischen Abbeugung des Golfstromes von der Küste Frankreichs auf Rechnung setzen will.²⁹⁸ Gruß findet für einige Punkte Europas im Lauf dieses Jahrhunderts Änderungen der Windrichtung.²⁹⁹ So sollen in München seit 1865 die Nordwinde weit seltener als früher, die östlichen und westlichen Winde aber häufiger geworden sein, in Leipzig ist eine geringe Zunahme der westlichen und nördlichen Winde zu spüren, in Berlin eine solche der östlichen und nordwestlichen, während in Lund gerade die nördlichen und östlichen Winde in diesem Jahrhundert seltener sind als im vorigen.

Wir sind am Ende unseres Rundganges angelangt. Durch ein wahres Labyrinth sind wir gewandert, ohne daß uns ein Ariadnefaden geleitet hätte. Immer wieder und immer wieder begegneten wir denselben unlösbaren und unvereinbaren Widersprüchen. Fast wie ein psychologisches Rätsel erscheint es uns, daß auf Schritt und Tritt für ein und dasselbe Land von ernstern Männern der Wissenschaft Änderungen des Klimas behauptet werden, die einander ausschließen, nicht minder ein psychologisches Rätsel, wie für die verschiedenartigsten und oft entgegengesetzten Änderungen immer wieder und immer wieder der Wald als Sündenbock bezeichnet wird, der alle Schuld tragen soll. Und dabei zeigt sich etwas ganz Auffallendes - das Fehlen eines jeglichen erlösenden Fortschrittes. Die Meinungen stehen einander noch heute ebenso unvermittelt gegenüber wie vor 40 Jahren. Wollte das Klima allen Aussprüchen gerecht werden, die in den letzten Jahren und Jahrzehnten getan sind, so müßte es bald in dieser, bald in jener Richtung sich ändern und auf und ab pendeln. Werfen wir einen Blick auf das Gewirr von Hypothesen zurück, dann müssen wir gestehen, daß wir auch heute noch weit von der definitiven Beantwortung der Frage nach der Änderung oder Konstanz des Klimas in historischer Zeit entfernt sind und heute noch müssen wir voll dem Aussprüche beipflichten, den L. Dufour vor 20 Jahren tat: "Die Frage nach der Änderung des Klimas in historischer Zeit ist noch völlig offen und die Behauptung der Mehrzahl der Meteorologen, das Klima ändere sich nicht, ist nicht weniger und nicht mehr bewiesen als die entgegengesetzte."³⁰⁰ "Sollte sich aber das Klima wirklich kontinuierlich ändern, dann erfolgt diese Änderung gewiß nur äußerst langsam; denn nur dann ist es erklärlich, daß wir heute noch nichts Bestimmtes davon wissen.

III. Meteorologische Zyklen.

Parallel mit dem geschilderten Forschen nach einer kontinuierlichen Änderung des Klimas in historischer Zeit lief in den letzten Jahrzehnten das Suchen nach meteorologischen Zyklen, nach säkularen Auf- und Abschwankungen der Witterung in festen Perioden, veranlaßt zum Teil durch die im Stillen genährte Hoffnung, eine sichere

²⁹⁶ F. Simony: Schutz dem Walde! Schriften d. Vereines zur Verbr. naturw. Kenntnisse in Wien. Bd. XVII, 1876-77, Wien 1877.S, 456

²⁹⁷ Lespiault nach Günther, Geophysik II.S, 289

²⁹⁸ Blavier: Changement du climat sur les côtes de la Vendée etc. L'Astronomie (de Flammarion) 1883. S. 106 ff. Citat bei Günther. Das Original war mir leider nicht zugänglich.

²⁹⁹ Gruß: im "Wetter" 1888. S. 137 und Met. Zeitschrift 1888, S. [57] Nr. (155).

³⁰⁰ L. Dufour a.a. O.S. 420.

Methode der Prognosenstellung für die Zukunft zu erwerben. Das geschah in zwei grundverschiedenen Richtungen, die sowohl ihrer Methode als auch ihren Resultaten nach nichts mit einander gemein haben. Bald war es eine regelrechte systemlose Periodenjagd, welche zur Aufstellung der verschiedenartigsten Zyklen führt. Dann wieder suchte man, von einer periodischen Erscheinung auf der Sonne ausgehend, eine Periode von derselben Länge für die meteorologischen Elemente der Erde nachzuweisen. So entstand die weitschichtige Literatur über den Einfluß der Sonnenfleckenhäufkeit und ihrer 11jährigen Periode auf irdische meteorologische Verhältnisse.

Überall auf der Erde spielt sich der Wechsel der Witterung entsprechend dem Wechsel der Jahreszeiten in einem Zyklus ab; nur zu nahe lag daher der Gedanke, es möchten vielleicht ähnliche Zyklen von erheblich längerer Periode, gleichsam als Jahre höherer Ordnung, existieren, innerhalb deren der Wechsel der Witterung von Jahr zu Jahr sich regelmäßig ändert. Es hat in der Tat das Suchen nach Perioden der Witterung in der Meteorologie zu jeder Zeit eine freilich wenig dankbare Rolle gespielt. Die Art und Weise, in welcher solche Zyklen aufgestellt und bewiesen wurden, ist meist eine höchst ungenügende. Eine Probe hiervon geben eine Reihe von kleinen Mittheilungen, die im April und Mai 1886 in Symons's Monthly Meteorological Magazine erschienen. Da will z.B. B. Brumham eine 40jährige Periodizität der kalten und der warmen Winter erkannt haben, doch so, daß mehrere Perioden neben einander herlaufen. Heiße und trockene Sommer kehren nach 425 Jahren wieder; G.T. Gwilliam will eine Wiederkehr warmer Sommer nach je 17 Jahren konstatieren. Brumham findet dagegen nach einer zweiten Mittheilung einen 8, 10, 12, 19, 29, 40, 68 und 136jährigen Zyklus der wiederkehrenden heißen Sommer und prophezeit für den Sommer 1886 große Hitze, da dieser Sommer allen jenen Zyklen, ausgenommen den 19jährigen, angehöre. Der kühle Sommer 1886 dürfte ihn wohl eines besseren belehrt haben. Das Material, auf das sich diese Schlüsse stützen, ist mehr als dürftig.

Selbst hervorragende Meteorologen haben eine Periodizität der Witterung finden wollen. Doch hält der Beweis einer solchen der strengen Kritik meist nicht Stand. So vertritt der hochverdiente Leiter des meteorologischen Netzes von Neu-Süd-Wales .C. Russel eine 19jährige Periode der Witterung;³⁰¹ das soll nun aber nicht heißen, daß alle 19 Jahre ein Maximum des Regenfalles oder der Temperatur eintrete, sondern nur, daß jedes Jahr den Charakter des 19 Jahre zurückliegenden besitze; allein sein Beweis ist durchaus nicht zwingend. Für Buenos Ayres glaubt Benj. Gould eine 18jährige Periode der Windstärke gefunden zu haben.

Das Suchen nach einer Periodizität der kalten Winter ist eine sehr häufige Erscheinung. Wir erwähnten eben einen solchen Fall. Aber schon 1741 stellte der Petersburger Akademiker Krafft als Gesetz auf, daß alle 30 - 34 Jahre sich besonders strenge Winterkälte einfinde;³⁰² durch eine, freilich wenig vollständige Statistik der strengen Winter seit Anfang unserer Zeitrechnung sucht er seine Ansicht zu stützen. Bis in die jüngste Zeit sind solche Versuche wiederholt worden, so 1876 von Chavanne, der aus den Eisverhältnissen des arktischen Polarmeeres auf Perioden schließt, deren Länge ein Vielfaches von 3 beträgt, also 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 etc. Jahre umfaßt.³⁰³

³⁰¹ H.C. Russel: History of Floods in the River Darling. Journal und Proc. R. Society New-South-Wales for 1886. Sydney. 1887. S. 156 f.

³⁰² Krafft: Ausführliche und umständliche Beschreibung deds im Januar-Monat 1740 in St. Petersburg errichteten Eispalastes etc. St. Petersburg, Akademie der Wissenschaften, 1741. In russischer Sprache. S. 23-29.

³⁰³ Chavanne: Die Eisverhältnisse im arktischen Polarmeere und ihre periodischen Veränderungen. Petermann's Mitth. 1876. S. 254 ff.

Allen diesen Versuchen ist gemeinsam, daß sie sich an das einzelne Jahr klammern und sich den Witterungsverlauf mit einer, ich möchte sagen, mathematischen Sicherheit vollziehend denken. Es treten natürlich Abweichungen von dem gefundenen Gesetz auf; dieselben werden als zufällig erklärt; allein es fehlt durchweg der Nachweis, daß diese Abweichungen in der Tat weniger zahlreich sind als sie sein müßten, wenn in der Gruppierung der Jahre der reine Zufall waltete. Sobald man aber diesen Prüfstein an das angebliche Gesetz anlegt, fällt dasselbe wohl immer vollkommen zusammen.

Einen weit höheren Grad von Wissenschaftlichkeit besitzen Nachweise einer Periodizität, die sich auf mehrjährige Mittel stützen. Freilich sind auch hier, wenn man nicht die Häufigkeit der Abweichungen in der soeben skizzierten Weise prüft, Trugschlüsse leicht möglich. Das zeigt noch eine Ende 1888 in den Comptes Rendus veröffentlichte Mittheilung von A. Duponchel³⁰⁴; derselbe vereinigte die Jahresmittel der Temperatur zu Paris von 1804 an zu 12jährigen Mitteln 1804 - 1815, 1816 - 1827 etc. und wundert sich, daß die Abweichungen je zweier aufeinanderfolgender Gruppen vom vieljährigen Mittel " in der Regel" ein entgegengesetztes Vorzeichen besitzen; ja er ist sogar geneigt, auf Grund einer solchen von ihm aufgestellten 24jährigen Periode der Witterung für 1896/97 einen strengen und für 1908/09 einen milden Winter zu prophezeien!

Gelegentlich der Bearbeitung des Beobachtungsmateriales großer meteorologischer Netze hat man hier und da Zyklen finden wollen. Wild ist für eine 23jährige Periode der Temperatur zu St. Petersburg eingetreten; später fand er auch für den Regenfall an den russischen Stationen eine ungefähr 40jährige Periode.³⁰⁵

Eine vieljährige Periode der kalten Winter fand E. Renou,³⁰⁶ doch in ganz anderem Sinn als die oben erwähnten Autoren. Dieselbe charakterisiert sich dadurch, daß alle 41 Jahre ein besonders strenger Winter eintritt, um den herum sich in den benachbarten 20 Jahren zahlreiche minder strenge, jedoch durchaus kalte Winter gruppieren, während die folgenden 20 Jahre relativ sehr arm an kalten Wintern sind. Er nimmt also einen Wechsel von Zeiträumen mit vielen kalten und solchen mit vielen warmen Wintern an. In analoger Weise vertritt Köppen für die letzten zwei Jahrhunderte eine 45jährige, für die früheren aber eine 130jährige Periode der strengen Winter.³⁰⁷

Hornstein glaubt eine 70jährige Periode des Luftdruckes an den Beobachtungen von Prag, Mailand, Wien und München erkannt zu haben. Dieselbe steht im Einklang mit einer entsprechenden Periode der Sonnenflecken. Eine Periode von 22 Jahren, sowie vor allem eine solche von sieben Jahren fand Schott für die Temperatur der Vereinigten Staaten. Doch ändert sich die Länge der Periode von Fall zu Fall etwas.³⁰⁸

Von allen meteorologischen Zyklen, die sich in mehr oder minder fester Periode vollziehen, ist keiner in gleicher Vielseitigkeit und Wissenschaftlichkeit behandelt worden, wie die beiläufig 11jährige Periode der meteorologischen Elemente, die man als

³⁰⁴ Duponchel in den Pariser Comptes Rendus 1888. 2e semestre. S. 427.

³⁰⁵ Wild: Temperaturverhältnisse des Russischen Reiches. Supplementband zum Repert. f. met. St. Petersburg 1881. S. 279; ferner Wild: Regenverhältnisse des Russischen Reiches. Supplementband zum Rep. f. Met. St. Petersburg, 1887 s. 80.

³⁰⁶ Renou: Périodicité des grands hivers. Annuaire de la Société météorologique de France 1861. S. 19 ff.

³⁰⁷ Köppen in der Zeitschr. f. Meteorologie. 1881. S. 183 ff.

³⁰⁸ Schott: Tables etc. of the Atmospheric Temperature in the United States. Smithsonian Contributions. Vol. XXI. Nr. 277. S. 314.

Folge der 11jährigen Periode der Sonnenfleckenhäufigkeit zu vermuten berechtigt war.³⁰⁹

Gleich nachdem Schwabe und R. Wolf die Periodizität der Sonnenflecken erkannt hatten, begann man nach 11jährigen Perioden der Temperatur zu suchen. Schon vorher hatte Gautier im Anschluß an die von Schwabe 1843 aufgestellte 10jährige Periode der Sonnenfleckenhäufigkeit eine 10jährige Periode der Temperatur für eine Reihe Stationen nachzuweisen gesucht. 1853 vertrat dann Fritsch zum ersten Mal eine 11jährige Periode der Temperatur für sieben Stationen Europas. Die Jahre der Sonnenfleckenminima sind nach beiden durch besonders hohe Wärme ausgezeichnet. In der Folge haben verschiedene Forscher in zahlreichen Schriften diese Beziehungen weiter zu ergründen gesucht, so Zimmermann, Piazz Smith, Stone, Hill, Hahn, welche zu positiven Ergebnissen kamen, während Celoria für Mailand, Hann für Wien und Schott für die Vereinigten Staaten eine Beziehung zwischen Sonnenflecken und Temperatur nicht erkennen konnten und Baxendell, Weilenmann, Blanford, Roscoe und B. Stewart allerdings einen Zusammenhang nachweisen wollten, jedoch mit Vertauschung der Epochen. Nach ihnen ist die Temperaturkurve nicht das Spiegelbild der Fleckenkurve, sondern ihr direkt parallel.

Unter allen einschlägigen Arbeiten ragen an Bedeutung Köppen's Abhandlungen über mehrjährigen Perioden der Witterung weit hervor. Köppen's Resultate sind auch heute nicht überholt worden; es ergibt sich nach ihnen für die ganze Erde, daß die Kurven der Sonnenflecken und der Temperatur im Zeitraum 1816 - 1860 einander als Spiegelbilder durchaus in dem von Gautier und Fritsch vertretenen Sinne entsprechen, daß aber vor 1816 und nach 1860 sich bald Übereinstimmung findet, bald wieder nicht.

Nicht minder zahlreich sind die Versuche, eine 11jährige Periode des Regenfalls darzutun. 1872 wies Meldrum zuerst auf eine Periodizität der Zyklonen im Indischen Ozean südlich des Äquators hin, welche mit der Periodizität der Sonnenflecken derart übereinstimmt, daß die Maxima und die Minima der Häufigkeit zusammenfallen; im Anschluß hieran suchte er später darzutun, daß auf der Erdoberfläche zur Zeit der Sonnenfleckenmaxima etwas mehr Regen fällt, als zur Zeit der Minima. Lockyer, R. Wolf, Symons, Hunter, Brocklesby und H. Fritz sind der Theorie Meldrum's beigetreten, während Celoria, B. Stewart, Strachey Whipple, zum Teil auch Jelinek an dem von ihnen bearbeiteten Material jenen Zusammenhang nicht nachweisen konnten. Doch ums im allgemeinen die Zunahme der Niederschläge bei Zunahme der Fleckenhäufigkeit als wahrscheinlich gelten. Zu einem hochwichtigen Resultat gelangten Hill und E. Douglas Archibald, indem sie, unabhängig von einander, zeigten, daß die Winterregen und die Sommerregen Indiens sich ganz verschieden verhalten; erstere besitzen ein Maximum zur Zeit des Sonnenfleckenminimums, letztere dagegen zur Zeit des Sonnenfleckenmaximums gemeinsam mit den kontinentalen und trockenen Gebieten der Erde.

³⁰⁹ Zusammenfassend Darstellung über den Stand dieser Frage gaben Hahn: Über die Beziehungen der Sonnenflecken zu meteorologischen Erscheinungen. Leipzig 1877; H. Fritz: Die Beziehungen der Sonnenflecken zu den magnetischen und meteorologischen Erscheinungen der Erde. Haarlem 1878; v. Czerny: Die Veränderlichkeit des Klimas etc. Wien, Pest, Leipzig 1881, S. 9 ff.; die letzte und gründlichste Zusammenfassung gab v. Bebbber in seinem Handbuch der ausübenden Witterungskunde. Bd. I. Stuttgart 1885. S. 199 - 257. Dort findet man alle Literatur sorgfältig zusammengetragen. Wir können uns daher hier mit der Nennung der Namen ohne Citat begnügen.

Auch Beziehungen der übrigen meteorologischen Elemente zu den Sonnenflecken hat man finden wollen. So haben Hornstein, Forssmann, Hahn, S.A. Hill, H.F. Blanford, F. Chambers, Douglas, Archibald und J. Allen Broun eine Periode des Luftdrucks vertreten, die der 11jährigen der Sonnenflecken entspricht. Der Zusammenhang scheint für Südasien nachgewiesen und ist derart, daß die höheren Barometerstände den Maxima, die tieferen den Minima entsprechen. Wo aber die wegen der sich gleichbleibenden Gesamtmasse der Luft geforderte Kompensation stattfindet, ist noch nicht aufgeheilt. Für die Zyklonen gilt, so viel es scheint, das von Meldrum aufgestellt und von A. Poey verteidigte Gesetz, daß ihre Häufigkeit mit den Flecken zustimmt. Ebenso erfährt nach Rühlmann die Windstärke gleichzeitig eine Zunahme, während ein Einfluß auf die Windrichtung noch nicht erwiesen ist. Das Gleiche gilt von der Bewölkung, der Gewitterhäufigkeit und von den Hagelfällen.

Man ist noch weiter gegangen und hat den Einfluß einer supponierten 11jährigen Periode der Witterung auf hydrographische und selbst auf wirtschaftliche Verhältnisse nachwiesen wollen. So hat Reiß eine den Sonnenflecken entsprechende Periodizität der Überschwemmungen behauptet, nachdem schon früher Dawson für die Oscillationen der großen amerikanischen Seen und Fritz für die Schwankungen der Flüsse überhaupt, ja selbst der Gletscher Europas eine 11jährige Periode, zum Teile freilich mit wenig Erfolg, vertreten hatten. Hunter spricht von einer 11jährigen Periode der Hungersnöte in Indien, *Jevons* von einer solchen der Handelskrisen u.s.w.

Wenn man den gegenwärtigen Stand der Sonnenflecken-Frage in der Meteorologie überblickt, so läßt sich nicht leugnen, daß in der Tat enge Beziehungen zwischen den verschiedenen meteorologischen Elementen und der Periode der Sonnenfleckenhäufigkeit existieren. Allein die physikalische Erklärung dieses Zusammenhanges liegt noch zum Theil sehr im Argen, wie zum Beispiel bezüglich des Regenfalls und selbst bezüglich der Temperatur, ist doch die einfache Frage noch nicht gelöst, ob die reine Sonne oder die fleckenreiche Sonne mehr Wärme ausstrahlt. Ebenso ist es völlig unaufgeklärt, wie es kommt, dass ein Element an dem einen Ort der Sonnenfleckenperiode folgt, an dem anderen wieder entschieden nicht und dass diese Parallelität auch wieder am gleichen Ort eine geraume Zeit besteht, dann wieder verschwindet. Kurz, die Frage ist noch eine durchaus dunkle und unerledigte. Dieses gilt schon von der 11jährigen Periode der Sonnenflecken und in noch viel höherem Grade von der großen 55jährigen, deren Einfluss auf unsere Atmosphäre, abgesehen von den uns hier nicht berührenden Nordlichtern und den magnetischen Erscheinungen, zur Zeit noch recht hypothetisch ist.

Das Suchen nach einer ganz bestimmten Periode ist es, welches die eben geschilderten Theorien beherrscht und wenigstens im Fall der Sonnenfleckenperiode in der Regel zum Ziel führte. Die übrigen aufgestellten Zyklen entbehren dagegen z. Th. vollkommen des wissenschaftlichen Bodens. Grundverschieden von denselben sind die Anschauungen, denen wir uns nunmehr zuwenden und die zum größten Teil ein Produkt der letzten Jahre sind.

In eine neue Phase trat die ganze Frage nach den Klimaänderungen in historischer Zeit, als man nicht mehr eine kontinuierliche Änderung, sei es des Regenfalls, sei es der Temperatur, in einer Richtung zu finden trachtete und auch nicht nach kurzen Perioden der Witterung von bestimmter Länge suchte, sondern das meteorologische Material auf säkulare Auf- und Abschwankungen des Klimas innerhalb längerer Zeiträume hin zu untersuchen begann.

Die Veranlassung hierzu gaben die so eigentümlichen Schwankungen der Gletscher. Nur in meteorologischen Verhältnissen konnten dieselben ihre Ursachen

besitzen, ist doch die Existenz des Gletschers direkt an gewisse klimatische Bedingungen geknüpft, deren Änderung unbedingt eine Änderung der Größenverhältnisse des Gletscher veranlassen muß; das konnte einem Zweifel nicht unterliegen. Schon lange betrachtete man daher die Gletscher als eine Art Thermometer oder Witterungsmesser überhaupt. Um so auffallender aber war es, daß sich dieser unzweifelhaft bestehende Zusammenhang zwischen Gletscher- und Witterungsschwankungen nicht direkt an der Hand der meteorologischen Beobachtungen nachweisen ließ, bis 1858 v. Sonklar³¹⁰ das erste erläuternde Wort sprach, das leider ungehört verhallte. In seiner trefflichen Abhandlung wies er für etwa zwei Jahrhunderte die Parallelität der Gletscherschwankungen mit Schwankungen der Temperatur und des Niederschlages nach. Für die neuere Zeit benützte er die meteorologischen Beobachtungen von Mailand und Hohenpeißenberg; für die älteren Jahre sammelte er alle ihm zugänglichen Daten über die Witterung einzelner Jahreszeiten, soweit sie das Gebiet der Alpen und ihrer Umgebung betrafen. Da ihm für die letzten 100 Jahre sowohl allgemeine Witterungsangaben als auch exakte Beobachtungen vorlagen, so suchte er mit Hilfe einer sinnreichen Methode, die freilich nicht ganz unanfechtbar ist, den Wert der einzelnen allgemeinen Ausdrücke, wie "kalt", "sehr Kalt" u.s.w. quantitativ zu bestimmen. Er gewann Relativzahlen, welche entsprechend den der Gletscherbildung günstigen Faktoren, der Kälte und der Nässe, wachsen und mit ihnen abnehmen. In vollkommener Klarheit erkannte v. Sonklar bereits, daß nicht der Witterungscharakter des einzelnen Jahres für die Gletscherschwankungen maßgebend ist, sondern erst eine Summierung der Witterung vieler Jahre die Gletscher zum Rückzug oder zum Vorstoß bringt. Es schien ihm daher eine entsprechende Behandlung des meteorologischen Materiales nötig, um die Parallelität der Gletscherschwankungen mit Schwankungen der Witterung zeigen zu können. Er vermochte dieses dadurch zu erreichen, daß er sich von den einzelnen Jahren mit ihrer sehr unregelmäßigen und zufälligen Witterung emanzipierte und dieselben zu Fünf- und Zehnjahresmitteln zusammenfaßte. Mit dieser Ausgleichung des Einflusses der einzelnen Jahre war der Weg gewiesen, der allgemein zum Ziel führen mußte. v. Sonklar's Resultate sind klar und bestimmt. Sowohl auf Grund der allgemeinen Witterungsangaben als auch der instrumentalen Beobachtungen stellte er fest, daß die Gletschervorstöße in den Alpen um 1770, 1810-20 und in den Vierziger-Jahren mit feuchten und kühlen Perioden zusammenfielen, der Gletscherrückgang aber am Ende des vorigen Jahrhunderts und in den Zwanziger- und Dreißiger-, wie in den Fünfziger-Jahren dieses Jahrhunderts mit trockenen und warmen Perioden.

Aber die Arbeit v. Sonklar's blieb unbeachtet und die Frage nach der Ursache der Gletscherschwankungen galt nach wie vor für ungelöst bis zum Erscheinen der Untersuchungen Forel's im Jahre 1881, die eine Lösung wenigstens anbahnten. Forel kam völlig unabhängig von Sonklar, jedoch mit einer ganz ähnlichen Methode der Ausgleichung zu dem gleichen Resultate. Es gelang ihm an den Beobachtungen von Genf zu zeigen, daß tatsächlich die Perioden, in denen die Gletscher vorstoßen, durch unmittelbar vorhergehende Perioden niedriger Sommertemperatur und reichlicheren Niederschlages verursacht sind, hingegen jene des Gletscherschwindens relativ warmen und trockenen Zeiten angehören.³¹¹

³¹⁰ v. Sonklar: Über den Zusammenhang der Gletscherschwankungen mit den meteorologischen Verhältnissen. Sitzungsberichte der Wiesner Akademie, 32. Band, 1858, S. 169-206. Mit einer Kurventafel.

³¹¹ Forel: Variations périodiques des glaciers. Archives des sc. phys. et nat. Genève, 1881, 3. Pér. T. VI. S. 22 und S. 451.

Den gleichen Weg schlug zwei Jahre später Eduard Richter in seiner trefflichen Monographie des Obersulzbachgletschers ein.³¹² Er verwertete die Beobachtungen des Regenfalls zu Klagenfurt für seine Zwecke, indem er durch Bildung 5jähriger Mittel den allgemeinen Verlauf der Regenkurve festzustellen suchte. Er kam zu dem Resultate, daß die Regenperiode 1842-52 die Ursache des Gletschervorstoßes in den 50er Jahren sein müsse, dagegen die trockene Periode von 1852 bis 1872 die Ursache der außergewöhnlichen Dimensionen des letzten Rückganges. Auffallend ist ihm dagegen die bedeutende Zunahme der Niederschläge von 1872-1878, welche sich in der Bewegung der Gletscher noch nicht geäußert habe.

Eine allgemeine Bedeutung erhielt dieser Nachweis durch C. Lang, der die Untersuchung streng nach der von Forel eingeschlagenen Methode auf die gesamte Umgebung der Alpen ausdehnte und die Beobachtungen von neun Regenstationen und fünf Temperaturstationen verarbeitete, die meist dem Fuß der Alpen und ihrem Vorland angehören.³¹³ Auch hier ergab sich ein ausgesprochener Parellelismus zwischen Regenfall, Temperatur und Gletscherschwankungen. Bei der Wichtigkeit, welche gerade die Untersuchungen von Forel, Richter und Lang für die Frage haben, die uns weiter unten beschäftigen wird, sei es gestattet, die Resultate jener Forscher in einer Tabelle zusammenzufassen. Diejenigen . Sonklar's ließen sich darin nicht aufnehmen, weil dieser Temperatur und Regenfall nicht trennt. Es fallen Niederschlagsmaxima, beziehungsweise Niederschlagsminima auf die Jahre:

| | | Niederschlagsmaxima | | | Niederschlagsminima | | |
|----------------------|------------------------|---------------------|---------|---------|---------------------|---------|--|
| Genf | | 1842/57 | 1878/80 | 1835/41 | - | 1858/77 | |
| | (Forel) ³¹⁴ | | | | | | |
| Klagenfurt | (Richter) | 1842/52 | 1872/78 | - | - | 1852/72 | |
| Mailand | (Lang) | 1810/14 | 1840/49 | 1880/84 | 1825/29 | - | |
| Prag | » | 1815/19 | 1845/49 | - | 1820/24 | - | |
| Wien | » | | 1875/79 | - | - | - | |
| München | » | | 1850/54 | 1880/84 | - | - | |
| Hohen- peißenberg | » | 1805/09 | 1835/44 | - | 1820/29 | - | |
| Reichenhall | » | | 1845/49 | - | - | 1855/59 | |
| Stuttgart | » | | 1845/54 | 1880/84 | - | 1860/64 | |
| Chioggia | » | 1800/09 | - | - | - | - | |

Es entspricht also dem Schwinden der Alpengletscher im Allgemeinen in der Umgebung der Alpen eine Periode zu geringen, dem Stoßen eine solche zu großen Niederschläges; in beiden Fällen geht die Ursache der Wirkung um ein geringes voraus.

Das gleiche konstatierten *Forel* und *Lang* für die Temperatur.

³¹² E. Richter in der Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins 1883 S. 75 ff.

³¹³ C. Lang: Der säculare Verlauf der Witterung als Ursache der Gletscherschwankungen in den Alpen. Zeitschrift für Meteorologie 1885 S. 443 ff.

³¹⁴ Es ist zu beachten, dass die Jahreszahlen Forel's nicht direct mit denen Richter's und Lang's zu vergleichen sind. Die Zahlen der ersten niederschlagsreichen Periode 1842-57 sind so zu verstehen, dass die 10jährigen Mittel 1833-42, 34-43., 48-57 über dem vieljährigen Mittel waren. Richtiger würde man also zu setzen haben: regenreich 1837-1852, indem man das erste Dekadenmittel 1833-42 auf das mittlere Jahr 1837, das letzte 1848-57 auf 1852 bezieht.

| | | Temperaturmaxima | | | Temperaturminima | | |
|----------------------|-------------------------------|------------------|---------|---------|------------------|---------|---------|
| Genf | (Forel) <small>315</small> | - | - | 1826/35 | 1856/75 | - | 1836/55 |
| Mailand | (Lang) | - | 1790/94 | 1820/29 | 1845/49 | 1810/19 | 1835/44 |
| Stuttgart | » | - | - | 1825/34 | 1860/64 | - | 1835/44 |
| Regensburg | » | 1775/79 | 1795/99 | 1825/34 | - | 1815/19 | 1835/44 |
| München | » | - | - | 1830/34 | 1865/69 | - | 1840/64 |
| Hohen- peißenberg | » | - | 1790/94 | 1820/24 | - | 1810/19 | 1835/39 |

So kann denn kein Zweifel darüber bestehen, daß das Alpengebiet und seine nächste Umgebung langjährige Schwankungen des Regenfalls und der Temperatur erlebt, welche von den Gletscherschwankungen registriert werden.

Die letzteren erscheinen als vollkommen sichere Anzeichen der säkularen Schwankungen der Witterung, wie Lang diesen Wechsel vieljähriger feuchter Perioden mit trockenen, kühle mit warmen genannt hat.

Eine unerwartete Bestätigung erhielt diese Anschauung durch eine kleine, jedoch für die Methode der ganzen Forschung wichtige Arbeit von *A. Swarowsky* in Wien über die Schwankungen des Neusiedler Sees.³¹⁶ Er zeigte, wie eine zum Teil sehr auffallende Parallelität zwischen den Schwankungen dieses abflußlosen Sees und den Schwankungen der Gletscher stattfindet, und erbrachte damit den Beweis dafür, daß auch abflußlose Seen treffliche Messer der Witterung in ihrer säkularen Änderung sind - eine Tatsache, die man freilich schon a priori oft vermutet hatte.

Die für die Alpen und das benachbarte Gebiet des Neusiedler Sees dargetanen Schwankungen der Witterung im Lauf langer Zeiträume sind in jeder Beziehung überraschend; sie scheinen bedeutender als die Schwankungen des Regenfalls und der Temperatur, die der 11jährigen Periode der Sonnenflecken folgen; denn ihnen folgen die Gletscher, während eine 11jährige Periode der Gletscherschwankungen zwar von *Fritz* behauptet worden ist, aber gewiß für jeden Unbefangenen nicht existiert.

Diese Schwankungen sind noch ganz dunkel; wir wissen nicht, ob sie sich auf die Umgebung des Alpengebietes beschränken oder über dasselbe hinausgreifen, vielleicht Europa oder gar noch erheblichere Teile der Erde umfassen. Vermuten können wir etwas derartiges; ist doch von allen Gletschergebieten bekannt, daß die Gletscher nicht stationär bleiben, sondern vielfach Größenänderungen erfahren. Allein ob diese Schwankungen gleichzeitig auftreten oder in einzelnen Gegenden verspätet, in anderen verfrüht, hiervon wissen wir nichts. Und vollends die Kenntnis der Ursache derselben entzieht sich uns noch vollkommen.

Diese Fragen waren es, welche die in den folgenden Seiten niedergelegte Untersuchung anregten. Ich hätte damit beginnen können, alles Material über Gletscherschwankungen in europäischen und außer-europäischen Gebirgen zusammenzutragen. Doch hielt mich davon die Erwägung ab, daß die Oscillationen der Gletscher doch nur ein unvollkommener und sehr träger Maßstab für säkulare Schwankungen der Witterung sind. Es bedarf erst der statistischen Zusammenstellung der Beobachtungen an zahlreichen Gletschern eines Gebirges, um die mittleren Stoß- und Rückzugsperioden zu konstatieren, verhalten sich doch oft benachbarte Gletscher in Folge der Eigentümlichkeiten ihres Bettes und ihrer Lage ganz verschieden. Daher sind

³¹⁵ Nur nach den Sommertemperaturen.

³¹⁶ Swarowsky im Bericht über das XII. Vereinsjahr des Vereins der Geographen der Universität Wien. Wien 1886 S. 18.

wir erst in allerletzter Zeit durch die Arbeiten Forel's zu einem genaueren Bilde der Gletscherschwankungen in den Alpen während des laufenden Jahrhunderts gelangt; ein solches schon heute für die außereuropäischen Gebirge zu gewinnen, mußte a priori für aussichtslos gelten. Dagegen schien die Lösung der Aufgabe leichter und zuverlässiger auf dem von Swarowsky eingeschlagenen Weg zu sein, durch den Vergleich der Schwankungen abflußloser Seen mit den Schwankungen des Regenfalles und der Temperatur im Alpengebiet. Wir beginnen mit dem größten der abflußlosen Seen - dem Kaspischen Meere.

4b. Die Periodizität der Klimaschwankungen, abgeleitet auf Grund der Beobachtungen über die Eis-Verhältnisse der Flüsse, über das Datum der Weinernte und die Häufigkeit strenger Winter

I. Säkulare Schwankungen der Eisverhältnisse der Flüsse. Bedeutung der winterlichen Eisdecke in Rußland. Faktoren, welche auf den Moment des Gefrierens und des Aufgehens einwirken. Quellennachweis, Bemerkungen und Tabellen über die Dauer der eisfreien Zeit und das Datum des Aufganges. Zusammenfassung zu Gruppen. Ausdehnung der Resultate betreffend die Temperaturschwankungen, auf Rußland und Sibirien und rückwärts bis 1700, zum Teil sogar bis 1560. Zunahme der Amplitude der Schwankungen der Eisverhältnisse beim Vorschreiten nach Westen, erklärt allein durch die Größe der periodischen Variation der Temperatur zur Zeit des Gefrierens und Aufgehens der Flüsse.— II. Säkulare Schwankungen des Termines der Weinernte. Angot's Abhandlung. Ergänzungen des Materials durch handschriftliche Mittheilungen von Angot, Forel und Wehrli. Nichtmeteorologische Momente, welche auf die Zeit der Weinlese einwirken können. Anwendung der Methode der Differenzen. Bemerkungen und Tabellen für 29 Stationen in Frankreich, SW-Deutschland und in der Schweiz 1391 - 1888. Gruppenmittel und Gesamtmittel aller Reihen. Diskussion der Tabellen. Angot kannte keine Schwankungen infolge klimatischer Oscillationen. Diese Schwankungen gehen den Schwankungen der Temperatur und des Regenfalles parallel.— III. Tabelle der Schwankungen der Häufigkeit strenger Winter 800 - 1775. Vergleich mit den Schwankungen der Eisverhältnisse und des Termines der Weinernte.— IV. Die mittlere Periodenlänge der Klimaschwankungen. Tabelle der Klimaschwankungen von 1000 bis 1880. Mittlere Länge der Periode 34.8 ± 0.7 Jahre. Die Klimaschwankungen auf dem Boden Mitteleuropas als der örtliche Ausdruck der Klimaschwankungen der ganze Erde seit 1000.

I. Säkulare Schwankungen der Eisverhältnisse der Flüsse

Die Register über den Auf- und Zugang der Gewässer reichen zum Teile bis zum Jahr 1700 zurück. Nicht nur die Majestät des Bildes, welches der Eisgang auf einem mächtigen Strom mit seinen bald langsam talabwärts gleitenden, bald sich krachend drängenden und im Wirbel drehenden Eisschollen darbietet, mußte zur Aufzeichnung des Datums dieser Erscheinung anregen. Es war vor allem für den Handel und Verkehr von unschätzbare Bedeutung zu wissen, um welche Zeit der Fluß in seine winterlichen Fesseln geschlagen und wann er von denselben befreit zu werden pflegt. Die Bedeutung der Eisdecke der Gewässer ist allerdings in den verschiedenen Ländern eine wesentlich verschiedene. Im ozeanischen Westen Europas gefrieren die Flüsse nur ganz ausnahmsweise einmal in einem abnorm strengen Winter für kurze Zeit. Je mehr wir uns aber dem kontinentalen Osten nähern, desto mehr wächst die Dauer und Bedeutung der Eisdecke. Im europäischen Rußland und in Sibirien bildet das Eis den Winter hindurch eine sichere Brücke über den Fluß, die den Verkehr von einem Ufer zum anderen ermöglicht; es dient zugleich als bequeme ebene Fahrstraße für den Schlittenverkehr der am Ufer flußaufwärts und flußabwärts gelegenen Siedlungen. Freilich beschränkt es dafür die Navigation und damit meist den Großverkehr auf die warme Jahreszeit. In doppelter Weise spielt hier der Fluß seine Rolle als Verkehrsweg. Nur im Herbst, wenn er sich mit zerbrechlichem Jungeis bedeckt, das die Schifffahrt hindert, ohne doch Schlitten und Pferd tragen zu können, oder im Frühling, wenn das Eis birst und der Eisgang beginnt, ruht der Fluß von seiner Rolle aus; wie er sonst den Verkehr förderte, so hemmt er jetzt denselben und Ortschaften an seinen Ufern, die im Winter und im Sommer nachbarliche Beziehungen pflegen konnten, rücken zur Zeit des Zugangs und

noch mehr zur Zeit des Aufgangs in unerreichbare Ferne von einander fort. Diese Zeiten sind die verkehrslosen für weite Flächen Rußlands.

Ehe wir an die Wiedergabe und Diskussion der Beobachtungen herangehen, empfiehlt sich eine Erörterung der Frage, welche Vorgänge den Moment des Gefrierens und denjenigen des beginnenden Eisgangs beeinflussen. Dürfen beide Erscheinungen wirklich als eine reine Funktion der Lufttemperatur betrachtet werden? Das ist nur bis zu einem gewissen Grade gestattet. Das Gefrieren des Flusses tritt in dem Moment ein, in welchem die Temperatur der obersten Wasserschicht unter 0° C sinkt. Wann dieses geschieht, hängt nicht nur von der Lufttemperatur ab, sondern auch von der Wassermasse des Flusses. Es muß, ehe die Oberflächentemperatur so tief sinken kann, die ganze Wassermasse auf 4° d.h. auf die Temperatur ihres Dichtigkeitsmaximums abgekühlt sein. Die Zeitdauer aber, innerhalb deren das geschehen kann, hängt ihrerseits von dem ursprünglichen Wärmeinhalt des Wassers ab, ferner auch sehr wesentlich von der Wassermenge. Es wird derselbe Fluß unter sonst völlig gleichen Verhältnissen bei geringerer Wasserführung früher gefrieren können als bei größerer Wasserführung.

Ganz ähnlich wirkt die Wassermenge auf den Termin des Aufgehens der winterlichen Eisdecke. Das letztere wird wohl nur äußerst selten ausschließlich durch das Tauen des Eises verursacht. Es gesellt sich fast immer ein Anschwellen des Flusses hinzu, verursacht durch die Schneeschmelze im Stromgebiet weiter oberhalb, welches die Eisdecke hebt, sie dabei sprengt und durch Zerstückelung in Schollen den Eisgang ermöglicht. Je rascher und intensiver dieses Anschwellen des Flusses stattfindet, desto früher tritt der Eisgang ein. Das erstere hängt fast ganz von der Intensität der Schneeschmelze ab, d.h. indirekt von der Temperatur im oberhalb gelegenen Teil des Einzugsgebietes. Erst in zweiter Reihe kommt die Menge des im Winter gefallenen Schnees, welche das Schmelzwasser liefert, sowie die von der Strenge des Winters und der Mächtigkeit der schützenden Schneedecke abhängige Dicke des Eises in Betracht.

Ist in dieser Weise der Termin des Gefrierens und des Aufgehens und damit auch die Dauer der winterlichen Eisdecke keine ganz reine Funktion der Temperaturverhältnisse, so spielen die letzteren doch bei weitem die Hauptrolle dabei. Es müssen sich daher in den Verhältnissen des Flußeises im wesentlichen die Temperaturverhältnisse abspiegeln. Damit ist jedoch nicht gesagt, daß die Änderung jener Termine wie der Dauer der Eisdecke von Jahr zu Jahr genau den Jahresmitteln der Temperatur folgt. Das Temperaturmittel, das uns durch das Verhalten des Flußeises repräsentiert wird, ist wesentlich anders gebildet als unser Jahresmittel, in das alle Monate mit gleichem Gewicht eingehen. Es wird darin den Wintertemperaturen und noch mehr den Sommertemperaturen ein äußerst geringes Gewicht gegeben, dagegen der Temperatur des Frühlings und derjenigen des Herbstes ein sehr großes; darauf machte schon Wild aufmerksam.³¹⁷ Trotzdem aber folgen die säkularen Schwankungen der Eisdauer wie diejenigen des Beginnes des Eisganges der Flüsse den säkularen Schwankungen der Jahresmittel der Temperatur. Das zeigt die Zusammenstellung von Wild, wenn man von der Zeit nach 1840 absieht; unsere Tabelle unten läßt ebenfalls erkennen, daß im Großen die Schwankungen der Dauer der winterlichen Eisdecke und diejenigen der Temperaturmittel parallel verlaufen. Es können daher die Register über den Auf- und Zugang der Gewässer auch dort zum Beweis säkularer Schwankungen der Temperatur herangezogen werden, wo Thermometerbeobachtungen fehlen.

Das Flußeis und sein Verhalten hat vor dem Thermometer den wesentlichen Vorzug voraus, daß es fast ganz dem Einfluß der Menschen entzogen ist. Faktoren, wie

³¹⁷ Wild: Temperaturverhältnisse des Russischen Reiches. Supplementband zum Rep. f. Met. St. Petersburg 1881. S. 285. f.

Instrumentalfehler und Fehler der Aufstellung, welche so leicht die Homogenität der Temperaturreihen stören, kommen hier für die Homogenität nicht in Betracht. Nur in den allerletzten Jahrzehnten mögen die Termine des Zugangs wie des Aufganges an den von Dampfern befahrenen Flüssen willkürlich durch das Bestreben verschoben worden sein, das Fahrwasser mit Eisbrechern künstlich freizuhalten, wie wir das oben [S. 85] für die Elbe ausführten. Unter solchen Umständen scheint die Homogenität der Register über den Auf- und Zugang der Gewässer gesichert, abgesehen natürlich von einzelnen Druck- oder Schreibfehlern, die sich in die Originalpublikationen eingeschlichen haben können.

Für die weiter unten folgenden Tabellen dienten als Quellen:

1. Rykatschew: Über den Auf- und Zugang der Gewässer des Russischen Reiches. II. Supplementband zum Repertorium für Meteorologie. St. Petersburg 1887. Zahlreiche Druckfehler wurden vor Verarbeitung der Reichen nach dem Druckfehlerverzeichnis der betreffenden Publikation und vor allem nach der ausführlichen Besprechung Woeikof's in den Iswestija der k. russ. geogr. Gesellschaft, Bd. XXIII, berichtigt.

2. Für die Donau, Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, Bd. 1880,

S. 477.

3. Heydenreich: Klimatische Verhältnisse von Litauen im Reg.-Bez.

Gumbinnen nach den 50jährigen Beobachtungen zu Tilsit. Tilsit 1870.

4. Draper: Über die Eisbedeckung des Hudson. Zeitschrift für Meteorologie. 1874. S. 240.

Die Tabellen enthalten für 32 Stationen die mittlere Dauer der eisfreien Zeit im Jahr und für 12 Stationen das mittlere Datum des Aufganges und zwar für die einzelnen Lustren. Die unvollständigen Lustrenmittel sind durch einen nachgesetzten Punkt kenntlich gemacht.

Eine besondere Aufmerksamkeit habe ich der Frage zugewandt, bis zu welchem Grade der Genauigkeit die Lustrenmittel die säkularen Schwankungen der Eisverhältnisse darstellen, und zu diesem Zweck für zwei Flüsse, die Newa zu St. Petersburg und die Dwina zu Archangelsk, die Änderung der Eisverhältnisse von Jahr zu Jahr untersucht, indem ich für jedes Jahr das Mittel der benachbarten 10 Jahre setzte. Das Resultat war der Methode der Lustrenmittel günstig; letztere stellen die Schwankungen durchaus exakt dar. Der Raum verbietet leider die ursprünglich beabsichtigte Veröffentlichung der ausführlichen, beweisenden Tabelle; da Rykatschew in seinem großen Werk die Zehnjahresmittel für die Dwina mitteilte, so darf ich mich wohl mit einem kleinen Auszug für die Newa 1801/50 begnügen. Am Kopf der Tabelle sind die Jahrzehnte vermerkt, links am Rande die einzelnen Jahre. Die Berechnung der zehnjährigen Mittel für jedes Jahr geschah derart, daß das Mittel aus diesem Jahre, wie den fünf vorhergegangenen und den vier folgenden gebildet wurde. Die Lustrenmittel stehen bei ihrem mittleren Jahre.

**Schwankungen der Dauer der eisfreien Zeit auf der Newa zu
St. Petersburg nach Zehnjahresmitteln und Lustrenmitteln
in Abweichungen vom Mittel 1816/80 (219.5 Tage).**

| | 1800 6447448 | 1810 6447448 | 1820 6447448 | 1830 6447448 | 1840 6447448 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 10j. M. Lustr. | 10j. M. Lustr. | 10j. M. Lustr. | 10j. M. Lustr. | 10j. M. Lustr. |
| 1 | -4.2 | -9.1 | 11.0 | 5.3 | -7.7 |

| | | | | | |
|----|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | -5.3 | -8.9 | 14.6 | 4.3 | -7.7 |
| 3 | -5.4 -4.9 | -9.5 -2.3 | 14.4 21.1 | 3.9 1.3 | -5.3 -2.9 |
| 4 | -8.2 | -9.5 | 16.8 | -0.1 | -3.3 |
| 5 | -10.8 | -7.1 | 18.4 | -1.7 | -3.5 |
| 6 | -14.6 | -3.7 | 18.6 | -2.6 | -2.1 |
| 7 | -18.8 | 4.6 | 11.8 | -4.0 | -4.9 |
| 8 | -16.6 -16.7 | 2.9 -11.8 | 11.4 15.7 | -5.7 -2.7 | -4.0 -2.1 |
| 9 | -12.9 | 4.1 | 8.6 | -7.3 | -3.2 |
| 10 | -9.5 | 4.7 | 8.5 | -6.2 | -4.6 |

Über fehlende Jahre gibt nachfolgende Zusammenstellung Auskunft. Die Stationen sind ihrer Lage nach von Osten nach Westen geordnet, wie in den Tabellen.

Lena 1855; Sselenga 1869 f.; Angara 1795, 1803, 54, 55; Ob (Barnaul) 1836, 37, 40, 41, 43, 45, 46, 49, 65; Irtysch 1811, 43-48, 50; Bogoslawsk (Teich) 1846, 55, 74 ff.; Kama (Dedjuchin) 1811, 23, 38 - 45, 55; Kama (Perm) 1804 - 24, 27, 29, 35, 36, 44, 61, 80; Belaja 1833, 44, 65; Ai (Slatoust) 1863, 64, 70, 74, 75; Ssyssola 1816, 43, 55-57, 79, 80; Wytschegda 1837, 38, 41, 42, 53, 56, 57, 61, 80; Ssuchona 1793, 94, 1803, 13, 16 - 18, 20, 22 - 24, 26, 28, 29, 32 - 35, 55 - 58, 61, 80; Wologda 1829 bis 1835, 37, 43, 45 - 54, 56 - 58 (durch 55 ersetzt), 61, 79 f.; Dwina 1880; Onega 1800 - 11, 79 f.; Newa 1709, 12; Düna 1813, 25, 29, 33; Wjatka Slobodskoj) 1879 f.: Wjatka (Wjatka) 1816, 55 - 58, 62, 64, 65, 79 f.; Kama (Jelabug) 1826, 28, 33, 34, 38, 39, 41, 55, 80; Wolga (Ssimbirsk) 1831, 79f.; Wolga (Ssaradow) 1761, 62, 1806, 50, 57, 58, 80; Wolga (Astrachan) 1814 - 27, 39, 42, 44, 80; Dnjepr (Jekaterinoslaw) 1847, 61, 80; Dnjepr (Kijew) 1845-55, 79 f.; Weichsel 1833, 34, 80; Memel 1870 ff.; Donau 1836, 80; Hudson 1816, 17, 60. - Jenissei 1796, 1803, 04, 9 - 13, 15, 19, 84, 85; Tschussowaja 1855 - 61, 65, 66; Kama 1786, 1804 - 17, 24, 35, 36, 58, 61, 80; Ssyssola 1771, 72, 82-84, 87-89, 91, 93-95, 97-99, 1843, 55-57, 80; Waga (Welsk) 1806, 32, 33, 55, 79 f.; Waga (Werchowashskij Possad) 1801 (durch 1800 ersetzt), 04, 07, 32-35, 39 f.; Lickscha 1827, 30, 31, 47, 48, 57, 64; Kyro 1741, 43, 1851; Åbo 1780, 1832, 40; Kumo 1828, 71, 74; Dün 1559-61, 69, 70, 73-75, 99, 1600, 03-08, 10, 11, 13, 14, 20, 24, 25, zwischen 1640 und 1700 sind nur vorhanden die Jahre 1643, 49, 50, 53, 59, 62, 67, 87, 89 und 92.

Die Lustrenmittel der Dauer der eisfreien Zeit wurden in Abweichungen vom Mittel 1816 - 1880 ausgedrückt, diejenigen des Datums des Aufganges dagegen in Korrekturen, welche an das beobachtete Lustrenmittel anzubringen sind, um jenes Mittel 1816 - 1880 zu erhalten. Infolgedessen weist ein negatives Vorzeichen überall auf zu niedrige Temperatur hin, ein positives dagegen auf zu hohe Temperatur. Wo das 65jährige Mittel 1816-1880 nicht direkt gebildet werden konnte, wurde dasselbe durch Reduktion nach Nachbarstationen derselben Gruppe (siehe unten) gewonnen. Die Berechtigung dieser Reduktion hat Woeikof im Gegensatz zu Rykatschew erwiesen³¹⁸). Nur die Zahlen für den Aufgang des Eises an den finnischen Flüssen beziehen sich durchweg auf das Mittel 1781-1845. Das Datum ist nach dem neuen Stil gerechnet. Rykatschew erwähnt, daß er bei der Verwandlung des alten Stils in den neuen nicht berücksichtigte, daß die Differenz im 18. Jahrhundert nicht zwölf Tage betrug wie im 19., sondern nur elf. Ich habe die geringfügige Korrektur nicht angebracht; es sind daher streng genommen die Zeiten des Aufganges im vorigen Jahrhundert um 1.0 Tage zu verkleinern, beziehungsweise die in der Tabelle mitgeteilten Korrektur um 1.0 zu vergrößern. Für das 16. und 17. Jahrhundert, in welches nur die Reihe von Riga zurückreicht, beträgt die an unseren Zahlen anzubringende Korrektur +3.0, beziehungsweise +2.0 Tage. Die Dauer der eisfreien Zeit wird dadurch selbstverständlich nicht beeinflusst.

³¹⁸ Woeikof in den *Iswestija* der kaiserlich russischen geographischen Gesellschaft, Band XXIII.

Dauer der eisfreien Zeit an 32 Flußstationen,
ausgedrückt durch Abweichungen (Tage) vom Mittel 1816 — 80 und
Datum des Aufgangs des Flußeises an 12 Stationen,
ausgedrückt durch Korrekturen zur Reduktion der Lustrenmittel auf das Mittel 1816/80.

| Fluß Station | Lena Kirensk | Sselenga Sselenginsk | Angara Irkutsk | Jenissei Jenisseisk | Ob Barnaul | Irtysch Tobolsk | Ob Obdorsk | Teich Bogoslowsk | Kama Dedjuchin |
|-------------------|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------|--|--|----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| N. Breite | 57.8 | 51.1 | 52.3 | 58.4 | 53.3 | 58.2 | 66.5 | 59.8 | 59.4 |
| Ö. Länge | 108.1 | 106.9 | 104.3 | 92.1 | 83.8 | 68.2 | 66.6 | 60.0 | 56.6 |
| Mittel 1816/80 | 163.9 | 207.4 | 279.7 | 196.8 | 198.7 | 189.7 | 148.5 | 162.0 | 187.0 |
| 1736—40 | — | — | —10.3 | — | — | — | — | — | — |
| 41—45 | — | — | —6.9 | — | — | — | — | — | — |
| 46—50 | — | — | 2.3 | — | — | — | — | — | — |
| 51—55 | — | — | 12.7 | — | 2.9 | — | — | — | — |
| 56—60 | — | — | 3.7 | — | 9.5 | — | — | — | — |
| 61—65 | — | — | —3.1 | — | —8.5* | — | — | — | — |
| 66—70 | — | — | 4.1 | — | —6.3 | — | — | — | — |
| 71—75 | — | — | —1.7 | — | 12.3 | — | — | — | — |
| 76—80 | — | — | — | — | —2.7 | — | — | — | — |
| 81—85 | — | — | — | — | 2.1 | — | — | — | — |
| 86—90 | — | — | —7.5* | — | —4.3* | — | — | — | — |
| 91—95 | — | — | 5.5 | — | —3.3 | — | — | — | — |
| 96—00 | — | — | —5.7 | — | 7.3 | — | — | — | — |
| Fluß Station | Kama Perm | Belaja Ufa | Ai Slatoust | Ssyssola Ust— Ssyssolsk | Wyt— schegda Ssol— wysche — godsk | Ssuchon a Welikij — Ustjug | Wologd a Wologd a | Dwina Archan — gelsk | Onega Onega |
| N. Breite | 58.0 | 54.7 | 55.2 | 61.7 | 61.3 | 60.8 | 59.2 | 64.5 | 63.9 |
| Ö. Länge | 56.3 | 56.0 | 59.7 | 50.8 | 46.9 | 46.3 | 39.9 | 40.5 | 38.1 |
| Mittel 1816—80 | 208.1 | 210.8 | 174.1 | 186.0 | 192.3 | 196.3 | 201.7 | 179.0 | 199.0 |
| 1801—05 | 7.9 | —5.4 | — | — | — | —3.3 | — | —5.4 | — |
| 06—10 | — | —5.4 | — | — | — | —10.1* | —14.7* | —14.8* | — |
| 11—15 | — | —18.8* | — | — | — | —8.1 | — | —13.8 | —11.2 |
| 16—20 | — | —3.6 | — | —18.0* | — | } —5.4 | — | —12.4 | —13.6* |
| 21—25 | — | —8.6 | — | —0.6 | — | — | — | 1.4 | 6.8 |
| 26—30 | 6.9 | 3.4 | — | —1.6 | — | } —3.0 | 16.6 | 5.2 | 16.8 |
| 31—35 | 1.1 | —4.8* | — | 3.8 | — | — | — | 1.8 | —0.6 |
| 36—40 | —6.3* | —4.2 | — | 5.4 | —4.3 | —1.7 | 0.3 | 2.0 | 4.4 |
| 41—45 | —4.9 | 0.2 | —12.5* | —5.5* | —11.6* | —11.5* | —13.0* | —10.2* | —20.4* |
| 46—50 | —2.7 | 1.2 | —12.5 | 6.6 | 4.9 | 2.7 | — | 1.6 | —3.4 |
| 51—55 | —4.9 | —0.8 | 1.9 | —4.2 | 7.7 | 2.2 | — | —0.2 | 3.8 |
| 56—60 | — | —7.3* | 2.7 | 5.0 | 0.7 | — | 5.3 | 2.6 | —0.8 |
| 61—65 | —16.6* | —1.8 | —11.8* | 4.4 | 1.7 | 0.9 | —1.9 | —1.8 | —0.2 |
| 66—70 | 0.3 | — | 13.4 | 4.0 | 2.1 | 6.3 | —0.5 | —4.4* | 2.0 |
| 71—75 | —0.1 | — | 10.2 | 1.2 | 3.3 | —5.1* | —7.1* | —0.8 | —6.6* |
| 76—80 | —4.1 | — | — | —0.2* | —0.5* | 7.2 | 1.3 | 8.4 | 11.3 |

| Fluß Station | Newa ³¹⁹ Peters- burg | Düna Riga | Wjatka Slobodsk oj | Wjatka Wjatka | Kama Jelabuga | Wolga Ssim- birsk | Wolga Ssara- tow | Wolga Astracha n | Dnjepr Jekateri — noslaw |
|-----------------|--|--------------|--------------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| N. Breite | 59.9 | 56.9 | 58.7 | 58.6 | 55.8 | 54.3 | 51.5 | 51.5 | 48.5 |
| Ö. Länge | 30.4 | 24.1 | 50.2 | 49.7 | 52.1 | 48.4 | 46.0 | 46.1 | 35.1 |
| Mittel | 219.5 | 238.0 | 195.0 | 203.2 | 207.1 | 230.1 | 235.3 | 264.9 | 277.0 |
| 1816—80 | | | | | | | | | |
| 1761—65 | 7.3 | — | — | — | — | — | 9.7 | — | — |
| 66—70 | 2.8 | — | — | — | — | — | 17.3 | — | — |
| 71—75 | —8.3 | — | — | — | — | — | —6.1 | — | — |
| 76—80 | —5.9 | — | — | — | — | — | —9.5* | — | — |
| 81—85 | —3.5 | — | — | — | — | — | 6.7 | — | — |
| 86—90 | —12.2* | — | — | — | — | — | —1.9 | — | — |
| 91—95 | 5.5 | — | — | — | — | — | —0.1 | — | — |
| 96—00 | 0.9 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1801—05 | —4.9 | — | — | 5.2 | — | — | — | — | — |
| 06—10 | —16.7 | — | — | —5.4* | — | — | —5.8 | 2.5 | — |
| 11—15 | —2.3 | —18.0* | — | —1.8 | — | — | —0.1 | —17.9* | — |
| 16—20 | —11.8 | — | — | —5.4* | —8.5* | — | 8.5 | — | —6.7 |
| 21—25 | 21.1 | 33.2 | — | 8.0 | —1.3 | — | — | — | 39.4 |
| 26—30 | 15.7 | 7.8 | — | —7.0 | 10.2* | — | — | —10.9 | 2.6 |
| 31—35 | 1.3 | 10.3 | 2.2 | —2.2 | —10.4* | —19.6* | —17.7* | —7.5 | —11.8 |
| 36—40 | —2.7 | 15.0 | 0.6 | 1.6 | 2.6 | —10.5 | —13.5 | —2.9 | —11.8 |
| 41—45 | —2.9 | 5.6 | 4.4 | —8.2* | —3.9 | —4.5 | 2.3 | 6.8 | —26.6 |
| 46—50 | 2.1 | 14.2 | 10.6 | 7.2 | —5.1* | —5.5 | —0.5 | —1.3 | 26.0 |
| 51—55 | —9.3* | —19.0* | —1.4 | —3.2 | 2.1 | 0.5 | — | 14.1 | 1.4 |
| 56—60 | —7.7 | —5.6 | 6.2 | } | — | 3.5 | —5.6 | 2.9 | — |
| 61—65 | —1.5 | 0.0 | —3.4* | } 1.6 | 3.3 | —0.1 | —2.3 | —10.5* | —71.6 |
| 66—70 | —0.9 | —7.6 | 1.8 | 2.0 | 7.1 | 6.9 | 6.7 | 7.7 | 7.8 |
| 71—75 | —7.5 | 0.0 | —2.0 | —4.4 | —0.8 | 15.9 | 10.5 | 2.3 | —5.2 |
| 76—80 | 4.3 | 7.4 | 6.7 | 11.1 | 8.9 | 20.9 | 9.9 | 14.9 | 13.8 |

| Fluß | Dnjepr | Weichsel | Memel | Donau | Hudson | Jenissei | Tschusso — waja | Kama | Ssyssola |
|-----------|--------|----------|--------|--------|--------|------------|------------------------|--------|-------------------|
| Station | Kijew | Warschau | Tilsit | Galatz | Albany | Jenisseisk | Utkinskaja— Staniza | Perm | Ust— Ssyssolsk |
| N. Breite | 50.5 | 52.3 | 55.1 | 45.4 | 42.7 | 58.5 | 57.0 | 58.0 | 61.7 |
| Ö. Länge | 30.5 | 21.0 | 21.9 | 27.9 | —73.8 | 92.1 | 59.6 | 56.3 | 50.8 |
| Mittel | 268.7 | 304.9 | 264.7 | 327.8 | 273.3 | 5. V | 24. IV | 25. IV | 5. V |
| 1816—80 | | | | | | | | | |
| 1771—75 | — | — | — | — | — | — | — | — | 10.7 |
| 76—80 | — | — | — | — | — | — | — | — | 8.8 |
| 81—85 | — | —3.5 | — | — | — | — | — | — | }—1.5* |
| 86—90 | — | 6.1 | — | — | — | — | — | —2.5 | — |
| 91—95 | — | 19.7 | — | — | — | — | — | —8.6* | }6.3 |
| 96—00 | — | — | — | — | — | —4.5* | — | —2.0 | — |
| 1801—05 | —14.5* | — | — | — | — | 2.0 | — | 4.3 | —0.4 |
| 06—10 | —3.9 | — | — | — | — | —2.0 | — | — | —3.6 |
| 11—15 | —4.3 | — | — | — | — | — | — | — | —5.4* |
| 16—20 | 6.5 | — | — | — | —18.9* | 2.5 | — | 1.3 | —2.8 |
| 21—25 | 10.3 | 12.5 | 24.5 | — | 12.9 | 2.6 | — | 3.2 | 1.4 |
| 26—30 | 4.5 | —20.7 | —14.9 | — | 10.7 | 0.6 | 1.2 | 1.0 | 4.2 |
| 31—35 | —7.3 | —20.4 | 15.7 | — | —5.9 | —1.8 | —2.6 | —2.5 | 3.0 |
| 36—40 | —13.9* | —24.1* | —36.3* | —9.4 | —7.1* | —5.0* | —3.8 | —6.5* | 2.4 |
| 41—45 | 5.1 | —9.5 | 11.1 | —10.8* | 1.5 | 3.8 | —4.6* | —5.6 | —3.8* |
| 46—50 | — | —8.9 | —2.1 | —2.8 | 6.9 | —3.8 | —2.4 | 0.0 | —1.6 |
| 51—55 | — | 13.7 | —4.3 | —27.2 | —8.1* | —0.2 | —1.2 | 0.0 | —1.8 |
| 56—60 | —13.9* | —13.7 | —19.3 | 4.8 | 10.9 | —1.2 | — | 2.8 | 0.3 |
| 61—65 | —11.1 | —1.1 | 3.9 | —23.8* | —3.1 | 0.0 | 9.3 | —0.2 | —1.0 |

| | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|---|-------|------|-------|-------|
| 66—70 | —4.5 | 14.5 | 13.5 | —1.4 | — | 3.2 | —1.2 | —1.0 | —2.4 |
| 71—75 | 8.1 | 2.7 | — | —7.2 | — | 0.4 | 0.8 | 0.6 | —0.6 |
| 76—80 | —3.9 | 12.1 | — | 7.1 | — | 0.6 | —0.8 | —3.2* | —4.0* |
| 81—85 | — | — | — | — | — | —5.3* | — | — | — |

| Fluß | Waga | Waga | Lickscha ¹⁾ | Borgå ¹⁾ | Kyro ¹⁾ | Åbo ¹⁾ | Kumo ¹⁾ | Düna ²⁾ |
|-------------------|--------|--|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Station | Welsk | Wercho — washskij — Possad | Pielis | Borgå | Storkyro | Åbo | Björnebor g | Riga |
| N. Breite | 61.1 | 60.7 | 63.3 | 60.4 | 63.0 | 60.5 | 61.5 | 57.0 |
| Ö. Länge | 42.1 | 42.0 | 30.1 | 25.7 | 22.3 | 22.3 | 21.8 | 24.1 |
| Mittel 1816—80 | 29. IV | 25. IV | 3. V | 24. IV | 26. IV | 16. IV | 24. IV | 7. IV |
| 1741—45 | — | — | — | — | —1.7 | —8.0 | — | —6.6 |
| 46—50 | — | — | — | — | 4.4 | —4.8 | — | 0.0 |
| 51—55 | — | — | — | — | 9.2 | 1.6 | — | 2.6 |
| 56—60 | — | — | — | — | 1.6 | —5.0 | — | 2.4 |
| 61—65 | — | — | — | — | 1.4 | 0.8 | — | 2.6 |
| 66—70 | — | — | — | — | —0.6 | — | — | —2.8 |
| 71—75 | — | — | — | 0.3 | 0.6 | —4.4 | — | —3.4 |
| 76—80 | — | — | — | 1.3 | 0.0 | —0.2 | — | 5.0 |
| 81—85 | — | — | — | —1.0* | 2.0 | — | — | —7.2 |
| 86—90 | — | — | — | —0.9 | —1.4* | — | — | —8.6* |
| 91—95 | — | — | — | 7.9 | 5.8 | — | — | 5.4 |
| 96—00 | — | — | — | 2.1 | 2.8 | — | — | —2.8 |
| 1801—05 | — | 7.8 | — | 7.8 | 4.0 | 3.8 | 6.0 | —2.8 |
| 06—10 | —6.0* | 3.2 | — | —10.7* | —11.4 | —11.0* | —11.2* | —13.5* |
| 11—15 | —3.0 | —5.4* | — | —0.7 | 1.8 | —0.6 | —0.2 | —3.4 |
| 16—20 | —2.4 | —2.8 | — | —5.1 | —5.5 | —4.2 | —3.6 | —4.2 |
| 21—25 | — | 3.2 | — | 5.6 | 2.5 | 7.2 | 6.4 | 11.0 |
| 26—30 | 3.0 | 1.6 | 2.7 | 0.2 | 1.1 | —2.0 | 0.8 | —3.2 |
| 31—35 | 11.6 | 14.0 | 1.0 | 4.1 | 3.9 | 3.2 | 6.8 | 11.2 |
| 36—40 | — | — | —1.6 | 5.8* | 0.0 | —4.5 | —0.2 | —6.6* |
| 41—45 | —5.2* | — | —4.2 | —1.1 | —3.3 | — | 1.6 | —3.8 |
| 46—50 | 5.6 | — | 8.7 | — | 0.6 | — | 2.3 | —1.2 |
| 51—55 | 5.8 | — | 56* | — | —4.2 | — | —13.6* | —6.2 |
| 56—60 | — | — | 5.4 | — | — | — | — | 2.0 |
| 61—65 | 0.2 | — | —4.0 | — | — | — | — | 4.8 |
| 66—70 | —0.4 | — | —3.2 | — | — | — | — | —0.8 |
| 71—75 | 2.8 | — | — | — | — | — | —0.7 | —3.2* |
| 76—80 | 2.7 | — | — | — | — | — | — | 1.2 |

Um die in den einzelnen Reihen noch zu Tage tretenden Lokaleinflüsse zu eliminieren, wurden dieselben zu Gruppen vereinigt, und zwar in der nachfolgenden Weise:

Für die Dauer der eisfreien Zeit:

1. Sibirien: Lena, Sselenga, Angara, Ob bei Barnaul und bei Obdorsk und Irtysch.

¹⁾ Die finnischen Stationen bezogen auf das Mittel 1781—1845.

²⁾ Frühere Jahre siehe S. 251.

2. Ural-Gebiet: Teich bei Bogoslowsk, Kama bei Dedjuchin und bei Perm, Belaja und Ai.
 3. Nord-Rußland (im Ganzen das Einzugsgebiet des Weißen Meeres): Ssyssola, Wytshchegda, Ssuchona, Wologda, Swina und Onega.
 4. Baltische Provinzen: Newa und Düna.
 5. Süd-Ost-Rußland: Wjatka bei Sslobodoskoj und Wjatka, Kama bei Jelabuga und Wolga bei Ssimbirsk, Ssaradow und Astrachan.
 6. Süd-West-Rußland: Dnjepr bei Jekaterinoslaw und bei Kijew, Weichsel, Memel und Donau.
 7. Atlantische Staaten, Nord-Amerika: Hudson.
- Ferner für die Reihen, enthaltend das Datum des Aufganges:
8. Sibirien: Jenissei.
 9. Nord-Rußland: Tschussowaja, Kama, Ssyssola, Waga bei Welsk und bei Werchowashskij Possad.
 10. Finnland: Lickscha, Borgå, Kyro, Åbo und Kumo.
 11. Baltische Provinzen: Düna.

Die Gruppenmittel sind sowohl nicht ausgeglichen als auch ausgeglichen mitgeteilt. Vorausgeschickt wird den Gruppenmitteln eine kleine Tabelle, enthaltend die Resultate der ältesten Beobachtungen an der Newa zu St. Petersburg (1706-1760) und an der Düna zu Riga (1556 - 1760). Dieselben schließen sich unmittelbar an die Gruppenmittel "eisfreie Zeit in den baltischen Provinzen" und "Datum des Aufganges in den baltischen Provinzen" an, da letztere in ihren ersten Lustren nur auf den Beobachtungen zu St. Petersburg, bzw. zu Riga beruhen.

Datum des Aufgehens der Düna bei Riga ¹⁾

Eisfreie Zeit der Newa bei St. Petersburg ²⁾

Mittel 7. IV

Mittel 219.5

| | roh | | ausgegl. | | roh | | ausgegl. | |
|---------|--------|-------|---|-------|-------|--------|----------|---|
| 1556—60 | —1.7* | —2.1* | — | — | — | — | — | — |
| 1561—65 | —3.0* | —1.0 | 1687—92 | 2.7 | — | — | — | — |
| 1566—70 | 3.7 | 1.4 | — | — | — | — | — | — |
| 1571—75 | 1.0 | 1.3 | 1706—10 | — | — | 9.1 | 6.2 | — |
| 1576—80 | —0.4 | 0.4 | 1701—15 | 1.6 | —0.7 | 0.5 | 1.2 | — |
| 1581—85 | 1.6 | —0.4 | 1716—20 | —5.4* | —0.8* | —5.1* | —0.5* | — |
| 1586—90 | —4.4 | —3.2 | 1721—25 | 5.8 | 0.2 | 7.7 | 5.0 | — |
| 1591—95 | —5.6 | —5.7* | 1726—30 | —5.4 | 1.3 | 9.5 | 6.8 | — |
| 1596—00 | —7.0 | —5.5 | 1731—35 | 10.2 | 4.7 | 0.3 | —1.1 | — |
| 1601—05 | — | — | 1736—40 | 3.8 | 0.3 | —14.5* | —8.1 | — |
| 1606—10 | —2.4 | —2.6 | 1741—45 | —6.6* | —2.4* | —3.7 | —8.8* | — |
| 1611—15 | — | — | 1746—50 | 0.0 | —1.0 | —13.5 | —5.5 | — |
| 1616—20 | 1.5 | —1.2 | 1751—55 | 2.6 | 1.9 | 8.7 | 1.4 | — |
| 1621—25 | —5.3* | —2.3 | 1756—60 | 2.4 | 2.5 | —0.7 | 6.1 | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1641—50 | 7.3 | - | Die Fortsetzung - siehe in den übrigen Tabellen | | | | | |
| 1651—67 | —21.4* | - | | | | | | |

¹⁾ Korrekturen, die an die Lustrenmittel anzubringen sind, um das vieljährige Mittel zu erhalten.

²⁾ Abweichungen vom vieljährigen Mittel.

Säkulare Schwankungen der Dauer der eisfreien Zeit auf den Flüssen in verschiedenen Gebieten.

Abweichungen (in Tagen) vom Mittel 1816 - 80.

Rohe Mittel.

| Lustrum | Sibirien | Ural | N.— Rußland | Baltische Provinzen | SO— Rußland | SW— Rußland | Atl. Staaten N— Amerika | Mittel |
|-------------|----------|--------|----------------|------------------------|----------------|----------------|----------------------------------|--------|
| 1736— 40 | —10.3* | — | —11.4* | —14.5* | — | — | — | —12.1* |
| 41—45 | —6.9 | — | —3.2 | —3.7 | — | — | — | —4.6 |
| 46—50 | 2.3 | — | —11.0 | —13.5 | — | — | — | —7.4 |
| 51—55 | 7.8 | — | 8.8 | 8.7 | — | — | — | 8.4 |
| 56—60 | 6.6 | — | —16.8* | —0.7 | — | — | — | —3.6 |
| 61—65 | —5.8* | — | 4.6 | 7.3 | 9.7 | — | — | 4.4 |
| 66—70 | —1.1 | — | 4.6 | 2.8 | 17.3 | — | — | 5.9 |
| 71—75 | 5.3 | — | 8.3 | —8.3 | —6.1 | — | — | —0.2 |
| 76—80 | —2.7 | — | —1.4 | —5.9 | —9.5* | — | — | —4.9 |
| 81—85 | 2.1 | —18.0* | 2.8 | —3.5 | 6.7 | —3.5 | — | —2.2 |
| 86—90 | —5.9* | —4.4 | —2.2 | —12.2* | —1.9 | 6.1 | — | —5.1* |
| 91—95 | 1.1 | —6.4 | 6.6 | 5.5 | —0.1 | 19.7 | — | 4.4 |
| 96—00 | 0.8 | —0.3 | —6.6 | 0.9 | — | — | — | —1.3 |
| 1801— 05 | —2.9 | 1.2 | —4.4 | —4.9 | 5.2 | —14.5* | — | —3.4 |
| 06—10 | —0.5 | —5.4 | —13.2* | —16.7* | —2.9 | —3.9 | — | —7.1 |
| 11—15 | —18.9* | —9.0 | —11.0 | —10.2 | —6.6* | —4.3 | — | —10.0* |
| 16—20 | —5.0 | —4.6 | —9.7 | —11.8 | —1.8 | —0.1 | —18.9* | —7.4 |
| 21—25 | 3.5 | 9.8 | 3.3 | 27.2 | 3.4 | 15.8 | 12.9 | 10.8 |
| 26—30 | 4.2 | 2.2 | 6.8 | 11.8 | —2.6 | —7.1 | 10.7 | 3.7 |
| 31—35 | —1.4 | —3.4 | 0.5 | 5.8 | —9.2* | —6.0 | —5.9 | —2.8 |
| 36—40 | —7.1* | —5.2* | 1.0 | —8.8 | —3.7 | —19.1* | —7.1 | —7.1* |
| 41—45 | —3.0 | —5.0 | —12.0* | 1.3 | —2.0 | —0.8 | 1.5 | —2.9 |
| 46—50 | —6.8 | —3.7 | 2.5 | 8.1 | 0.9 | —4.6 | 6.9 | —0.5 |
| 51—55 | —5.2 | —1.8 | 1.9 | —14.2* | 2.0 | 9.5 | —8.1* | —2.2 |
| 56—60 | 3.9 | —2.3 | 2.6 | —6.6 | 1.7 | —10.5 | 10.9 | 0.0 |
| 61—65 | —1.6 | —10.1* | 0.5 | —0.7 | —1.9 | —8.5 | —3.1 | —3.6 |
| 66—70 | 6.3 | 5.6 | 1.6 | —4.2 | 5.4 | 6.0 | — | 3.5 |
| 71—75 | —3.6* | 6.8 | —2.5* | —3.7 | 3.6 | 0.4 | — | 0.0 |
| 76—80 | 1.4 | —4.1 | 4.6 | 5.9 | 12.1 | 7.3 | — | 4.5 |

Ausgeglichene Mittel.

| Lustrum | Sibirien | Ural | N.— Rußland | Baltische Provinzen | SO— Rußland | SW— Rußland | Atl. Staaten N— Amerika | Mittel |
|-------------|----------|--------|----------------|------------------------|----------------|----------------|----------------------------------|--------|
| 1736— 40 | —8.0* | — | —8.7* | —8.1 | — | — | — | —9.6* |
| 41—45 | —5.5 | — | —7.2 | —8.8* | — | — | — | —7.2 |
| 46—50 | 1.4 | — | —4.1 | —5.5 | — | — | — | —2.8 |
| 51—55 | 6.1 | — | —2.6 | 0.8 | — | — | — | 1.4 |
| 56—60 | 3.8 | — | —5.0 | 3.6 | — | — | — | 1.4 |
| 61—65 | —1.5 | — | —0.8 | 4.2 | 12.2 | — | — | 2.8 |
| 66—70 | —0.7 | — | 5.5 | 1.2 | 9.6 | — | — | 4.0 |
| 71—75 | 1.7 | — | 5.0 | —4.9 | —1.1 | — | — | 0.2 |
| 76—80 | 0.5 | — | 2.1 | —5.9 | —4.6* | — | — | —3.0 |
| 81—85 | —1.1 | —13.5* | 0.5 | —6.3* | 0.5 | —0.3 | — | —3.6* |
| 86—90 | —2.2* | —8.8 | 1.2 | —5.6 | 0.7 | 7.1 | — | —2.0 |
| 91—95 | —0.7 | —4.4 | 1.1 | —0.1 | —0.7 | 15.2 | — | 0.6 |
| 96—00 | 0.0 | —1.4 | —2.8 | 0.6 | — | — | — | —0.4 |
| 1801— 05 | —1.4 | —0.8 | —7.1 | —6.6 | 2.5 | —11.0* | — | —3.8 |
| 06—10 | —5.7 | —4.7 | —10.4 | —12.1 | —1.8 | —6.6 | — | —6.9 |
| 11—15 | —10.8* | —7.2* | —11.2* | —12.2* | —4.5* | —3.2 | — | —8.6* |
| 16—20 | —6.4 | —2.2 | —6.8 | —1.6 | —1.7 | 2.8 | —8.3* | —3.5 |
| 21—25 | 1.6 | 4.8 | 0.9 | 13.6 | 0.6 | 6.1 | 4.4 | 4.5 |

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 26—30 | 2.6 | 2.7 | 4.4 | 14.2 | —2.8 | —1.1 | 7.1 | 3.8 |
| 31—35 | —1.4 | —2.4 | 2.2 | 3.7 | —6.2* | —9.6 | —2.0 | —2.2 |
| 36—40 | —4.6 | —4.7 | —2.4 | —2.6 | —4.7 | —11.2* | —4.6* | —5.0* |
| 41—45 | —5.0 | —4.8* | —5.1* | 0.5 | —1.7 | —6.3 | 0.7 | —3.1 |
| 46—50 | —5.5* | —3.6 | —1.3 | 0.8 | 0.5 | —1 | 1.8 | —1.0 |
| 51—55 | —3.3 | —2.5 | 2.2 | —6.7 | 1.8 | 1.0 | 0.4 | —1.0 |
| 56—60 | 0.3 | —4.1 | 1.9 | —7.0* | 1.0 | —5.0 | 2.6 | —1.4 |
| 61—65 | 1.8 | —4.3 | 1.3 | —3.0 | 0.8 | —5.4 | 1.6 | —0.9 |
| 66—70 | 1.8 | 2.0 | 0.3 | —3.0 | 3.1 | 0.8 | — | 0.8 |
| 71—75 | 0.1 | 3.8 | 0.3 | —1.4 | 6.2 | 3.1 | — | 2.0 |
| 76—80 | —0.3 | —0.5 | 2.2 | 2.7 | 9.3 | 4.7 | — | 3.0 |

Schwankungen des Datums des Aufganges der Flüsse in verschiedenen Gebieten.

Korrekturen (in Tagen) zur Reduktion auf das Mittel 1816 — 80.

| Lustrum | rohe Mittel | | | | ausgeglichene Mittel | | | |
|---------|-------------|-----------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------|----------|---------------------|
| | Sibirien | N.Rußland | Finnland ¹ | Baltische Provinzen | Sibirien | N.Rußl. | Finnland | Baltische Provinzen |
| 1741—45 | — | — | —4.8* | —6.6* | — | — | —3.3 | —2.4* |
| 46—50 | — | — | —0.2 | 0.0 | — | — | 0.0 | —1.0 |
| 51—55 | — | — | 5.4 | 2.6 | — | — | 2.2 | 1.9 |
| 56—60 | — | — | —1.7 | 2.4 | — | — | 0.8 | 2.5 |
| 61—65 | — | — | 1.1 | 2.6 | — | — | 0.0 | 1.2 |
| 66—70 | — | — | —0.6 | —2.8 | — | — | —0.3 | —1.6 |
| 71—75 | — | 10.7 | —1.2* | —3.4 | — | 10.1 | —0.6* | —1.2 |
| 76—80 | — | 8.8 | 0.4 | 5.0 | — | 6.7 | 0.0 | —0.2 |
| 81—85 | — | —1.5 | 0.5 | —7.2 | — | 1.0 | 0.0 | —4.5 |
| 86—90 | — | —2.0* | 1.2 | —8.6* | — | —1.1* | 1.2 | —4.8* |
| 91—95 | — | 1.2 | 6.8 | 5.4 | — | 0.6 | 3.7 | —0.2 |
| 96—00 | —4.5 | 2.2 | 2.4 | —2.8 | —2.3* | 2.4 | 4.2 | —0.8 |
| 1801—05 | 2.0 | 3.9 | 5.4 | —2.8 | —0.6 | 2.0 | 0.5 | —5.5 |
| 06—10 | —2.0 | —2.1 | —11.1* | —13.5* | —0.7 | —1.2 | —4.2* | —8.3* |
| 11—15 | — | 4.6* | 0.1 | —3.4 | — | —3.4* | —3.9 | —6.1 |
| 16—20 | 2.5 | —2.3 | —4.6 | —4.2 | 2.5 | —1.6 | —0.9 | —0.2 |
| 21—25 | 2.6 | 2.6 | 5.4 | 11.0 | 2.1 | 1.3 | 1.7 | 3.6 |
| 26—30 | 0.6 | 2.2 | 0.6 | 3.2 | 0.5 | 2.4 | 2.6 | 4.0 |
| 31—35 | —1.8 | 2.7 | 3.8 | 11.2 | —2.0 | 1.6 | 1.4 | 3.2 |
| 36—40 | —5.0* | —1.0 | —2.4 | —6.6* | —2.0* | —1.0 | —0.7 | —1.4 |
| 41—45 | 3.8 | —4.8* | —1.8 | —3.8 | —0.3 | —2.6* | —0.5 | —3.8* |
| 46—50 | —3.8 | 0.4 | 3.9 | —1.2 | —1.0 | —0.8 | —0.4 | —3.1 |
| 51—55 | —0.2 | 0.7 | —7.8* | —6.2 | —1.4 | 0.8 | —1.6* | —2.9 |
| 56—60 | —1.2 | 1.6 | 5.4 | 2.0 | —0.6 | 1.5 | —0.2 | 0.6 |
| 61—65 | 0.0 | 2.1 | —4.0 | 4.8 | 0.5 | 1.2 | —1.4 | 2.7 |
| 66—70 | 3.2 | —1.2 | —3.2 | —0.8 | —1.7 | 0.2 | —2.8* | 0.0 |
| 71—75 | 0.4 | 0.9 | —0.7 | —3.2 | 0.8 | —0.2 | —1.5 | —1.5 |
| 76—80 | —0.6 | —1.3 | — | 1.2 | 1.5 | —0.6 | — | —0.3 |
| 81—85 | —5.3* | — | — | — | —3.7* | — | — | — |

Die Resultate, die wir aus unseren Tabellen ziehen können, liegen nach zwei Richtungen. Sie bestätigen zunächst die aus den Temperaturbeobachtungen West-Europas abgeleiteten Schlüsse auf die Klimaschwankungen des vorigen Jahrhunderts auch für den Boden des europäischen und asiatischen Rußland und ergänzen unsere Temperaturkurve in äußerst willkommener Weise rückwärts bis zum Jahr 1700 und

¹⁾ Bezogen auf das Mittel 1781 - 1845.

selbst darüber hinaus. Nur nach 1850 sind die Schwankungen stark verwischt und unstat. Es steht dieses mit der oben hervorgehobenen Tatsache im Einklang, daß seit jenem Zeitpunkt die Temperaturschwankungen überhaupt viel an Schärfe eingebüßt haben und verschwommen erscheinen. Dagegen tritt das Temperaturminimum 1836--1850 überall deutlich hervor, mögen wir nun die Dauer der eisfreien Zeit oder das Datum des Aufgangs der Flüsse ins Auge fassen. Letzteres läßt auch die warme Periode um 1860 herum erkennen und deutet die Temperaturabnahme gegen 1880 hin an. Wichtiger sind die Resultate für die weit zurückliegenden Zeiten, aus denen uns für Rußland gar keine und überhaupt nur sehr wenige meteorologische Beobachtungen vorliegen. Die Beobachtungen an der Düna weisen auf ein Temperaturminimum um 1560 hin, ein folgendes Maximum um 1570 und ein zweites Minimum um 1595, an das sich ein Maximum um 1616/20 anschließt. Es ist bemerkenswert, daß wir aus dem Verhalten der Alpengletscher und des Trasimener wie des Fuciner Sees auf eine feuchte Periode um 1600 herum schließen (vgl. oben S. 107), die jener in Riga konstatierten kalten Periode zeitlich entspricht. Leider sind die Beobachtungen zu Riga von 1626--1710 so lückenhaft, daß wir über die Schwankungen der Eisverhältnisse, in dieser Zeit nichts sicheres aussagen können. Es scheint jedoch in den Zwanziger-Jahren des 17. Jahrhunderts eine Kälteperiode geherrscht zu haben, darauf in den Vierziger eine Wärmeperiode, in den Fünfziger und Sechziger wieder eine Kälteperiode. Erst für das 18. Jahrhundert gelingt die Konstatierung der Temperaturschwankungen wieder mit Sicherheit. Dieselben vollzogen sich in folgender Weise:

| kühl | warm |
|-------------|-------------------------|
| 1716 - 1720 | 1721 - 1735 |
| 1736 - 1750 | 1751 - 1770 |
| 1771 - 1790 | 1791 - 1805 |
| 1806 - 1820 | 1821 - 1830 |
| 1831 - 1850 | von 1850 an unbestimmt. |

Die kleine Zusammenstellung deckt sich gut mit der oben Seite 236 für die Schwankungen der Temperatur mitgeteilten. Nur können wir hier eine Wärmeperiode 1721 - 1735 mit vorausgehender Kälteperiode erkennen, die uns bisher infolge fehlender Temperaturbeobachtungen nicht bekannt war, die jedoch den Schwankungen der Seen gut entspricht. Eine kleine Differenz ergibt sich nur im Zeitraum 1750 - 1790. Zwar weisen sowohl die Eisverhältnisse der Flüsse als auch die Temperaturbeobachtungen darauf hin, daß der Beginn dieses Zeitraumes warm und das Ende desselben kühl war. Allein die Grenze der kühlen und der warmen Periode ergibt sich etwas verschieden, nach dem Thermometerbeobachtungen schon bei circa 1755, nach den Eisverhältnissen der Flüsse erst bei 1770. Letztere Jahreszahl entspricht genau dem Beginn der letzten feuchten Periode des vorigen Jahrhunderts und hebt die einzige bedeutende Inkongruenz zwischen den Schwankungen der Temperatur und des Regenfalls, auf die wir Seite 236 stießen, auf. Unsere dort geäußerte Vermutung, daß hier die Temperaturkurve wahrscheinlich entstellt sei, bestätigt sich also vollkommen.

Um die Amplitude der Schwankungen der Eisdauer wie des Datums des Aufgangs ziffernmäßig festzustellen, berechnete ich auf Grund der markierten Epochen der Tabellen auf Seite 252 f. das Mittel der extremen Lustren für die verschiedenen Gebiete; es wurden dabei nur die Beobachtungen vor 1855 berücksichtigt und die letzten Jahrzehnte mit ihrem verschwommenen Gang außer Acht gelassen.

Die Zahlen für die Dauer der eisfreien Zeit der Flüsse sind wieder Abweichungen vom Mittel, diejenigen für das Datum des Aufgangs Korrekturen, so daß durchwegs + warm und - kalt bedeutet.

Mittlere Maxima und Minima und die Amplitude der säkularen Schwankungen der Eisverhältnisse der Flüsse.

I. Dauer der eisfreien Zeit.

| | Sibirien | Ural | SO-Rußl. | N-Russl. | Balt.Prov. | SW-Rußl. | Hudson |
|-------------------|----------|-------|----------|----------|------------|----------|--------|
| Mittleres Minimum | -12.0 | -10.8 | -8.4 | -11.9 | -12.5 | -16.8 | -13.0 |
| Mittleres Maximum | 4.3 | 5.5 | 8.6 | 8.0 | 12.6 | 15.0 | 10.7 |
| Amplitude | 16.3 | 16.3 | 17.0 | 19.9 | 25.1 | 31.8 | 23.7 |

II. Datum des Aufgangs

| | Sibirien | N.-Rußland | Finnland | Balt. Prov. |
|-------------------|----------|------------|----------|-------------|
| Mittleres Minimum | -5.0 | -3.8 | -6.2 | -8.1 |
| Mittleres Maximum | 2.6 | 5.7 | 5.9 | 7.4 |
| Amplitude | 7.6 | 9.5 | 12.1 | 15.5 |

In Sibirien findet im kältesten Lustrum einer säkularen Schwankung der Aufgang der Flüsse durchschnittlich etwas mehr als eine Woche später statt als im wärmsten Lustrum und die eisfreie Zeit wird um 16 Tage pro Jahr verkürzt. Nach Westen zu wird diese Differenz immer größer. In den baltischen Provinzen gehen die Flüsse im kältesten Lustrum 15 - 16 Tage später auf als im wärmsten und die Eisdecke der Flüsse hält sich in jedem Winter volle 25 Tage, in Süd-West-Rußland und in Polen sogar volle 32 Tage länger als im wärmsten Lustrum. Diese Änderung nach Westen zu spricht sich so allgemein aus und ist so stetig, daß man in keiner Weise an ihrer Tatsächlichkeit zweifeln kann. Doch wäre es ganz falsch, daraus den Schluß ziehen zu wollen, daß nach Westen die säkularen Temperaturschwankungen an Größe zunehmen. Jene Erscheinung führt sich vielmehr auf eine ganz andere Ursache zurück. Das Gefrieren und Aufgehen der Flüsse findet nämlich ungefähr um die Zeit statt, wenn die Jahreskurve der Temperatur den Frostpunkt passiert. Das geschieht in Sibirien in den Jahreszeiten, welche sich durch eine sehr rasche periodische Änderung der Temperatur auszeichnen, im Herbst und im Frühling. Gegen Westen rücken diese Momente immer mehr und mehr in den Winter hinein, in welchem die periodische Änderung der Temperatur nur sehr langsam stattfindet. Eine Hebung oder Senkung der gesamten Temperaturkurve um den gleichen Betrag wird daher in Sibirien den Zeitpunkt, in welchem der Frostpunkt passiert wird, nur wenig verschieben können, in Westrußland aber sehr erheblich. Auf diese Tatsache führt sich ohne Zweifel auch die von Rykatschew konstatierte Abnahme der Veränderlichkeit der Eisdauer, wie des Datums des Gefrierens und des Aufgehens zurück, die er "bei zunehmender Entfernung vom Meer zu den zentralen kontinentalen Ortschaften und auch von Süden nach Norden" konstatierte ³²⁰. Die Entfernung vom Meer und die geographische Breite sind gleichgültig. Das Maßgebende ist die Größe der periodischen Variation der Temperatur um die Zeit, um welche der Aufgang und der Zugang stattzufinden pflegt.

Es gestatten in dieser Weise unsere Tabellen sichere Schlüsse auf die Existenz der Temperaturschwankungen zu ziehen, ohne, doch über deren Intensität an verschiedenen Orten etwas erkennen zu lassen. Wir zählen vom Beginn des vorigen Jahrhunderts an bis 1885 5 1/2 Schwankungen und können demnach die mittlere Dauer derselben zu 34 Jahren bestimmen. Diese Zahl ist kleiner als die aus den kürzeren Beobachtungsreihen der Temperatur und des Regenfalls abgeleitete. Lassen wir jedoch die Jahre vor 1740 fort, so erhalten wir die mittlere Dauer der Schwankungen wie früher

³²⁰

Rykatschew a.a. O. S. 23.

zu 36 Jahren. Verwerten wir die allerdings sehr lückenhaften Beobachtungen an der Düna von 1556 an, so haben wir im Ganzen 9 Schwankungen in 325 Jahren und erhalten als mittlere Dauer derselben ebenfalls 36 Jahre. Diese Resultate werden voll und ganz durch die säkularen Schwankungen des Datums der Weinernte bestätigt.

II. Säkulare Schwankungen des Datums der Weinernte.

Es gibt wohl kein phänologisches Element, über dessen Verhalten die Aufzeichnungen so weit zurückreichen, wie über den Termin des Beginns der Weinernte. In sehr vielen Gegenden ist es dem einzelnen nicht gestattet, zu beliebiger Zeit mit der Weinlese zu beginnen. Es bedarf einer amtlichen Kundgebung der Behörde, sei es des Bürgermeisters, sei es des Gemeinderates, welche die Erlaubnis zum Beginn der Lese erteilt und den Bann aufhebt, mit dem eine geraume Zeit vor der Fruchtreife die Weinberge belegt wurden.

War einmal die Eröffnung der Weinlese ein Akt der Behörde geworden, so wurde naturgemäß dessen Vollziehung in jedem einzelnen Jahr zu Protokoll genommen. Die in dieser Weise entstandenen, freilich sehr zerstreuten Aufzeichnungen liefern ein phänologisches Material, das an Zuverlässigkeit nichts zu wünschen übrig läßt, da die Freigabe der Lese sich auf das Urteil sachverständiger Weinbauern stützte.

In der Tat sind die alten Archive und Chroniken bereits zum Teil durchsucht worden und mehrfach haben Forscher sich der Mühe des Sammelns der Daten unterzogen. So steht uns heute ein bedeutendes Material kritisch gesichtet zur Verfügung. Freilich bringt es die Ausbreitung der Weinkultur mit sich, daß die Gebiete, auf welche jenes Material Bezug hat, wenig ausgedehnt sind. Die uns erreichbaren Register beschränken sich auf einige Stationen im südwestlichen Deutschland und in der Schweiz, sowie auf eine große Reihe von Stationen in Frankreich.

Als im Jahre 1880 in Frankreich die phänologischen Beobachtungen allgemein eingeführt und organisiert wurden, da machte es sich das französische meteorologische Centralbureau zur Pflicht alle älteren einschlägigen Beobachtungen zu sammeln. Gleichsam von selbst ergab sich als erste Aufgabe, die vorhandenen Daten über den Termin der Weinernte zusammenzustellen. Zu diesem Zweck wurde den meteorologischen Kommissionen der Départements der Auftrag zu Teil, alle bezüglichen Aufzeichnungen aus den alten Chroniken und Archiven auszuziehen. Das eingesandte Material wurde sodann im Bureau von A. Angot einer eingehenden Bearbeitung unterzogen, deren Ergebnisse 1885 zur Veröffentlichung gelangten.³²¹ Dieser Arbeit entnehmen wir nicht nur die Beobachtungsreihen von 19 französischen Stationen, die sich durch ihre Länge auszeichnen, sondern auch die Daten für Kürnbach in Baden und Stuttgart. Die französischen Reihen liegen bis 1879 gedruckt vor. Herr A. Angot hatte jedoch die große Freundlichkeit, mir noch die Beobachtungen des Jahres 1880 im Manuskript zur Verfügung zu stellen. Ich spreche ihm hierfür meinen verbindlichsten Dank aus. Für die Schweiz bot Ch. Dufour's treffliche Abhandlung³²² vier lange Beobachtungsreihen dar, zu denen sich noch zwei von Angot publizierte gesellten. Außerdem verdanke ich der Zuvorkommenheit des Herrn Prof. Dr. F.A. Forel in Morges die Mitteilung der Reihe von Pully bei Lausanne und des Herrn R. Wehrli in Zürich die Mitteilung der Reihe von Altstetten.

³²¹ Annales du Bureau Central Météorologique de France. Année 1883, I (Paris 1885) S.B. 29 bis B. 120.

³²² Notes sur le problème de la variation du climat. Bull. de la Soc. Vaudoise des sc. naturelles X. Nr. 63 (1870) S. 359 ff.

Es stützen sich also die nachfolgenden Ergebnisse auf im Ganzen 29 Reihen. Ich hätte für Frankreich leicht aus Angot's Arbeit noch weitere 5 - 10 Stationen mit einer Beobachtungsdauer von 50-60 Jahren entlehnen können. Allein die benutzten Reihen gaben bereits so sichere und übereinstimmende Ergebnisse, daß ich von einer weiteren Häufung des Materials glaubte absehen zu dürfen.

Ehe wir in die Diskussion der Tabellen eintreten, müssen wir suchen, uns über den Wert und die Bedeutung unserer Zahlen ein Urteil zu bilden. Wir dürfen offenbar das Datum der Weinernte nur dann als ein zuverlässiges phänologisches Element zur Konstatierung klimatologischer Schwankungen verwenden, wenn es sich zeigen läßt, daß die Eingriffe des Menschen nur untergeordnete Bedeutung besitzen und die Änderung der Weinkultur im Laufe der Zeit die Homogenität der Reihen nicht erheblich beeinträchtigte.

Die Zahl der Einflüsse, denen außer den rein meteorologischen, der Beginn der Weinernte unterliegt, ist nun nicht gering. Diejenigen, die aus der Lage eines Ortes und der Terrainbeschaffenheit entspringen, kümmern uns hier nicht. Denn sie ändern sich wohl von Ort zu Ort, bleiben sich aber an ein und demselben Ort gleich und können daher nie die Homogenität einer Reihe stören. Es handelt sich für uns nur um solche Einflüsse, welche sich für denselben Ort im Laufe der Zeit änderten.

Die Zeit der Fruchtreife ist im hohen Grade abhängig vom Alter der Reben; junge Reben bedürfen einer längeren Zeit, um ihre Trauben zur Reife zu bringen, als alte Reben. Doch dürfte dieser Umstand für uns eine Bedeutung nicht besitzen, da die jungen Reben unter normalen Verhältnissen bei weitem in der Minderzahl sind und sich daher in der Regel wohl die Reife der jungen Trauben nach derjenigen der älteren richten wird, nicht aber umgekehrt. Freilich wenn Krankheiten wie die Phylloxera stellenweise die völlige Ausrottung der vorhandenen alten Reben erfordern, die dann alle durch junge Reben ersetzt werden, so kann dieser Umstand die Homogenität einer Reihe wohl unterbrechen.

Die Zeit der Fruchtreife ist ferner bei den verschiedenen Traubensorten eine ganz verschiedene. De Gasparin teilt in seinem Lehrbuch der Agrikultur nach Odart alle Weinsorten nach der zu ihrer Fruchtreife erforderlichen Wärmemenge in sieben Klassen.³²³ Er findet, daß die letztere ausgedrückt nach der früher üblichen Methode durch die Summe der Temperaturen des Schwarzkugelthermometers für die verschiedenen Klassen beträgt:

| | | | | |
|------|--------|---------|---|----------------|
| I. | Klasse | 2264° C | | Tafeltrauben |
| II. | » | 3400 |) | |
| III. | » | 3564 |) | Mittel 3480° C |
| IV. | » | 4133 |) | |
| V. | » | 4238 |) | Mittel 4250° C |
| VI. | » | 4392 |) | |
| VII | » | 5000 | | |

Da die I. und VII. dieser Klassen für die Weinkultur in den uns beschäftigenden Gegenden eine Bedeutung nicht haben und die übrigen Klassen sich um die Werte 3480° gruppieren, ohne erheblich von denselben abzuweichen, so schlägt Angot vor, 4133 der beiden Gruppen erforderlich sind, ist eine recht bedeutende und in Folge dessen auch das Datum der Weinernte ein sehr verschiedenes, je nachdem an ein und demselben Ort Reben der einen oder der anderen Art gezogen werden. Die Einführung neuer Rebensorten würde also unter Umständen in einem Gebiet das Datum der Weinernte erheblich verschieben können. Im Norden ist dieses jedoch wenig zu befürchten. In der

Breite von Paris gelangen überhaupt nur Trauben mit geringerem Wärmebedürfnis zur Reife und die Einführung anspruchsvollerer Sorten ist einfach unmöglich. Anders im Süden! Hier können naturgemäß die Sorten größeren und geringeren Wärmebedürfnisses neben einander gedeihen. Allein gleichwohl zieht man vorwiegend Sorten der ersteren Art, um Boden und Klima nach Möglichkeit auszunutzen. Es hat sich ein gewisses Gleichgewicht herausgebildet: jedes Gebiet kultiviert gerade diejenigen Sorten, die in seinem Klima am besten gedeihen können.

Wie konservativ aus diesen Gründen die Weinbauern einer Gegend sind, bezeugt Angot³²⁴. Columellus³²⁵ beschreibt die verschiedenen Traubensorten Galliens; man erkannte unter anderen Arten deutlich in seiner Schilderung auch die Pinot-Traube, die noch heute in Burgund den Hauptertrag liefert. Für den Zeitraum, für welchen exakte schriftliche Aufzeichnungen über die Weinkultur in Burgund vorliegen, d.h. seit dem Jahre 1330 für die Gegend von Beaune und seit 1430 für die Gegend von Dijon, läßt sich mit Sicherheit behaupten, daß die Weinkultur sich nicht erheblich verschoben hat; dieselbe Sorte wird gebaut, dieselben Lagen geben den besten Wein heute wie früher. Seit Gregor von Tours, also seit dem VI. Jahrhundert, haben immer dieselben Hügel die schweren Burgunder Weine geliefert. Und das ist natürlich; denn verpflanzt man eine Rebensorte an einen Ort mit wenn auch nur wenig abweichenden klimatischen Bedingungen, so verliert die Traube ihre charakteristischen Eigenschaften und der gekelterte Wein seine Blume. Es ist nach allem nicht wahrscheinlich, daß eine Änderung der Rebensorten in einer Weingegend im großen Maßstab stattfand und uns heute die Homogenität der Reihen unterbricht.

Auch die Behandlung der Reben ist von erheblichem Einfluß auf den Termin der Fruchtreife und damit den Beginn der Lese.³²⁶ Da kommt in Betracht die Entfernung, in welcher man die einzelnen Reben von einander setzt. Je dichter sie stehen, desto mehr Schatten herrscht in Weinberg, der Boden ist feucht und die Fruchtreife wird verzögert. Es ist ferner nicht gleichgültig, ob man den Weinberg düngt oder nicht.³²⁷ Das Schwefeln, das oft gegen gewisse Krankheiten der Reben angewandt wird, beschleunigt die Reife erheblich. *Marés* schildert³²⁸ einen Fall aus der Gegend von Launac, Department Hérault, wo in einem Weinberg in den Jahren 1838 bis 1854 die Lese im Mittel am 19. September stattfand, 1855 bis 1872 dagegen, als man die Reben regelmäßig schwefelte, schon am 5. September. Umgekehrt hat das Räuchern den Effekt, die Reife zu verzögern.

Außer diesen störenden, aus der verschiedenen Behandlung der Reben entspringenden Einflüssen kommen noch die Erwägung in Betracht, die oft den Weinbauer veranlassen, vor der vollkommenen Reife mit der Lese zu beginnen, so die Furcht vor Felddieben. Dann haben, wie Angot hervorhebt,³²⁹ die Engroskäufer ein Interesse daran, daß die Trauben vor der vollkommenen Reife gepflückt werden, da Wein aus nicht ganz reifen Trauben sich besser hält und weniger leicht erkrankt.

Auch die Witterung kann unter Umständen Veranlassung zum Beginn der Ernte vor Eintritt der vollkommenen Reife geben. So ist man in den östlichen und nördlichen Weingegenden Frankreichs häufig durch das Eintreten von Kälte zu einer verfrühten

³²⁴ Angot a. a. O.S. B. 34.

³²⁵ Angot a. a. O. S. B. 83.

³²⁶ Angot a. a. O. S. B. 34.

³²⁷ Dufour in Bull. Soc. Vaud. des sc. nat. X. S. 396.

³²⁹ Ladray: Cours de Viticulture et d'Oenologie, t I. s. 594. (Citat nach Angot).

Lese gezwungen, wenn man nicht den gesamten Ertrag aufs Spiel setzen will³³⁰. Es kommen selbst Jahre vor, in denen überhaupt kein Wein geerntet wurde, wie in Verdun 1816, 1821 und 1830.

Endlich üben nicht den kleinsten Einfluß auf die Festsetzung der Weinlese der Geschmack und die Sitte aus, die immer und überall Wandlungen erfahren haben, welche sich naturgemäß in unseren Reihen widerspiegeln müssen. Da sie sich jedoch in jedem Fall sehr allmählich vollziehen, so dürften sie für unsere Zwecke, bei denen es sich um Feststellung von Schwankungen relativ kurzer Dauer handelt, ohne jede Bedeutung sein.

So ist denn die Zahl der Fehlerquellen zahlreich genug, die wir zu umgehen haben, sollen unsere Resultate auf sicherer Basis ruhen. Wir müssen unsere Reihen mit Sorgfalt auf ihre Homogenität prüfen und Brüche in denselben aufzudecken suchen. Da kommt es uns sehr zustatten, daß von allen Faktoren, welche den Termin der Weinernte beeinflussen, einzig und allein die meteorologischen eine allgemeine Verbreitung über weite Gebiete zu besitzen pflegen. Um das störende Eingreifen anderer Faktoren zu entdecken, braucht man sonach nur die Reihen benachbarter Gebiete mit einander in Bezug auf die Änderung des Datums der Weinernte von Jahr zu Jahr zu vergleichen. Es ist wieder die Methode der Differenzen, welche gestattet, das brauchbare Material von dem unbrauchbaren zu scheiden. In dieser Weise wurde die Unbrauchbarkeit der Reihen von Perpignan, Pierrefeu bei Toulon, Montmorency und Châtillon-sur-Saône erwiesen.

Nachdem ich das Material gesichtet hatte, verdichtete ich dasselbe zu Lustrenmitteln, die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt sind. Ein Punkt hinter dem Lustrenmittel bedeutet, daß dasselbe nicht vollständig ist.

Die Berechnung der Lustrenmittel geschah in einfacher Weise. Angot gibt überall in seinen Tabellen den Termin der Weinernte durch ein Datum des September an, so daß zum Beispiel 30 den 30. September bedeutet, 31 den 1. Oktober, 45 den 15. Oktober, - 2 den 29. August etc. Ich brauchte also nur die Lustrenmittel der von ihm publizierten Zahlen zu bilden, um den mittleren Termin der Weinernte, ausgedrückt durch ein Datum des September, zu erhalten. Diese Lustrenmittel werden hier alle nur in ganzen Tagen gegeben. Die Stationen sind nach Ländern geordnet und innerhalb der letzteren nach ihrer geographischen Breite.

Ich schicke über die einzelnen Stationen nachfolgende Bemerkungen voraus.

Frankreich:

Verdun fehlt 1803 (1816, 21 und 30 überhaupt kein Wein geerntet, weil die Trauben nicht zur Reife kamen; die betreffenden Lustren sind eingeklammert und bei der Markierung des Minimums nicht berücksichtigt). Argenteuil f. 1751, 1803; Foug f. 1796, 1804-09, 38, 40, 41, 53; Loches f. 1804, 09; Denainvilliers und Boësses (die Zahlen beziehen sich zwischen 1741 und 1780 auf den ersteren Ort, seit 1781 auf den letzteren; Boësses liegt nur 15 Kilometer östlich von Denainvilliers, so daß beide Reihen recht wohl vereinigt werden dürfen) f. 1740, 60, 74, 75, 92, 96; Auxerre f. 1799; Vendôme f. 1800; Vesoul f. 1815; Dijon (längste Reihe, die Beobachtungen beginnen bereits mit dem Jahre 1366, sind jedoch bis 1390 so unvollständig, daß sie für unsere Zwecke unbrauchbar erscheinen) f. 1391, 95, 96, 1404, 06, 38, 46, 47, 60, 62, 92, 1513, 21, 24, 26, 29, 31, 41-44, 62, 71, 1650, 1720, 94-95, 1814; Salins f. 1563-65, 67, 73, 75, 81, 86, 95, 96, 1605, 10, 15, 18, 19, 29, 34, 35, 53, 56, 57, 73, 74, 1709, 10, 41 (in den Jahren 1794, 1809 und 1843 wurde überhaupt kein Wein geerntet; die betreffenden Lustrenmittel sind aus vier Jahren gebildet und eingeklammert): Lons-le-Saulnier f. 1669, 74, 81, 84, 88, 89, 91, 94-99, 1702, 03, 06, 14, 15, 17-20, 25-27, 30, 31, 37-40, 42, 77, 79, 91, 95, 1803; Pichon-Longueville (in der Landschaft Médoc) f. 1751, 53, 60, 1793-1800; Médoc (die Reihe wurde als für die gesamte Landschaft Médoc gültig von der Handelskammer von Bordeaux 1882 veröffentlicht, vgl. Angot a.a.O.S. B 41); Tain f. 1879; Castres f. 1801, 02, 10.

³³⁰

Angot a.a. O.S.B.113.

Südwest-Deutschland und Schweiz

Stuttgart f. 1768, 1814, 15, 16; Kürnbach f. 1613. 17, 19, 25, 33, 38-40, 42, 51, 53, 58 - 50, 63, 73, 74, 78, 89; Altstetten f. 1611, 12, 16, 17, 32, 39, 41, 43, 46-48, 51, 53, 54, 58, 62, 76, 77, 79, 83, 84, 88, 89, 92, 95, 96, 98, 1709, 15, 33 keine Ernte, 98-99, 1815, 18, 89, 90. Um den Genfer-See herum die Ortschaften, von Nordost nach Südwest geordnet: Veytaux f. 1741, 43, 46, 48, 57, 58, 63, 65, 67-69, 72, 77, 79, 1800, 02; Vevey f. 1800: Lausanne f. 1500, 01, 08, 16, 24, 25, 27, 32, 34-48, 56, 67, 69, 81, 82, 84, 85, 87, 89, 92, 93, 1596-1603, 05-16, 18, 21-28, 30-32, 34-55, 57, 63-66, 64-74, 76, 79, 80, 82-86, 1720, 21; Pully f. 1889, 90: Lavaux f. 1581, 84, 91, 1617-23, 25, 28, 49, 51, 1753, 64-66, 1837, 50, 53, 54, 57, 59, 60: Aubonne f. 1550, 58, 63, 64, 78, 86-90, 92, 99, 1602, 04, 07, 15, 19, 37, 46, 50, 59, 64, 78, 84-86, 88, 92, 94, 95, 97, 99, 1704, 05, 07, 08, 10, 14, 18, 20, 22, 1857; Rolle f. 1800-02, 05.19, 27, 29, 30, 38, 54.

Um die Übersicht über die Schwankungen des Termins der Weinernte zu erleichtern und die Vereinigung der Beobachtungen mehrerer Stationen zu einem Gruppenmittel zu ermöglichen, wurden die einzelnen Lustrenmittel nicht direkt wiedergegeben, sondern auf das 65jährige Mittel 1816 bis 1880 bezogen. Ich wählte dazu wieder Korrekturen; die Zahlen der Tabelle geben also an, welche Korrektur an das beobachtete Lustrenmittel anzubringen ist, um das 65jährige Mittel zu erhalten. Es hat das den Vorteil, daß ein Minuszeichen auf eine zu tiefe, ein Pluszeichen auf eine zu hohe Temperatur weist; denn ein Pluszeichen bedeutet, daß die Weinernte zu früh stattfand, ein Minuszeichen zu spät.

Um die in den Lustrenmitteln der einzelnen Stationen noch nicht vollkommen ausgemerzten Zufälligkeiten zu eliminieren, bildete ich für den Zeitraum 1701 - 1885 Gruppenmittel, und zwar die folgenden:

1. Nördliches Frankreich: Verdun, Argenteuil, Foug, Loches, les Riceys, Couvignon, Denainvilliers, Auxerre und Vendôme 9 Stationen.
2. Südliches Frankreich: Vesoul, Dijon, Beaune, Volnay, Salins. Lons-le-Saulniers, Pichon-Longueville, Médoc, Tain und Castres. 10 Stationen.
3. Südwest-Deutschland und Schweiz: Stuttgart, Kürnbach, Altstetten, Veytaux, Vevey, Lausanne, Pully, Lavaux, Aubonne u. Rolle. 10 Stationen.

Außerdem wurde aus den Beobachtungen aller Stationen von Anbeginn an ein einziges Gruppenmittel gebildet.

Alle Gruppenmittel sind sowohl nicht ausgeglichen als auch nach der mehrfach benutzten Methode ausgeglichen mitgeteilt.

Säkulare Schwankungen des Termins der Weinernte,

dargestellt durch Korrekturen zur Reduktion der Lustrenmittel auf das Mittel 1816/80.

(— = Weinernte zu spät, + = zu früh.)

I. Nach einzelnen Stationen.

Dijon, Côte-d'or

Nicht ausgeglichen.

| Mittel | roh | ausgegl. | Mittel | Dijon, Côte-d'Or | Salins Jura | Lausanne Waadt | Lavaux Waadt | Anbonne Waadt |
|---------|-----|----------|---------|---------------------|----------------|-------------------|-----------------|------------------|
| 1816-80 | 29 | 29 | 1816-80 | 22 | 43 | 41 | 44 | 44 |
| 1391-95 | 0 | 2.7 | 1496-00 | --1 | - | 7 | - | - |
| 96-00 | 8 | 7.0 | 1501-05 | 2 | - | 10 | - | - |
| 1401-05 | 12 | 8.0 | 06-10 | 3 | - | 7 | - | - |
| 06-10 | 0* | 3.2* | 11-15 | -6* | - | 1* | - | - |
| 11-15 | 1 | 3.5 | 16-20 | 0 | - | 5 | - | - |
| 16-20 | 12 | 10.0 | 21-25 | 22 | - | 7 | - | - |
| 21-25 | 15 | 12.0 | 26-30 | 1 | -4 | -2 | - | - |
| 26-30 | 6 | 10.2 | 31-35 | -1 | 6 | - | - | - |
| 31-35 | 14 | 7.0 | 36-40 | 4 | 15 | - | - | - |
| 36-40 | -6 | 2.0 | 41-45 | - | -4 | - | - | - |
| 41-45 | 6 | 0.0 | 46-50 | -2 | - | - | - | - |
| 46-50 | -6 | -2.5* | 51-55 | 1 | - | 10 | - | -2 |
| 51-55 | -4 | -2.5 | 56-60 | 8 | - | 11 | - | 10 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----|------|-------|-----|------|------------------|------|------|------|------|
| 56-60 | 4 | 1.8 | 61-65 | -5* | 0 | 8 | - | 0 | | |
| 61-65 | 3 | 2.5 | 66-70 | 1 | -6 | -1* | - | -5* | | |
| 66-70 | 0 | 3.0 | 71-75 | 0 | 13 | 6 | - | -2 | | |
| 71-75 | 9 | 4.5 | 76-80 | -2 | - | 0 | - | -6 | | |
| 76-80 | 0* | 2.5 | 81-85 | 2 | 1 | - | 17 | 3 | | |
| 81-85 | 1 | 0.8* | 86-90 | 2 | 2 | 9 | 16 | - | | |
| 86-90 | 1 | 1.0 | 91-95 | -2 | -5 | -3 | 2* | -6 | | |
| 91-95 | 1 | 1.5 | 96-00 | -3* | 6* | - | 11 | -7* | | |
| Mittel 1816-80 | 29 | 30 | 29 | 43 | 33 | 45 ¹⁾ | 51 | 41 | 44 | 44 |
| 1601-05 | 5 | - | - | 5 | - | - | - | - | 16 | 8 |
| 06-10 | 1 | - | - | -4 | - | - | - | - | 12 | -1 |
| 11-15 | 3 | - | - | -4 | - | 0 | 5 | - | 13 | 4 |
| 16-20 | 2 | - | - | 7 | - | 5 | 0* | -4* | - | 2 |
| 21-25 | 2 | - | - | - | - | 5 | 10 | - | - | 0 |
| 26-30 | -4* | - | - | -8* | - | 0 | 3* | - | 20 | -2* |
| 31-35 | 0 | - | - | -3 | - | -4* | 7 | - | 12 | -1 |
| 36-40 | 11 | - | - | - | - | - | 21 | - | 19 | 4 |
| 41-45 | 4 | - | - | 2 | - | 0 | 11 | - | 7 | 1 |
| 46-50 | 3 | - | - | -3 | - | 1 | - | - | 2 | -6* |
| 51-55 | 7 | - | - | 2 | - | 13 | - | - | 4 | 2 |
| 56-60 | 1 | - | - | 11 | - | - | 12 | 10 | 8 | 6 |
| 61-65 | 7 | - | - | 6 | - | 6 | 11 | - | 2 | -2 |
| 66-70 | 11 | - | - | - | 0 | 9 | 15 | - | 4 | 0 |
| 71-75 | 0* | - | - | -5* | -16* | 0* | 2* | - | -8* | -11* |
| 76-80 | 11 | - | - | 8 | 4 | 10 | - | - | 4 | -3 |
| 81-85 | 16 | - | - | 9 | -3 | 8 | 9 | - | 0 | -12 |
| 86-90 | 7 | - | - | 4 | -5 | 7 | 20 | -4 | 2 | -10 |
| 91-95 | 2 | - | 2 | -3 | - | 3* | 9 | -8 | -9 | - |
| 96-00 | -5* | - | 10 | -8* | - | 7 | 7* | -13* | -14 | -20* |
| 1701-05 | 5 | 9 | 4 | 1 | -5 | 4 | 10 | -10 | -12 | -18 |
| 06-10 | 6 | 11 | 6 | 7 | -1 | 7 | 15 | -5 | -8 | -4 |
| 11-15 | -2 | 3* | -2* | -3 | -7* | 7 | 7 | -12 | -17* | -12 |
| 16-20 | 9 | 13 | 13 | 10 | - | 11 | 15 | -8 | -15 | -16 |
| 21-25 | -2 | 6 | 7 | 0 | 1 | 4 | 10 | -9 | -12 | -16 |
| 26-30 | 6 | 11 | 12 | 12 | - | 8 | 19 | -6 | -6 | -9 |
| 31-35 | 1 | 7 | 8 | 4 | -5 | 6 | (10) | -11 | -13 | -15 |
| 36-40 | -3 | 2 | 3 | 4 | - | 8 | 11 | -10 | -9 | -12 |
| Mittel 1816-80 | 36 | 28 | 41 | 34 | 34 | 32 | 29 | 32 | 30 | |
| 1741-45 | - | - | - | - | - | - | -2* | - | - | |
| 46-50 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | |
| 51-55 | - | -3 | - | - | - | - | 2 | -5 | - | |
| 56-60 | - | -2 | - | - | - | - | 4 | -1 | - | |
| 61-65 | - | 2 | - | - | - | - | 5 | 1 | - | |

¹⁾ Mittel nach Stuttgart reduziert auf 1766-1830.

| | | | | | | | | | |
|---------|-----|------|-----|-----|-----|-----|---------|------|-----|
| 66-70 | - | -11* | - | -- | - | - | -8* | -12* | - |
| 71-75 | - | -6 | - | - | - | - | -5 | -4 | - |
| 76-80 | - | -4 | - | - | - | - | 0 | -5 | - |
| 81-85 | - | 9 | - | - | - | - | Boësses | 2 | - |
| 86-90 | - | -1 | - | - | - | - | 2 | -6 | - |
| 91-95 | - | -1 | - | - | - | - | 1 | 0 | - |
| 96-00 | - | -2 | 1 | - | - | - | -3 | -2 | - |
| 1801-05 | -4 | 2 | 2 | -1 | -1 | - | -2 | -3 | 0 |
| 06-10 | -5* | 4 | - | 3 | 3 | 2 | 1 | -3 | 3 |
| 11-15 | -2 | -1 | -3 | 0 | 0 | 3 | -1 | -10* | -1 |
| 16-20 | -1 | -5* | -7* | -8* | -8* | -8* | -7* | -8 | -5* |
| 21-25 | (4) | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | -1 | 0 |
| 26-30 | (0) | 2 | 4 | 1 | 1 | 0 | -1 | -2 | 2 |
| 31-35 | 0 | 5 | 1 | -1 | -1 | 4 | 3 | 1 | 3 |
| 36-40 | -5 | -2 | 5 | -2 | -2 | -2 | -1 | -2 | -1 |
| 41-45 | 0 | -1 | 1 | -1 | -1 | 2 | -1 | -1 | -3 |
| 46-50 | -1 | 5 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 51-55 | -8* | -3* | -5* | -7* | -7* | -5* | -6* | -6* | -9* |
| 56-60 | -3 | 1 | 4 | 1 | 1 | -1 | 4 | 3 | 4 |
| 61-65 | 9 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 7 | 6 | 9 |
| 66-70 | 7 | 4 | 10 | 10 | 10 | 6 | 4 | 8 | 3 |
| 71-75 | 3 | -2 | 3 | -1 | -1* | -2 | 2 | 4 | 2 |
| 76-80 | -3* | -7* | 1* | -6* | 2 | -7* | -5* | -3* | -7* |

| | Vesoul Haute- Saône | Dijon Côte- d'Or | Beaune Côte- d'Or | Volnay Côte d'Or | Salins Jura | Lons-le Saulnier Jura | Pichon- Longue ville Gironde | Médoc Girone | Tain Drôme | Castres Tarn |
|----------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Mitte; 1816 | 24 | 29 | 30 | 29 | 43 | 33 | 23 | 23 | 28 | 28 |
| 1741-45 | - | -5* | 2* | 2* | 0* | -2 | - | - | - | - |
| 46-50 | - | 0 | 2 | 2* | 5 | -3 | - | - | - | - |
| 51-55 | - | -3 | 3 | 3 | 3 | -9* | -10* | - | - | - |
| 56-60 | - | 2 | 4 | 3 | 6 | -2 | -9 | - | - | - |
| 61-65 | - | 1 | 9 | 9 | 7 | -3 | -3 | - | - | - |
| 66-70 | - | -7* | -1* | -2* | -6* | -12* | -11* | - | - | - |
| 71-75 | - | -1 | 4 | 4 | 0 | -4 | -5 | - | - | - |
| 76-80 | - | -1 | 5 | 1 | 8 | -1 | -8 | - | - | - |
| 81-85 | - | 5 | 10 | 10 | 11 | 3 | 4 | - | - | - |
| 86-90 | - | -2 | 2 | 1 | 3 | -4 | -3 | - | - | - |
| 91-95 | - | 1 | 6 | 6 | (10) | 5 | - | - | - | - |
| 96-00 | - | -1 | -3 | -2 | 3 | -3 | - | -4 | - | -2 |
| 1801-05 | 5 | -2 | -4 | -2 | 5 | -3 | 2 | 4 | - | 0 |
| 06-10 | 7 | -5 | -2 | -2 | (8) | 0 | 3 | 3 | -2 | -7 |
| 11-15 | 2 | -1 | -1 | -1 | 3 | -1 | -16* | -2 | -6* | -6 |
| 16-20 | -7* | -11* | -7* | -8* | -2* | -5* | -6 | -8* | -4 | -11* |
| 21-25 | 4 | -7 | -1 | -1 | 4 | 2 | 3 | 1 | -2 | 0 |
| 26-30 | 1 | -6 | -3 | -3 | 2 | 1 | 6 | 4 | -2 | -2 |
| 31-35 | 4 | -3 | 1 | 1 | 2 | 5 | 7 | 5 | 0 | -1 |
| 36-40 | -2 | 4 | -5* | -5* | -3 | 2 | -2 | -1 | 1 | -6* |
| 41-45 | 0 | 1 | 1 | -1 | (2) | 2 | -5 | -2 | -7 | 0 |
| 46-50 | 1 | 2 | 2 | 2 | -1 | 4 | 2 | 1 | -1 | 2 |
| 51-55 | -8* | -3* | 0 | -3 | -7* | -4* | -7* | -10* | -11* | -4 |
| 56-60 | 1 | 3 | 4 | 4 | 0 | 3 | -1 | -1 | -2 | 1 |
| 61-65 | 8 | 9 | 9 | 7 | 6 | 8 | 4 | 5 | 11 | 7 |
| 66-70 | 7 | 8 | 8 | 8 | 5 | 6 | 10 | 9 | 11 | 8 |
| 71-75 | 0 | 1 | -6* | 2 | 0 | -9 | 2 | 3 | 7 | 3 |
| 76-80 | -8* | -3* | 2 | -6* | -8* | -9* | -7* | -2* | -6* | 0* |

| Mittel | Stuttgart Württem- berg | Kürn- bach Baden | Alt- stetten St. Gallen | Veytanx Waadt | Vevey Waadt | Lausanne Waadt | Pully prés Lausanne Waadt | Lavaux Waadt | Rolle Waadt | |
|-------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------|----------------|-------------------|------------------------------------|-----------------|----------------|----|
| 1816 | 45 ¹⁾ | 45 ²⁾ | 51 | 45 | 45 | 41 | 44 | 44 | 42 | 41 |
| 1741- 45 | - | 4* | 7* | -3* | - | -16* | - | -13 | -20* | - |

¹⁾ Mittel 1766-1830

²⁾ Mittel nach Stuttgart reduziert auf 1766-1830.

| | | | | | | | | | | |
|-------|-----|----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|
| 46- | - | 8 | 15 | 5 | - | -9 | - | -13 | -16 | - |
| 50 | | | | | | | | | | |
| 51-55 | - | 4* | 8 | 0 | - | -14 | - | -15* | -18 | |
| 56-60 | - | 7 | 11 | 8 | - | -9 | - | -7 | -13 | - |
| 61-65 | - | 8 | 10 | 14 | - | -6 | - | 0 | -12 | - |
| 66-70 | -1* | 0* | 2* | - | - | -14* | - | -18* | -16* | - |
| 71-75 | 3 | 3 | 6 | 1 | - | -8 | - | -9 | -12 | - |
| 76-80 | 2 | 3 | 10 | 1 | - | -2 | - | 0 | -5 | - |
| 81-85 | 5 | 5 | 13 | 8 | - | -3 | - | 1 | -1 | - |
| 86-90 | 2 | 1 | 10 | 2 | -- | -5 | - | -2 | -9 | - |
| 91-95 | 4 | 4 | 5 | 10 | - | 7 | - | 7 | 3 | - |
| 96-00 | 3 | 2 | - | 3 | - | -5 | - | -2 | -5 | - |
| 1801- | -1 | -1 | 2 | 3 | 3 | 0 | - | 1 | -9 | - |
| 05 | | | | | | | | | | |
| 06-10 | -1 | - | 4 | 4 | 1 | -1 | - | -1 | -7 | -4 |
| 11-15 | -4* | - | -1 | 0 | -5 | -7 | - | -6* | -10* | -6 |
| 16-20 | -3 | - | -3 | -3* | -9* | -11* | -5* | -6 | -10 | -10* |
| 21-25 | -3 | - | 1 | 1 | 0 | -4 | -4 | 2 | -1 | 4 |
| 26-30 | -2 | - | -7* | 2 | 1 | -2 | -2 | 0 | 0 | - |
| 31-35 | - | - | 3 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 2 | 2 |
| 36-40 | -- | - | -5* | -5 | -4* | -3 | -3 | -3* | -3 | -1 |
| 41-45 | - | - | 2 | -2 | -2 | -6* | -6* | 2 | -4 | -1 |
| 46-50 | - | - | 1 | -1 | 3 | 4 | 4 | 3 | 0 | 2 |
| 51-55 | - | - | -3 | -6* | -3 | -5 | -5 | -2 | -5* | -6* |
| 56-60 | - | - | 1 | -4 | 1 | 0 | 0 | - | -2 | 3 |
| 61-65 | - | - | 5 | 5 | 7 | 8 | 8 | 6 | 9 | 8 |
| 66-70 | - | - | 4 | - | 4 | 5 | 5 | - | - | 6 |
| 71-75 | - | - | 5 | - | 4 | 3 | 3 | - | - | 4 |
| 76-80 | - | - | -2 | - | -4* | 0 | 0 | - | - | -6* |
| 81-85 | - | - | 1 | - | - | 0 | 0 | - | - | - |
| 86-88 | - | - | -8* | - | - | -2* | -2* | - | - | - |

II. Gruppen - Mittel.

Nicht ausgeglichen (roh) und ausgeglichen.

Gesamtmittel

| | roh | ausgegl. | | roh | ausgegl. | | roh | ausgegl. |
|---------|-------|----------|---------|-------|----------|---------|-------|----------|
| 1496-00 | 3.0 | 3.2 | 1566-70 | -0.2* | -0.2* | 1636-40 | 13.8 | 8.4 |
| 1501-05 | 6.0 | 5.0 | 71-75 | 4.2 | 0.7 | 41-45 | 4.2 | 5.4 |
| 06-10 | 5.0 | 3.4 | 76-80 | -2.7 | 1.2 | 46-50 | -0.6* | 2.2* |
| 11-15 | -2.5* | 0.6* | 81-85 | 5.8 | 4.0 | 51-55 | 5.6 | 4.7 |
| 16-20 | 2.5 | 4.2 | 86-90 | 7.2 | 4.4 | 56-60 | 8.0 | 6.6 |
| 21-25 | 14.5 | 7.4 | 91-95 | -2.8* | 0.1* | 61-65 | 5.0 | 6.1 |
| 26-30 | -1.7 | 3.4 | 96-00 | -1.2 | 0.9 | 66-70 | 6.5 | 3.2 |
| 31-35 | 2.5 | 3.2 | 1601-05 | 8.5 | 4.4 | 71-75 | -5.4* | 0.4* |
| 36-40 | 9.5 | 4.4 | 06-10 | 2.0 | 4.0 | 76-80 | 5.7 | 3.8 |
| 41-45 | -4* | 0.1 | 11-15 | 3.5 | 2.8 | 81-90 | 4.0 | 4.1 |
| 46-50 | -2 | -1.2* | 16-20 | 2.0 | 2.8 | 91-95 | 2.6 | 2.2 |
| 51-55 | 3.0 | 3.4 | 21-25 | 3.8 | 2.8 | 96-00 | -0.6 | -0.8 |
| 56-60 | 9.7 | 5.8 | 26-30 | 1.5* | 2.2* | | -4.5* | -2.7* |
| 61-65 | 0.8 | 2.1 | 31-35 | 1.8 | 4.7 | | | |

| | roh | | | | ausgeglichen | | | |
|---------|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------|
| | Nord— Frankreich | Mittel— Frankreich | SW— Deutschland und Schweiz | Gesamt— Mittel | Nord— Frankreich | Mittel Frankreich | SW— Deutschland und Schweiz | Gesamt— Mittel |
| 1701—05 | — | 2.8 | —5.2 | —1.2 | — | 3.8 | —3.1 | —0.9 |
| 06—10 | — | 5.8 | 1.0 | 3.4 | — | 3.0 | —2.2 | 0.4 |
| 11—15 | — | —2.2 | —5.4 | —3.8 | — | 3.2 | —3.1 | —0.2 |
| 16—20 | — | 11.2 | —2.6 | 3.6 | — | 5.6 | —3.8 | 0.6 |
| 21—25 | — | 2.4 | —4.6 | —1.1 | — | 6.6 | —2.6 | 1.6 |
| 26—30 | — | 10.3 | 1.2 | 5.2 | — | 6.5 | —1.7 | 2.1 |
| 31—35 | — | 3.0 | —4.6 | —0.8 | — | 4.4 | —2.6 | 0.7 |
| 36—40 | — | 1.5 | —2.4 | —0.7 | — | 1.4 | —4.0 | —1.5 |
| 41—45 | —2.0* | —0.6 | —6.8* | —3.8* | —1.0* | 0.4 | —4.4* | —2.1* |
| 46—50 | 1.0 | 1.2 | 1.7 | 0.2 | 0.5 | —0.1 | —4.0 | —2.0 |

| | | | | | | | | |
|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 51—55 | —2.0* | —2.2* | —5.8 | —3.6 | —0.7 | —0.6* | —3.4 | —1.8 |
| 56—60 | 0.3 | 0.7 | —0.5 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | —1.1 | —0.2 |
| 61—65 | 2.7 | 3.3 | 2.3 | 2.8 | —1.2 | 0.2 | —0.9 | —0.5 |
| 66—70 | —10.3* | —6.5* | —7.8 | —7.8* | —5.7 | —2.5* | —3.9* | —3.7* |
| 71—75 | —5.0 | 0.3 | —2.3 | —2.1 | —5.8* | 1.6 | —2.8 | —2.8 |
| 76—80 | —3.0 | 0.7 | 1.3 | 0.9 | —1.4 | 2.1 | 1.1 | 1.3 |
| 81—85 | 5.5 | 7.2 | 4.0 | 5.5 | 1.6 | 3.6 | 2.3 | 2.8 |
| 86—90 | —1.7 | —0.5 | —0.1 | —0.6 | 0.5 | 3.0 | 2.4 | 2.2 |
| 91—95 | 0.0 | 5.6 | 5.7 | 4.5 | —0.8 | 2.2 | 2.6 | 1.8 |
| 96—00 | —1.5 | —1.7 | —0.7 | —1.3 | —1.0 | 0.7 | 1.0 | 0.4 |
| 1801—05 | —0.9 | 0.6 | —0.3 | —0.2 | —0.6 | 0.6 | —0.5 | —0.4 |
| 06—10 | 1.0 | 3.0 | —0.6 | 0.2 | —0.2 | 0.9 | —1.6 | —0.7 |
| 11—15 | —1.7 | —2.9 | —4.9 | —3.1 | —2.2 | —2.4 | —4.3 | —3.2 |
| 16—20 | —6.3* | —6.9* | —6.7* | —6.6* | —3.3* | —4.1* | —4.7* | —4.0* |
| 21—25 | 1.0 | 0.3 | —0.4 | 0.3 | —0.9 | —1.6 | —2.2 | —1.6 |
| 26—30 | 0.8 | —0.2 | —1.2 | —0.2 | 1.1 | 0.5 | —0.5 | 0.4 |
| 31—35 | 1.7 | 2.1 | 0.8 | 1.5 | 0.7 | 0.6 | —0.8 | 0.2 |
| 36—40 | —1.3 | —1.7 | —3.4 | —2.1 | —0.4 | —0.6 | —1.8* | —0.9 |
| 41—45 | —0.6 | —0.9 | —1.4 | —0.9 | —0.1 | —0.5 | —1.0 | —0.5 |
| 46—50 | 2.0 | 1.4 | 2.0 | 1.8 | —0.7 | —1.0 | —0.4 | —0.7 |
| 51—55 | —6.2* | —5.7* | —4.4* | —5.5* | —2.2* | —2.2* | —1.7* | —2.0* |
| 56—60 | 1.6 | 1.2 | —0.1 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 0.6 | 0.9 |
| 61—65 | 6.6 | 7.4 | 7.1 | 7.0 | 5.4 | 6.0 | 4.7 | 5.5 |
| 66—70 | 6.9 | 8.0 | 4.8 | 7.0 | 5.3 | 6.1 | 5.2 | 5.6 |
| 71—75 | 0.9 | 1.1 | 4.0 | 1.5 | 1.2 | 1.2 | 2.4 | 1.4 |
| 76—80 | —3.9* | —5.5* | —3.0 | —4.4 | 1.2 | —3.3* | —0.4 | —1.7 |
| 81—85 | — | — | 0.5 | 0.5 | — | — | —1.8 | —2.1 |
| 86—88 | — | — | —5.0* | —5.0* | — | — | —3.2* | —3.2* |

Treten wir in die Diskussion unserer Tabelle ein.

Jede einzelne Reihe lehrt uns, daß der Termin der Weinernte nicht nur von Jahr zu Jahr, sondern auch von Lustrum zu Lustrum sich ändert. Diese Änderungen sind nun nicht etwa regellos; es zeigt sich vielmehr eine gewisse Gesetzmäßigkeit; eine Zeit lang, durch mehrere Lustren hindurch, verspätet sich die Lese immer mehr und mehr, um in den darauffolgenden Lustren wieder ebenso zu verfrühen. Es treten deutlich Perioden auf, in denen die Weinernte im Durchschnitt sehr spät stattfand, und solche, in denen dieselbe früh eingeheimst wurde.

Bemerkenswert ist es, daß sich die Schwankungen des Termines der Weinernte an allen Stationen vom Norden Frankreichs bis in den Süden, vom Westen bis nach Württemberg und nach der Schweiz hinein durchaus parallel vollziehen.

Das Lustrum 1876/80 zeigt bei allen Stationen mit nur einer Ausnahme gegenüber den vorhergegangenen Lustren eine Verspätung der Ernte, ebenso das Lustrum 1851/55. Zwischen diese beiden "Minima" schaltet sich überall ein scharf ausgeprägtes "Maximum" ein, das bei der einen Hälfte der Stationen auf 1861/65, bei der anderen auf 1866/70 fällt. Zu dieser Zeit fand die Lese im Durchschnitt etwa 1 1/2 - 2 Wochen früher statt als 1851/55 und 1876 80. Ein analoges Maximum tritt um das Jahr 1830 auf; dasselbe fällt bei den einzelnen Stationen etwas verschieden: in fünf Fällen schon auf 1821/25, in vier Fällen auf 1826/30, in 13 Fällen auf 1831/35, in drei auf 1836/40. Die Jahre 1836 bis 1855 sind im Allgemeinen durch späte Ernten ausgezeichnet; doch tritt im zweiten Lustrum der 40er Jahre ein kleiner Rückgang des Datums der Lese zu Tage; derselbe gestaltet sich bei einigen Stationen bedeutender, so daß hier auf dieses Lustrum das absolute Maximum vor 1851/55 fällt. Das ist jedoch nur eine lokale Erscheinung; denn sie verschwindet in den ausgeglichenen Gruppenmitteln ganz; es repräsentieren hier durchaus die Lustren 1826/30 und 1831/35 die Zeit der frühesten Lese. - Um das Jahr 1815 gruppierten sich wieder Minima, die an einer Station auf das Lustrum 1806/10, an sechs auf 1811/15, und an 20 auf 1816/20 entfallen. Gehen wir in das vorige Jahrhundert zurück, so sind hier die Lustren 1781 bis 1795 durch Maxima ausgezeichnet, 1766/70 durch ein Minimum an allen Stationen, 1756 bis 1765 durch ein Maximum, 1741/56 wieder durch ein ganz allgemein auftretendes Minimum,

dem ein in seiner Lage nicht absolut scharf bestimmtes Maximum in den Jahren 1716 bis 1730 voranging. Das Minimum 1691 - 1700, das bei fünf Stationen der Schweiz und des benachbarten Frankreichs sehr bestimmt und scharf accentuiert auftritt, verschiebt sich an vier anderen Stationen auf das Lustrum 1711/15. Weiterhin werden die Schwankungen ungleichmäßiger. Doch treten immer noch einige Epochen ziemlich allgemein auf: Minima um 1671/75, 1626 - 35, 1591-1600, 1561 - 70; Maxima 1651 - 60, 1601/05, 1581/90 und 1556/60. Dijon, Salins, Lausanne sind die einzigen Stationen, deren Angaben über 1550 hinausgehen: für die Zeit vor 1495 liegen sogar nur die Beobachtungen von Dijon vor. Aus diesen Reihen scheint hervorzugehen, dass die Lustren 1521/25, 1501/10, 1471/75 und 1421/25 Träger von Maxima, die Lustren 1541/50, 1511/15, 1496/1500 oder 1476/80, 1446/50 und 1406/10 Träger von Minima sind. Doch müssen die Schwankungen vor 1550 wegen der geringen Zahl der Stationen noch als durchaus unsicher bezeichnet werden.

Diese deutlich ausgesprochenen Oscillationen sind sowohl *Angot* als auch Dufour entgangen, obwohl beide die von ihnen mitgetheilten Reihen auf klimatische Schwankungen hin untersuchten. Die Zahl der Jahre, die sie zu Mitteln zusammenfassten, war eine zu große. Indem sie von 10 zu 10 oder gar von 25 zu 25 Jahren fortschritten, konnten sie nicht wohl Schwankungen nachweisen, deren Dauer nur 30 bis 40 Jahre betrug. Wohl aber stießen sie auf Schwankungen des Termines der Weinernte, die sich im Laufe von Jahrhunderten vollzogen. So fanden in Aubonne die Ernten im Mittel der Jahre 1550 bis 1670 um den 13. October statt, etwa um dieselbe Zeit auch in den Jahren nach 1780. Von 1670 bis 1780 wurde dagegen im Mittel mehrere Tage nach dem 20. October geerntet. Analoge und parallele Schwankungen von sehr langer Dauer weisen Lausanne und Vevytau auf. Auch die Reihen von Salins und von Dijon zeigen solche Schwankungen, die aber weder unter sich noch mit den Schwankungen in der Schweiz übereinzustimmen scheinen. Es schließt daher *Angot*³³¹ daß man es hier wohl nicht mit dem Ausdruck klimatischer Schwankungen, sondern vielmehr mit Änderungen zu tun habe, die sich auf die Willkür des Menschen zurückführen, sei es auf eine Veränderung des Geschmackes oder eine solche der Behandlungsweise der Reben. Wie weit dieser Schluß gerechtfertigt ist, werden wir an anderer Stelle zu erörtern haben.

Unsere Schwankungen von kürzerer Dauer haben vor jenen langen Schwankungen die Allgemeinheit ihres Auftretens voraus. In ihnen spiegeln sich die Klimaschwankungen wieder, die wir bereits so vielfach konstatieren konnten.

Angot hat sich im letzten Teil seiner Abhandlung eingehend mit der Frage beschäftigt, welche der meteorologischen Faktoren in erster Reihe den Termin der Weinernte bestimmen. Um dieses für Frankreich festzustellen, benutzte er die Jahre 1811, 1822, 1834, 1846, 1865 und 1868, die durch einen sehr frühen Termin der Weinernte ausgezeichnet waren, und die Jahre 1816, 1821 und 1879 mit sehr stark verspäteten Ernten und stellte für diese Jahre die Abweichungen der Temperatur und des Regenfalls vom Normalwert während der Vegetationsperiode der Rebe auf Grund der Beobachtungen in Paris zusammen. Seine Resultate sind im nachfolgenden kurz zusammengefaßt.

Abweichungen vom Normalwert zu Paris:

| | Temperatur April bis August | Temperatur- summe | Datum der Weinernte |
|------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|
| Frühe Lese | + 1.39° C | +212° C | 17 Tage zu früh |

331

Angot a.a. O.S.B. 83.

Es ist also die negative Temperaturabweichung der Vegetationsperiode, welche die Verspätung der Lese veranlaßt, während die Verfrühung Hand in Hand mit einer positiven Temperaturabweichung geht. Der Regenfall zeigt dagegen in den kritischen Jahren nur geringe Abweichungen vom Normalwert.,

Dieses Resultat gibt uns bereits eine Handhabe, um aus jenen Schwankungen des Termines der Weinernte auf klimatische Schwankungen zu schließen. Ohne Zweifel haben Schwankungen der Mitteltemperatur der Vegetationsperiode der Rebe jene Schwankungen des Datums der Weinernte hervorgerufen. Mittelwerte der Temperatur für die Monate April bis September stehen mir nicht zur Verfügung, um diese Behauptung durch einen strengen Beweis zu erhärten. Jene Mitteltemperaturen sind nun aber auch in den Jahresmitteln enthalten, deren Schwankungen wir bereits oben untersucht haben. In der folgenden Tabelle ist deswegen der Vergleich der Schwankungen des Termines der Weinernte mit den Schwankungen der Jahrestemperatur im westlichen Mitteleuropa (siehe oben Seite 255) und des Regenfalls in Süddeutschland und Frankreich (Mittel der Reihen Süddeutschland, nördliches, südwestliches und mittleres Frankreich) durchgeführt.

Die Übereinstimmung im Gang der drei Elemente: Datum der Weinernte, Temperatur und Regenfall ist im laufenden Jahrhundert eine ganz vortreffliche; abgesehen von geringen Verschiebungen der Epochen fallen die Schwankungen zeitlich derart zusammen, daß einer frühen Weinernte hohe Temperatur und geringer Regenfall entspricht, einer späten Weinernte dagegen niedrige Temperatur und starker Regenfall. 1) Auch für das vorige Jahrhundert ist die Übereinstimmung zwischen Temperatur und Weinernte durchaus befriedigend, während der Regenfall sich 1766 - 1790 etwas abweichend verhält: das Minimum des Regenfalles 1766/70, sowie das Maximum 1786/90 stimmen nicht.

Säkulare Schwankungen des Termins der Weinernte, verglichen mit den Schwankungen der Temperatur und des Regenfalls

| Lustrum | Wein— ernte Tage | Temperatur ° C | Regenfall % | Lustrum | Wein— ernte Tage | Temperatur ° C | Regen— fall % |
|---------|------------------------|-------------------|----------------|---------|------------------------|-------------------|---------------------|
| 1731—35 | —0.8 | — | 7 | 1806—10 | 0.2 | .07 | 7 |
| 36—40 | 0.7 | — | 14 | 11—15 | —3.1 | —39* | 6 |
| 41—45 | —3.8* | — | —3 | 16—20 | —6.6* | —36 | —3 |
| 46—50 | —0.2 | — | 4 | 21—25 | 0.3 | .52 | —7 |
| 51—55 | —3.6 | — | —12* | 26—30 | —0.2 | —23 | —1 |
| 56—60 | 0.1 | —52 | 5 | 31—35 | 1.5 | .35 | —8* |
| 61—65 | 2.8 | —53 | 0 | 36—40 | —2.1 | —30 | 2 |
| 66—70 | —7.8* | —98* | —13* | 41—45 | —0.9 | .09 | 8 |
| 71—75 | —2.1 | .00 | — | 46—50 | 1.8 | .05 | 0 |
| 76—80 | 0.9 | .36 | —5 | 51—55 | —5.5* | —31* | 2 |
| 81—85 | 5.5 | —10 | —5 | 56—60 | 1.0 | —09 | —1 |
| 86—90 | —0.6 | —09 | 7 | 61—65 | 7.0 | .36 | —14* |
| 91—95 | 4.5 | .48 | 0 | 66—70 | 7.0 | .31 | 1 |
| 96—00 | —1.3 | .14 | —4* | 71—75 | 1.5 | —14 | 0 |
| 1801—05 | —0.2 | .04 | 2 | 76—80 | —4.4* | — | 14 |

Ich möchte darauf kein großes Gewicht legen. Nehmen wir nämlich statt der wenig zuverlässigen Regenbeobachtungen die Schwankungen der Alpengletscher, des Neusiedler-Sees und des Kaspischen Meeres, so zeigt es sich, daß auch im fraglichen

Zeitraume die Schwankung des Termines der Weinernte von einer entsprechenden des Regenfalles begleitet worden sein muß. Dieses Parallelgehen der Schwankungen des Datums der Weinernte mit den Schwankungen der Temperatur ist für den Zeitraum 1756 bis 1875, im Ganzen also für 120 Jahre konstatiert, mit denen des Regenfalles für den Zeitraum 1731 bis 1880, also für 150 Jahre.

Die Parallelität ist eine so weitgehende, daß man die eine Kurve durch die andere ersetzen kann. Die Schwankungen des Termins der Weinernte markieren durchaus ebenso gut die von uns nachgewiesenen Klimaschwankungen wie Temperatur und Regenfall. Diese Erkenntnis ist für uns von höchster Bedeutung; denn offenbar dürfen wir die Kurve des Datums der Weinernte jetzt auch in jenen weit entlegenen Zeiträumen als Repräsentanten der Kurve der Klimaschwankungen betrachten, für welche uns Temperatur- und Regenbeobachtungen nicht zur Verfügung stehen. Wir können unsere Klimaschwankungen, dank den zahlreichen langen Registern über das Datum der Weinernte in den Weingegenden Frankreichs und der Schweiz, bis zum Jahre 1400 zurückverfolgen.

Für die noch weiter zurückliegenden Zeiträume bietet sich uns ein etwas anders geartetes und nicht in dem Maße exaktes Material dar, das jedoch trotzdem brauchbare Resultate liefert - die Aufzeichnungen über kalte Winter.

III. Säkulare Schwankungen der Häufigkeit kalter Winter.

Über die Periodizität strenger Winter ist viel geschrieben worden,³³² meist klammerte man sich dabei mehr oder minder an das einzelne Jahr. Ich glaube nicht, daß sich auf diesem Wege ein irgend sicheres Resultat wird gewinnen lassen; denn die Winterkälte hängt von so zahlreichen Faktoren ab, daß man dem "Zufall" beim Zustandekommen derselben gerade in einem bestimmten Jahr einen sehr großen Einfluß zuschreiben muß. Aus einem strengen Winter auf eine Kälteperiode in dem Sinne zu schließen, wie wir es aus Temperatur- und Eisbeobachtungen eben taten, ist gänzlich unstatthaft. Etwas anderes ist es, wenn man sich von dem einzelnen Jahr emanzipiert und nach einer Periodizität der Häufigkeit der strengen Winter fragt. Ich habe in dieser Weise an der Hand des Verzeichnisses strenger Winter von Pilgram die Häufigkeit derselben auf ihre Schwankungen hin untersucht; Pilgram's Abhandlung lag mir nicht im Original vor, sondern in einem handschriftlichen Auszug, den ich der Freundlichkeit des Herrn Professor Dr. W. Köppen verdanke. Ich zählte in diesem Verzeichnis von fünf Jahren fortschreitend die strengen Winter in je 20 Jahren, also beispielsweise im Zeitraum 1741-60, 1746-65, 1751-70, 1756-75, etc., und schrieb die so erhaltenen Häufigkeitszahlen zu dem mittleren Jahr des betreffenden Zeitraums, also 1750, 1755, 1760, 1765 etc. Ich erhielt in dieser Weise die nachfolgende Tabelle. Dieselbe gilt für das mittlere Europa, da die Beobachtungen sich nur auf dieses beziehen.

Säkulare Schwankungen der Häufigkeit strenger Winter.

Die Zahlen geben die Anzahl strenger Winter unter 20 Wintern an.

| 800 | 2 | 970 | 1 | 1140 | 5 | 1310 | 8* | 1480 | 4 | 1650 | 9* |
|-----|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| 05 | 3* | 75 | 2 | 45 | 6 | 15 | 7 | 85 | 4* | 55 | 8 |
| 10 | 2 | 80 | 2 | 50 | 7* | 20 | 5 | 90 | 4 | 60 | 9* |
| 15 | 2 | 85 | 4 | 55 | 7* | 25 | 5 | 95 | 4 | 65 | 8 |
| 20 | 2 | 90 | 5* | 60 | 5 | 30 | 4 | 1500 | 3 | 70 | 4 |
| 25 | 2 | 95 | 4 | 65 | 5 | 35 | 5 | 05 | 5 | 75 | 4 |
| 30 | 2 | 1000 | 4 | 70 | 5 | 40 | 5 | 10 | 5* | 80 | 2 |
| 35 | 1 | 05 | 3 | 75 | 3 | 45 | 4 | 15 | 5* | 85 | 6 |
| 40 | 1 | 10 | 3 | 80 | 4* | 50 | 4 | 20 | 5 | 90 | 7 |
| 45 | 0 | 15 | 3 | 85 | 3 | 55 | 5 | 25 | 3 | 95 | 6 |
| 50 | 2 | 20 | 3 | 90 | 1 | 60 | 5* | 30 | 3 | 1700 | 8* |

332

Vgl. oben S. 36 f.

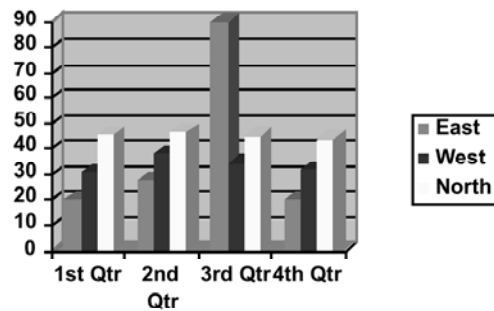
| | | | | | | | | | | | |
|-----|----|------|----|------|----|------|----|------|-----|----|----|
| 55 | 3 | 25 | 1 | 95 | 2 | 65 | 5 | 35 | 3 | 05 | 4 |
| 60 | 3 | 30 | 0 | 1200 | 4 | 70 | 4 | 40 | 4* | 10 | 4 |
| 65 | 4* | 35 | 1 | 05 | 6 | 75 | 2 | 45 | 4* | 15 | 4 |
| 70 | 3 | 40 | 3 | 10 | 7* | 80 | 3 | 50 | 3 | 20 | 4 |
| 75 | 3 | 45 | 3 | 15 | 7* | 85 | 5 | 55 | 5 | 25 | 5 |
| 80 | 3 | 50 | 5* | 20 | 6 | 90 | 6* | 60 | 5 | 30 | 4 |
| 85 | 3 | 55 | 4 | 25 | 5 | 95 | 5 | 65 | 5 | 35 | 5* |
| 90 | 2 | 60 | 4 | 30 | 5 | 1400 | 6 | 70 | 6* | 40 | 4 |
| 95 | 1 | 65 | 5 | 35 | 4 | 05 | 4 | 75 | 4 | 45 | 4 |
| 900 | 1 | 70 | 6* | 40 | 4 | 10 | 3 | 80 | 6 | 50 | 3 |
| 05 | 1 | 75 | 4 | 45 | 3 | 15 | 4 | 85 | 6 | 55 | 2 |
| 10 | 1 | 80 | 3 | 50 | 4* | 20 | 3 | 90 | 5 | 60 | 4 |
| 15 | 1 | 85 | 2 | 55 | 3 | 25 | 7 | 95 | 8 | 65 | 4 |
| 20 | 3 | 90 | 3 | 60 | 3 | 30 | 7 | 1600 | 7 | 70 | 5 |
| 25 | 2 | 95 | 4 | 65 | 4 | 35 | 9* | 05 | 8 | 75 | 8* |
| 30 | 2 | 1100 | 5 | 70 | 4 | 40 | 8 | 10 | 9 | 80 | - |
| 35 | 4* | 05 | 6 | 75 | 6 | 45 | 4 | 15 | 10* | 85 | - |
| 40 | 2 | 10 | 7 | 80 | 7* | 50 | 4 | 20 | 8 | 90 | - |
| 45 | 2 | 15 | 8* | 85 | 7* | 55 | 1 | 25 | 6 | 95 | - |
| 50 | 2 | 20 | 8 | 90 | 6 | 60 | 1 | 30 | 5 | | |
| 55 | 0 | 25 | 8 | 95 | 6 | 65 | 2 | 35 | 3 | | |
| 60 | 0 | 30 | 5 | 1300 | 6 | 70 | 2 | 40 | 4 | | |
| 65 | 1 | 35 | 5 | 05 | 6 | 75 | 3 | 45 | 5 | | |

Soweit zurück wir die Schwankungen der Häufigkeit strenger Winter mit den Schwankungen der Temperatur oder der Eisverhältnisse der Flüsse vergleichen können, soweit stimmen dieselben ganz gut überein; die Minima der Temperatur um 1770, 1740, 1660 und 1615-20, wie die Maxima um 1755, 1720-30 und 1680 werden auch hier bezeugt.

Die Lage anderer Epochen stimmt dagegen etwas weniger gut. Das Kältemaximum zu Anfang des 18. Jahrhunderts fällt dort auf 1700, hier auf 1711-20, ein anderes auf 1615 und 1621-25, ein drittes um 1525 ist in der Häufigkeit der strengen Winter nur angedeutet, an der Düna aber scharf ausgesprochen. Die Epochen um 1570 und 1560 coincidieren dann wieder in wünschenswerter Weise.

Vergleicht man dann auch die Schwankungen des Termins der Weinernte mit denjenigen der Häufigkeit kalter Winter, wie das unten in der Tabelle Seite 271 geschehen ist, so findet man auch eine befriedigende Übereinstimmung; ich muß gestehen, daß ich eine solche nicht in dem Grade erwartet hatte. Die Grenzen der kalten und warmen Perioden sind allerdings vielfach um fünf oder auch um zehn Jahre hier und dort gegeneinander verschoben: z.B. war nach dem Termin der Weinernte kalt der Zeitraum 1436-66. nach der Häufigkeit kalter Winter dagegen 1425-55. Aber doch deckt sich der größere Teil der gleichnamigen Perioden, so daß von den 385 Jahren, für welche sowohl Beobachtungen über die Häufigkeit kalter Winter als auch solche über den Termin der Weinernte vorliegen, nicht weniger als 260 Jahre oder 68 Procent übereinstimmend als zu einer Kälte- oder Wärmeperiode gehörig angegeben werden und nur bei 125 Jahren die Angaben auseinandergehen. Nur einmal weichen die durch beide Reihen indicirten Schwankungen stark von einander ab: zwischen 1591 und 1690 fallen auch dem Termin der Weinernte vier Schwankungen, dagegen nach der Häufigkeit der kalten Winter nur zwei.

| | Nach dem Datum der Häufigkeit der Weinernte kalter Winter | | berichtigt | |
|------|---|---|------------|-----------------------|
| kalt | 1591-00 |) | | kalt 1591-00 |
| warm | 1601-10 |) | kalt | warm 1601-00 |
| kalt | 1611-35 |) | 1590-25 | kalt 1611-35 |
| warm | 1636-45 |) | 1626-45 | warm 1636-45 |
| kalt | 1646-50 |) | | |
| warm | 1651-65 |) | kalt | kalt 1646-65 |
| kalt | 1666-75 |) | 1645-65 | |
| warm | 1676-90 |) | 1665-85 | warm 1666-85 bezw.90. |



Um zu entscheiden, was das richtigere ist, vergleichen wir für diesen Zeitraum die einzelnen nicht ausgeglichenen Lustrenmittel (Tabelle S. 263 und s. 268) mit einander. Da zeigt es sich, dass die in den Zahlen für den Termin der Weinernte sehr scharf ausgesprochene Wärmeperiode 1601-10 auch in der Statistik der kalten Winter schwach angedeutet ist: 1595 8, 1600 7, 1605 8. Ich möchte daher in diesem Fall auf das Datum der Weinernte das Hauptgewicht legen. Anders steht es mit der Kälteperiode 1666-75, die aus dem Datum der Weinernte hervorzugehen scheint, jedoch in der ausgeglichenen Reihe nur 10 Jahre umfasst, in der nicht ausgeglichenen aber auf das eine Lustrum 1671-75 beschränkt ist: 1656-60, 8.0, 1661-65 5.0, 1666-70 6.5, 1671-75-5.4, 1676-80 5.7, 1681-85 4.0. Lassen wir das fragliche Lustrum fort, so ist die Kälteperiode verschwunden. Die Zahlen für die Häufigkeit kalter Winter dürfen daher die maßgebenden sein. Es gestalten sich in Folge dessen die Schwankungen im kritischen Zeitraum in der oben unter der Überschrift "berichtigt" angegebenen Weise.

Bei der großen Übereinstimmung der Schwankungen der Häufigkeit kalter Winter mit denen des Datums der Weinernte zwischen 1390 und 1775 kann kein Zweifel darüber bestehen, dass die ersteren uns die Klimaschwankungen richtig zeichnen. Dies dürfte etwa bis zum Jahre 1000 gelten. Weiter zurück nimmt die Zahl der Notierungen kalter Winter so rasch ab, dazu wird das Intervall zwischen je zwei Kältemaxima oder zwei Wärmemaxima ein so großes, dass die Zahlen mir sehr verdächtig erscheinen. Ich möchte die dort angedeuteten Schwankungen für zufällige halten und schließe sie daher von der Betrachtung aus.

IV. Die mittlere Periodenlänge der Klimaschwankungen.

Die meteorologischen Beobachtungen gestatteten uns erst etwa von 1730 an die Klimaschwankungen zu verfolgen. Allein die 4 1/2 Oscillationen, die sich seit jenem Jahr vollzogen, sind zu gering an Zahl, um mit ihrer Hilfe die mittlere Periodenlänge genügend genau zu bestimmen. Nachdem wir nunmehr ein weit größeres Material gesammelt haben, bestehend einerseits in Beobachtungen über die Eisverhältnisse der Flüsse von 1556 bis 1885 und über das Datum der Weinernte von 1391 bis 1888, andererseits in Angaben über die Häufigkeit strenger Winter von 1000 bis 1775, so können wir mit weit mehr Aussicht auf Erfolg an jene Aufgabe herantreten. Zu diesem Zweck habe ich die beistehende Tabelle entworfen. Sie gibt auf Grund der ausgeglichenen Reihe aus den Beobachtungen über den Termin der Weinernte, ferner auf Grund der Statistik der kalten Winter und der Eisverhältnisse Flüsse die Ausdehnung der warmen und der kalten Zeiträume an. Um Willkür bei der Trennung der letzteren möglichst zu vermeiden, verfolgte ich im Zeitraum vor 1750 durchweg das Princip, dass ich die Grenze dort legte, wo die Zahlen einen Werth gleich dem arithmetischen Mittel aus dem benachbarten Maximum und Minimum erreichten. Für die Festlegung der

Grenzen nach 1750 berücksichtigte ich in unbestimmten Fällen auch die Temperaturbeobachtungen. Beigefügt habe ich noch die Daten über die Schwankungen der abflusslosen Seen und der Gletscher aus Capitel III.

Die Tabelle umfasst die Jahre 1020 bis 1890 (genauer 1888). Innerhalb dieses Zeitraumes von 870 Jahren zählen wir 25 Kälteperioden und 25 Wärmeperioden, also 25 volle Schwankungen. Wir finden daher die mittlere Länge einer Schwankung zu 34.8 Jahren, also etwas kleiner als wir sie bisher annahmen (36 Jahre).

Um über die Bedeutung dieser Zahl Aufschluss zu erhalten, berechnete ich die Zahlen der beiden letzten Columnen der Tabelle S. 271, welche die Länge der einzelnen Schwankungen angeben, und zwar einerseits nach dem Termin der Weinernte, andererseits nach der Häufigkeit der kalten Winter. Ich fand dieselbe, indem ich die Dauer je einer kalten und einer benachbarten warmen Periode addierte, also die Summen der Jahre der Wärmeperiode 1020-40 und die Kälteperiode 1040-55 ($20 + 15 = 35$), ferner der Kälteperiode 1040-55 und der Wärmeperiode 1055-65 ($15 + 10 = 25$) etc. bildete.

Die Grenzen, innerhalb deren die Länge der Perioden sich bewegt, sind 20 Jahre einerseits und 50 Jahre andererseits. Am häufigsten sind jedoch die dem gefundenen mittleren Wert 34.8 zunächst kommenden Werte. Über die Häufigkeit der verschiedenen Periodenlängen gibt nachfolgende Zusammenstellung Auskunft:

| | | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Periodenlänge | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | Jahre |
| Häufigkeit | 6 | 10 | 12 | 13 | 12 | 8 | 4 | Fälle |

Säkulare Schwankungen des Klimas

dargestellt durch die Schwankungen

| | der Weinernte | der Häufigkeit kalter Winter | der Eis- verhältnisse der Flüsse | der Seen | der Gletscher | nach dem Term. der Weinernte | nach der Häufigkeit kalter Winter |
|---------------|------------------|---------------------------------|--|----------|---------------|------------------------------------|---|
| warm | - | 1020-40 | - | - | - | - | - |
| kalt | - | 40-55 | - | - | - | - | 35 |
| warm | - | 55-65 | - | - | - | - | 25 |
| kalt | - | 65-80 | - | - | - | - | 25 |
| warm | - | 80-05 | - | - | - | - | 40 |
| kalt | - | 1105-30 | - | - | - | - | 50 |
| warm | - | 30-45 | - | - | - | - | 40 |
| kalt | - | 45-65 | - | - | - | - | 35 |
| warm | - | 65-75 | - | - | - | - | 30 |
| kalt | - | 75-90 | - | - | - | - | 25 |
| warm | - | 90-00 | - | - | - | - | 25 |
| kalt | - | 1200-30 | - | - | - | - | 40 |
| warm | - | 30-45 | - | - | - | - | 45 |
| kalt | - | 45-55 | - | - | - | - | 25 |
| warm | - | 55-70 | - | - | - | - | 25 |
| kalt | - | 70-90 | - | - | - | - | 35 |
| warm | - | 90-10 | - | - | - | - | 40 |
| kalt | - | 1310-25 | - | - | - | - | 35 |
| warm | - | 25-50 | - | - | - | - | 40 |
| kalt | - | 50-70 | - | - | - | - | 45 |
| warm | - | 70-85 | - | - | - | - | 35 |
| kalt | 1391-15 | 85-05 | - | - | - | - | 35 |
| warm | 1416-35 | 1405-25 | - | - | - | 45 | 40 |
| kalt | 36-55 | 25-55 | - | - | - | 40 | 50 |
| warm | 56-80 | 55-75 | - | - | - | 45 | 50 |
| kalt | 81-95 | 75-95 | - | - | - | 40 | 40 |
| warm | 96-10 | 95-05 | - | - | - | 30 | 30 |
| [Fortsetzung] | n. Seite | | | | | | |

Säkulare Schwankungen des Klimas

dargestellt durch die Schwankungen (Fortsetzung)

| | | der Eis- | | | nach dem | nach der

| | der Weinernte | der Häufigkeit kalter Winter | verhältnisse der Flüsse | der Seen | der Gletscher | Term. der Weinernte | Häufigkeit kalter Winter |
|------|---------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|---------------------|--------------------------|
| kalt | 1511-15 | 1505-20 | - | - | - | - | 20 |
| warm | 16-40 | 20-35 | - | - | - | - | 30 |
| kalt | 41-50 | 35-45 | - | - | - | - | 35 |
| warm | 51-60 | 45-55 | - | -- | - | - | 20 |
| kalt | 61-80 | 55-70 | 1556-65 | - | - | - | 30 |
| warm | 81-90 | 70-90 | 66-85 | - | - | - | 30 |
| kalt | | | | | | | |
| warm | 1591-00 | | 86-00 | 1600 ¹⁾ | 1595-10 | 20 | |
| kalt | 1601-10 | | 1601-20 | - | - | 20 | |
| warm | 11-35 | | 21-25 | 38 ²⁾ | - | 35 | |
| kalt | 36-45 | | - | 56 ³⁾ | - | 35 | |
| warm | 45-65 | | 1651-67 | 74 ⁴⁾ | Zunahme | 30 | |
| kalt | | | | | 1677-81 | | |
| warm | 65-90 bz. 85 | | - | 83 ⁵⁾ | und | 40 | |
| | | | | | 1710-16 | | |
| kalt | 1691-05 | 1685-05 | 1702-20 | 1707-14 ⁶⁾ | - | 30 | 40 |
| warm | 1706-35 | 1705-30 | 21-35 | um 1720 | - | 45 | 45 |
| kalt | 36-59 | 30-50 | 36-50 | um 40 | 50-67 | 50 | 45 |
| warm | 56-65 | 50-65 | 51-70 | um 60 | 60-86 | 30 | 35 |
| kalt | 66-75 | 65-75 | 71-90 | um 80 | um 1800 | 20 | 25 |
| warm | 76-05 | - | 91-05 | um 1800 | 1800-15 | 40 | - |
| kalt | 1806-20 | - | 1806-20 | um 20 | 15-30 | 45 | - |
| warm | 21-35 | - | 21-30 | um 35 | 30-45 | 30 | - |
| kalt | 36-55 | - | 31-60 | um 50 | 45-75 | 35 | - |
| warm | 56-75 | - | }warm | um 65 | 75-90 | 30 | - |
| kalt | 76-90 | - | }1861-80 | um 80 | | 35 | - |

Es hat also jener Mittelwerth 34.8 Jahre eine reelle Bedeutung. Auch in anderer Weise kann man sich hiervon überzeugen. Bilden wir nämlich Mittelwerthe aus je fünf aufeinander folgenden Schwankungen, und erhalten wir:

| | | | |
|---|------------------|--------------------------|----------|
| | für den Zeitraum | 1020-1190 | 34 Jahre |
| » | » | 1190-1370 | 36 » |
| » | » | 1370-1545 | 35 » |
| » | » | 1545-1715 ³³³ | 34 » |
| » | » | 1715-1890 | 35 |

Man erhält also nahezu die gleiche Länge der Periode, einerlei, welchen Zeitraum man wählt.

Unter solchen Umständen sind wir berechtigt, den wahrscheinlichen Fehler der Zahlen festzustellen. Wir finden denselben nach der *Fechner'schen* Formel für die mittlere Periodenlänge von 34.8 Jahre aus der mittleren Abweichung ± 7.0 zu ± 0.7 Jahren. Der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Periodenlänge ist ± 5.9 Jahre. Aus der letzteren Zahl lässt sich berechnen, dass 544 Kälte- und Wärmeperioden oder mit anderen Worten 272 vollständige Klimaschwankungen nöthig sind, um die mittlere Periodenlänge aus Lustrenmitteln auf einen Monat genau zu bestimmen; es wären das rund 9500 Beobachtungsjahre. Gleichwohl ist unser Resultat schon heute ein durchaus

¹⁾ Fuciner und Trasimener See.

²⁾ Kaspisches Meer, doch nur hoher Stand, verglichen mit dem Stand 1715/20.

³⁾ Fuciner See.

⁴⁾ Neusiedler See.

⁵⁾ Fuciner See.

⁶⁾ Zirknitzer See, Kaspisches Meer.

³³³ Die Grenze 1715 scheint nach den Eisverhältnissen der Flüsse und den Schwankungen der Seen wie der Gletscher richtiger als 1705, auf welche Zahl das Datum der Weinernte wie die Häufigkeit kalter Winter hinweisen.

befriedigendes, beträgt doch der wahrscheinliche Fehler desselben nur zwei Procent der Periodenlänge.

Zunächst gilt dieser Nachweis nur für Mitteleuropa, da sich die Beobachtungen über das Datum der Weinernte und über die Häufigkeit kalter Winter nur auf dieses Gebiet beziehen. Allein wir dürfen uns nicht verhehlen, dass derselbe indirect eine universale Bedeutung für die gesammte Erdoberfläche besitzt. Die meteorologischen Beobachtungen thaten dar, dass dieselben Schwankungen des Klimas, die in diesem Jahrhundert den Boden Mitteleuropas betrafen, auch im Innern Asiens, in Nordamerika, in Australien etc. kurz, mit geringen Ausnahmen auf allen Landstrichen der Erde gleichzeitig auftraten. Es ist nicht wahrscheinlich, dass diese Gleichzeitigkeit etwa nur eine zufällige ist und nur eine Eigenthümlichkeit des Jahrhunderts; weit mehr berechtigt ist der Schluss, dass wir es hier mit einer gesetzmäßigen Gleichzeitigkeit zu thun haben. Sonach markierten uns die in einem Lande beobachteten Schwankungen die Klimaschwankungen der ganzen Erde; jene Schwankungen des Termins der Weinernte und der Häufigkeit kalter Winter, die sich in Mitteleuropa bis zum Jahre 100 zurückverfolgen ließen, sind nur der Ausdruck der allgemeinen Klimaschwankungen der Erde seit jenem Jahr, die sich in einer Periode von 34.8 ± 0.7 Jahren vollziehen.

Wir sind am Schluss unserer Ausführungen über die Klimaschwankungen angelangt. Wir haben konstatiert, dass dieselben ihrem Wesen nach in Schwankungen der Temperatur, des Luftdrucks und des Regenfalls bestehen und zuletzt gelang uns an der Hand von Beobachtungen, die sich fast über neun Jahrhunderte erstreckten, die Feststellung ihrer Periodenlänge. sind nun diese Klimaschwankungen so erheblich in ihrem Betrag, dass ihnen eine praktische Bedeutung zukommt? Zu zeigen, dass dieses in hohem Maße der Fall ist, sei die Aufgabe des nächsten Capitels.

4c. Die Bedeutung der Klimaschwankungen für Theorie und Praxis.

Einfluss der Klimaschwankungen auf die Dimensionen der Gletscher; ferner auf die Dimensionen und Abflussverhältnisse der Seen, auf die Häufigkeit der Überschwemmungen und auf den Wasserstand der Flüsse. Hierdurch sowie durch die wechselnde Dauer der Eisdecke Beeinflussung des Verkehrslebens. Beziehungen der Klimaschwankungen zur Landwirtschaft, erläutert durch eine Tabelle der Wein- und Weizenenerträge. Voraussicht einer großen ökonomischen Krise in den trockenen Gebieten am Großen Salzsee. Einfluss auf die Typhushäufigkeit, erläutert an mehreren Tabellen. Einfluss auf den Wasserstand des Oceans an seinen Küsten und der relativ abgeschlossenen Meerestheile durch Vermittelung der Wasserführung der Flüsse: Ostseeküste und französische Canalküste (Tabelle). Erklärung mancher angeblicher Verschiebung der Strandlinie durch die Klimaschwankungen (Paschen, Bouquet de la Grye). Sueß geht zu weit. Bedeutung der Klimaschwankungen für die Mittelbildung in der Klimatologie, erläutert an drei Stationen. Prognosen auf Grund der Klimaschwankungen. Verzeichnis von Gelehrten, welche die Klimaschwankungen ahnten: Hann, Schweinfurth, Dove, Zimmermann, Plantamour, Lorenzoni, Kluge, Hagen, Marié Davy, Jevons, J.A. Brown, vielleicht auch Fritz. Erster zielbewusster Nachweis durch Sonklar, aber nur für die Alpen. Die Allgemeinheit und Bedeutung der Klimaschwankungen bisher nicht erkannt. Die Geschichte der Frage nach der Änderung des Klimas spiegelt die Klimaschwankungen wieder.

Es kann nicht meine Absicht sein, hier in allen Einzelheiten die Bedeutung der von uns constatirten Klimaschwankungen für die mannigfachsten Fragen der Praxis und der Wissenschaft zu schildern. Nur eine kurze Skizze glaube ich nicht unterdrücken zu dürfen. Dabei will ich mich möglichst wenig mit allgemeinen Schilderungen aufhalten, sondern nach Kräften jenen Einfluss quantitativ festzustellen suchen.

In wie hohem Maße die Gletscher unter diesem Einfluss stehen, ist bekannt, sind es doch gerade ihre Oscillationen, welche zuerst auf das Vorhandensein unserer Klimaschwankungen aufmerksam machten. Nur ein Beispiel, um zu belegen, wie gewaltig diese Schwankungen sind. Sonklar maß das Gletscherareal der Hohen Tauern auf Grund von Aufnahmen, welche kurz vor und unmittelbar nach einem Maximalstand der Gletscher aufgeführt worden waren, und fand dasselbe zu 422 qkm. Ich wiederholte seine Messung auf der neuen österreichischen Specialkarte, die Anfang der Siebziger Jahre aufgenommen wurde, also in einer Zeit nachdem die Gletscher bereits fast zwei Jahrzehnte im Rückgang gewesen waren. Das gefundene Areal von 363 qkm war um 14 Procent kleiner als das von Sonklar bestimmte.³³⁴ Da der Rückzug der Gletscher in den Ostalpen noch bis zum Ende der Achtziger Jahre sich weiter vollzog, so dürfte der Betrag desselben kaum überschätzt sein, wenn wir ihn auf rund 20 Procent der von Sonklar angegebenen Fläche veranschlagen. Um so viel etwa schwankt entsprechend unseren Klimaschwankungen die Größe des vergletscherten Areals der Hohen Tauern. Richter hat auf Grund der Beobachtungen an acht Gletschern der Ostalpen berechnet, dass in der letzten Periode des Schwindens durchschnittlich auf dem Quadratmeter Eisfläche 6.17

³³⁴ Vgl. hierzu Brückner: Die Hohen Tauern und ihre Eisbedeckung. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1886. - Richter (Die Gletscher der Ostalpen. Handbücher zur Deutschen Länder- und Volkskunde. III. Bd. 1888) fand das gletscherareal nach der gleichen Aufnahme zu 381 qkm, was einer Abnahme seit Sonklar's Zeit um nur 10 Procent entsprechen würde. Die Differenz gegen meine obige Zahl erklärt sich zum Theil wohl dadurch, dass ich auf der Specialkarte in 1:75000 maß, Richter dagegen auf den Originalaufnahmen in 1:25000.

cbm Eis abgeschmolzen sind.³³⁵ Das macht für die gesammten Ostalpen 9 *cbkm* und für die gesammten Alpen an 25 *cbkm*, also einen Eiskwürfel von rund 3 *km* Länge und Breite und ebensoviel Höhe. Es entspricht an Volumen derselbe einer über die Alpen ausgebreiteten Eisschicht von 15 *cm* Mächtigkeit; um 15 *cm* hat in den letzten 20-30 Jahren die mittlere Höhe der Alpen abgenommen.

Unsere Klimaschwankungen können auch in anderer Beziehung das geographische Bild eines Landes zeitweise stark modificieren. Besonders in trockenen Gebieten, die an sich schon wenig Wasser besitzen, ändern sich die hydrographischen Verhältnisse ganz gewaltig, indem sie den Schwankungen des Regenfalls folgen. Eine Landkarte, aufgenommen in einer Trockenperiode, wird oft ein ganz anderes Bild darbieten, als eine andere, die in einer feuchten Periode entworfen wurde. Seen verschwinden in den Trockenperioden, um in den feuchten wieder aufzutreten, wie z.B. der Lake George in Neu-Süd-Wales, der um 1820 und 1876, in geringerem Maße auch um 1850, ein stattlicher See von 20—30 *km* Länge,³³⁶ 10 *km* Breite und 5—8 *m* Tiefe war, in den dazwischen liegenden Trockenzeiten aber völlig vom Erdboden verschwand, sodass sich Gras in seinem Becken ansiedelte. Ebenso trocknet der benachbarte Lake Cowal und der Lake Bathurst in der Trockenperiode vollkommen aus, um in der folgenden feuchten wieder zu erscheinen. Die Bedeutung dieser Thatsache wird uns in ihrem vollen Umfange klar, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass der Lake George wie der Lake Cowal bei hohem Wasserstande an Fläche etwa dem Züricher See gleichkommen. Ähnlich verhält sich der Hamun-Sumpfsee in Persien, wenn er auch nicht ganz verschwindet. Gewaltig sind auch die Schwankungen des Großen Salzsees, nahm doch dessen Fläche vom letzten Minimum in den Fünfziger Jahren zum Maximum in den Siebziger um volle 17 Procent zu, oder diejenigen des Fuciner Sees, dessen Fläche sich von 1816 bis 1835 um 19.2 Procent verkleinerte. Relativ geringere, aber absolut sehr viel bedeutendere Größenänderungen erlebte das Kaspische Meer. Als dasselbe von 1809—14 bis Anfang der Vierziger Jahre um 3 *m* fiel, nahm seine Fläche um etwa 3 Procent, d.h. um rund 13.000 *qkm* ab.³³⁷

In anderer und nicht minder aufdringlicher Weise äußern sich die Klimaschwankungen an mehreren der innerafrikanischen Seen, die nach Sieger zu Zeiten, wie der Tsadsee, der Tanganyika und der Nyassa, so anschwellen, dass die für ein Jahrzehnt einen Abfluss erhalten, dann aber für die Dauer der Trockenperiode wieder abflusslos werden; ebenso der Abistada-See in Afghanistan, vielleicht auch der Göktscha-See in Armenien. Das sind alles Änderungen, wie sie selbst auf der Karte eines Handatlas zur Darstellung kommen müssen.

Auch die fließenden Gewässer werden in Mitleidenschaft gezogen. Flüsse und Bäche versiegen für ein Jahrzehnt; Sümpfe trocknen aus, um in der nächsten feuchten Periode wieder zu erscheinen.

So der Atrek, der, wie G. Sievers erzählt, nach der Versicherung der Turkmenen seit einer Reihe von Jahren, von 1871 zurückgerechnet, bedeutend abgenommen hatte, und zur Sommerzeit seine Mündung nicht mehr erreichte³³⁸ u.s.f. In den regenreichen Perioden treten dann wieder verheerende Überschwemmungen auf, so in Australien und insbesondere in Neu-Süd-Wales, wo nach Jevons die Zahl der Überschwemmungen war:

| | | |
|--------------------|-----------|---------|
| Zeitraum 1799-1821 | 1822-1841 | 1842-58 |
|--------------------|-----------|---------|

³³⁵ Richter a.a. O.S. 297.

³³⁶ In meinem Vortrag (Verhandlungen des Berliner Geographen-Tages, Berlin 1890) ist die Länge durch einen Irrthum zu 18 *km* statt 18 *miles* beziffert.

³³⁷ Gefunden mit Hilfe der hypsographischen Curve. Über diese vgl. oben S. 93.

³³⁸ Sievers in Petermann's Mittheilungen 1873, S. 292.

| | | | |
|------------------------------|------|------|------|
| Zahl der Überschwemmungen | 14 | 4 | 10 |
| Wahrscheinlichkeit derselben | 0.61 | 0.20 | 0.59 |

Jevons spricht daher ausdrücklich davon, dass Zeiten, die reich an Überschwemmungen sind, mit solchen abwechseln, die arm an Wasser sind.³³⁹ Russell hat diesen Satz später mit Unrecht bekämpft und seine oben S. 36 geschilderte hypothetische 19jährige Periode an seine Stelle gesetzt. Besonders trockene Gebiete haben infolge der Klimaschwankungen unter solchen Extremen zu leiden. Allein auch regen- und wasserreiche Gegenden werden davon betroffen, wenn auch weniger empfindlich, da die Schwankungen des Regenfalls hier nicht so intensiv auftreten.

Durch Vermittlung der hydrographischen Phänomene berühren die Klimaschwankungen tief das menschliche Leben. Die Flussschifffahrt ist in hohem Grade abhängig von der im Strombett vorhandenen Wassermenge, da diese die Tiefe bestimmt. Letztere ist infolge dessen entsprechend den Klimaschwankungen bald größer, bald kleiner. Wenn in den Trockenzeiten um 1830 und um 1860 der Wasserspiegel im fünfjährigen Durchschnitt bei Seine, Donau, Rhein, Weser, Elbe, Oder und Weichsel um einen halben Meter und mehr tiefer stand, als in den Regenperioden um 1815, 1850 und 1880, so musste das die Flussschifffahrt stark beeinflussen, ist doch ein halber Meter Tiefe mehr oder weniger für dieselbe von höchster Bedeutung. In der That wuchsen in der kritischen Zeit die Hindernisse der Schifffahrt und gar bald entstand eine gewaltige Literatur über die Frage, was wohl die Ursache des Sinkens der Flusswasserstände sei, und meist wurde die zunehmende Entwaldung als solche gedeutet. Heute wissen wir es besser: es sind die Klimaschwankungen, welche den Wechsel von Perioden nach sich ziehen, die bald dem Verkehr günstig, bald ihm ungünstig sind.

In anderer Weise äußert sich der Einfluss der Schwankungen der Temperatur auf den Verkehr durch Vermittlung der Dauer der Eisdecke der Flüsse³⁴⁰. Im Centrum der Kälteperiode, repräsentiert durch das kälteste Lustrum, ist die Navigation im Durchschnitt mehrerer Schwankungen und vieler Stationen in Sibirien und im Ural 16 Tage, in Nord-Russland 20 Tage, in Südost-Russland 17 Tage, in den baltischen Provinzen 25 Tage, und gar in Südwest-Russland, einschließlich des Donau- und Weichsel-Gebiets, 32 Tage länger geschlossen als im Centrum einer Wärmeperiode, repräsentiert in gleicher Weise durch das wärmste Lustrum. Selbst in den Mitteln für die kalten und warmen Zeiträume äußert sich dieser Einfluss deutlich. Es war zum Beispiel die jährliche Dauer der Navigations-Periode bei Kronstadt:³⁴¹

| | 1814-21 | 1822-36 | 1837-56 | 1857-63 | 1864-83 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| Mittel (Tage) | 200.5 | 231.7 | 204.5 | 223.4 | 205.0 |
| Zahl der Jahre bei normal ³⁴² | - | 11 | 7 | 5 | 7 |
| Zahl der Jahre unter normal | 8 | 4 | 13 | 2 | 13 |
| Zahl der günst. Jahre in % | 0 | 73 | 35 | 71 | 35 |

³³⁹ Jevons in Waugh's Australian Almanach. 1859, S. 61-76.

³⁴⁰ Vgl. oben S. 254.

³⁴¹ Berechnet nach Rykatschew: Auf- und Zugang der Gewässer in Russland. St. Petersburg 1886 (russisch), S. 294.

³⁴² 208 Tage. Diese Mittel wurde mit Ausschluss der abnormen Jahre 1823 und 1835 gefunden.

Es blieb also im Gesamtmittel der kalten Periode die Rhede von Kronstadt und damit der Hafen von St. Petersburg volle 3-4 Wochen länger gesperrt als im Mittel der warmen Periode; das ist aber 1/10 bis 1/7 der ganzen Navigationsperiode. Das bedeutet, dass in der kalten Periode die westlicher gelegenen Häfen mit kurzer Sperrzeit einen Theil des Verkehrs von Petersburg erhalten, der ihnen in der warmen Periode wieder entzogen wird. Freilich kommen derartige Unterschiede in der Dauer der Navigationsperiode auch von einem Jahr zum andern vor. Dann aber macht das folgende Jahr wieder gut, was das vorhergehende geschadet; nicht so bei den Klimaschwankungen, wo sich die Durchschnittswerthe geändert haben und die günstigen oder ungünstigen Verhältnisse sich im Mittel vieler Jahre hindurch erhalten. In den kalten Perioden sind nur etwa ein Drittel aller Jahre günstig, d.h. durch eine im Vergleiche zur normalen lange Navigationsperiode ausgezeichnet, dagegen zwei Drittel ungünstig; in der warmen aber zwei Drittel bis drei Viertel aller Jahre günstig und nur ein Drittel bis ein Viertel ungünstig. Ganz ähnliche Verhältnisse wie Kronstadt zeigt auch die Rhede von Helsingfors, die im warmen Lustrum 1831-35 etwa eine Woche früher eisfrei wurde als in den kalten Lustren 1836-55; ebenso die Rhede von Arensburg und von Pernau. Auch auf amerikanischem Boden tritt uns die gleiche Erscheinung entgegen. Es war die Schifffahrt auf dem Erikanal im Staat New-York jährlich geschlossen: 1828-33 129 Tage, 1838-47 141 Tage, 1848-57 135 Tage.³⁴³ So gehen denn Hand in Hand mit den Klimaschwankungen gewisse Schwankungen im Verkehrsleben, die nichts weniger als unbedeutend sind.

Ein anderes Gebiet, auf dem sich der Einfluss der Klimaschwankungen geltend macht, ist die Landwirtschaft. Dieser Einfluss ist jedoch nach der Örtlichkeit sehr verschieden. Dort, wo Überfluss an Feuchtigkeit herrscht und infolgedessen die feuchten Jahre die weniger ergiebiger sind, zeichnet sich die Trockenzeit unserer Klimaschwankungen durch reichlichere Erträge aus; in trockenen Klimaten dagegen, wo Dürre und Missernte Hand in Hand gehen, sind dieselben gerade in der Trockenperiode gering. Um dieses zu erhärten, stellte ich auf Grund der von Fritz für die einzelnen Jahre mitgetheilten Daten³⁴⁴ die unten folgende Tabelle der Erträge zusammen.

Über die Bedeutung der Zahlen ist zu bemerken:

Die Weinerträge von Volnay, Aargau, Nassau, Württemberg und Frankreich verstehen sich in Hektolitern pro Hektar jährlich; für Preußen dagegen in Eimern (zu 68.7l) pro preußischen Morgen (0.26 ha); für die Domäne Hochburg in Baden und für Hessen ebenfalls in Hektolitern pro Hektar, für den Staat Ohio dagegen in Gallonen pro Acre.³⁴⁵ Die Weizenträge sind in Bushels pro Acre angegeben³⁴⁶.

Säkulare Schwankungen der Wein- und Weizenträge

Abweichungen vom Mittel.

Weinernte

Weizenträge

| | | | | | | |
|------------------------|------------|---------|----------------|----------------|------------|------------|
| Volnay, Aargau, Nassau | Frankreich | Preußen | Domäne Hochbur | Groß-herzogth. | Staat Ohio | Staat Ohio |
|------------------------|------------|---------|----------------|----------------|------------|------------|

³⁴³ Zeitschr. f. Met. 1873, S.335.

³⁴⁴ Fritz, Periodische Erscheinungen der Meteorologie und Kosmologie. Internationale wissenschaftliche Bibliothek, LXVII Band. Leipzig 1889.

³⁴⁵ Fritz a.a. O. S. 283-296; nur Frankreich nach Angot a. a. O. S. B. 33.

³⁴⁶ Fritz a.a.O. S. 303.

| | Württemberg. | | | g | Hessen | | |
|--------|--------------|-----|-----|-------|--------|-----|------|
| Mittel | 15 | ? | 7 | | 26 | 70 | 13.3 |
| | -6 | | | 28 | | | - |
| 1821- | 6 | - | -1 | | - | - | - |
| 25 | 5 | - | 2 | 12. | - | - | - |
| 26-30 | 3 | - | 3 | 8 | - | - | - |
| 31-35 | -4 | - | -2 | 17. | - | - | - |
| 36-40 | 3 | - | -3* | -6 | - | - | - |
| 41-45 | -7* | - | 2 | -15.* | - | - | - |
| 46-50 | 2 | -8* | -2 | 0 | - | - | -0.1 |
| 51-55 | -1 | -2 | 1 | -14 | - | - | -0.8 |
| 55-60 | 3 | 2 | - | -6 | - | - | - |
| 61-65 | 0 | 5 | - | - | 9 | -4 | 2.6* |
| 66-70 | -7* | 6 | - | - | -5 | -18 | -1.2 |
| 71-75 | -1 | -3* | - | - | -8* | 14 | 0.4 |
| 76-80 | | - | - | - | 2. | 7 | 2.3 |
| 81-85 | | | | - | | | 2.0 |

In den trockenen und warmen Jahren um 1830 herum treffen wir in Mitteleuropa durchweg abnorm große Weinerträge. Zwischen 1840 und 1855 sind sie sehr gering, um dann um 1860 herum zuzunehmen. Gegen 1880 tritt wieder ein deutliches Sinken ein. Umgekehrt ist es in Ohio; hier entspricht dem Maximum des Regenfalls 1876/80 ein Maximum des Weinertrags. Dass sich hier die Schwankungen der Erträge umgekehrt vollziehen, wie auf dem Boden Mitteleuropas, zeigt die Reihe der Weizenträge besonders deutlich: die trockenen Sechziger Jahre mit ihren schlechten Ernten und die feuchten um 1880 mit ihren reichen Erträgen.

Auch in früheren Jahren bestand in Mitteleuropa dieser Zusammenhang. Es waren hier unergiebigere Erntejahre die Zeiten von 1576-90, 1765-74, 1812-17; gute Erträge lieferten 1671-78, 1698-1708, 1818-18 u.s.w. Die Getreidepreise Englands waren hoch, somit die Erträge wenigstens im Allgemeinen gering um 1648, 1700, 1810 und 1855; in Mitteleuropa um 1760, 1817; in Süddeutschland und in der Schweiz um 1544, 1587, 1710, 1795, 1817, 1847 und 1855. Die Weinerträge waren in Mitteleuropa gut 1470, 1534, 1636, 1678, 1724, 1784, 1854; gering dagegen um 1440, 1485, 1605, 1695, 1765, 1810, 1875; für Süddeutschland, die Ostschweiz, den Mittelrhein und die Mosel namentlich um 1482-93, 1595-1610, 1685-1700, 1755-74 und 1795 bis 1820.³⁴⁷ Vergleicht man diese Jahreszahlen mit den von uns s. 271 nach dem Verhalten der Häufigkeit kalter Winter und des Termins der Weinernte unterschiedene Kälte- und Wärmeperioden, die ja zugleich Nässe- und Trockenperioden darstellen, so reihen sich alle gesetzmäßig in dieselben ein, ausgenommen die in der obigen Aufzählung cursiv gedruckten. Zählen wir diese Ausnahmen und ebenso die sich gesetzmäßig verhaltenden Jahre, der Einfachheit wegen ohne darauf Rücksicht zu nehmen, ob sie nur einzelne Jahre bezeichnen oder Perioden begrenzen, so sind es der letzteren 38, der Ausnahmen aber nur 11. Es lässt sich das in die Worte kleiden, dass in Mittel- und Westeuropa von allen Jahren mit besonders reichen Erträgen 77 Procent in die warmen Trockenperioden fallen und ebenso von allen schlechten Jahren 77 Procent in die feuchten Kälteperioden, was ganz mit unserem Ergebnis für die letzten 60 Jahre im Einklang steht.

In den trockenen Gebieten und ebenso auch im Allgemeinen in den Tropen ist Trockenheit den Ernteerträgen nachtheilig. So litt Mauritius in den Sechziger Jahren

³⁴⁷

Nach Fritz a.a. O.S. 265 u. 387.

stark unter den eingetretenen Dürren, die man der umsich greifenden Entwaldung zuschrieb, die jedoch mit der Zunahme des Regens nach 1865 und besonders nach 1870 wieder aussetzten.³⁴⁸ Sibirien litt gleichfalls um 1860 herum stark an Dürren und hatte infolgedessen eine Reihe von Missernten. In Neu-Süd-Wales entfielen nach Jevons³⁴⁹ auf die Jahre 1799-1821, also eine im Allgemeinen regenreiche Periode, nur drei hervorragende Dürren, auf die Trockenperiode 1822-1841 aber neun, auf die feuchte Zeit 1841-57 wieder nur drei. In den Provinzen Buenos Aires und Santa Fé am Parana herrschten, wie Darwin berichtet,³⁵⁰ 1827-30 entsetzliche Dürren, denen Millionen von Thieren zum Opfer fielen. 1791 und 1792 litten gleichzeitig Ostindien, Westindien und die Cap-Verden von Dürren. Beide Zeiträume fallen ins Centrum von zwei Trockenperioden. Von den bei Fritz³⁵¹ für Ostindien, Neu-Süd-Wales, Nordamerika und Mauritius verzeichneten Dürren dieses Jahrhunderts ereigneten sich 60 Procent in unseren Trockenperioden, obwohl seit 1800 drei Regenperioden und nur zwei Trockenperioden verflossen sind.

In eigenthümlicher Weise beeinflussen die Klimaschwankungen die Fruchtbarkeit Ägyptens. Letztere hängt bekanntlich ausschließlich von der Nilfluth ab. Ein um wenige Centimeter höheres Anschwellen der letzteren bringt bereits ausgedehnten Ländereien, die für gewöhnlich unfruchtbar sind, Feuchtigkeit und Dünger und damit Ertragfähigkeit. Nach unserer Tabelle S. 128 stieg nun die Nilfluth 1846 - 50 im Durchschnitt jährlich 0.86 m höher als 1831-35 und 0.38 m höher als 1856 bis 1860, ebenso 1871-75 0.60m höher als 1856-60. Solche Schwankungen sind für die Erträge der Ländereien von eminenter Bedeutung.

Geradezu verhängnisvoll dürften die Klimaschwankungen für die Zukunft der trockenen Gebiete des inneren Nordamerika werden, die sich um den Großen Salzsee herum gruppieren. Hier ist von Anfang der Sechziger bis zur Mitte der Siebziger Jahre der Große Salzsee um 3m gestiegen; seine Zuflüsse füllten sich mit Wasser, das zur Berieselung der neuangelegten Felder und Weisen abgeleitet wurde.³⁵² Wir sahen oben, dass die Ansicht meist dahin geht, die Ausbreitung des Culturlandes in den früher wüsten Gebieten habe den Regenfall erheblich vermehrt.

Dagegen möchte ich hervorheben, dass die Besserung des Klimas genau in jene Zeit fällt, in welcher mehr oder weniger die gesammten Landmassen der Erde, besonders aber die Continentalgebiete infolge der Klimaschwankungen eine Zunahme des Regenfalls erlebten. Dass sich andererseits in Amerika in früheren Zeiten analoge Änderungen des Klimas abspielten, bald in dem einen, bald wieder in dem anderen Sinn, ließ sich an den Beobachtungen des Regenfalls und der Flusswasserstände im benachbarten Mississippigebiet für das laufende Jahrhundert und an der Hand der Temperaturbeobachtungen sogar bis tief in das vorige Jahrhundert zurück constatieren. Es sind dieselben Schwankungen, die sich in Europa bis zum Jahre 1000 zurückverfolgen ließen, und diese große Zahl der nachgewiesenen Schwankungen zwingt uns zur Annahme, dass sie sich auch in Zukunft weiter vollziehen werden. Es scheint mir nach Allem in hohem Grade wahrscheinlich, dass auf die von Anfang der Sechziger Jahre an constatirte Verbesserung des Klimas am Salzsee nunmehr eine Verschlechterung folgen

³⁴⁸ Vgl. Köppen in den Annalen der Hydrographie 1887, S. 280.

³⁴⁹ Jevons a.a.O.

³⁵⁰ Darwin's naturwissenschaftliche Reisen etc. Deutsch von Dieffenbach. 1844, B.I., S. 151, 153.

³⁵¹ Fritz a.a. O.S. 331.

³⁵² Vgl. hierzu Gilbertin Powell: Report upon arid Regions. Washinton 1879. S. 55 ff.

wird, deren Vorboten bereits in den letztvergangenen trockenen Jahren zu erkennen sein dürften, welche in der That auch ein Sinken des Großen Salzsees im Gefolge hatten: 1888 stand der See schon wieder so tief wie 1864.³⁵³ Sollte sich diese Vermuthung bewahrheiten, dann ist leider für jene Gebiete eine große ökonomische Krise in der allernächsten Zeit unvermeidlich; denn die Ländereien, welche von 1870 -80 anbaufähig waren, würden dann gar bald infolge der Dürre einen Ertrag verweigern.³⁵⁴ Es dürfte sich dann hier zeigen, wie es sich in Ägypten und Sibirien gezeigt hat, dass entsprechend den Klimaschwankungen nicht nur die Erträge der Landwirthschaft, sondern sogar direct das Areal des anbaufähigen Landes in seiner Größe Schwankungen erleidet.

Nicht ohne Einfluss sind die Klimaschwankungen auf die Gesundheitsverhältnisse. Ich habe diese Frage allerdings nur nach einer Richtung hin untersucht, indem ich die Beziehungen zwischen den Klimaschwankungen und dem Auftreten des Typhus festzustellen strebte. Nicht direct wirken die Witterungsverhältnisse auf die Häufigkeit der Typhusfälle ein, sondern durch Vermittlung des Grundwassers. Wenn auch Pettenkofer's Grundwasser-Theorie noch immer viele Gegner findet, so dürfte sich wohl kaum jemand, der die Beweise eingehend prüft, derselben ganz verschließen können.

Der Grundwasserspiegel senkt und hebt sich parallel den Klimaschwankungen; er stand in den feuchten und kühlen Zeiten um 1850 und 1880 hoch, in den trockenen und warmen um 1830 und 1860 tief.

Säculare Schwankungen des Grundwassers (m)

| | 1856-60 | 61-65 | 66-70 | 71-75 | 76-80 | 81-85 |
|----------|---------|-------|-------|-------|-------------|-------|
| München | 0.09* | 0.27 | 0.42 | 0.27 | 0.75 | 0.35 |
| Salzburg | - | 2.97* | 3.03 | 2.99 | 3.13 | 3.04 |

Penck war der erste, der die Vermuthung aussprach, es dürfte infolgedessen auch das Auftreten von Epidemien durch die Klimaschwankungen beeinflusst werden³⁵⁵ Mir gelang es, diesen Einfluss ziffernmäßig zuerst für Hamburg und dann auch für andere Gebiete nachzuweisen.³⁵⁶ Leider liegen für diesen Nachweis keine Morbiditätszahlen. Diese aber können unter Umständen gefälschte Verhältnisse zeigen, insofern sie durch Änderungen in der Heilmethode beeinflusst sein können. Auch die Morbiditätszahlen sind freilich, besonders in den letzten Jahrzehnten, keine reine Function der Grundwasserschwankungen, da die Assanierung der Großstädte durch Kanalisation bedeutende Fortschritte gemacht hat. So kommt es, dass nur in Basel Schwankungen der Typhussterblichkeit zu constatieren sind, die den Klimaschwankungen genau

³⁵³ Nach einer handschriftlichen Curve von Herrn G.K. Gilbert, die ich der Zuvorkommenheit des Herrn Dr. R. Sieger verdanke.

³⁵⁴ Diese Schlußfolgerung wurde von mir zum ersten Mal in einem öffentlichen Vortrag über das Thema: "Aendert sich unser Klima?", gehalten am 31. März 1888 in der Aula der Universität Dorpat, ausgesprochen (vgl. das Referat in Nr. 68 der Neuen Dörptschen Zeitung).

³⁵⁵ Penck in der Münchener Allgemeinen Zeitung Ende 1887 in einem Referat über Soyka, der Boden.

³⁵⁶ Vgl. für Hamburg Brückner: Grundwasser und Typhus. Mittheilungen der Geographischen Gesellschaft in Hamburg 1887-88. Heft III. Die übrigen Reihen wurden nach den von Reincke: Der Typhus in Hamburg. Hamburg, 1890, s. 68 gegebenen Zahlen berechnet.

entsprechen, an anderen Orten aber in der Regel vom Beginn der Beobachtungen an eine Minderung der Typhussterblichkeit beobachtet wird.

Ich gebe zunächst die Zahlen für Basel wieder und zwar ausgeglichen durch Bildung von Fünfjahrsmitteln.

**Jährliche Typhussterblichkeit zu Basel auf 10000 Einwohner bezogen.
Fünfjahrsmittel.**

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1824 | 2.4 | 1839 | 14.6 | 1854 | 11.9 | 1869 | 8.8 |
| 25 | 3.2 | 40 | 15.1 | 55 | 12.5 | 70 | 6.3 |
| 26 | 3.0 | 41 | 17.6 | 56 | 18.1 | 71 | 5.4 |
| 27 | 3.1 | 42 | 17.2 | 57 | 20.0 | 72 | 5.5 |
| 28 | 11.4 | 43 | 14.6 | 58 | 23.2 | 73 | 5.8 |
| 29 | 12.6 | 44 | 13.8 | 59 | 23.2 | 74 | 5.4 |
| 30 | 13.6 | 45 | 13.8 | 60 | 24.7 | 75 | 6.1 |
| 31 | 16.4 | 46 | 12.1 | 61 | 19.6 | 76 | 6.1 |
| 32 | 17.8 | 47 | 11.6 | 62 | 17.8 | 77 | 5.3* |
| 33 | 10.0 | 48 | 12.3 | 63 | 24.8 | 78 | 6.1 |
| 34 | 10.1 | 49 | 11.1 | 64 | 30.1 | 79 | 8.3 |
| 35 | 10.5 | 50 | 9.6 | 65 | 29.9 | 80 | 7.2 |
| 36 | 8.6 | 51 | 9.4 | 66 | 29.4 | 81 | 6.7 |
| 37 | 10.1 | 52 | 9.3 | 67 | 28.2 | 82 | 7.7 |
| 38 | 12.9 | 53 | 9.1* | 68 | 17.1 | 83 | 7.0 |

In der ersten Hälfte der Zwanziger Jahre ist die Typhussterblichkeit klein (unter 10 pro 10.000 Einwohner), von 1828 an dagegen bis 1849 groß mit einem Maximum 1832 und mit einer Unterbrechung 1836, 1850-53 wieder klein, (Minimum 1853), 1854-68 sehr groß (Maximum 1864), um von 1869-83 wieder klein zu werden (Minimum 1877). Sehen wir von den ersten vier Jahren ab, deren Angaben nicht zuverlässig erscheinen,³⁵⁷ und bilden wir Mittel für die von uns unterschiedenen feuchten und trockenen

Perioden, so haben wir: Trockenperiode 1825 bis 1840 11.4 Regenperiode 1841-55 12.0, Trockenperiode 1856-70 21.7, Regenperiode 1871-83 6.2. Die einzige erhebliche Abweichung betrifft die erste Hälfte der Vierziger Jahre, die regenreich sind, aber trotzdem eine erhebliche Typhussterblichkeit aufweisen.

Dass solche Schwankungen in anderen Städten nicht vorkommen, lehrt nachfolgende kleine Tabelle der Lustrenmittel, in welche zum Vergleich auch Basel aufgenommen ist.

**Jährliche Typhussterblichkeit in verschiedenen Städten, Gebieten und
Truppentheilen, dargestellt durch Lustrenmittel, bezogen auf 10000 Einwohner**

| | Hamburg | München | Würz- - burg | Augs- - burg | Frankf. a.M. | Berlin | Badisches Armee- corps | Baden | Chem- nitz ³⁵⁸) | Basel |
|------|---------|---------|--------------------|--------------------|-----------------|--------|------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| 1821 | 9.7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| -25 | 13.6 | - | - | - | - | - | 13 | - | - | 11.2 |
| 26- | 14.2 | - | - | - | - | - | 34 | - | - | 10.0 |
| 30 | 15.1 | - | - | - | - | - | 50 | - | - | 12.9 |
| 31- | 15.9 | - | - | - | - | - | 58 | - | - | 14.6 |

³⁵⁷ So kleine Werthe kommen in späteren Jahren nie vor.

³⁵⁸ Procente der Krankenhaus-Aufnahmen.

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|
| 35 | 12.8 | - | 13.8 | - | - | - | 59 | - | - | 12.3 |
| 36- | 10.6 | - | 14.4 | - | 8.5 | - | 27 | 13. | 6.2 | 9.1 |
| 40 | 8.4 | 24.0 | 11.6 | - | 8.8 | 10.0 | 16 | 6 | 8.0 | 23.2 |
| 41- | 7.7 | 18.7 | 13.2 | 11.6 | 5.0 | 9.6 | 13* | 10. | 5.6 | 24.8 |
| 45 | 7.2 | 11.9 | 15.7 | 11.9 | 5.7 | 8.6 | 14. | 5 | 3.2 | 17.1 |
| 46- | 5.6 | 15.6 | 6.9 | 6.6 | 6.8 | 10.1 | - | 8,5 | 4.5 | 5.8* |
| 50 | 3.1 | 7.7 | 3.1 | 5.1 | 2.1 | 4.6 | - | 7.5 | 1.6* | 6.1 |
| 51- | 3.0* | 1.7* | 1.8* | 1.5* | 1.2* | 2.6* | - | 6.9 | 2.5 | 7.0. |
| 55 | | | | | | | | 3.8 | | |
| 56- | | | | | | | | * | | |
| 60 | | | | | | | | - | | |
| 61- | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | |
| 66- | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | |
| 71- | | | | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | |
| 76- | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | |
| 81- | | | | | | | | | | |
| 85 | | | | | | | | | | |

Zwar tritt uns überall eine Minderung der Typhussterblichkeit von 1860 an entgegen; allein man muss dieselbe in der Hauptsache als eine Folge der zunehmenden Assanierung betrachten; denn alle Reihen haben die Tendenz gegen die Gegenwart immer mehr zu fallen. Doch darf man, wie ich glaube, einen Theil jener Besserung seit 1860 jedenfalls dem Steigen des Grundwassers zuschreiben. Ein Zeichen dafür ist mir der in dem relativ trockenen Lustrum 1871-75 in München, Frankfurt a.M., Berlin und Chemnitz zu beobachtende Rückgang, ferner die in Frankfurt a.M., Chemnitz und Basel im trockenen Lustrum 1856-60 zu bemerkende Verschlechterung im Vergleich zum vorhergehenden feuchten Lustrum. Auch die Zunahme der Typhusfrequenz von 1820 bis 1836 in Hamburg entspricht ganz der damals herrschenden Trockenperiode.

Modificieren wir die Fragestellung etwas und fragen wir nicht darnach, wie groß die Typhussterblichkeit in einem gegebenen Lustrum war, sondern stellen wir die Änderung gegen das vorhergegangene Lustrum fest, so tritt der Einfluss der Klimaschwankungen sofort klar hervor. Dieses ist in der nachfolgenden Tabelle geschehen. Die Zahlen geben an, um wie viel in einem bestimmten Lustrum die Typhussterblichkeit, bezogen auf 10000 Einwohner, im Vergleich zum vorhergehenden zugenommen (+) oder abgenommen (-) hat.

Es zeigt sich, dass mit ganz wenigen Ausnahmen die Trockenperioden um 1830 und um 1860 durch eine Verschlechterung oder doch durch einen fast vollständigen Stillstand in der allgemeinen Besserung der Typhusmortalität ausgezeichnet sind, die feuchten Perioden dagegen

Änderung der Typhussterblichkeit von Lustrum zu Lustrum

| | Hamburg | München | Würzburg | Augsburg | Frankfurt a.M. | Berlin | Badisches Armeecorps | Baden | Chemnitz ³⁵⁹ | Basel | Mittel |
|--|---------|---------|----------|----------|----------------|--------|----------------------|-------|-------------------------|-------|--------|
| | | | | | | | | | | | |

³⁵⁹

Procente der Krankenhaus-Aufnahmen.

| | | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1826 | +3.9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | +3.9 |
| -30 | +0.6 | - | - | - | - | - | +21 | - | - | -1.2 | -0.3 |
| 31- | +0.9 | - | - | - | - | - | +16 | - | - | +2.9 | +1.9 |
| 35 | +0.8 | - | - | - | - | - | +8 | - | - | +1.7 | +1.2 |
| 36- | -3.1 | - | - | - | - | - | +1 | - | - | -2.3 | -2.7* |
| 40 | -2.2 | - | +0.6 | - | - | - | -32* | - | - | -3.2* | -1.6 |
| 41- | -2.2 | - | -2.8 | - | 0.3 | - | -11 | -3.1 | +1.8 | +14.1 | +1.4 |
| 45 | -0.7 | -5.3 | +1.6 | - | -3.8 | -0.4 | -3 | -2.0 | -2.4 | +1.6 | -1.4 |
| 46- | -0.5 | -6.8 | +2.5 | +0.3 | +0.7 | -1.0 | +1 | -1.0 | -2.4 | -7.7 | -1.5 |
| 50 | -1.6 | -3.7 | -8.8* | -5.3* | +1.1 | +2.1 | - | -0.6 | +1.3 | - | -2.9 |
| 51- | -2.5* | -7.9* | -3.7 | -1.5 | -4.7* | -5.5* | - | -3.1* | -2.9* | 11.3* | -3.6* |
| 55 | -0.1 | -6.0 | -1.3 | -3.6 | -0.9 | -2.0 | - | - | +0.9 | +0.3 | -1.5 |
| 56- | | | | | | | | | | +0.9 | |
| 60 | | | | | | | | | | | |
| 61- | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | |
| 66- | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | |
| 71- | | | | | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | | |
| 76- | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | |
| 81- | | | | | | | | | | | |
| 85 | | | | | | | | | | | |

durch eine Beschleunigung der Besserung. Die letzte der Reihen, die als Mittel der übrigen³⁶⁰ gewonnen wurde, zeigt diese Schwankungen in der Besserung sehr deutlich und klar. Die Maxima der Besserung fallen genau die feuchten Lustren 1846-50 und 1876-80, die Minima auf die trockenen Lustren 1826-30 und 1856-60. Es ist dadurch wahrscheinlich gemacht, dass die Klimaschwankungen die Morbiditäts-Verhältnisse des Typhus in deutlicher Weise beeinflussen.

So paradox es auch im ersten Augenblick Manchem scheinen mag, so lässt es sich doch nicht leugnen, dass die Klimaschwankungen einen Einfluss auf das Niveau der Meere ausüben. Mohn hat in seinem classischen Werk über die Strömungen des Nordmeers gezeigt³⁶¹ wie zahlreich die Factoren sind, deren Ineinandergreifen den momentanen Stand des Meeresspiegels bedingt. Da ist de Luftdruck, dessen ungleichmäßige Vertheilung den Meeresspiegel deformiert, da ist der Salzgehalt des Meerwassers, welcher in der Nähe des Landes in hohem Grade von der Menge des zufließenden Süßwassers abhängt, da ist ferner der Wind dessen Wirkung nicht unterschätzt, aber auch nicht überschätzt werden darf, und endlich noch die Temperatur, die im Verein mit dem Salzgehalt die Dichte des Wassers bestimmt.

Die Deformierungen, die durch die Combination dieser Einflüsse zu Stande kommen, sind sehr erheblich und erreichen auf Mohn's Karte 1 Meter. Von diesem Betrag entfällt auf den Einfluss der Dichtigkeit des Meerwassers im Maximum 0.7m und

³⁶⁰ Ohne Chemnitz

³⁶¹ Mohn: Nordhavets Dybter, Temperatur og. Strominger. Christiania 1887, (VIII. Bd. vom Werk der Norske Nordhavets-Expedition 1876-78). Eine vorläufige Mittheilung, die jedoch in den quantitative Resultaten von der definitiven zum Theile erheblich abweicht, erschien als Ergänzungsheft Nr. 79 zu Petermann's Mittheilungen. Gotha, 1885.

auf denjenigen des Windes 0.8m, auf denjenigen des Luftdrucks dagegen nur -0.07 m, d.h. der Luftdruck hebt einen kleinen Theil der Deformierung durch die anderen Factoren auf. Am tiefsten steht der Meeresspiegel in der Mitte zwischen Island und Spitzbergen wie Grönland und Norwegen, am höchsten bei Grönland und am Ausgang der Ostsee.

Alle die genannten Factoren folgen nun, wie wir theils wissen, theils a priori vermuthen müssen, den Klimaschwankungen. Entsprechende Schwankungen der Windverhältnisse und der Temperatur des Meerwassers nachzuweisen, ist allerdings heute unmöglich, da geeignete Beobachtungen fehlen.

Schwankungen des Luftdrucks haben wir dagegen oben kennen gelernt und auch solche des Salzgehalts lassen sich wenigstens für die Ostsee darthun. Es war hier von 1869 bis 1873 der Salzgehalt ein hoher; er nahm dann ab und war im Centrum der Regenperiode, also 1878-81, auf der Höhe von Rügen um zwei pro mille, in der Nachbarschaft des kleinen Belts sogar fünf bis sechs pro mille kleiner als um 1870 herum. Dieses Verhalten scheint auf eine Minderung des Salzgehalts in der feuchten Periode und auf eine Mehrung desselben in der Trockenperiode hinzuweisen. Doch mahnt die Kürze der Beobachtungszeit umso mehr zur Vorsicht, als nach Karsten der Salzgehalt in der Ostsee hauptsächlich von Sturmfluthen aus Westen beeinflusst wird. Wie dem auch sei, jedenfalls können wir an verschiedenen Pegelstationen Schwankungen des Meeresspiegels nachweisen, deren Rhythmus identisch mit demjenigen der Klimaschwankungen ist, wie ich 1887 vor der Versammlung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft ausführte.³⁶² Aus den von mir damals zusammengestellten Reihen von Pegelbeobachtungen will ich nur diejenige von Swinemünde hier wiedergeben, und zwar ausgeglichen und nicht ausgeglichen, und sie mit den Wasserstandsbeobachtungen an der Oder vergleichen. Außerdem füge ich noch die Lustrenmittel der Pegelbeobachtungen zu Brest, Cherbourg und Havre bei, die von Bouquet de la Grye bearbeitet wurden.³⁶³

Säkulare Schwankungen des Meeresspiegels in Abweichungen vom Mittel

| | Swinemünde mm | | Oder, Neuglitz m | | Le Havre | Cherbourg | Brest |
|---------|---------------|----------|------------------|----------|----------|-----------|-------|
| | roh | ausgegl. | roh | ausgegl. | mm | mm | mm |
| 1826-30 | -78 | -3* | 2.1 | 2.0 | - | - | - |
| 31-35 | 5 | -1 | 1.7 | 1.9* | - | - | - |
| 36-40 | -5 | 0 | 2.2 | 2.0 | - | - | - |
| 41-45 | 6 | 2 | 2.0 | 2.2 | - | - | - |
| 46-50 | 0 | 6 | 2.5 | 2.4 | - | - | - |
| 51-55 | 19 | 6 | 2.7 | 2.4 | - | - | 10 |
| 45-60 | -14 | -10 | 1.9 | 2.1 | - | - | - |
| 61-65 | -33* | -10 | 1.8* | 1.9* | }-27* | 1 | -17 |
| 66-70 | 41 | 7 | 2.1 | 2.0 | } | 19 | -10 |
| 71-75 | -12 | -16 | 2.0 | 2.1 | 5 | -13* | -23* |
| 76-80 | 47 | 21 | 2.4 | 2.3 | 52 | 31 | -6 |
| 81-85 | - | - | - | - | -17 | 21 | 7 |

| Zahl der Jahre | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

³⁶² Vgl. Annalen der Hydrographie 1888, Februarheft.

³⁶³ Bouquet de la Grye in den Pariser Comptes Rendus 1888, II, S.813.

| | | | | | | | | | | | |
|------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------------|-----|-----|
| Prag 100 + | 1.7 | 2.0 | 3.8 | 4.0 | 4.2 | 2.5 | 2.0 | 1.4 | 1.4 | 1.9 | 1.9 |
| Madras 100 | 2.2 | 2.4 | 4.9 | 4.8 | 5.1 | 2.4 | 2.8 | 2.0 | 3.3 | 2.6 | - |
| | + | | | | | | | | | | |

Man sieht, dass in der That das 35jährige Mittel dem "Normalwerth" näher kommt als sämtliche andere vieljährige Mittel. Es ist von demselben nur 0.4, beziehungsweise 0.6% entfernt, während das 50jährige Mittel um 2.8, beziehungsweise um 3.1%, d.h. um mehr als fünfmal soviel vom Normalwerthe abweicht. Die große Überlegenheit des 35jährigen Mittels tritt also klar hervor. Nur das 30jährige Mittel ist ihm noch überlegen, da es sich dem Normalwerth bis auf 0.3, beziehungsweise 0.2% nähert. Der Grund hierfür liegt darin, dass die letzte Schwankung des Regenfalls nicht die mittlere Dauer von 34.8 Jahren besaß, sondern nur etwa 30 Jahre umfasste.

Bemerkenswerth ist es, dass alle oben aufgeführten vieljährigen Mittel zu groß sind und kein einziges zu klein; sie fallen also nicht etwa zu beiden Seiten des Normalwerthes. Das kann auch nicht anders sein. Indem wir von 1885 rückwärts gehen, beginnen wir mit dem Ende der letzten regenreichen Periode; in das 30-, beziehungsweise 35jährige Mittel geht diese letzte feuchte Periode und die vorhergehende Trockenperiode ein, in das 50jährige Mittel dann zwei feuchte und eine trockene Periode etc. Niemals aber kann, sobald die ersten Lustren, mit denen wir beginnen, feucht sind, die Zahl der Trockenperioden größer sein als diejenige der feuchten; sie kann höchstens der letzteren gleichkommen. Hätten wir mit einer Trockenperiode begonnen, so würden die vieljährigen Mittel, abgesehen von den dem Normalwerth ungefähr gleichkommenden 35- oder 70jährigen, alle unter dem Normalmittel gelegen haben.

Die als Beispiele herangezogenen beiden Stationen befinden sich in Gebieten, in denen die Schwankungen des Regenfalls nicht besonders intensiv auftreten und trotzdem sehen wir einen so erheblichen Einfluss auf die Mittelbildung. Noch viel größer ist natürlich dieser Einfluss dort, wo die Schwankungen sich verschärfen, z.B. in Westsibirien. Die Beobachtungen der westsibirischen Station Barnaul umfassen leider gerade nur eine Schwankung, so dass wir jenen Einfluss auf die vieljährigen Mittel nur unter der Annahme zeigen können, dass die Schwankung zwischen 1846 und 1880 uns eine normale Schwankung repräsentiert³⁶⁴. Nehmen wir das Jahr 1846 als Ausgangspunkt und denken wir uns die Schwankungen sich mit absoluter Regelmäßigkeit genau so wie in den Jahren 1846-1880 auch weiterhin vollziehen, so repräsentiert uns jedes 35jährige Mittel (101.3) den "Normalwerth", ebenso auch jedes 70jährige, 105jährige etc., sobald nur die Zahl der Jahre ein ganzes Vielfaches von 35 ist. Wollte man dagegen den Normalwerth auf Grund von 35. x + w Beobachtungsjahren nur auf 1% gesunken finden, so bedürfte man unter Umständen 440 Beobachtungsjahre dazu.

Es kann nach allem nicht zweifelhaft sein, dass man unsere Klimaschwankungen bei der Ableitung von klimatologischen Mittelwerthen, welche als Normalwerthe gelten sollen, nicht vernachlässigen darf; denn Mittel, welche nicht eine ganze Zahl von Schwankungen umfassen, entfernen sich oft sehr erheblich vom gesuchten Normalwerth. Als ein besonders glücklicher Zufall muss es bezeichnet werden, dass Hann gerade den Zeitraum 1851-1880 als Standard-Periode für die Bildung klimatologischer Mittel vorschlug und consequent in Anwendung brachte; denn derselbe umfasst nahezu genau eine volle Klimaschwankung.

³⁶⁴ Die Lustremittel zwischen 1846 und 1880 sind der Reihe nach 111, 101, 87, 66, 76, 114 und 154%.

Angesichts dieser großen und vielseitigen Bedeutung der Klimaschwankungen für so zahlreiche Gebiete des praktischen Lebens drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob nicht auf Grund der Erkenntnis dieser Schwankungen eine Prognosenstellung für die Zukunft möglich wäre. In der That kann ja auch nicht der leiseste Zweifel bestehen, dass die Schwankungen, deren wir vom Jahr 1000 an nicht weniger als 25 nachgewiesen haben, sich auch in Zukunft in ganz ähnlicher Sicherheit noch mehr behaupten. Alles wies darauf hin, dass um das Jahr 1880 herum ein Maximum des Regenfalles und ein Minimum der Temperatur fällt: wir müssen daher schließen, dass wir gegenwärtig einem Minimum des Regenfalles und einem Maximum der Temperatur, mit anderen Worten, einer warmen Trockenperiode entgegengehen. Damit aber sind wir auch am Ende dessen, was wir mit Sicherheit voraussehen können. Wann das Minimum des Regenfalles zu erwarten ist, können wir nur annähernd mit einem wahrscheinlichen Fehler von ± 6 Jahren angeben; denn soviel beträgt der wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Periodenlänge: Das Minimum dürfte annähernd um die Wende des Jahrhunderts eintreten. Das soll jedoch nur heißen, dass um diese Zeit die trockenen und die warmen Jahre etwas häufiger sein werden als die feuchten und kühlen. Eine solche Prognose hat für Europa keine Bedeutung, da sich hier die Schwankungen des Regenfalles - und auf diese kommt es hauptsächlich für die Praxis an — nur gedämpft vollziehen. Einen Werth dürfte sie nur für die sogenannten continentalen Gebiete haben, wo die Schwankungen des Regenfalles verschärft auftreten - für Sibirien, für Australien und vor allem für das Innere Nordamerikas. Diese Gebiete gehen gegenwärtig ohne Zweifel einer Zeit der Missernten entgegen, die nach den Nachrichten über die letzten Ernten in den Staaten des fernen Westens von Nordamerika dort vielleicht schon begonnen hat. Die kommende Trockenperiode wird hier wahrscheinlich Tausende, wenn nicht Hunderttausende von Existenzen vernichten.

Wir sind dazu gelangt, allgemeine Schwankungen des Klimas zu erkennen; ich habe zuletzt versucht, mit wenigen Strichen die Bedeutung derselben zu skizzieren. Es mag im ersten Augenblick Wunder nehmen, dass dieselben sich bis heute dem forschenden Auge entzogen hatten. Doch sind in der That diese Schwankungen gleichsam schon geahnt worden; denn hier und da taucht in der Literatur meist auf Grund eigenthümlicher Erscheinungen an den Gewässern die Anschauung auf, dass speciell der Regenfall einzelner Orte eine Zeit lang nach der einen und dann wieder nach der anderen Seite vom Mittel abweiche. So hebt Hann 1869 in einem Berichte über verschiedene von der zunehmenden Trockenheit des Klimas handelnde Abhandlungen hervor: "Sicherlich werden die Wirkungen des Wechsel von Perioden der Trockenheit und größerer Regenmengen zu wenig berücksichtigt."³⁶⁵ Inwieweit eine ähnliche Äußerung Schweinfurth's hierher gehört, ist schwer zu entscheiden.³⁶⁶

Analoge Schlüsse zog man hier und da auf Grund längerer Beobachtungsreihen. Dove, der sich im übrigen durchaus gegen die Annahme meteorologischer Cyklen aussprach, erkannte 1838 ganz richtig, dass die Jahre 1808-24 kälter waren, als diejenigen 1797-1804 und 1820-30.³⁶⁷ Ganz ähnlich äußerte sich 1856 Zimmermann.³⁶⁸ Plantamour wies für Genf den Wechsel relativ warmer und relativ kühler vieljähriger Zeiträume nach; es waren nach ihm die Jahre 1826-24 meist zu warm, die Jahre 1835 bis 1860 fast alle zu kalt, endlich die Jahre 1861 bis 1875 wieder zu warm. 1873 stellte

³⁶⁵ Hann in "Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie 1869" Seite 18.

³⁶⁶ Schweinfurth in der Einleitung zu Baedeker, Ägypten I. Th. 1877, S. 79.

³⁶⁷ Dove in Abhand. der Berliener Akademie 1838, S. 345 f.

³⁶⁸ Zimmermann in Poggenorff's Annalen XLVIII, 1856, S. 318.

Lorenzoni die Regenbeobachtungen Padua's nach Decennien zusammen und leitete aus seinen Zahlen einen Wechsel trockener und nasser Perioden ab, wie folgt³⁶⁹: trocken 1733 bis 1746, 1784-95, 1812-44, 1856-71; nass: 1747-77, 1795-1811, 1845-55.

Übereinstimmend fanden Kluge 1874 und Hagen, dass die Wasserstände der deutschen Ströme 1817-35 und 1855-73 etwa gleich hoch und niedriger als 1836-54 waren³⁷⁰, während die von Marié Davy für die Seine vertretenen Perioden hohen und niedrigen Wasserstandes nur zum Theile unseren Klimaschwankungen entsprechen.³⁷¹

Auch für außereuropäische Länder sind derartige eigenthümliche Schwankungen entdeckt worden. So spricht schon Jevons 1859 davon, dass in Neu-Süd-Wales die Zeiten vor 1798 und 1882-41 durch Seltenheit der Überschwemmungen und Häufigkeit der Dürren ausgezeichnet waren, dagegen die Zeiträume 1799-1821 wie 1842 bis zum Moment, in dem er schrieb, durch Häufigkeit der Überschwemmungen und Seltenheit der Dürren.³⁷² 1877 zeigt John Allan Brown, dass zu Madras wie zu Trevandrum in Indien die Jahre 1818-27 und 1843-52 regenreich, die Jahre 1828-37 und 1860-69 auffallend regenarm waren. Er schließt mit den Worten, es wäre von Interesse, zu constatieren, ob solche Schwankungen auch in nördlicher gelegenen Stationen auftreten.³⁷³

Anfang der Achtziger-Jahre endlich hat Fritz eine Reihe von Daten aus allen Ländern der Erde zusammengestellt, um die Veränderlichkeit der Wassermenge der Gewässer des Festlandes darzuthun.³⁷⁴ Er strebt darnach, dieselbe mit den Sonnenflecken in Zusammenhang zu bringen, kommt also nicht auf unsere Klimaschwankungen. Daher kann man darüber streiten, ob er an dieser Stelle zu nennen ist. Schon eher müsste Reis genannt werden, der 1883 eine "periodische Wiederkehr von Wassernoth und Wassermangel im Zusammenhang mit den Sonnenflecken" vertrat und auf eine 110-112jährige Hauptperiode mit einer 56jährigen Nebenperiode kam. Doch nur einige der von ihm unterschiedenen feuchten und trockenen Perioden decken sich mit den unserigen, andere wieder gar nicht.³⁷⁵ Reis hat also von unseren Schwankungen gleichfalls nichts geahnt.

Von allen den genannten Gelehrten aber hat keiner die Schwankungen mit gleicher Bestimmtheit erkannt und zielbewusst an meteorologischem Beobachtungsmaterial für ein beschränktes Gebiet nachzuweisen gesucht, wie im Jahre 1858 von Sonklar. Ein Vierteljahrhundert später erst folgten die Arbeiten von Forel, Richter und Lang, die jedoch gleichfalls den Nachweis nur für die Alpen erbrachten und nicht einmal den Gedanken äußerten, es könnten diese Schwankungen eine sehr viel größere Verbreitung besitzen, wie Heim dieses in beschränktem Umfang für die Gletscherschwankungen vermuthet.³⁷⁶ Und es konnte auch die Allgemeinheit des

³⁶⁹ Lorenzoni referiert in der Zeitschrift für Meteorologie 1874, S. 188.

³⁷⁰ Kluge in der Zeitschrift für Bauwesen, 1874, S.507. Hagen in den Abhandlungen der Berliner Akademie 1880.

³⁷¹ Marié Davy in der Zeitschrift für Meteorologie 1874, S. 146.

³⁷² Jevons in Waugh's Almanach, 1859, S. 79.

³⁷³ John Allan Brown in Nature Vol. XVI, 1877, S. 333.

³⁷⁴ Fritz in Petermann's Mittheilungen. 1880.

³⁷⁵ Reis: Periodische Wiederkehr etc. Leipzig 1883. Im Gegensatz zu Reis: Lehrbuch der Physik, 7. Auflage, S. 847, möchte ich betonen, dass die von mir festgestellten Schwankungen nichts mit denen von Reis gemein haben; wenn derselbe statt der von mir gefundenen Periodenlänge einfach eine 28jährige Periode einsetzt, so widerspricht das direct den Thatsachen.

³⁷⁶ Heim: Gletscherkunde. Stuttgart 1885, S. 520.

Phänomens, seine Gleichzeitigkeit und Bedeutung für die ganze Erde wohl nicht in strenger Weise dargethan werden, ehe eine große Zahl meteorologischer Stationen die Trockenperiode der Sechziger-Jahre und die feuchte Periode um 1880 erlebt und in ihren Tagebüchern registriert hatten.

Unsere Klimaschwankungen geben uns auch den Schlüssel zur Lösung eines psychologischen Problems, auf das wir am Eingang unserer Untersuchung hinwiesen.

Wir schilderten, wie unvermittelt heute die Meinungen über die Frage der Klimaänderungen einander gegenüberstehen, wie die einen behaupten, das Klima werde trockener oder wärmer, die anderen, es werde feuchter oder kälter, die dritten endlich, es ändere sich überhaupt nicht. Die Erkenntnis der Klimaschwankungen löst nun einen Theil dieser Widersprüche auf. In der That ändert sich ja nach unserer Anschauung das Klima eine Zeitlang in der einen Richtung und hierauf in der andern; je nachdem man die Beobachtungen dieses oder jenes Zeitraumes zu Rathe zieht, wird man daher zu entgegengesetzten Ansichten gelangen müssen. Dass dieses wirklich geschehen ist, geht aus der nachfolgenden kleinen statistischen Zusammenstellung hervor. Dieselbe gewährt einen Überblick über die zeitliche Vertheilung der Abhandlungen, welche im laufenden Jahrhundert für einzelne Gegenden der Erde ein Trockener- oder Feuchterwerden des Klimas vertraten. Ich habe die Zählung auf Grund der im ersten Capitel niedergelegten Literatur ausgeführt, indem ich die Arbeiten über Zunahme und Abnahme der Wassermenge der Flüsse mitberücksichtigte, dagegen diejenigen Autoren ausließ welche wie Whitney, Fischer etc. eine Art geologischer Klimaänderung auf Grund der Beobachtungen vieler Jahrhunderte vertraten. Es war in den verschiedenen Zeiträumen die Zahl der Autoren, welche sagten:

| | Das Klima wird feuchter | Das Klima wird trockener |
|-----------|----------------------------|-----------------------------|
| 1790-1805 | 0 | 1 |
| 1805-1825 | 1 | 1 |
| 1825-1845 | 1 | 6 |
| 1845-1860 | 1 | 2 |
| 1860-1875 | 0 | 15 |
| 1875-1888 | 13 | 7 |

Wenn auch diese Zusammenstellung selbstverständlich nicht im entferntesten auf Vollständigkeit Anspruch erheben kann, weil unsere Schilderung oben schon nicht erschöpfend war und ich dann nicht einmal für alle oben aufgeführten Abhandlungen das Jahr des Erscheinens feststellen kann³⁷⁷, so ist doch das Bild, das sie gibt, gewiss dem Wesen nach ein richtiges. Man erkennt deutlich, wie in jeder Trockenperiode und besonders gegen das Ende derselben und im Anfang der folgenden feuchten Periode zahlreiche Stimmen sich für ein Trockenerwerden des Klimas erheben, die im Verlauf der feuchten Periode und am Schluss derselben wieder verstummen. Dafür treten dann Autoren auf, welche für ein Feuchterwerden des Klimas plädieren. Von denjenigen Abhandlungen, welche für ein Trockenerwerden eintraten, entfallen vier auf das Lustrum 1836/40 und acht auf das Lustrum 1866/70, d.h. auf diejenigen Lustren, welche unmittelbar dem Centrum der Trockenperioden folgten. Es spiegeln sich also unsere Klimaschwankungen deutlich in der Statistik der Ansichten über ein Trockener- oder Feuchterwerden des Klimas wieder.

Jene Änderungen des Klimas und der Wassermenge der Flüsse werden in der Mehrzahl der Fälle Änderungen im Pflanzenkleid der Erde zugeschrieben. In die

³⁷⁷

Weil sie mir zum Theil nicht mehr zugänglich sind.

Trockenperioden fallen fast alle Nachweise, dass Entwaldung den Regenfall mindert, und in die feuchten, dass Bewaldung ihn mehrt. Hierher gehört auch der Nachweis Blanford's³⁷⁸, da die Beobachtungen, aus denen er auf eine Mehrung des Regenfalls infolge von Bewaldung schließt, genau in eine Zeit fallen, in welcher der Regenfall auf den Landflächen der Erde zunahm. Allein noch mehr, entsprechend den Klimaschwankungen vollziehen sich vollkommene Wandlungen in den Ansichten über den Waldeinfluss. In den Dreissiger und ebenso in den Sechziger- und Anfang der Siebziger-Jahre heißt es allgemein, dass die Entwaldung den Wasserstand der Flüsse erniedrige, in den Fünfziger Jahren aber wird die Ansicht vertreten, dass gerade die Entwaldung den Wasserstand erhöhe.³⁷⁹ Am crassesten vollzog sich ein solcher Umschwung in den Ansichten auf dem Boden Australiens. So allgemein man vor 20 Jahren am Schluss der letzten Trockenperiode der Entwaldung die Schuld an der zunehmenden Dürre zuschrieb, so allgemein äußerte man in den Achtziger-Jahren die Ansicht, das Klima Australiens sei gerade durch die Entwaldung feuchter geworden³⁸⁰ "Schutz dem Walde!" hieß die Parole früher; "Nieder mit dem Wald" lautet sie heute.

So geben uns die Klimaschwankungen den rothen Faden wenigstens für einen Theil des Eingangs geschilderten Labyrinthes von Hypothesen und Anschauungen über Änderungen des Klimas. Sie lehren uns gleichzeitig, dass in der That jenen Anschauungen ein Kern von Wahrheit innewohnt, insofern sie uns von einem Theil der Curve der Klimaschwankungen Kunde geben. Der Fehler liegt nur darin, dass jenes aus den Beobachtungen ganz richtig gewonnene Resultat nicht in seiner zeitlichen Beschränkung erfasst, sondern in die Vergangenheit und in die Zukunft durch Extrapolieren ausgedehnt wurde. Gleichzeitig sind allerdings auch die Erklärungsversuche als missglückt zu betrachten; vor allem kann der Nachweis eines Einflusses des Waldes auf den Regenfall noch in keiner Weise als erbracht gelten.

Wir sind zur Erkenntnis gelangt, dass unsere Erde im Lauf der letzten neun Jahrhunderte Schwankungen des Klimas erlebte, deren Periodenlänge wir zu rund 35 Jahren bestimmten und deren Amplitude wir für die verschiedenen Gegenden des Erdballs festzustellen suchten. Wir sahen, wie alle hydrographischen Phänomene von diesen Klimaschwankungen in Mitleidenschaft gezogen werden, die Gletscher, die abflusslosen Seen und nicht minder auch die Flüsse und Fluss-Seen. Die Geologie hat uns in der weiter zurückliegenden Vergangenheit Klimaschwankungen kennen gelehrt, deren Charakter ein ganz ähnlicher war, die jedoch in ihrem Betrag, in ihrer Dauer und in ihrer Bedeutung für die organische und die unorganische Welt jene Klimaschwankungen der historischen Zeit vielemal übertreffen. Es sind die Klimaschwankungen, welche sich im Wechsel der Eiszeiten und Interglacialzeiten äußern, deren Wesen jedoch zum Theil noch in Dunkel gehüllt ist. Vielleicht gelingt es auf Grund der von uns für die Klimaschwankungen der letzten Jahrhunderte gewonnenen Resultate zur Lichtung dieses Dunkels etwas beizutragen.

³⁷⁸ Siehe oben S. 20.

³⁷⁹ Nach Schmid, siehe oben S. 25.

³⁸⁰ Siehe oben S. 25.

5. Über den Einfluß der Schneedecke auf das Klima der Alpen

Von allen Charakterzügen, die die Alpen auszeichnen, ist keiner dem Bewohner der Ebene so reizvoll, wie der ewige Schnee, in den sich die höchsten Gipfel hüllen; nichts zieht ihn so sehr an, wie die weithin leuchtenden Ferner. Die Schneemassen, die hier den Sommer überdauern, scheinen ihm wie eine fremde Welt, ist ihm doch der Schnee nur ein Begleiter des Winters, der im Herbst sich einstellt und im Frühling schwindet. Und in der Tat sind jene hochthronenden Ferner Zeugen eines fremden Klimas, in das die Gipfel der Berge hineinragen, einer klimatischen Zone, die sich überall in verhältnismäßig geringer Höhe über uns Bewohnern der Täler und Ebenen findet und erst viele, viele Tausende von Kilometern weiter nördlich in der Polarregion in das Tiefland herabsteigt. Die Schneemassen der Alpengipfel stellen am prägnantesten die Tatsache vor Augen, daß mit zunehmender Erhebung über den Meeresspiegel die Temperatur sinkt und das Klima immer kälter und kälter wird. Freilich zeugen auch Erscheinungen der organischen Welt, vor allem der Pflanzenwelt hiervon. Allein die nur allmählich sich vollziehende Änderung im Pflanzenkleid springt nicht so in die Augen, wie der Kontrast der grünen Vegetationszone in der Tiefe und der blendend weißen Schneefelder des Hochgebirges, der in seiner überwältigenden Pracht immer wieder und wieder den Blick fesselt.

Die Fläche, die in den Alpen dauernd unter Schnee und Eis begraben ist, ist nicht groß, wenn wir sie mit der Ausdehnung des Gebirges vergleichen. Ed. Richter hat das Gletscherareal der Ostalpen, östlich einer vom Rhein über den Splügen zum Comersee gezogenen Linie, zu 1462 km² bestimmt; das sind nur etwa 1 ½% des Areal der Ostalpen. Größer ist schon der Anteil, den die Gletscher am Boden der Schweiz nehmen. Die gesamte Gletscherfläche der Schweiz beträgt 1840 km². Diese 1840 km² bilden 4 ½% des ganzen Schweizer Landes und 7 ½% der Schweizer Alpen. Für die französischen und italienischen Teile des Gebirges fehlen leider noch genaue Zahlen. Doch dürften im ganzen etwa 2 ¼% des Areal der Alpen vergletschert sein.

Man sollte meinen, bei so kleinen Flächen könne der Einfluß auf das Klima der Umgebung nicht groß sein. Doch ist er dazwischen recht wohl zu erkennen. Wenn man sich etwa im Hochsommer einem im Hintergrund eines Tales liegenden Gletscher nähert, so spürt man oft vom Gletscher her einen kalten Wind. Es ist die Luft, die sich durch Berührung mit dem Eis abgekühlt hat und nun talabwärts fließt und die Abkühlung oft mehrere Kilometer weit trägt. Diese Luftbewegung kann unter Umständen erhebliche Heftigkeit gewinnen. Aus den Anden Südamerikas schildern Stübel und Reiss solche Winde, die durch den Temperaturunterschied zwischen der Luft über dem Firn und der über den schneefreien Tälern hervorgerufen werden und so heftig sind, daß sie Roß und Reiter umwerfen und das Reisen am Tage dazwischen einfach unmöglich machen; mit solcher Gewalt strömt die erkaltete Luft von den Firnflächen ab.

Wenn nun auch, wie das Beispiel lehrt, die ewigen Eisfelder der Alpen das Klima der ihnen zunächst benachbarten Täler beeinflussen, so bleibt doch in der Tat ihre Wirkung immer beschränkt. Dank sei es ihrer geringen Ausdehnung. Allein die Schneeflächen verändern ihre Größe im Laufe des Jahres; sie steigen in der kalten Jahreszeit herab von ihrer Höhe und decken das ganze Gebirge bis zu seinem Fuß zu. Mit ihrer Fläche wächst auch ihr Einfluß auf das Klima. Nicht im Sommer, sondern im Winter ist daher dieser Einfluß am größten. Auf diese Jahreszeit wollen wir uns daher auch im Wesentlichen beschränken.

Um den Einfluß der Schneedecke auf das Klima der Alpen zu verfolgen, bedarf es zunächst einer genauen Kenntnis der Ausdehnung der Schneedecke. Damit sieht es aber zur Zeit noch schlecht aus. Beobachtungen über die Ausdehnung der Schneedecke

in verschiedenen Jahreszeiten sind leider sehr spärlich. Es existieren nur zwei durch viele Jahre hindurch fortgesetzte Beobachtungsreihen über die Höhe der unteren Schneegrenze im Gebirge und ihre Änderung von Monat zu Monat. Die eine wurde während der Jahre 1820-51 am Säntis gewonnen,³⁸¹ die anderen von Prof. A. von Kerner während der Jahre 1863 - 78 an den Gebirgen des Innthals bei Innsbruck. Dabei wurden die Beobachtungen im Innthal getrennt für den Nordabhang und den Südabhang gemacht.³⁸² Wir stellen hier die interessanten Zahlen zusammen, lassen jedoch die Daten für Januar und Februar fort; in diesen Monaten ließ sich die Höhe der Schneegrenze oft nicht bestimmen, weil sie unterhalb der Beobachtungsstation irgendwo draußen in der Ebene lag. Ebenso blieb der August fort, weil dann die Gehänge der Berge oft bis zur Spitze hinauf schneefrei werden und daher hier die Höhe der Schneegrenze gleichfalls nicht beobachtet werden konnte.

Höhe der unteren Grenze der Schneedecke in verschiedenen Monaten.

| | im Innthal | | am Säntis |
|-----------|------------|----------|-----------|
| | Südhang | Nordhang | |
| | m | m | m |
| März | 960 | 720 | 720 |
| April | 1270 | 1110 | 910 |
| Mai | 1700 | 1540 | 1310 |
| Juni | 2190 | 2030 | 1910 |
| Juli | 2680 | 2470 | 2530 |
| August | - | - | - |
| September | 3210 | 2760 | 2470 |
| Oktober | 2150 | 1890 | 1740 |
| November | 1300 | 1010 | 1020 |
| Dezember | 740 | 680 | 740 |

Würden noch für eine Reihe anderer Punkte der Alpen, besonders im Westen und Süden derselben, ähnliche Beobachtungen vorliegen, dann ließe sich die interessante Frage beantworten, wie groß in den verschiedenen Monaten die schneebedeckte Fläche ist. Damit wäre eine wichtige Grundlage für die Frage nach dem Einfluß der Schneedecke auf das Klima der Alpen gewonnen.

Von den staatlichen meteorologischen Stationen beobachten nur diejenigen Bayerns regelmäßig die Schneedecke. Die kgl. bayerische meteorologische Zentralstation in München hat das Verdienst zuerst von allen amtlichen meteorologischen Zentralstellen Europas die Beobachtung der Schneedecke für ihre Stationen für obligatorisch erklärt zu haben.³⁸³ Diese Beobachtung ist dabei sehr intensiv. Die Stationen begnügen sich nicht damit, einfach in ihren Tagebüchern zu notieren, ob Schnee liegt oder nicht, sondern messen direkt die Dicke der Schneelage an Schneepegeln, die an geeigneten Punkten aufgestellt werden. Die Beobachtungen

³⁸¹ Die Resultate dieser Reihe sind in dieser Zeitschrift [Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins] Bd. XVII S. 49 mitgeteilt.

³⁸² Vgl. hierüber die große Abhandlung von F. von Kerner: Untersuchen über die Schneegrenze im Gebiete des mittleren Innthales. LIV. Band der Denkschriften des math. nat. Cl. der Wiener Akad. der Wiss. Wien 1887.

³⁸³ Nur die Beobachtungen des Netzes der Naturforschenden Gesellschaft von Katharinenburg beginnen früher.

begannen im Winter 1886/87. Wenn sie noch eine Reihe von Jahren fortgeführt sein werden, dann wird es möglich sein, mit ihrer Hilfe genau die mittlere Höhe der Schneegrenze in den bayerischen Alpen wenigstens für die Monate zu bestimmen, wo sie unterhalb der Höhe des Wendelsteins liegt, d.h. von Oktober bis Ende Mai. Nach einer Zusammenstellung der Beobachtungen der Stationen Miesbach (717 m), Hochkreuth (989 m) und Wendelstein (1730 m) während der 5 Winter 1886/87 bis 1890/91 fand ich, daß in der Umgebung des Wendelsteins die untere Schneegrenze im Mittel im Oktober noch über 1700 m, im November in rund 1000 m und im Mai in 1700 m lag. Trotz der sehr kurzen Beobachtungszeit stimmen diese Zahlen ziemlich gut mit den für den Säntis und das Innthal gefundenen überein.

So wenig wir auch zur Zeit noch über die Ausdehnung der Schneedecke in den verschiedenen Monaten wissen, so sind wir doch schon im Stande, eine ganze Reihe von Schlüssen auf den Einfluß zu ziehen, den die Schneedecke auf die klimatischen Verhältnisse der Alpen speziell im Winter ausübt. Von einer abschließenden Untersuchung kann freilich keine Rede sein; dazu reicht das Material nicht aus. Der Zweck der nachfolgenden Ausführungen ist vielmehr, zur Anstellung von Beobachtungen anzuregen, deren Bearbeitung später einmal im einzelnen die Frage zu verfolgen gestattet wird. Aus dem gleichen Grunde beschränkte ich mich auf die Darstellung des Einflusses der Schneedecke auf die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft. Ehe wir jedoch an diese Hauptaufgabe gehen, müssen wir einen Blick auf die physikalischen Eigenschaften der Schneedecke werfen, die jenen Einfluß bedingen.

Die physikalischen Eigenschaften der Schneedecke

Die Luft hat, besonders wenn sie trocken ist, die Eigenschaft, die Wärmestrahlen, die uns die Sonne sendet, ziemlich ungehindert durchgehen zu lassen; sie erwärmt sich hierbei direkt nur außerordentlich wenig. Die Strahlen gelangen daher fast in ihrer vollen Stärke bis an die Erdoberfläche, die sie gierig verschluckt, sich hierbei erwärmend. Von diesem Vorgang kann man sich jederzeit im Gebirge überzeugen. Mißt man auf einem Gipfel mit einem Thermometer, das vor den direkten Sonnenstrahlen geschützt ist, die Temperatur der Luft, so ist diese immer sehr gering, während die dunklen Felsen und ebenso die dunkle Kleidung des Bergsteigers durch die Sonnenstrahlen stark erhitzt sind.

Von der Erdoberfläche aus teilt sich die Wärme durch Leitung den unmittelbar anliegenden Luftschichten mit; die Erdoberfläche spielt also gleichsam die Rolle einer Ofenfläche. Daher ist es für die Temperatur der Luft außerordentlich wichtig, ob die Fläche, auf der sie ruht, sich rasch oder langsam zu erwärmen oder abzukühlen vermag. Wo die Unterlage rasch eine hohe Temperatur anzunehmen im Stande ist, da steigt auch die Temperatur der Luft hoch hinauf; wo aber die Unterlage, z.B. wenn sie aus Wasser besteht, sich nur sehr langsam und wenig erwärmt, da bleibt auch die Temperatur der Luft niedrig. Genau ebenso ist es mit der Abkühlung: Je tiefer die Temperatur ist, die die Unterlage annimmt, desto tiefer sinkt auch die Temperatur der Luft.

Diese enge Beziehung zwischen der Temperatur der Luft und der Temperatur ihrer Unterlage besteht auch dann, wenn der Boden mit Schnee bedeckt ist. Die Temperaturverhältnisse der Oberfläche einer Schneedecke weichen nun in Folge der physikalischen Eigenschaften des Schnees in mancher Beziehung von den Temperaturverhältnissen eines nackten Bodens ab; das beeinflußt selbstverständlich auch die Temperatur der Luft.

Schnee vermag niemals eine Temperatur über 0° anzunehmen. Hat er die Temperatur von Nullgrad erreicht und wird ihm noch weiter Wärme zugeführt, so benutzt er diese ausschließlich zum Schmelzen. Solange die Temperatur der Luft über

O° liegt, ist der Schnee immer kälter als die Luft und strebt infolgedessen sie abzukühlen, indem er ihr Wärme zum Schmelzen entzieht. Das ist selbstverständlich und doch, wie Woeikof in seinem von uns noch oft zu zitierenden grundlegenden Werk über den Einfluß einer Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter³⁸⁴ mit Recht hervorhebt, noch immer viel zu wenig berücksichtigt. Aber nicht nur solange das Thermometer über Nullgrad steht, dauert diese abkühlende Wirkung des Schnees an, sondern auch bei Temperaturen unter Nullgrad.

Zunächst erwärmt sich eine Schneedecke auch unter Nullgrad niemals so durch die Sonnenstrahlen, wie Fels oder irgend ein Boden; denn es prallt ein guter Teil der auffallenden Sonnenstrahlen wirkungslos an ihr ab. Das hängt mit der Struktur und Farbe des Schnees zusammen. Geht man über frisch gefallenen Schnee, so blitzen überall Kristallflächen auf, als sei der Boden mit Diamanten besät. Alle diese zahllosen Kristallflächen werfen wie Spiegel das Sonnenlicht zurück, zwar nicht nach einer Seite, sondern nach allen Richtungen, aber darum nicht weniger intensiv. Die Spiegelung nimmt ab, je älter der Schnee wird, weil die Kristallflächen durch Schmelzung verkümmern und der Schnee sich mehr zusammenballt. Aber auch dann ist der Betrag der Spiegelung immer noch sehr groß. Dazu kommt noch die durch den großen Luftgehalt bedingte weiße Farbe des Schnees, die gleichfalls der Reflexion sehr günstig ist. Zenker gibt an, daß vom Erdboden nur 1/80 der einfallenden Sonnenstrahlen reflektiert wird, von einer Schneefläche aber 1/6.³⁸⁵ Mir scheint diese Zahl viel zu klein besonders für frisch gefallenen Schnee. Man denke nur an die enorme Licht- und Wärmewirkung der vom Schnee reflektierten Sonnenstrahlen, die man bei Wanderungen über sonnige Firnflächen empfindet. Die Haut bräunt sich in kürzester Zeit und Sonnenbrand stellt sich ein. Da schon weißes Papier rund 40% der Lichtstrahlen reflektiert, so dürfte die Reflexion des frisch gefallenen Schnees allermindestens 1/3 erreichen, also mindestens zehnmal so groß sein als die des Erdbodens. Leider fehlen noch genaue Versuche hierüber. Alle reflektierten Sonnenstrahlen sind nun für die Erwärmung der Schneefläche verloren. Es ist daher bei einer Schneedecke die für die Erwärmung disponibel bleibende Wärmung viel geringer als beim nackten Erdboden.

Während einerseits in dieser Weise durch die Spiegelung die Erwärmung einer Schneedecke vermindert wird, hat sie andererseits die Fähigkeit, sich stark abzukühlen, Dank sei es ihrem großen Vermögen, Wärme auszustrahlen.

Das Wärmeausstrahlungsvermögen eines Körpers hängt bekanntlich von der Größe seiner Oberfläche ab. Körper, deren Oberfläche durch eine Politur auf ein Minimum reduziert worden ist, strahlen am wenigsten Wärme aus; je rauher die Oberfläche dagegen ist, desto größer ist sie und desto größer ist der Wärmeverlust durch Ausstrahlung. Die Oberfläche einer Schneedecke zeichnet sich nun durch eine ganz außerordentliche Rauigkeit aus, obwohl sie die Unebenheiten des Terrains ausfüllt und daher dem Auge weit ebener als der Erdboden erscheint. Eine Schneeflocke besitzt nämlich eine im Vergleich zu ihrem Rauminhalt sehr große Oberfläche und viele Spitzen, die die Ausstrahlung befördern. In der Schneedecke liegen zahllose solche Flocken neben einander; die ausstrahlende Oberfläche einer Schneedecke ist daher viele Mal größer als das Areal, das sie einnimmt. Das setzt sie in Stand, sich bei klarem Wetter, vor allem nachts, ganz außerordentlich abzukühlen. Das Ausstrahlungsvermögen ist am größten bei frisch gefallenem Schnee; daher vermag er

³⁸⁴ Penck's geograph. Abhandlungen Bd. III, Heft 2, S. 15, Wien 1889. Woeikof ist der Erste gewesen, der die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung der Schneedecke für die Klimatologie lenkte.

³⁸⁵ Verteilung der Wärme an der Erdoberfläche, S. 63, Berlin, 1888.

sich am tiefsten abzukühlen. Je älter der Schnee wird, desto kleiner wird durch das Abschmelzen der Eisspitzen und das Zusammenschmelzen der Kristalle die Oberfläche der Schneedecke und entsprechend vermindert sich ihre Fähigkeit, durch Ausstrahlung intensiv zu erkalten.

Die Abkühlung der Schneeoberfläche wird noch ganz besonders dadurch vergrößert, daß in Folge der sehr geringen Fähigkeit des Schnees, Wärme zu leiten, die durch Ausstrahlung verlorene Wärme der obersten Schicht nur sehr unvollkommen von unten durch Leitung ersetzt werden kann, wie das beim Erdboden geschieht. Das geringe Wärmeleitungsvermögen des Schnees hängt von seiner fedrigen Struktur ab, die es mit sich bringt, daß zwischen den einzelnen Kristallen mit Luft gefüllte Hohlräume in großer Zahl vorhanden sind. Von der Größe dieser Luftmasse im Schnee macht man sich in der Regel gar keine rechte Vorstellung. Sie läßt sich leicht berechnen; man braucht nur zu messen, wie viel Wasser eine Schneedecke von bestimmter Mächtigkeit beim Schmelzen liefert. Solche Bestimmungen sind erst in den letzten Jahren in größerer Zahl ausgeführt worden; jedoch fehlen sie noch fast ganz aus dem Gebiet der Alpen. Die vollständigste Reihe von Beobachtungen gewann Abels in Katharinenburg, wo der Schnee ebenso wie in den Alpen nicht selten bei recht tiefen Temperaturen fällt.³⁸⁶ Abels fand, daß das Verhältnis des Schnees zu dem durch Schmelzen erhaltenen Wasser bei frisch gefallenem Schnee zwischen 1:7.^o und 1:45.^o schwankt; d.h. eine 100 cm dicke frisch gefallene Schneelage ergibt eine Wasserschicht von nur 2.2 bis 14.3 cm Tiefe oder eine kompakte Eisschicht von nur 2.4 bis 15.9 cm Dicke. P. Schreiber hat in Chemnitz ganz entsprechende Werte gefunden: 1:6.6 bis 1.34.³⁸⁷ Demnach besteht frisch gefallener Schnee zu 83 bis 97% seines Rauminhaltes aus atmosphärischer Luft und nur zu 3 bis 17% aus reinem Eis. Dabei ist der Luftgehalt immer größer, je tiefer die Temperatur und je schwächer der Wind während des Schneefalls war. Viel fester gepackt liegt der Schnee, wo er von einem starken Wind zusammengeweht ist, also Schneewehen. Hier enthält er nach Abels nur 63 bis 76% Luft. Im Laufe der Zeit packt sich der Schnee, er sinkt zusammen. Einerseits ist es wohl das Gewicht der Schneemassen selbst, das sie zusammendrückt. Dann aber spielt das abwechselnde Schmelzen und Wiedergefrieren ohne Frage eine große Rolle. Während dieses Zusammensinkens wird Luft ausgetrieben. Das hat Abels sehr schön beobachtet, indem er die Dichte der untersten am Eingang des Winters gefallenen Lage der Schneedecke durch den ganzen Winter hindurch beobachtete. Der Luftgehalt sank von 84% gleich nach dem Fall bis zum Ausgang des Winters auf 67%; dann schmolz die Schneedecke ganz fort. Im Hochgebirge hat man Gelegenheit, diesen Prozeß der Austreibung der Luft noch weiter zu verfolgen. Nach Ratzel enthielt Firn in den Tiroler Alpen 55% und blasenarmes Firneis von der Zunge größerer Firnflächen nur noch 33% Luft, und dieser Luftgehalt vermindert sich immer mehr und mehr, je älter der Firn wird, bis er auf wenige Prozent herabsinkt, wenn der Firn sich in altes Gletschereis verwandelt hat.³⁸⁸

Luft ist bekanntlich ein sehr schlechter Wärmeleiter, daher verringert die in der Schneedecke enthaltene Luft das Leitungsvermögen des Schnees ganz außerordentlich. Hieraus geht ohne weiteres hervor, daß der Schnee um so besser leitet, je weniger Luft er enthält. Da jede Schneedecke nach ihrer Entstehung Luft verliert, und sich die Struktur des Firns und Eises nähert, so wächst mit ihrem Alter auch ihr Leitungsvermögen.

Die Eigenschaft des Schnees, die Wärme schlecht zu leiten, ist jedem Landmann wohl bekannt. Unzählige Mal hat er die Erfahrung gemacht, daß die Schneedecke der

³⁸⁶ Repertorium für Meteorologie Bd. XV.

³⁸⁷ Meteorolog. Zeitschrift 1889, S. 141.

³⁸⁸ Ebenda S. 433.

Kälte das Eindringen in den Boden wehrt und seine Saaten vor dem Erfrieren schützt: Die Schneedecke hält die Wärme des Bodens fest. Das ist durch verschiedene Messungen der Bodentemperatur im einzelnen gezeigt worden. Es kann sich die oberste Schicht der Schneedecke außerordentlich abkühlen, ohne daß eine Wärmezufuhr von unten hindernd eintritt. Das äußert sich darin, daß die Temperatur des Schnees sehr rasch von der Oberfläche abwärts zunimmt. Woeikof gibt auf Grund der Beobachtungen der beiden Becquerel eine Zunahme von 0.31 bis 0.36° pro Zentimeter an. Doch steigert sich die Zunahme sicher oft noch weit mehr. Am 18. Januar 1893 beobachtete ich auf der Terrasse der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt in Zürich um 6 Uhr Abends eine Temperatur der Schneeoberfläche von - 20.1° C., während in 12 cm Tiefe eine Temperatur von -6.1° herrschte. Das gibt auf 12 cm eine Temperaturdifferenz von 14.0° oder auf einen Zentimeter 1.2°. Da die Zunahme jedenfalls nicht gleichmäßig erfolgte, sondern in der Nähe der Oberfläche viel rascher als in der Tiefe, so darf man hieraus schließen, daß der Schnee schon 1 cm unter der Oberfläche einige Grad wärmer sein kann als an der Oberfläche selbst; so sehr hält diese die von ihr durch Ausstrahlung erzeugte Kälte fest. Das ist für uns sehr wichtig.

Fassen wir kurz die Eigenschaften des Schnees zusammen, welche für seinen Einfluß auf die Lufttemperatur in Betracht kommen.

1) Der Schnee vermag sich nie über Nullgrad zu erwärmen, muß also auf die Temperatur der Luft, sobald sie über Null ist, abkühlend wirken.

2) Die Oberfläche des Schnees reflektiert einen relativ großen Teil der auf sie fallenden Sonnenstrahlen und kann sich daher auch bei Frost nicht so rasch erwärmen wie der nackte Boden.

3) Die Oberfläche des Schnees ist der Ausstrahlung außerordentlich günstig und daher im Stande, intensiv zu erkalten.

4) Da das Wärmeleitungsvermögen des Schnees der großen Menge eingeschlossener Luft wegen außerordentlich gering ist, so kann die Abkühlung durch Ausstrahlung nicht durch Wärmeleitung von unten ausgeglichen werden

5) Das Reflexionsvermögen und das Ausstrahlungsvermögen sind bei einer Oberfläche frisch gefallenen Schnees am größten und nehmen ab, je älter der Schnee wird. Umgekehrt ist es mit dem Wärmeleitungsvermögen. Daher wird unter sonst gleichen Umständen eine frische Schneeoberfläche viel kälter sein als eine alte.

Die Beobachtungen der Schneetemperatur zu Davos.

Beobachtungen über die Temperatur einer Schneeoberfläche sind begreiflicher Weise für die Frage nach dem Einfluß des Schnees auf das Klima von großer Wichtigkeit, leider aber bisher nur für ganz wenige Punkte vorhanden. Die längste Reihe wurde auf der Polarstation Sagastyr an der Lena-Mündung gewonnen. In den Alpen fehlten solche Beobachtungen bisher vollständig. Auf meine Veranlassung haben die Herren F. Imhof und C. Mosca, als Verweser der met. Station in Davos derartige Messungen in dankenswertester Weise während der Monate Februar, März und Dez. 1891 und Januar und Februar 1892 angestellt. Die Resultate, die sie ergaben, sind von hohem Interesse.

Die Beobachtungen in Davos wurden dreimal täglich, um 7 Uhr Morgens, 1 Uhr Mittags und 9 Uhr Abends in einem unmittelbar hinter der meteorologischen Station sanft ansteigenden Wiesenhang,³⁸⁹ wenige Meter vom Haus und dem Gehäuse gemacht, in dem sich das Stationsthermometer zur Bestimmung der Lufttemperatur befand. Dieses hing etwa 3 m über der Schneeoberfläche. Der Wiesenhang selbst wurde während der

³⁸⁹

Das ließ sich leider aus äußeren Gründen nicht vermeiden.

Nachmittagsstunden von der Sonne beschienen, war aber zur Zeit der Beobachtungen im Schatten.³⁹⁰ Deswegen geben die gemessenen Temperaturen nur z.T. die Verhältnisse einer freien Schneefläche wieder: Die Beobachtungen um 1 Uhr sind an klaren Tagen zu tief im Vergleich zu der Temperatur einer der sonne exponierten Schneefläche. Wir müssen daher im Nachfolgenden nicht vergessen, daß sie sich auf eine Schneefläche im Schatten beziehen. Die Morgen- und Abendbeobachtung werden davon nicht berührt: denn wie Versuche auf der Terrasse der met. Centralanstalt in Zürich und in meinem Garten in Bern mich lehrten, ist schon kurze Zeit nach Sonnenuntergang die Temperatur einer Schneefläche gleich, mag sie nun am Tage ganz im Schatten oder in der Sonne gelegen haben.

Ich gebe hier zunächst (S. 32) die Monatsmittel der Temperatur der Luft, derjenigen der Schneeoberfläche und die Differenz beider wieder. Hierbei bedeutet das Zeichen +, daß die Lufttemperatur höher war als die Temperatur der Schneeoberfläche, - das umgekehrte. Beigefügt ist außerdem die mittlere Bewölkung, in Zehnteln des sichtbaren Himmelsgewölbes ausgedrückt.

Im Mittel des ganzen Zeitraums war die Temperatur der Schneeoberfläche 3.9° C. tiefer als die Temperatur der Luft, und in keinem Monat näherte sie sich der Lufttemperatur auf mehr als 2.2°. Die Differenz war um 9 Uhr Abends immer größer als um 7 Uhr Morgens, am größten aber um 1 Uhr Mittags. Letzteres versteht sich von selbst, da bis nach 1 Uhr die Schneefläche im Schatten lag. Lassen wir die Beobachtungen um 1 Uhr fort und bilden das Mittel allein aus den Beobachtungen um 7 Uhr Morgens und 9 Uhr Abends, so erhalten wir als mittlere Temperaturdifferenz

Monatsmittel der Lufttemperatur, der Schneetemperatur, Der Differenz beider und der Bewölkung zu Davos.

| | | 7 h a.m. (vormittags). | | | | | 1 h p.m. (nachmittags) | | | |
|------|-----------------------|------------------------|------------|--------|---------|------------|------------------------|--------|----------|-----|
| | | Temperatur | | | Bewölk. | Temperatur | | | Bewölk.. | |
| Tage | | Luft | Schne e | Diff | | Luft | Schne e | Diff. | | |
| 1891 | Feb. | 28 | - 12.0 | - 16.7 | 4.7 | 2.2 | 1.9 | - 7.2 | 9.1 | 1.8 |
| | März | 31 | - 5.3 | - 7.0 | 1.7 | 6.6 | 2.9 | - 1.1 | 4.0 | 6.4 |
| | Dezbr. ³⁹¹ | 12 | - 9.3 | - 13.9 | 4.6 | 4.5 | - 3.1 | - 10.1 | 7.0 | 4.0 |

³⁹⁰ Es sei hier bemerkt, daß die erhaltenen Temperaturen der Schneeoberfläche Maximalwerte, d. h. jedenfalls etwas höher sind als die wahren. Das geht schon daraus hervor, daß das Thermometer mehrmals für die Schneeoberfläche Temperaturen über 0° angab, die selbstverständlich unmöglich sind. Folgendes sind die Gründe der zu hohen Angabe: Erstens läßt sich ein geringes Einsinken des Thermometers doch nie ganz vermeiden; daher gibt das Instrument nicht eigentlich die Temperatur der Oberfläche, sondern die der obersten Schicht von einigen Millimeter Dicke an. Zweitens schützt das Thermometer den unter ihm liegenden Schnee etwas vor Ausstrahlung. Der Wärmeverlust, den die glänzende Thermometerkugel durch Ausstrahlung erfährt, ist jedenfalls kleiner als der Wärmegewinn der Schneeteile unter dem Thermometer durch den von diesem ausgeübten Schutz. Allerdings hat Melloni gefunden, daß die Empfänglichkeit des Glases für Strahlung fast so groß sei, wie die des Rußes. Allein die neuen Versuche von H. A. Hazen, W. Köppen u.A. haben gezeigt, daß die Empfänglichkeit der Thermometer für Strahlung viel geringer ist als die des Glases und zwischen der des Glases und der des Metalls liegt.

³⁹¹ Es fehlen die ersten 19 Tage des Dezember.

| | | | | | | | | | | |
|------|----------------------|-----|-------|--------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|
| 1892 | Januar | 31 | - 9.7 | - 11.9 | 2.2 | 6.2 | - 1.7 | - 6.0 | 4.3 | 5.6 |
| | Febr. ³⁹² | 20 | - 6.0 | - 7.5 | 1.5 | 6.6 | 1.2 | - 3.2 | 4.4 | 6.6 |
| | Mittel | 122 | - 8.5 | - 11.4 | 2.9 | 5.2 | 0.2 | - 5.5 | 5.7 | 4.9 |

| | | 9 h p.m. (abends) | | | | | Mittel1/4 (7+1+2.9) | | | |
|------|----------|-------------------|------------|--------|-------|------|---------------------|--------|-------|-------|
| | | Tage | Temperatur | | | Bew. | Temperatur | | | Bew.. |
| | | | Luft | Schnee | Diff. | | Luft | Schnee | Diff. | |
| 1891 | Febr. | 28 | - 9.1 | -14.7 | 5.6 | 1.1 | - 7.1 | - 13.3 | 6.2 | 1.6 |
| | März | 31 | - 4.0 | - 6.0 | 2.0 | 5.5 | - 2.6 | - 5.0 | 2.4 | 6.0 |
| | Dez.*) | 12 | - 8.5 | -14.0 | 5.5 | 2.5 | - 7.4 | - 13.0 | 5.6 | 3.4 |
| 1892 | Januar | 31 | - 8.8 | -11.6 | 2.8 | 4.3 | - 7.3 | - 10.3 | 3.0 | 6.6 |
| | Febr.**) | 20 | - 6.2 | - 7.7 | 1.5 | 4.2 | - 4.3 | - 6.5 | 2.2 | 5.4 |
| | Mittel | 122 | - 7.3 | -10.8 | 3.5 | 3.5 | - 5.7 | - 9.6 | 3.9 | 4.6 |

zwischen Luft und Schnee 3.2°. Dieser Unterschied ist größer, als er bisher je gefunden worden ist. Zu Sagastyr an der Lenamündung und zu Katharinenburg, den einzigen Stationen, an denen während mehrerer Monate Beobachtungen der Schneetemperatur angestellt worden sind, ³⁹³ ist die Differenz zwischen Schnee- und Lufttemperatur im Mittel der Beobachtungen um 7 Uhr Morgens und 9 Uhr Abends nur 1.8° C., d.h. nicht viel mehr als halb so groß, wie in Davos. Es ist also in Hochtälern, wie in dem von Davos, die Differenz zwischen Lufttemperatur und Schneetemperatur viel größer als in der Ebene. Der Grund hierfür ist leicht einzusehen. Die Ausstrahlung ist in der Höhe viel stärker als in der Tiefe, weil die schirmende Atmosphäre viel dünner und gleichzeitig ärmer an Wasserdampf ist. Einen zweiten Grund werden wir später kennen lernen.

Im Ganzen war nur bei 47 einzelnen Beobachtungen, d.h. bei 13% aller, die angestellt wurden, die Temperatur der Luft gleich oder tiefer als die Temperatur der Schneeoberfläche. Diese 47 Fälle gehören alle Tagen mit Schneefall an und zwar berichtet das Beobachtungstagebuch direkt, daß es bei 43 davon im Moment der Beobachtung schneite. Also nur, wenn es schneit, ist die Schneeoberfläche in Davos wärmer als die Luft.

Dieses Ergebnis legt uns nahe, zu untersuchen, wie sich überhaupt die Differenz zwischen Lufttemperatur und Schneetemperatur im Mittel aller Beobachtungen gestaltet, die angestellt wurden, während Schnee fiel. Dies ist in der nachfolgenden kleinen Tabelle geschehen.

Temperatur der Schneedecke und der Luft bei Schneefall

| 7 h a. m. (30 Beobacht.) | | | 1 h p. m. (21 Beobacht.) | | | 9 h p. m. (24 Beobacht.) | | |
|------------------------------------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|
| Temperatur | | | Temperatur | | | Temperatur | | |
| d. Luft d. Schnee- Diff.oberfläche | | | d. Luft d. Schnee- Diff.oberfläche | | | d. Luft d. Schnee- Diff.oberfläche | | |
| - 6.3 | - 6.2 | - 0.1 | - 2.2 | - 1.7 | - 0.5 | - 5.6 | - 5.3 | - 0.3 |

Auch im Mittel ist also die Schneedecke bei Schneefall wärmer als die Luft. Das gleiche Resultat erhält man bei Berücksichtigung der Häufigkeit. Es war von allen Beobachtungen mit Schneefall die Schneedecke wärmer als die Luft um 7 h Morgens an 53% der Fälle, um 1 h Mittags an 62%, um 9 h Abends an 60%, und im

³⁹² Es fehlen 9 Tage, an denen heftige Schneetreiben ein Ablesen des Thermometers nicht gestatteten.

³⁹³ Die Beobachtungen von Chistoni zu Modena sind nicht brauchbar, weil seine Messungen gar nicht die Temperatur der Schneeoberfläche geben, sondern die Temperatur in 2 cm Tiefe unter der Schneeoberfläche

Mittel an 58% der Fälle. Hieraus geht das sehr interessante Resultat hervor, daß in Davos der fallende Schnee meist eine höhere Temperatur besitzt als die Luft in der Tiefe, in die er hineinfällt. Da der fallende Schnee offenbar die Temperatur der Luftschichten hat, aus denen er stammt, so besagt das nichts Anderes, als daß die Luft an der Sohle des Davoser Tales kälter ist als in einer gewissen Höhe darüber. Das läßt sich nur in der Weise erklären, daß beim Eintritt des Schneewetters die kalte Luft im Davoser Tal stagniert, während darüber die schneebringenden wärmeren Westwinde dahinbrausen. Eine Bestätigung dieses Resultates durch andere Stationen ist freilich erst abzuwarten.

Vergleichen wir in der Tabelle oben die mittlere Temperatur-Differenz zwischen Schnee und Luft in den einzelnen Monaten mit der mittleren Bewölkung, so erkennen wir deutlich, wie außerordentlich die Temperatur der Schneeoberfläche von der Bewölkung abhängt. Das war schon zu vermuten, da die Bewölkung in erster Reihe die Größe der Ausstrahlung regelt. Noch klarer erscheint dieser Einfluß, wenn wir die Beobachtungen nach dem Grade der Bewölkung ordnen und dann feststellen, wie groß die Temperaturdifferenz im Mittel bei den einzelnen Bewölkungsgraden war. Das ist in der nachfolgenden kleinen Tabelle geschehen. Die Beobachtungen bei Schneefall, die wir schon oben zu einem Mittel zusammen gefaßt haben, sind hierbei fortgelassen worden.

Einfluß der Bewölkung auf die Temperatur der Schneeoberfläche und deren Abweichung von der Lufttemperatur.

| Bew. | Zahl d. Beob.. | 7 h a.m. (vorm.) Temperatur | | | Zahl d. Beob. | 1 h p.m. (nachm.) Temperatur | | | Zahl d. Beob. | 9 h p.m. Temperatur | | |
|--------|-------------------|--------------------------------|---------------|-------|------------------|---------------------------------|---------------|-------|------------------|------------------------|---------------|-------|
| | | Luft | Schnee Ob. | Diff. | | Luft | Schnee Ob. | Diff. | | Luft | Schnee Ob. | Diff. |
| 0 | 28 | - 14.3 | - 20.4 | 6.1 | 31 | 0.0 | - 10.0 | 10.0 | 49 | - 9.7 | - 15.5 | 5.8 |
| 1 - 4 | 22 | - 12.7 | - 15.7 | 4.0 | 23 | 0.7 | - 8.1 | 8.8 | 25 | - 6.4 | - 9.6 | 3.2 |
| 5 - 8 | 22 | - 4.3 | - 6.8 | 2.5 | 26 | 1.8 | - 1.8 | 3.6 | 13 | - 4.3 | - 6.7 | 2.4 |
| 9 - 10 | 20 | - 4.5 | - 5.9 | 1.4 | 19 | 2.2 | - 1.0 | 3.2 | 18 | - 3.6 | - 4.9 | 1.3 |

Diese Tabelle bringt zwei Tatsachen prägnant zum Ausdruck. Zunächst sieht man, wie außerordentlich die Temperatur der Schneeoberfläche von der Bewölkung abhängt. An klaren wolkenlosen Tagen, wenn nichts die Ausstrahlung hindert, ist die Schneeoberfläche am kältesten; je mehr sich der Himmel bewölkt, desto höher steigt die Temperatur. Die Temperatur der Schneeoberfläche ihrerseits zieht die Lufttemperatur nach, aber nicht völlig; es ist nämlich die Differenz zwischen beiden um so größer, je klarer das Wetter ist, so daß an trüben Tagen die Schneeoberfläche durchschnittlich nur um 1 - 3° kälter ist als die Luft, an klaren Tagen dagegen um 6 - 10°. Die Differenz steigt bei einzelnen Morgen- und Abendbeobachtungen bis über 12°, Mittags sogar fast bis 14°. Ich muß gestehen, daß ich so große Unterschiede nicht erwartet hatte. Sie sind weit größer, als sie je im Tiefland beobachtet worden sind.

Zur Erklärung dieser gewaltigen Temperaturdifferenzen bei klarem Wetter müssen wir die Wetterlage in Betracht ziehen. Wenn über dem Alpengebirge ein klarer Himmel sich wölbt, so befindet es sich in der Regel im Bereich eines Gebietes mit hohem Luftdruck. Das war auch während unseres Beobachtungszeitraums der Fall. Von den 108 Beobachtungen mit wolkenlosem Himmel fallen 95 auf Tage, wo die Alpen unter der Herrschaft barometrischer Maxima oder Anticyklonen, um ein anderes Wort zu gebrauchen, standen. Bei solcher Wetterlage haben wir die merkwürdige, lange Zeit rätselhafte und erst durch Hann aufgeklärte Erscheinung, daß die Temperatur von der Talsohle aufwärts bis in erhebliche Höhen zunimmt. Hoher Luftdruck bringt den Höhen im Winter Wärme, den Tälern dagegen Kälte. Das hängt mit der allgemeinen

Luftbewegung in Anticyklonen sowie mit den dadurch bedingten Ausstrahlungsverhältnissen des Erdbodens zusammen. In Anticyklonen herrscht eine absteigende Bewegung der Luft vor: die Luftmassen sinken aus großen Höhen herab bis in die Nähe des Erdbodens, um hier in horizontaler Richtung nach allen Seiten hin auseinander zu strömen. Obwohl sie aus einer Höhe von vielen Kilometern stammen und dort eine sehr niedrige Temperatur besessen haben, kommen sie doch in der Nähe des Erdbodens stark erwärmt an; denn indem sie absteigen, gelangen sie unter immer höheren Druck und werden dadurch komprimiert; Kompression aber bedingt Erwärmung. Diese Erwärmung ist bedeutend; denn sie beträgt 1° C. beim Heruntersinken der Luft um 100 m. Man spürt sie, wie Hann zuerst gezeigt hat, überaus deutlich auf den Gipfeln der Alpen, wo die Luft während einer Anticyklone immer auffallend warm ist. In den tiefen Tälern ist von der Erwärmung dagegen nichts zu merken; hier herrscht im Gegenteil eine eisige Kälte. Diese Kälte in der Tiefe ist eine Folge der starken Ausstrahlung der Erdoberfläche, die durch die Anwesenheit von Schnee noch außerordentlich gesteigert wird. Hierzu tragen die Trockenheit der Luft und die Wolkenlosigkeit des Himmels, wie sie immer in Anticyklonen beobachtet werden, wesentlich bei. Denn je ärmer die Luft an Feuchtigkeit ist, desto weniger hindert sie die Ausstrahlung. Die niedrige Temperatur der Unterlage teilt sich den untersten Luftschichten mit: denn diese sind, besonders wenn sie in geschützten Tälern liegen, in die allgemeine Bewegung der Luft nicht einbezogen - sie stagnieren. Je vollständiger die Stagnation ist, desto mehr wird sich offenbar die Luft an der Unterlage abkühlen können und desto kleiner wird daher die Differenz zwischen der Lufttemperatur und der Temperatur der Unterlage, in unserem Fall die Schneeoberfläche, werden. Das trifft alles für Davos genau zu. Wenn unten im Tal strenge Kälte herrscht, dann sind die Höhen erheblich wärmer; das wissen die Einwohner und Kurgäste sehr wohl, obgleich meteorologische Beobachtungen auf den Höhen fehlen.

Daß die Luft bei klarem Wetter, also während eines Barometer-Maximums, in einer gewissen Höhe viel wärmer sein muß als die Schneeoberfläche, ist nach den obigen Ausführungen klar. Daß das aber in Davos schon in der geringen Höhe von 2 - 3 m über der Schneedecke der Fall ist, schien auffallend. Würde die Luft hier vollkommen stagnieren, so müßte jedenfalls die Schneedecke durch Leitung ihre niedrige Temperatur viel mehr den untersten Luftmassen mitteilen, so daß nur eine kleine Differenz zwischen der Lufttemperatur in 2 - 3 m Höhe und der Schneetemperatur bestehen könnte. Da das, wie die Beobachtungen lehren, nicht der Fall ist, so muß offenbar die Luft im Davoser Tal sich, wenn auch nur sehr langsam, fortbewegen, so daß sie von absteigender wärmerer Luft ersetzt wird. Dieses langsame Fortfließen läßt sich auch recht gut aus der Lage von Davos in unmittelbarer Nähe einer ganz flachen Wasserscheide erklären, von der das Tal des Landwassers nach Südwesten, das Tal der Landquart (bez. eines kurzen Seitenbaches dieses Flusses) nach Nordwesten ziehen. In der Tat gibt das Beobachtungstagebuch an den Tagen, wo Davos im Gebiet eines Maximums liegt, doch fast durchweg eine ganz leichte Luftbewegung aus bestimmter Richtung, aber von der Stärke 0 an, die meist der Richtung des Davoser Tales folgt. Wir können also den Satz aussprechen: Die große Temperaturdifferenz zwischen Luft und Schnee in Davos an klaren Tagen mit anticyklonalem Wetter führt sich auf die langsame Zufuhr durch Absteigen erwärmter Luft von oben zurück, die die langsam talabwärts fließende Luft ersetzt. Davos hat also gleichsam bei anticyklonalem Wetter eine Gehängelage.

Die große Differenz zwischen Schnee- und Lufttemperatur, die in Davos bei anticyklonaler Wetterlage zu beobachten ist, widerlegt einen von verschiedenen Seiten ausgesprochenen Satz, wonach die Kälte in den tiefen Tälern wenigstens z. Teil. durch

die an den Talgehängen Nachts erkalteten und daher zur Tiefe sinkenden Luftmassen verursacht sein soll. Wäre in der Tat die Schneedecke der Talgehänge und nicht die der Talsohle in erster Reihe die Ursache der Kälte der im Tal lagernden Luft, so dürfte diese offenbar nicht wesentlich wärmer sein als die Schneeoberfläche an der Talsohle. Die Beobachtungen von Davos lehren daher, daß die Ursache der Kälte der Luft an der Talsohle in der niedrigen Temperatur der Schneedecke am Talboden selbst zu suchen ist, nicht in der Schneedecke an den Gehängen. Ich muß gestehen, daß ich auch gar nicht recht einsehen kann, wie die Luft an den Gehängen, die anerkanntermaßen sowohl am Tage als auch in der Nacht Wärme bringen, weil sie von vornherein wärmer war und dazu noch beim Abfließen für je 100 m Fall sich um rund 1° erwärmt. Die Davoser Beobachtungen lehren, daß die Quelle der Kälte an den Talsohlen des Alpentaales bei Anticyklonen noch mehr lokalisiert ist, als man bisher annahm.

Aus der obigen Diskussion folgt ohne weiteres, daß bei ruhigem anticyklonalem Wetter die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Schnee und Gehängen besonders groß wird müssen, weil hier fortwährend neue warme Luftmassen aus der Höhe nachsinken, die alten zur Tiefe sinkenden zu ersetzen, so daß die Luft hier noch weniger Zeit hat, sich an den erkalteten Schneeflächen abzukühlen, als in Davos. Beobachtungen hierfür sind freilich erst beizubringen.

Unsere Ausführungen scheinen einem von Woeikof aufgestellten Gesetz zu widersprechen, wonach starke Luftbewegung die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Schnee mindert, indem sie die Temperatur des Schnees erhöht. Doch ist dieser Widerspruch nur scheinbar. Es müssen nämlich langsame, kaum merkliche Bewegungen der Luft anders wirken als solche in Form von Winden auftretende. Das ist einfach eine Folge der geringen spezifischen Wärme der Luft. Drei Fälle sind zu unterscheiden, wenn eine Luftmasse und eine Schneeoberfläche, die verschiedene Temperaturen besitzen, mit einander in Berührung kommen. Wenn die Luft absolut stagniert, so muß durch Leitung allmählich ein vollkommener Ausgleich zwischen der Temperatur der Luft und der des Schnees eintreten und zwar wird die Luft bis zur Temperatur des Schnees erkalten, da ihre spezifische Wärme im Vergleich zu der des Schnees gering ist; die Temperaturdifferenz wird also sehr klein. Ist die Luft über der Schneefläche in heftiger Bewegung, weht also ein kräftiger Wind, so werden in kurzer Zeit so große Luftmassen über die Schneefläche hinweggeführt, daß trotz der geringen spezifischen Wärme der Luft der Schnee fast die Temperatur der Luft annimmt. Auch in diesem Fall ist die Temperaturdifferenz klein. Bewegt sich dagegen, die Luft nur äußerst langsam über den Schnee dahin, so hat sie zwar keine Zeit, vollkommen die Temperatur des Schnees anzunehmen; gleichzeitig vermag sie aber auch nicht wesentlich zur Erwärmung des Schnees beizutragen, da der langsamen Bewegung wegen die vorbeigeführten Massen immer nur klein sind; in diesem Fall wird also die Temperaturdifferenz groß werden.

Durch die Davoser Beobachtungen erhärten läßt sich diese Deduktion leider nur z.T.; denn ein absolutes Stagnieren der Luft scheint in Davos nicht vorzukommen; ein ganz langsames Auswechseln findet immer statt. Aber auch starke Winde sind der geschützten Lage wegen so gut wie nicht vorhanden. Die Morgenbeobachtungen mit klarem Himmel verzeichnen durchweg die Windstärke 0. Unter den Abendbeobachtungen (9 h Abends) finden sich jedoch 4 Beobachtungen bei Wind von der Stärke von 0 - 1 und 1.

So klein diese Zahl ist, so glaube ich sie doch zu einem Mittel zusammenfassen und dieses mit dem allgemeinen Mittel vergleichen zu dürfen.

| | Zahl | Luft | Temperatur Schneeoberfläche. | Differenz |
|--------------------|------|-------|---------------------------------|-----------|
| Alle Beobachtungen | 49 | - 9.7 | - 15.5 | 5.8 |

| | | | | |
|---------------------------|---|-------|-------|-----|
| Beobachtung mit Wind 0-1. | 4 | - 5.6 | - 9.2 | 3.6 |
| Unterschied | | 4.1 | 6.3 | 2.2 |

Die Temperatur-Differenz zwischen Schnee und Luft war also bei diesen 4 Beobachtungen auffallend klein und zwar im Mittel 3.6° , während im Durchschnitt aller 9 Uhr-Beobachtungen bei klarem Himmel die Differenz 5.8° , also volle 2.2° größer war. Diese Verminderung der Differenz ist in erster Reihe eine Folge der hohen Temperatur der Schneeoberfläche, die volle 6.3° wärmer ist als im allgemeinen Durchschnitt. Auch die Luft ist wärmer, aber doch nur 4.1° . Das ist aber gerade das, was man erwarten muß, sofern die stärkere Luftbewegung die Schneeoberfläche erwärmt. Eine verstärkte Bewegung der Luft erhöht also die Temperatur der Schneeoberfläche und vermindert deren Differenz gegen die Lufttemperatur. Dieser Satz stimmt in seinem zweiten Teil vollkommen mit dem von Woeikof aus den Beobachtungen an der Lenamündung gefundenen überein.

Die Beobachtungen der Temperatur der Schneeoberfläche zu Davos gestatten uns noch einer Frage näher zu treten, die in der letzten Zeit zur Sprache gebracht worden ist, nämlich der Frage nach dem Einfluß der Schneeoberfläche auf die Feuchtigkeit der Luft.

Landläufig ist die Ansicht, daß der Schnee draußen im Gebirge stark verdunstet. Man deutet die Verminderung der Dicke einer Schneelage mit zunehmendem Alter allgemein als Beweis dafür, jedoch z.T. mit Unrecht. Jene Verminderung der Dicke ist wenigstens zum Teil nichts anderes als eine Folge des Zusammensinkens der Schneemassen durch Austrieb der Luft bei abwechselndem Schmelzen und Wiedergefrieren. Irgend welche positive Beweise für ein ausschließliches starkes Verdunsten des Schnees fehlen ganz und mir scheint es sicher daß jene Annahme in ihrer Allgemeinheit unrichtig ist. Das Verhalten des Schnees zu dem in Gasform in der Luft enthaltenen Wasser wechselt vielmehr durchaus. Bald entzieht er der Luft Wasserdampf und läßt ihn sich in fester Form auf seiner Oberfläche niederschlagen; er trocknet also gleichsam die Luft aus. Bald verliert er durch Verdunstung Wasser und bereichert hierdurch den Wasserdampfgehalt der Luft. Es fragt sich nun, was für ein Vorgang überwiegt. Woeikof glaubt, daß die Verdunstung eine viel größere Rolle spielt als die Kondensation und P.A. Müller hat das für Katharinenburg nachzuweisen gesucht. Bei uns in den Alpen ist es, wenigstens in den Tälern anders, wie die Beobachtungen von Davos lehren.

Die Entscheidung dieser Frage wird dadurch möglich, daß man den Taupunkt der Luft feststellt und diesen mit der Temperatur der Schneeoberfläche vergleicht.

Kühlt eine Luftmenge, die eine bestimmte Quantität Wasser in Gasform enthält, allmählich ab, so beginnt bei einer bestimmten Temperatur plötzlich Wasser sich in flüssiger oder fester Form auszuscheiden - es tritt Kondensation ein. Diese Temperatur heißt der Taupunkt. Je mehr Wasserdampf in der Luft sich findet, desto höher, je weniger, desto tiefer liegt der Taupunkt. Führt man in eine zu untersuchende Luftmasse einen Körper ein, dessen Temperatur tiefer ist als der Taupunkt der betreffenden Luft, so wird der Wasserdampf an diesem kalten Körper kondensiert, d.h. der Körper beschlägt sich mit kleinen tauartigen Wassertröpfchen oder feinen Eiskristallen. Kennt man nun die Temperatur des Körpers und gleichzeitig den Taupunkt der Luft, der sich aus der beobachteten Feuchtigkeit leicht bestimmen läßt, so kann man im Voraus sagen, ob Kondensation an der Oberfläche jenes Körpers eintreten wird oder nicht. Die Frage, ob eine Schneeoberfläche in einem gegebenen Moment Wasserdampf aus der Luft kondensiert oder etwa selbst verdunstet, läßt sich also in die Form kleiden: Ist die Temperatur der Schneeoberfläche tiefer oder höher als der Taupunkt der Luft? Ist sie tiefer, so findet Kondensation statt, ist sie höher, Verdunstung.

Ich habe nun für jede einzelne Beobachtung der Schneetemperatur aus den Beobachtungen der Feuchtigkeit der Luft zu Davos den gleichzeitig bestehenden Taupunkt berechnet und zwar nach zwei Methoden: erstens auf Grund der alten Taupunktstabellen, wie sie bisher ausschließlich benutzt wurden, und zweitens nach den Zahlen, welche Friedrich und Ekholm speziell für den Taupunkt über Eis angeben.³⁹⁴ Der Raum verbietet diese großen Tabellen hier mitzuteilen; ich begnüge mich mit den Mitteln für die einzelnen Monate und Termine, die in der nachfolgenden kleinen Tabelle zusammengestellt sind. Dieselbe enthält die mittlere Schneetemperatur und dann die Differenz Taupunkt - Schneetemperatur. Ist diese Differenz positiv, so bedeutet das Kondensation an der Schneeoberfläche, ist sie negativ - Verdunstung.

Vergleich des Taupunktes der Luft mit der Schneetemperatur

| | Zahl der Tage | 7 h a.m. (vormittags) | | | 1 h p.m. (nachmittags) | | | 9 h p.m. (nachmittags) | | |
|-------------|---------------|-----------------------|----------------------|-----------|------------------------|----------------------|-----------|------------------------|------------------------------|-----------|
| | | Schneetemp. | Diff. gegen Taupunkt | | Schneetemp. | Diff. gegen Taupunkt | | Schneetemper. | Differenz gegen den Taupunkt | |
| | | | üb. Eis | üb. Wass. | | üb. Eis | üb. Wass. | | üb. Eis | üb. Wass. |
| 1891 Febr.. | 28 | -16.7 | 3.8 | 3.2 | -7.2 | 2.0 | 1.8 | -14.7 | 4.5 | 4.1 |
| März | 31 | -7.0 | 0.1 | -0.1 | -1.1 | -2.6 | -2.8 | -6.0 | 0.0 | -0.2 |
| Dez. | 12 | -13.9 | 4.0 | 3.6 | -10.1 | 3.2 | 2.9 | -14.0 | 4.8 | 4.4 |
| 1892 Jan.. | 31 | 11.9 | 1.3 | 0.9 | -6.0 | 0.6 | 0.4 | -11.6 | 1.9 | 1.4 |
| Febr. | 20 | 7.5 | -0.7 | -1.1 | -3.2 | -1.8 | -2.0 | -7.7 | -0.9 | -1.2 |
| Mittel | 12 | 11.4 | 1.3 | 1.0 | -5.5 | 0.1 | 0.0 | -7.3 | 1.9 | 1.5 |

Die Tabelle lehrt, daß der Taupunkt der Luft, mag er nun auf die eine oder die andere Weise berechnet worden sein, im Durchschnitt höher ist als die Temperatur der Schneeoberfläche, d.h. also, daß die Kondensation an der Schneeoberfläche über die Verdunstung überwiegt. Das gilt besonders für den Morgen und Abend. Nur in zwei Monate zeichneten sich durch reichlichen Schneefall und trübes Wetter aus. Der Februar und Dezember 1891 dagegen, wo die Schneetemperatur um einen besonders hohen Betrag unter dem Taupunkt lag, waren durch ein beständiges klares Wetter charakterisiert, wie es so häufig im Winter den Alpen zu Teil wird, wenn sie sich in einem Gebiet hohen Luftdruckes befinden.

Diese Resultate werden durch folgende kleine Zusammenstellung vollkommen bestätigt, die Aufschluß über die Häufigkeit der Verdunstung in den verschiedenen Monaten und Tageszeiten gibt. Ich habe mich hier auf die Berechnung des Taupunktes, wie er bei Gegenwart von Eis sich gestaltet, beschränkt.

Häufigkeit der Verdunstung des Schnees

| | Tage | 7 a.m. | 1 p.m. | 9 p.m. | Mittel |
|-----------|------|--------|--------|--------|--------|
| 1891 Febr | 28 | 11% | 11% | 7% | 10% |
| März | 31 | 61 | 81 | 55 | 66 |
| Dez | 12 | 25 | 33 | 8 | 19 |
| 1892 Jan | 31 | 32 | 57 | 27 | 39 |
| Febr | 20 | 60 | 79 | 59 | 65 |
| Mittel | 122 | 39 | 53 | 31 | 41 |

³⁹⁴ Der Taupunkt liegt nämlich bei Anwesenheit von Eis etwas höher als bei Anwesenheit von Wasser.

Im Februar 1891 trafen auf 100 Beobachtungen nur 10 mit Verdunstung und volle 90 mit Kondensation, im Dezember nur 19 mit Verdunstung und 81 mit Kondensation. Im März 1891 und im Februar 1892 dagegen wurde Verdunstung an 2/3 aller Beobachtungen bemerkt. Im Gesamtdurchschnitt gelangten Morgens und Abends doppelt so viele Fälle mit Kondensation zur Beobachtung als mit Verdunstung, Mittags dagegen fast ebenso viel.

Vereinigen wir alle Termine zu einem Generalmittel, so sprechen 41% der Beobachtungen für Verdunstung und 59% für Kondensation. Berechnet man den Taupunkt für Wasserdampf und nicht für Eisdampf, so ändern sich diese Zahlen um eine Kleinigkeit; es steigt die Zahl der für Verdunstung sprechenden Beobachtungen auf 44% und sinkt die Zahl der für Kondensation sprechenden auf 56%. Also auch nach diesen Zahlen überwiegt die Kondensation.

Schon die Monatsmittel weisen darauf hin, daß die Bewölkung einen erheblichen Einfluß auf das Verhalten der Schneeoberfläche zur Feuchtigkeit der Luft hat. Das tritt noch viel deutlicher in den nachfolgenden Zahlen zu Tage, die einerseits die Differenz Taupunkt - Schneetemperatur und andererseits die Häufigkeit der Fälle mit Verdunstung in Prozenten aller Beobachtungen für verschiedene Bewölkungsgrade angeben.

Differenz zwischen dem Taupunkt der Luft und der Schneetemperatur bei verschiedenen Bewölkungsgraden

| Bewölk | 7 h a.m. | | | | 1 h p.m. | | | | 9 h p.m. | | | |
|------------|----------------|--------------|----------------------|-----------|----------------|--------------|----------------------|-----------|----------------|--------------|----------------------|-----------|
| | Zahl der Beob. | Schnee-temp. | Diff. gegen Taupunkt | | Zahl der Beob. | Schnee-temp. | Diff. gegen Taupunkt | | Zahl der Beob. | Schnee-temp. | Diff. gegen Taupunkt | |
| | | | üb. Eis | üb. Wass. | | | üb. Eis | üb. Wass. | | | üb. Eis | üb. Wass. |
| 0 | 28 | -20.4 | 5.3 | 4.5 | 31 | -10.0 | 4.1 | 3.9 | 49 | -15.5 | 4.9 | 4.3 |
| 1 - 4 | 22 | -15.7 | 3.1 | 2.5 | 23 | - 8.1 | 2.6 | 2.5 | 25 | 9.6 | 1.1 | 0.9 |
| 5 - 8 | 22 | - 6.8 | 0.5 | 0.0 | 26 | - 1.8 | -3.3 | -3.5 | 13 | 6.7 | 0.2 | 0.0 |
| 9 - 10 | 20 | - 5.9 | -0.2 | -0.4 | 19 | - 1.0 | -2.3 | -2.5 | 8 | - 4.9 | -0.5 | -0.7 |
| Schneefall | 30 | - 6.3 | -1.1 | -1.4 | 21 | - 1.7 | -3.0 | -3.1 | 24 | - 5.3 | -1.3 | -1.5 |

Häufigkeit der Beobachtungen mit Verdunstung der Schneedecke bestimmt auf Grund des Taupunktes.

| Bewölkung | 7 h a.m. | | 1 h p.m. | | 9 h a.m. | |
|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | üb. Eis | üb. Wasser | üb. Eis | üb. Wasser | üb. Eis | üb. Wasser |
| 0 | 4% | 4% | 6% | 6% | 0% | 2% |
| 1 - 4 | 5 | 5 | 16 | 22 | 28 | 28 |
| 5 - 8 | 45 | 55 | 89 | 92 | 46 | 46 |
| 9 - 10 | 55 | 65 | 84 | 84 | 62 | 62 |
| Schneefall | 80 | 87 | 90 | 90 | 75 | 79 |

Solange weniger als der halbe Himmel bewölkt ist, überwiegt die Kondensation ganz außerordentlich über die Verdunstung und zwar um so mehr, je klarer das Wetter ist. Bei Bewölkungsgraden zwischen 5 und 8 halten beide einander die Wage. Bei ganz bedecktem Himmel (Bewölkung 9 bis 10) überwiegt die Verdunstung ziemlich stark über die Kondensation, noch stärker aber bei Schneefall.

Wir sind am Schluß der Diskussion der Davoser Beobachtungen. Fassen wir die wichtigsten Resultate noch einmal kurz zusammen.

1) Die Temperatur der Schneeoberfläche zu Davos war durchweg tiefer als die Temperatur der Luft. Nur wenn Schnee fiel, war sie gleich oder höher.

2) Die Temperatur der Schneeoberfläche ist um so tiefer, je geringer die Bewölkung ist. Gleichzeitig wächst mit abnehmender Bewölkung die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Schnee.

3) Die Schneedecke übt in Folge dessen einen stark abkühlenden Einfluß auf die Temperatur der Luft aus, der mit abnehmender Bewölkung wächst. Er ist daher bei anticyklonaler Wetterlage am stärksten und verringert sich mit zunehmender Windstärke, weil dann die Schneeoberfläche ihre Temperatur jener der über sie hinweg eilenden Luftmassen nähert.

4) Infolge seiner niedrigen Temperatur veranlaßt der Schnee häufig eine Kondensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfs an seiner Oberfläche in Form von Raufrost. Diese Kondensation ist bei klarem Wetter am häufigsten, während bei trübem Wetter die Verdunstung überwiegt.

Die aus den Davoser Beobachtungen abgeleiteten Resultate gelten zunächst nur für das Davoser Hochtal. Doch sind sie z.T. derart, daß man sie ohne Bedenken auf andere analog gestaltete Hochtäler, z.B. das Engadin, übertragen kann. Wie sich die Verhältnisse am Fuße des Gebirges oder auf einem Gipfel gestalten werden, läßt sich dagegen im Voraus nicht sagen; hier müssen Beobachtungen entscheiden. Freilich, daß die abkühlende Wirkung der Schneefläche auf die Temperatur sich auch hier finden wird, kann einem Zweifel nicht unterliegen.

Einfluß der Schneedecke auf die Witterung in den Bayrischen Alpen

Die Davoser Beobachtungen haben uns die Qualität des Einflusses einer Schneedecke auf die Temperatur kennen gelehrt. Die Quantität zu bestimmen, gestatten sie leider nicht. Das kann nur durch den Vergleich der Temperatur geschehen, wie sie sich unter sonst genau gleichen Umständen mit und ohne Schneedecke gestaltet. Für Davos ist das nicht möglich, weil hier jeden Winter Schnee liegt, und schneelose Wintermonate überhaupt nicht vorkommen. Um einen solchen Vergleich auszuführen, müssen wir etwas tiefer steigen. Leider ist ein solcher Vergleich nur für das bayrische Gebiet möglich, weil sonst nirgends die Schneedecke beobachtet wird.

Offenbar kann der Vergleich in zweierlei Weise angestellt werden. Man kann zunächst die Temperatur eines Zeitraums, in dem Schnee lag, mit der Temperatur des gleichen Orts während einer anderen Periode vergleichen, wo bei sonst gleicher Wetterlage und Jahreszeit der Boden aper war; oder man kann die gleichzeitigen Temperaturen zweier Orte mit einander vergleichen, von denen der eine Schneedecke besaß, der andere aber nicht. Wir wollen nacheinander beide Wege einschlagen.

Im Dezember 1888 und Januar 1889 herrschte im Gebiet der Alpen, speziell in Bayern und in der Schweiz, durchaus anti-cyklonales Wetter, d.h. der Luftdruck war hoch und es fehlte an stärkerer Luftbewegung. Dabei lagen in der Tiefe vielfach Nebel, während in der Höhe ein wolkenloser Himmel sich wölbte. Im Februar nahm der Luftdruck ab und es stellte sich wechselndes Wetter mit reichlichen Niederschlägen ein. Ganz analog war die Wetterlage im Dezember 1890. Den größten Teil des Monats befand sich der Nordfuß der Alpen im Zentrum oder am Rande einer Anticyklone. Das gilt auch vom Januar 1891, wo die Wetterlage nur vorübergehend am 21. - 25. durch eine kurzes Tauwetter bringende Depression eine Störung erfuhr. Noch ausgesprochener anticyklonal war der Februar 1891. In einem Punkt aber unterschieden sich die beiden Winter durchgreifend - in der Schneebedeckung des Bodens. Im Winter 1888/89 lag bis

Ende Januar nur hier und da in den Tälern Schnee, erst im Februar stellte sich eine dauernde Schneedecke ein. Im Winter 1890/91 war dagegen der Boden von Ende November an ganz mit Schnee bedeckt. Am besten zeigen das die Zahlen für den Beginn und das Ende der ununterbrochenen Schneedecke in Bayern.

Dauer der ununterbrochenen Schneedecke in den Bayrischen Alpen

| Station | Seehöhe m | Beginn | Winter 1888/89 | | 1890/91 | | Tage |
|-------------|--------------|--------|----------------|------|---------|--------|------|
| | | | Ende | Tage | Beginn | Ende | |
| München | 526 | 21.II | 10.III | 18 | 25.XI | 22.II | 90 |
| Rosenheim | 446 | 3.II | 24.III | 50 | 25.XI | 5.III | 101 |
| Miesbach | 717 | 3.II | 12.IV | 69 | 25.XI | 10.III | 106 |
| Oberstdorf | 842 | 3.II | 20.IV | 77 | 24.XI | 22.IV | 150 |
| Peissenberg | 994 | 3.II | 21.IV | 78 | 25.XI | 17.III | 113 |
| Hochkreuth | 989 | 3.II | 16.IV | 73 | 25.XI | 9.III | 105 |
| Wendelstein | 1730 | 3.II | 22.IV | 79 | 17.X | 8.V | 204 |

Es bestand 1888/89 zwar zeitweise schon vorher eine Schneedecke, die aber nie große Mächtigkeit annahm und bald verschwand, wie nachfolgende Zahlen veranschaulichen sollen.

Zahl der Tage mit Schneedecke und größte Tiefe der Schneedecke (cm).

| Station | Seehöhe m | Jahr | Tage | Tiefe | Tage | Tiefe | Tage | Tiefe |
|-------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 88/89 | 88/89 | 90/91 | 90/91 | 88/89 | 90/91 |
| München | 526 | 88/89 | 0 | 0 | 13 | 6 | 24 | 13 |
| | | 90/91 | 31 | 11 | 31 | 36 | 22 | 21 |
| Rosenheim | 446 | 88/89 | 1 | 1 | 17 | 10 | 26 | 25 |
| | | 90/91 | 31 | 7 | 31 | 40 | 28 | 41 |
| Miesbach | 717 | 88/89 | 12 | 2 | 16 | 9 | 26 | 62 |
| | | 90/91 | 31 | 15 | 31 | 57 | 28 | 67 |
| Oberstdorf | 842 | 88/89 | 0 | 0 | 12 | 11 | 27 | 85 |
| | | 90/91 | 31 | 17 | 31 | 73 | 28 | 67 |
| Peissenberg | 994 | 88/89 | 6 | 2 | 14 | 11 | 26 | 92 |
| | | 90/91 | 31 | 33 | 31 | 60 | 28 | 51 |
| Hochkreuth | 989 | 88/89 | 20 | 10 | 17 | 17 | 27 | 100 |
| | | 90/91 | 31 | 22 | 31 | 70 | 28 | 84 |
| Wendelstein | 1730 | 88/89 | 20 | 14 | 20 | 25 | 27 | 72 |
| | | 90/91 | 31 | 16 | 31 | 148 | 28 | 90 |

Die Unterschiede in der Schneedecke sind also im Dezember und Januar sehr groß, und gleichen sich erst im Februar aus. —

Wie gestalten sich nun die Temperaturverhältnisse? Darüber gibt nachfolgende kleine Tabelle Auskunft:

| Station | Jahr | Dezember | Januar | Februar |
|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | | Temperatur | Temperatur | Temperatur |
| München | 1888/89 | - 1.8 | -3.5 | -2.8 |
| | 90/91 | <u>-7.1</u> | <u>-6.2</u> | <u>-3.4</u> |
| | Differenz | -5.3 | -2.7 | -0.6 |
| Rosenheim | 1888/89 | -6.8 | -4.6 | -3.8 |
| | 90/91 | <u>-7.1</u> | <u>-7.6</u> | -4.1 |
| | Differenz | -6.3 | -3.0 | -0.3 |
| Miesbach | 1888/89 | -3.5 | -5.0 | -4.5 |
| | 90/91 | <u>-9.1</u> | <u>-8.2</u> | <u>-5.3</u> |
| | Differenz | -5.6 | -3.2 | -0.8 |
| Oberstdorf | 1888/89 | - 1.4 | - 5.8 | -5.3 |

| | | | | |
|-------------|-----------|--------------|-------------|--------------|
| | 90/91 | <u>-10.2</u> | <u>-9.8</u> | <u>-5.9</u> |
| | Differenz | -8.8 | -4.0 | -0.6 |
| Peissenberg | 1888/89 | - 1.4 | -4.6 | -6.0 |
| | 90/91 | <u>-7.8</u> | <u>-7.1</u> | <u>-2.9</u> |
| | Differenz | -8.7 | -2.5 | +3.1 |
| Wendelstein | 1888/89 | -0.7 | -5.4 | -10.0 |
| | 90/91 | <u>-5.5</u> | <u>-9.9</u> | <u>- 4.6</u> |
| | Differenz | -4.8 | -4.5 | +5.4 |

Man sieht deutlich, wie der schneereiche Winter im Dezember und Januar viel tiefere Monats-Temperaturen aufwies als der schneearme. Damit wird unser obiger Satz bestätigt, daß die Schneedecke die Temperatur erheblich deprimiert. Die Monate Februar 1889 u. Februar 1891 lassen sich nicht direkt vergleichen, weil der erste ganz cyclonal war, der zweite dagegen anticyklonal. Die Temperatur scheint gleich. Aber das wird im Februar 1889 durch hohe Morgen- und Abend-Temperaturen bewirkt, im Februar 1891 dagegen durch hohe Mittagtemperaturen. Sieht man von den letzteren ab und berücksichtigt nur die Nachttemperaturen, d.h. die täglichen Minima, so war der Februar 1891 mit seiner Schneedecke an den Talsohlen und in der Ebene erheblich kälter als selbst der schneearme Januar 1889, obwohl ja sonst der Februar wärmer zu sein pflegt als der Januar. Das zeigen folgende Zahlen:

Mittlere Temperatur-Minima.

| | Jan. 89 | Febr. 91 |
|------------|---------|----------|
| München | - 5.5 | - 6.6 |
| Rosenheim | - 6.7 | -10.5 |
| Miesbach | - 8.5 | -10.2 |
| Oberstdorf | -11.5 | -11.7 |

Auch in der Schweiz bestanden ähnliche Verhältnisse; leider werden jedoch hier keine Notizen über die Schneedecke gemacht. Nur Zürich und Basel geben summarisch an, wann in den einzelnen Monaten Schnee lag. In Basel lag im Winter 1888/90 in der Zeit vom 1. Dez. bis 1. Febr. nur am 7. Jan. eine leichte Schneedecke, in Zürich vom 10. bis 31. Januar. Dagegen hatte Zürich den ganzen Dez. 1890 und Jan 1891 sowie Basel vom 1. Dez. bis zum 24. Januar ununterbrochen Schnee.

Die Temperaturverhältnisse dieser Monate gestalten sich folgendermaßen:

| | 1888 | 1890 | Differenz. | 1889 | 1891 | Differenz |
|--------|-------|------|------------|------|------|-----------|
| Basel | - 0.7 | -4.5 | -3.8 | -1.4 | -4.5 | -3.1 |
| Zürich | -1.5 | -5.8 | -3.3 | -2.5 | -5.3 | -2.2 |

Die Differenzen im Dez. sind größer, weil in diesem Monat der totalen Schneelosigkeit von 1888 die totale Schneebedeckung von 1890 gegenübersteht, während der Januar 1889 in Zürich z.T. eine Schneedecke besaß, und andererseits der Januar 1891 in Basel gegen Ende schneelos war. Jedenfalls führen die Zahlen uns wieder vortrefflich den abkühlenden Einfluß der Schneedecke vor Augen.

Aber auch, wenn wir die gleichzeitig herrschenden Temperaturen zweier Orte vergleichen, von denen der eine Schneedecke hatte, der andere aber nicht, erkennen wir klar den abkühlenden Einfluß des Schnees. Ganz leicht zu finden sind allerdings solche Stationspaare besonders im Winter nicht, weil dann in der Regel das ganze Alpengebiet gleichmäßig in Schnee gehüllt ist. Dagegen bietet sich im Frühling hierfür manche Gelegenheit. Dann vermag überall, wo Schnee liegt, die Temperatur sich nicht wesentlich über 0° zu erheben. Da nun gerade das Gebirge durch Schneereichtum

ausgezeichnet ist, so bleibt hier in gleichen Höhenlagen der Schnee oft länger liegen als draußen in der Ebene und es verzögert sich der Einzug des Frühlings. Wenn in Bern bereits aller Schnee geschwunden ist und die Temperatur sich schon weit über den Nullpunkt erhebt, liegt häufig die Sohle des Aar-Tales im Gebirge in gleicher Höhe noch in Schnee vergraben und die Temperatur ist frisch.

Diesen abkühlenden Einfluß der Schneedecke lassen auch die Beobachtungen der bayrischen Stationen sehr gut erkennen. Ich wähle hierzu die Stationspaare Lindau und Kempten und Rosenheim und Traunstein. Bei Lindau in 399 m Seehöhe ist der Boden oft schneefrei, während in dem 300 m höher gelegenen Kempten (696 m) sich die Schneedecke noch hält. Ebenso ist Rosenheim (446 m) oft schon schneefrei, während bei Traunstein (597 m) noch Schnee liegt. Die Temperaturen der Stationspaare lassen sich nicht direkt vergleichen, weil die Orte in verschiedenen Seehöhen liegen und daher mit geringen Ausnahmen Kempten immer kälter als Lindau und Rosenheim immer kälter als Traunstein ist. Wenn der Schnee abkühlend wirkt, dann muß nun aber offenbar der Temperaturunterschied zwischen Lindau und Kempten bez. Rosenheim und Traunstein besonders groß sein, sobald die untere Station schneefrei ist, die obere aber noch nicht, kleiner dagegen, wenn an beiden Orten kein Schnee oder an beiden Orten gleichzeitig Schnee liegt. In der Tat ist das der Fall. Mit Hilfe der Schneebeobachtungen aus den 5 Winter 1886/87 bis 1890/91 konnte ich diejenigen Tage ausfindig machen, wo die Schneeverhältnisse an beiden Orten gleich waren, und diejenigen, an denen nur der höher gelegene Ort eine Schneedecke hatte, und dann die zugehörigen Temperaturen aus der Zusammenstellung entnehmen, die jährlich von der bayrischen Zentralstelle für jene 4 Stationen veröffentlicht wird. Ich erhielt folgende kleine Tabelle ³⁹⁵:

Temperaturunterschied zwischen Lindau - Kempten

| | Zahl d. Tage | Temp.- Diff. | Zahl d. Tage | Temp.- Diff. | Zahl d. Tage | Temp.- Diff. | Zahl d. Tage | Temp.- Diff. |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Wenn L. schneefrei, k. mit Schnee war | 25 | 3.6° C | 25 | 3.6° | 30 | 4.1° C | 40 | 2.2° C |
| Wenn beide Orte mit oder beide ohne Schnee waren | 100 | 3.1 0.5 | 110 | 3.2° 0.4 | 80 | 8.0 1.1 | 45 | 20 0.2 |

Zwischen Rosenheim-Traunstein

| | | | | | | | | |
|--|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|
| Wenn R. vorwiegend schneefrei, T. mit Schnee war | 15 | 1.2° C | 30 | 1.4° C | 20 | 1.5° C | 30 | 1.7° C |
| Wenn beide Orte mit oder beide ohne | | | | | | | | |

³⁹⁵ Die Untersuchung wurde mit Hilfe der Pentadenmittel der Temperatur geführt. Als Pentaden mit gleichem Charakter an beiden Orten wurden die betrachtet, wo während mindestens 4 Tagen an der oberen und an der unteren Station gleichzeitig Schnee lag oder fehlte. Als Pentaden mit entgegengesetztem Charakter galten beim Stationspaar Lindau und Kempten nur diejenigen, wo Lindau die ganze Zeit schneefrei war und Kempten die ganze Zeit eine Schneedecke besaß, beim Stationspaar Rosenheim und Traunstein dagegen diejenigen Pentaden, wo wenigstens an 3 Tagen der Gegensatz bestand. Das war geboten, weil sonst die Zahl der Pentaden entgegengesetzten Charakters bei Rosenheim und Traunstein sehr klein (nur 8) gewesen wäre.

| | | | | | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Schnee waren | 130 | 0.5 | 105 | -0.4 | 130 | 0.6 | 9.5 | 1.0 |
| | | 0.7 | | 1.8 | | 0.9 | | 0.7 |

An den 25 Dezember-Tagen, wo sich bei Kempten die Schneedecke noch hielt, während sie in Lindau schon fehlte, war Kempten um 0.5° C., an den 25 Januar Tagen um 0.4° , an den 30 Februar Tagen sogar um 1.1° zu kalt. Analog war das Verhältnis zwischen Rosenheim und Traunstein.

Wenn im Frühling die Schneedecke die tiefen Täler verlassen hat und sich auf die Höhen zurückziehen beginnt, dann hält sie dort die winterlichen Temperaturen fest, indem sie, besonders Nachts, die Luft immer wieder und immer wieder auf 0° und darunter abkühlt. Hierdurch verschärft sich der Kontrast zwischen dem schneefreien Tal in der Tiefe, in das der Frühling schon eingezogen ist, und dem noch im Winterkleid liegenden Hochtal. Dann ist die Temperaturdifferenz zwischen beiden am größten. Woeikof hat das durch eine Reihe von Beispielen aus den Schweizer Alpen sehr schön klar gelegt.³⁹⁶ Im April liegt die untere Grenze des Schnees etwa in 1000 m Höhe. Chur (603 m) ist bereits schneefrei, während sich im nahen Churwalden (1213) oder wenigstens auf den benachbarten Hängen der Schnee noch hält, um erst im Mai zu verschwinden. Daher ist im April Churwalden 4.6° kälter als Chur, im März dagegen nur 4.2 und im Mai nur $+3^{\circ}$. Im Juni ist die Schneegrenze bis gegen 2000 m emporgerückt und liegt zwischen Sils (1810 m) und dem Julierpass (2244 m). Daher erreicht die Temperaturdifferenz zwischen beiden im Juni ihren größten Werth: Mai 2.5° , Juni 3.7° , Juli 2.6° . Es läßt sich ganz allgemein der Satz aussprechen, daß die Temperatur zwischen zwei Orten in jenem Monat mit wachsender Höhe am raschesten abnimmt, in dem der untere schon schneefrei ist, während der obere noch einen Rest der winterlichen Schneedecke besitzt. Das gilt besonders von den Hochtälern, nicht von den Berggipfeln. Diese ragen in eine frei bewegte Atmosphäre hinein; die Luft verweilt immer nur kurze Zeit in Berührung mit den Schneemassen und wird bald durch neue ersetzt, vermag sich daher nicht nennenswert abzukühlen. Auf Berggipfeln und an Hängen kann daher die Temperatur auch in Gegenwart von Schnee weit über Null stehen; in Tälern, wo die Luftzirkulation stark behindert ist, entfernt sie sich im Durchschnitt lange nicht so weit von Nullgrad, so lange Schnee vorhanden ist.

Diese rasche Temperaturabnahme im Frühsommer ist in mancher Hinsicht wichtig. Woeikof hat mit Recht darauf hingewiesen, daß hier wahrscheinlich eine Hauptursache der großen Häufigkeit der Gewitter des Frühsommers ist. Denn die rasche Temperaturabnahme befördert das Auftreten von aufsteigenden Luftströmen, die die überhitzten feuchten Luftmassen der Täler emportragen. Hierbei kommt es zu heftigen Kondensationen und Gewitterbildung.

Wir sind am Schlusse unserer Ausführungen angelangt. Wir haben uns im Verlauf derselben begnügen müssen, wenigstens durch Beispiele den Einfluß der Schneedecke auf das Klima klarzulegen. Dazu waren diese Beispiele einem ganz kleinen Gebiet, im wesentlichen dem zwischen dem Inn und der oberen Salzach im Süden, dem Rhein im Westen und der unteren Salzach im Osten entnommen; denn nur hier standen die notwendigen Beobachtungen zur Verfügung. Beispiele sind zwar vortrefflich, wenn es gilt, einem weiteren Kreis eine Frage anschaulich zu machen - allein einwurfsfrei lösen läßt sie sich dadurch nicht. Bei jedem Schritt sind wir auf Fragen gestoßen, zu deren allgemeiner Beantwortung das Material fehlt. Daher heißt es, Beobachtungsmaterial für alle Teile der Alpen gewinnen.

³⁹⁶

a. a. O. S. 98.

Nach drei Richtungen ist das wünschenswert. Erstlich gilt es, die jährliche vertikale Wanderung der unteren Grenze der zusammenhängenden Schneedecke zu bestimmen, wie das am Säntis und bei Innsbruck geschehen ist. Besonders für den äußersten Osten der Alpen, etwa für die Niederen Tauern, sowie für die südlichen Alpentäler waren solche Beobachtungen sehr wichtig. Sie sind leicht von Jedermann anzustellen, müssen jedoch eine Reihe von Jahren täglich oder doch fast täglich fortgeführt werden, um ihren vollen Wert zu erhalten. Am besten eignen sich hierfür Gehänge, die nicht allzu steil sind. Die Höhe der Schneegrenze läßt sich leicht vom Tal aus an der Hand von kenntlichen Punkten des Gehänges, deren Höhe bekannt ist, täglich abschätzen. Als Muster können die Beobachtungen von v. Kerner im Innthal dienen.

Zweitens gilt es, an möglichst zahlreichen Orten, an denen sich meteorologische Stationen befinden, nach der in Bayern mit so viel Erfolg eingeschlagenen Methode Tag für Tag die Schneedecke zu beobachten, d.h. Tag für Tag zu notieren, ob Schnee auf dem Boden liegt oder nicht und womöglich auch seine Tiefe anzugeben. Die Tiefe wird ganz einfach an möglichst weit von Gebäuden, Mauern, Bäumen, kurzum allen Hindernissen, welche Schneeanhäufungen verursachen können, in den Boden gesteckten Stangen (Schneepegeln) einmal täglich bestimmt. Auch diese Beobachtungen sind sehr einfach und erfordern nur einen geringen Aufwand von Mühe. Eine Anleitung dazu hat die bayerische meteorologische Zentralstation publiziert.³⁹⁷

Drittens ist es endlich wünschenswert, daß noch an einigen Orten Beobachtungen der Temperatur der Schneeoberfläche angestellt werden wie in Davos, und zwar an Orten mit möglichst verschiedener Lage. Besonders erwünscht wären Beobachtungen an einem Ort am Fuß der Alpen, ferner solche in einem der tiefen Haupttäler und auch auf einem Bergobservatorium. Diese Beobachtungen erfordern schon mehr Mühe und Sorgfalt und setzen eine gewisse Vertrautheit in der Handhabung eines feinen Thermometers voraus. Sie sollten daher am besten von bereits existierenden meteorologischen Stationen ausgeführt werden.

³⁹⁷

Wiedergegeben in der Met. Zeitschrift 1887. S. 15.

6. Der Einfluß der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge und Getreidepreise in Europa.

Eine schwere Krise erlebt seit etwa 15 —20 Jahren die deutsche Landwirtschaft; ein Notstand sondergleichen ist eingerissen, veranlaßt durch die schwere Konkurrenz des amerikanischen und besonders des russischen Getreides auf dem deutschen Markt. Diese Konkurrenz hat sich in wenigen Jahrzehnten entwickelt; denn erst während der 70er und 80er Jahre ist Rußlands Getreideausfuhr so gewaltig gestiegen. Eine ganze Reihe von Erscheinungen werden für diesen Aufschwung der russischen Ausfuhr als Ursache angesprochen: der amerikanische Sezessionskrieg lähmte in der zweiten Hälfte der sechziger Jahre Amerika, den größten Konkurrenten Rußlands; die Entwicklung des deutschen und insbesondere des russischen Eisenbahnnetzes verbilligte den Transport und rückte die reichen Getreidefelder Süd- und Südostrußlands dem Westen mit einem Schlage viel näher; gleichzeitig gewann der russische Ackerbau an Ausdehnung; ferner bot das Sinken des Rubelkurses einen gewaltigen Anreiz zum Export, denn der niedrige Kurs gab dem russischen Händler bei gleichem Preis der Ware im Ausland weit mehr Papierrubel in die Hand als früher; vor allem aber wuchs mit der zunehmenden Industrie und der wachsenden Verdichtung der Bevölkerung der Bedarf an Getreide in Mittel- und Westeuropa. Das sind die Hauptgründe, die für die Steigerung der Ausfuhr Rußlands geltend gemacht werden. Sie liegen im Menschen und in seinem Ringen beim Kampf ums Dasein. Allein ein dem Einfluß des Menschen gänzlich entzogener Umstand, der zwar erst in zweiter Reihe genannt, aber gewiß nicht beiseite gelassen werden darf, fehlt in dieser Aufzählung: es ist die Tatsache, daß Rußland in den siebziger und achtziger Jahren bis einschließlich 1888 eine Reihe besonders guter Ernten und nur sehr wenige schlechte erlebt hat, während der Westen mehrfach unter schlechten Ernten zu leiden hatte.

Auf diesen Punkt ist bisher zu wenig Gewicht gelegt worden. Man hat sich daran gewöhnt, die Mißernten als etwas rein Zufälliges zu betrachten und ihnen auf die wirtschaftlichen Verhältnisse eines Landes nur insofern einen Einfluß zuzuschreiben, als durch sie der Getreidepreis und der Getreidehandel von Jahr zu Jahr sehr erheblichen, aber regellosen Schwankungen unterworfen ist. Mit anderen Worten: man hält diejenigen Faktoren, die außerhalb des menschlichen Willens den Ausfall der Ernte beeinflussen, für gänzlich wirkungslos, sobald nicht mehr einzelne Jahre, sondern längere Zeiträume, wie z. B. Jahrzehnte, in Betracht gezogen werden. Dies ist jedoch nicht berechtigt.

I.

Die Ernteerträge hängen in hohem Maß vom Klima des Landes ab, entscheidet doch das Klima in viel strengem Maß als etwa der Boden über Sein oder Nichtsein einer Pflanzenart. In enger Abhängigkeit vom Klima steht daher das Pflanzenkleid der Erde. Temperatur und Niederschlag wirken beide bestimmend ein; jene ist besonders für die Festlegung der polaren Grenzen der Pflanzen maßgebend; dieser bestimmt oft deren Verbreitung in der Richtung der Parallelkreise. Würde die Witterung von Jahr zu Jahr sich gleich bleiben, so würde *ceteris paribus* allerorten auf der Erde die Grenze des Vorkommens einer Pflanzenart durch die gleiche Isotherme oder die gleiche Isohyete gegeben sein. Tatsächlich ist das nicht der Fall; denn viel wichtiger als die mittlere Temperatur und der mittlere Niederschlag ist für die Verbreitung der Pflanzen die Veränderlichkeit beider Elemente. Mag ein Waldbaum auch mehrere Jahre lang hindurch an einem Ort die für sein Gedeihen gerade

ausreichende Feuchtigkeit erhalten haben, er geht doch mit all seinem Nachwuchs zu Grunde, wenn das nächste Jahr ihm jenes erforderliche Minimum versagt. Das gilt ganz allgemein. In einer Folge von guten Jahren wird vielleicht eine Pflanze ihr Verbreitungsgebiet erweitern; allein das erste schlechte Jahr, das nicht die zu ihrer Fortexistenz nötige Wärme und Feuchtigkeit liefert, wird sie wieder bis in den Bereich ihrer alten Grenze zurückwerfen. Auf die Dauer vermögen sich Pflanzen daher nur da zu halten, wo ihnen auch in schlechten Jahren das Minimum an Wärme und Feuchtigkeit, dessen sie bedürfen, geliefert wird. Es sind offenbar besonders die Witterungsverhältnisse der schlechten Jahre, die für die Grenzen der Verbreitung der Gewächse maßgebend werden. Das gilt zunächst von den natürlichen Verbreitungsgebieten der Pflanzen.

Wo der Mensch eingreift, gestalten sich die Verhältnisse zum Teil anders. Es kann ihm oft von Vorteil sein, ein Gewächs anzubauen, das nur in guten Jahren gedeiht, in schlechten aber den Ertrag verweigert oder ganz zu Grunde geht. Der Wert des in einem guten Jahr gewonnenen Produktes kann mehrere schlechte Jahre wettmachen. So baute man in vielen Gegenden Norddeutschlands und Nordfrankreichs, wo heute von Weinkultur nicht mehr die Rede ist, im Mittelalter und später noch Wein, obwohl in manchen Jahren gar kein Ertrag erzielt wurde. Es war der teuren Fracht wegen vorteilhafter, Mißernten mit in Kauf zu nehmen, als von Süden her Wein zu importieren. Als sich später die Kommunikationsverhältnisse besserten und der Transport sich verbilligte, auch wohl der Geschmack verfeinerte, zog sich die Grenze der Weinkultur nach Süden zurück und das Weinland wurde einer anderen, für jenes Klima besser geeigneten Kultur übergeben.

Etwas ganz Ähnliches sehen wir heute auf dem Gebiet der Getreideproduktion sich vollziehen.

Die polare Grenze des Baus der verschiedenen Getreidearten wird durch die Temperaturverhältnisse bestimmt; die Temperatur ist es, die den Weizenbau in Europa im wesentlichen auf das Gebiet südlich des 60. oder 61. Breitenkreises beschränkt, den genügsamen Getreidearten Gerste und Hafer aber bis fast zum Nordkap und bis zum Weißen Meer vorzudringen gestattet. Trotzdem übt die Temperatur in den Hauptgebieten des europäischen Ackerbaus nur eine örtlich beschränkte und daher untergeordnete Wirkung auf den Ausfall der Ernte aus, und nur in der Nähe der Polargrenze des Getreides, so in Skandinavien und im Norden Rußlands, sind Ernteschäden durch Kälte häufig. An zu viel Wärme geht Getreide, sofern nur genug Wasser vorhanden ist, überhaupt nicht zu Grunde; gedeiht doch z. B. Weizen trefflich im tropischen Vorderindien!

Viel wichtiger ist für den Getreideanbau die Feuchtigkeit. Kein Ackerbau ohne Wasser, aber auch kein Ackerbau bei zu viel Wasser. Diese Regel drängt sich auf, wenn man die Verbreitung des Ackerbaus auf der Erde überblickt, oder noch besser die Ursachen der Mißernten studiert. In allen Gebieten, die spärlichen Regenfall haben, gehen Dürren und Mißernten Hand in Hand; wo überreiche Regen den Boden netzen, werden dagegen die Mißernten hauptsächlich durch regnerische Jahre heraufbeschworen. Freilich ist es nicht die absolute Menge des Wassers, die den Ausschlag gibt, sondern die Wassermenge in Beziehung gesetzt zur Verdunstung. Die gleiche Menge Feuchtigkeit, die in kaltem Klima unfehlbar die Ernte ersäuft, kann in heißem Klima vielleicht dem Wasserbedürfnis des Getreides nur noch gerade genügen. Andererseits wird oft eine geringe Regenmenge, die für ein warmes Land der starken Verdunstung wegen Dürre bedeutet, in kühlem Klima vollkommen ausreichen. In Europa verhalten sich die feuchten Küsten des atlantischen Ozeans und

Mitteleuropa gerade umgekehrt wie das trockene Innere des Kontinents. Südrußland und Großbritannien nebst Irland stellen in dieser Beziehung Extreme dar. Als Ursache der Mißernte von 1891 in den zentralen und östlichen Gouvernements von Rußland muß Dürre gelten. Die Dürre vom August bis zum Oktober 1890 schadete dem Wintergetreide; der nachfolgende Winter war trocken, es fiel wenig Schnee, so daß die Saaten zum Teil erfroren. Wegen seiner geringen Menge schmolz der Schnee früh weg und der Boden wurde nicht, wie gewöhnlich, tief durchfeuchtet. Die Fröste im April 1891 fanden keine schützende Schneedecke mehr und schädigten die Saat. So ging das Wintergetreide zu Grunde. Das Sommergetreide aber fiel der Dürre und den heißen Winden im Mai, Juni und Juli zum Opfer: die Mißernte war da.³⁹⁸ Solche Ereignisse sind in Rußland nicht zu selten, wenn sie auch glücklicherweise selten so gewaltige Dimensionen annehmen wie 1891.

Gerade umgekehrt lagen die Verhältnisse bei den zahlreichen Mißernten, die, gefolgt von Teuerungen, England Ende der dreißiger, im Verlauf der vierziger und Anfang der fünfziger Jahre heimsuchten, desgleichen bei den schlechten Ernten von 1872, 1875, 1877 und 1879; sie fallen auf übermäßig feuchte Jahre. Man klagt, daß man im Herbst einen Teil des Ackers wegen zu großer Nässe nicht bestellen kann und daß im feuchten Sommer sich das Getreide legt und auf dem Felde verfault.³⁹⁹

Mitteleuropa und speziell das Deutsche Reich steht in der Mitte zwischen diesen Extremen. Für eine Reihe von Zweigen der Landwirtschaft, besonders für den Wein- und Obstbau, aber auch für den Getreidebau, sind die trockenen Jahre meist die fetten, während für den Wiesenbau, also für die Viehzucht, gerade die trockenen Jahre die mageren sind. Es kommen zwar Jahre vor, in denen die Ernte durch Trockenheit geschädigt wird, allein viel häufiger sind Mißernten infolge von zuviel Feuchtigkeit. Man denke nur an die schlechten Ernten der feuchten Jahre um 1880.

Südeuropa und zum großen Teil auch die Tropen, wenigstens soweit Getreide gebaut wird, schließen sich in ihrem Verhalten Südrußland an. Die Hungerjahre in Vorderindien fallen mit trockenen Jahren zusammen.

Von Interesse wäre es, wenigstens für Europa das Gebiet, in dem der Getreidebau hauptsächlich durch viel Regen geschädigt wird, abzugrenzen gegen das Gebiet, wo der Hauptschaden durch Dürre verursacht wird. Auf eine scharfe Grenze wird man da freilich verzichten müssen, weil eine Übergangszone besteht, wo Schädigungen durch zu viel Regen ebenso häufig sind wie Schädigungen durch Dürre. Auch wird die Grenze für jede Getreideart anders liegen. Im Großen und Ganzen aber dürfte die Linie aus dem Innern von Rußland nach Südwesten gegen die Karpathen hin ziehen, dann ungefähr diesen und den Alpen entlang bis nach Südfrankreich hinein. Sie verläuft im Osten zwar noch im Waldgebiet, aber parallel der Grenze der Steppen; im Westen entspricht sie ungefähr der Grenze der subtropischen Region. Das Gebiet nördlich leidet mehr von zuviel Regen, das Gebiet südlich mehr von Dürre.

In den Ländern Europas mit vorwiegend ozeanischem Klima sind die Schädigungen des Getreidebaus durch allzu große Feuchtigkeit so erheblich, daß hier bei den hohen Arbeitslöhnen und den billigen Frachtsätzen der Gegenwart, die die Einfuhr fremden Getreides erleichtern, der Getreidebau mit den allergrößten Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Die Landwirtschaft hat sich daher zum Teil vom Getreideanbau ab- und der Wiesenkultur und Viehzucht zugewandt. Das gilt von

³⁹⁸ Woeikof in der Meteorologischen Zeitschrift 1892 S. 40.

³⁹⁹ Zahlreiche Beispiele siehe bei Tooke und Newmarch, Geschichte und Bestimmung der Preise 1723—1857. Deutsch von Ascher. Bd. I u. II.

Großbritannien und Irland, von Holland, von Dänemark, von Skandinavien und von den Provinzen Schleswig-Holstein und Westpreußen, ebenso auch von der Schweiz, überhaupt von den Ländern am Nordabhang der Alpen, die sehr reiche Bewässerung bei nicht zu großer Wärme genießen. Die Wiesenkultur braucht Wasser; es muß schon sehr viel regnen, damit es ihr zuviel wird, und feuchte Jahre, in denen das Getreide, dessen Heimat ja die Steppe ist, zu Grunde geht, sind sehr oft für die Viehzucht gute Jahre und umgekehrt. Das zeigte sich im trockenen Sommer 1893: die Wiesen waren, besonders im Flachland und niedrigen Bergland, in der Schweiz und in Süddeutschland ausgedorrt, während die Getreidefelder gute Erträge lieferten. Die Gebiete Westeuropas mit ihrem kühlen Sommer sind in der Tat förmlich zur Viehzucht und Wiesenkultur prädestiniert. Das ist für sie der natürliche Produktionszweig, und der unter dem Druck der Konkurrenz gewaltiger Getreidelieferanten wie Amerika, Rußland und Ungarn sich vollziehende Übergang zur Viehzucht ist nur ein Übergang zu einer naturgemäßerer Bodenbenutzung.

Gehen wir von unserer Grenzlinie nach Südosten, so nimmt in dieser Richtung die Gefahr eines Mißwachses durch Dürre immer mehr zu. Besonders die Gebiete östlich der unteren und mittleren Wolga leiden nur zu oft infolge von Dürre an Hungersnöten. Auch hier haben wir einen vorgeschobenen Posten des Getreidebaus, der sich jedoch zur Zeit noch halten kann, weil sowohl die Arbeitskraft als auch der Boden billig ist und der Getreidebau daher selbst mehrfachen Mißwachs überdauert, vor allem aber weil eine andere naturgemäßere und gleichzeitig vorteilhaftere Bodenbenutzung erst gefunden werden muß, wie sie der Westen in der Kombination von Viehzucht und Wiesenkultur gefunden hat.

Unsere obigen Ausführungen sind nur skizzenhaft; eine Geographie der Ursachen der Mißernten ist noch zu schreiben. Heute liegt noch nicht genügendes Material dazu vor. Noch keineswegs in allen Ländern werden die Ernteschäden systematisch zusammengestellt, wie etwa in Preußen. Nur einige große Züge konnten wir daher andeuten. Die Verschiedenheit des Klimas von Ort zu Ort läßt hier diese, dort jene Witterung besonders häufig Mißernten verursachen. Ja, ganze Verschiebungen der Produktion sieht man unter dem Einfluß des Klimas sich vollziehen, wenn sie auch erst durch vom Menschen geschaffene Einrichtungen — durch die modernen Verkehrsverhältnisse — möglich geworden sind: der Rückzug des Ackerbaus aus den exponierten ozeanischen Gebieten ist zu einem guten Teil die Folge der Ungunst des Klimas. Diese Ungunst bestand immer; aber früher war es vorteilhafter, ihr zu trotzen; heute ist es vorteilhafter, ihr nachzugeben.

Wie die klimatischen Verhältnisse eine örtliche Verschiebung der Produktion mit veranlassen helfen können, so besteht auch ein Einfluß des Klimas auf die zeitliche Änderung der wirtschaftlichen Verhältnisse, insbesondere auf die Ernten und Getreidepreise. Es sei mir gestattet, das an dieser Stelle kurz darzutun⁴⁰⁰

⁴⁰⁰ Die ausführliche Darstellung der Frage muß einer späteren größeren Publikation vorbehalten bleiben, da meine Sammlung des Materials noch weit vom Abschluß entfernt ist. Auch von dem bereits in meinen Händen befindlichen Material kann ich an dieser Stelle nur einen Teil veröffentlichen, um nicht zu unbescheiden den Raum dieser Zeitschrift in Anspruch zu nehmen. Die weiter unten behandelten Fragen sind bereits in verschiedenen Publikationen von mir berührt worden: Ed. Brückner, Inwieweit ist das Klima konstant? Verhandl. des VIII. Deutschen Geographentages zu Berlin. Berlin 1889. S. 101. -- Brückner, Klimaschwankungen seit 1700. Wien, Hölzel 1890. S. 125 - 279. -- Brückner, Über die praktische Bedeutung der Klimaschwankungen. Comptes rendus du Vme. Congrès international de

II.

Angesichts des großen Einflusses der Witterung auf den Ernteausfall darf man offenbar nur dann bei der Erklärung der wirtschaftlichen Verhältnisse und ihrer Änderung von Jahrzehnt zu Jahrzehnt von der Witterung absehen, wenn es sich nachweisen läßt, daß die durchschnittliche Witterung oder, kurz gesagt, das Klima konstant ist. Nur dann wird die Wahrscheinlichkeit guter Ernten für ein Land von Jahr zu Jahr die gleiche bleiben.

Bis vor kurzem war man der Ansicht, daß in der Tat die klimatischen Verhältnisse des Erdballs konstant seien. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß das nicht der Fall ist; das Klima erlebt vielmehr Schwankungen derart, daß es gleichsam um eine Mittellage pendelt. Ich denke da nicht an die so oft behauptete, aber noch immer nicht ganz sicher gestellte und jedenfalls von Zeit zu Zeit ganz verschwindende 11jährige Periode der Witterung, die durch die 11jährige Periode der Sonnenfleckenhäufigkeit verursacht ist, sondern an die weit wesentlicheren 35jährigen Klimaschwankungen. Der hochverdiente, leider so früh verstorbene Direktor des bayerischen meteorologischen Netzes, C. Lang, hat deren Vorhandensein mit der im eigenen Klarheit 1885 für das Gebiet der Alpen dargetan. Mir war es vergönnt, seine Ergebnisse über die ganze Erde hin zu verfolgen.⁴⁰¹ Die gewonnenen Resultate sind inzwischen von verschiedenen Seiten, besonders von R. Sieger, E. Richter und Heintz bestätigt worden, während sie von Fritsch, Sonklar, Forel und Ellis für beschränkte Gebiete schon früher wahrscheinlich gemacht worden waren.⁴⁰² Die Klimaschwankungen müssen heute als Tatsache gelten.

Die Klimaschwankungen bestehen in Schwankungen der Temperatur, des Luftdrucks und des Regenfalles, die sich auf der ganzen Erde gleichzeitig vollziehen. Die Dauer dieser Schwankungen, d. h. die Zeit, die von einem Extrem bis zum nächsten gleichartigen verstreicht, beträgt im Mittel 35 Jahre, bald etwas mehr, bald etwas weniger. Dabei ist die Temperatur das Element, von dem die übrigen abhängen. Diese Schwankungen der Temperatur sind so gut wie allen Ländern der Erde gemeinsam. Sie alle erleben gleichzeitig Kälteperioden und gleichzeitig Wärmeperioden. Die Größe dieser Temperaturschwankungen beträgt im Mittel nahezu 1° C. Das ist sehr viel. Besagt das doch nichts Anderes, als daß z. B. in den 5 Jahren um 1840 herum die mittlere Jahrestemperatur von Berlin um einen vollen Grad tiefer war als in den 5 Jahren um 1825; das bedeutet so viel, als wenn Berlin um 3 Breitengrade nach Norden gerückt wäre.

Die Temperaturschwankungen wirken auf die Luftdruckverteilung ein. In den Wärmeperioden erscheint der Übertritt feuchter ozeanischer Luft vom Meer aufs Festland erschwert, in den Kälteperioden dagegen erleichtert. Das muß nun seinerseits den Regenfall des Landes beeinflussen. Auf dem größten Teil der Landmassen schwankt der Regenfall derart, daß die kühlen Perioden auch feucht und die warmen trocken sind. Bei uns ist der Regenfall in der feuchten Zeit um etwa 20 Proz. größer

Sciences géographiques. Bern 1892. S. 616 -- Brückner, Rußlands Zukunft als Getreidelieferant. Beilage zur Münchener Allgemeinen Zeitung vom 19. November 1894. Aus den beiden letztgenannten Veröffentlichungen sind einige Sätze mit Erlaubnis der betreffenden Redaktionen in die vorliegende Abhandlung übernommen worden.

⁴⁰¹ Vgl. mein Buch: Klimaschwankungen seit 1700. Wien, Hölzel, 1890.

⁴⁰² Die gesamte Literatur über Klimaschwankungen findet sich von mir zusammengestellt im Geograph. Jahrbuch XV 439 u. XVII 348.

als in der trockenen, in Rußland um etwa 25 - 30 Proz. und in Westsibirien gar um mehr als 100 Pro.

In den letzten beiden Jahrhunderten erscheinen als Zentren von kalten und auf dem Lande feuchten Perioden die Jahre 1705, 1740, 1775, 1815, 1850 und 1880; als Zentren von warmen und auf dem Lande trockenen Perioden die Jahre 1720, 1760, 1790, 1830 und 1860.

Schon von vornherein muß man angesichts des großen Betrages dieser Schwankungen des Klimas schließen, daß sie sich auch in wirtschaftlichen Erscheinungen geltend machen werden. In der Tat ist das der Fall; sie üben, und zwar hauptsächlich durch den Regenfall, einen deutlichen Einfluß auf die Erträge der Landwirtschaft aus. Nur nebenbei sei bemerkt, daß in Frankreich, in Deutschland und in der Schweiz die Weinerträge in den trockenen und warmen Perioden nach Quantität und Qualität besser sind als in den feuchten. Wichtiger ist, daß auch die Getreideerträge diesen Einfluß zeigen.

Das Material, das zum Nachweis dieses Einflusses vorliegt, ist leider nicht allzu groß und könnte auch seiner Qualität nach besser sein. Am geeignetsten wären langjährige Beobachtungen über den Ertrag von Feldfrüchten in Kilogramm pro Hektar. Allein solche Daten existieren fast nur für die letzten Jahre. Gerade für den Riesen unter den Getreideproduzenten, für Rußland gehen sie nicht über 1883 zurück. Besser ist es in Preußen, wo seit 1859 die sogenannte Erdrutsch-Tabelle jene Daten für die einzelnen Provinzen und jedes Jahr zusammenstellt. Wäre man ausschließlich auf solche Erntetabellen angewiesen, so stünde es schlimm um den Vergleich der Ernteergebnisse mit den Klimaschwankungen. Glücklicherweise aber führt ein Umweg wenigstens für frühere Jahrzehnte zum Ziele — ich meine die Benutzung der Getreidepreise.

Ehe es einen Welthandel mit Getreide gab, da war für den Preis des Getreides in allererster Reihe der Ausfall der Ernte im eigenen Lande maßgebend. Jahre schlechter Ernten sind immer teure Jahre gewesen und umgekehrt. In der Änderung des Getreidepreises von Jahr zu Jahr spiegelte sich daher der Wechsel der Ernteerträge wieder. Wenn auch einmal der Preis von anderen Ereignissen, von Krieg oder Pestilenz, beeinflußt wurde, so vermochte das doch den Einfluß des Ernteausfalls nur zu schwächen, nicht aber zu beseitigen; die Wirkungen beider Ursachen summierten sich einfach. Man ist daher berechtigt, für frühere Jahre aus dem Getreidepreis Schlüsse auf den Ausfall der Ernte zu ziehen. In neuerer Zeit geht das freilich nicht mehr. Der Getreidepreis hängt heute nicht mehr ausschließlich vom Ausfall der eigenen Ernte ab, sondern auch vom Ausfall der amerikanischen und der russischen Ernte. Es gibt heute einen Welthandelspreis für Getreide, der die Preise in den einzelnen Ländern stark beeinflußt. Daher lassen sich die Getreidepreise in Mittel- und Westeuropa nur etwa bis zum Jahre 1850 oder 1860, ja in England wohl nur bis 1840 ohne weiteres als Maßstab des Ausfalls der Ernte gebrauchen. Mit dieser Einschränkung werden wir die Preise für unsere Zwecke benutzen dürfen.

Die Methode der Gruppierung des Materials ist die gleiche, die ich früher zur Konstatierung der Schwankungen der meteorologischen Elemente angewendet habe. Ich faßte je 5 Jahre zu einem Lustrenmittel zusammen, z. B. 1801 - 5, 1806 - 10, 1811 - 15 u. s. f. Hierdurch wurden die Zufälligkeiten zu einem guten Teil eliminiert, die durch die von Jahr zu Jahr so unregelmäßig schwankende Witterung verursacht sind, die längeren Schwankungen aber blieben unbeeinflusst. Die in dieser Weise gewonnenen Zahlen sind in den Tabellen am Schluß wiedergegeben. Beigefügt ist jeweilen der Regenfall und zwar in Prozenten des vieljährigen Mittels. Wo

Regenbeobachtungen fehlen, habe ich Angaben über den Termin der Weinernte eingesetzt. Daß dieser in seiner Änderung von Lustrum zu Lustrum sich im wesentlichen den Klimaschwankungen anschließt, habe ich früher gezeigt. Die Lustrenmittel des Regenfalls wie des Termins der Weinernte sind in Abweichungen vom vieljährigen Mittel gegeben; das Minuszeichen besagt, daß der Regenfall um den betreffenden Prozentsatz zu klein und der Beginn der Weinernte um die betreffende Zahl Tage zu früh war, so daß also das Minuszeichen durchweg auf Trockenheit hinweist. Die Bemerkungen am Fuß der Tabellen enthalten alle wesentlichen Erläuterungen, sowie die Quellenangaben. Am Schluß jeder Tabelle folgen noch die Mittel des Ertrages und der Preise für die feuchten und die trockenen Perioden. Diese Zahlen wurden so berechnet, daß ich zunächst auf Grund der Lustrenmittel des Regenfalls die zeitliche Ausdehnung der feuchten und der trockenen Perioden für jedes Land bestimmte und dann für diese Zeiträume Mittel bildete.

Außerdem habe ich einen Teil der Zahlen in Kurven dargestellt. Bevor dies geschah, wurden die Zahlen der Tabellen durch eine rechnerische Operation ausgeglichen, um die Zufälligkeiten noch mehr zu beseitigen und den von den selben befreiten Gang besser zum Ausdruck zu bringen. Den Ausgleich nahm ich, wieder genau wie seinerzeit in meinen Untersuchungen über Klimaschwankungen, nach der Formel

$$\frac{a + 2b + c}{4} = \text{Ordinate von } b \text{ vor, wo } a, b \text{ und } c \text{ benachbarte Lustrenmittel sind.}$$

Für das erste bzw. letzte Glied wurde die Formel $\frac{2a + b}{3}$ = Ordinate von a bzw.

$$\frac{r + 2s}{3} = \text{Ordinate von } s \text{ angewendet.}$$

Die Zeiten, oben und unten markiert durch das mittlere Jahr des Lustrums, so daß z. B. 1803 das Lustrum 1801/5 bedeutet, wurden als Abszissen und die Zahlen für Getreidepreis, Ertrag oder Regenfall als Ordinaten abgetragen.

Die Kurven für den Regenfall steigen und fallen mit dem Regenfall, und zwar entspricht ein Auf- oder Absteigen der Kurve um einen Teilstrich einer Änderung des Regenfalls um 2½ % des vieljährigen Mittels. Die Kurven für den Termin der Weinernte, die Preise und die Erträge und ebenso für den Roggenexport Rußlands steigen und fallen gleichfalls mit den Quantitäten, die sie darstellen; doch ist der Maßstab verschieden.

Treten wir nun in die Diskussion der Tabellen⁴⁰³ und Kurven ein!

Unverkennbar ist der Einfluß der Klimaschwankungen sowohl in den Ernteerträgen als auch in den Getreidepreisen ausgesprochen, aber in verschiedenen Gegenden ganz verschieden. Es macht sich der gleiche Unterschied zwischen West- und Mitteleuropa einerseits und Osteuropa andererseits geltend, den wir oben bezüglich der Ursache der Mißernten feststellten. In den trockenen Zeiten haben gute Erträge und daher tiefe Getreidepreise die Gebiete mit mehr ozeanischem Klima, deren Mißernten hauptsächlich durch zu viel Regen veranlaßt werden, wie England, Frankreich, Belgien, Dänemark, Deutschland und Österreich, die Länder mit kontinentalem Klima aber, repräsentiert durch Ohio und Rußland, geringe Erträge und hohe Preise. In den feuchten Perioden dagegen sind die Erträge der ozeanischen Gebiete gering, die Preise hoch, während die kontinentalen Ackerbauländer gute Ernten und tiefe Preise verzeichnen.

⁴⁰³

Die Tabellen sind am Schluß des Aufsatzes zusammengestellt.

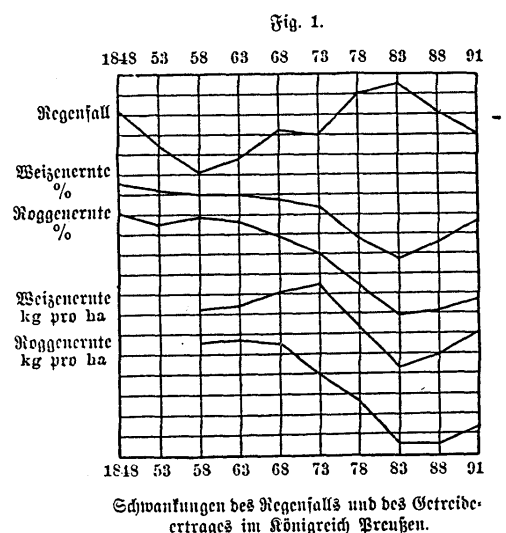
Sehr scharf ist die Schwankung der Erträge in Preußen ausgesprochen. Wenn die Kurve des Regenfalls (Fig. 1, Tab. I) steigt, fällt die der Erträge und zwar für alle Getreidearten. Um das Jahr 1880 herum ist der Regenfall sehr groß und der Ertrag sehr klein, während in den sechziger und Anfang der siebziger Jahre der Regenfall gering und dafür die Erträge groß waren: die Kurven der Erträge pro Hektar sind ein genaues Spiegelbild der Kurve des Regenfalls. Dabei sind die Schwankungen sehr bedeutend; wurden doch im feuchten Lustrum 1881/85 an Weizen pro Hektar 225 Kgr., d. I. 16%, an Roggen gar 325 Kgr., d.i. 26%, weniger geerntet als im trockenen Lustrum 1861/65! Selbst wenn man mehrere Lustren vereinigt, zeigt sich der Einfluß noch sehr deutlich. In den ganzen feuchten Perioden 1876 - 93 wurden 10% weniger Weizen und 19% weniger Roggen vom Hektar heimgebracht als in der trockenen Zeit 1859 - 75. Man denke, was das heißt — während 15 Jahren ein Ausfall von 10 bzw. 19%! Genau das gleiche Resultat liefern die Schätzungen der Mittelernte.⁴⁰⁴

Angesichts dieses deutlichen Einflusses der Klimaschwankungen auf die Erträge kann es nicht Wunder nehmen, daß auch die Getreidepreise in Mitleidenschaft gezogen werden. (Vergl. Fig. 2 und 4, Tab II, III und IV.) So parallel den Schwankungen des Regenfalls wie die Schwankungen des Ertrags vollzieht sich freilich die Preisbewegung nicht. Es treten Perioden auf, wo auf einmal durch politische Verhältnisse, durch die Konkurrenz, durch Schwankungen der Valuta u. s. w. der Zusammenhang für ein Land gestört wird.

Durchgehends scharf ausgeprägt ist in den ozeanischen Gebieten der Einfluß der Trockenperiode 1821 bis 1840. Überall stehen die Getreidepreise entsprechend niedrig, während sie vorher sehr hoch gewesen waren. Beim Eintritt der feuchten Periode der vierziger Jahre beginnt dann wieder ein Steigen der Preise; ein Maximum wird meist 1851/55 erreicht, gleichzeitig oder gleich nach dem Maximum des Regenfalls. Das zeigt sich in allen Ländern Westeuropas, nur in England verhältnismäßig weniger deutlich. In allen Ländern folgt nunmehr bis 1861/65, entsprechend der Minderung des Regenfalls, ein geringes Sinken der Preise, das nur in Österreich fehlt. Es stellt sich hiernach abermals eine Preissteigerung bei zunehmendem Regenfall ein, aber sie hält nicht lange vor und der Preis erreicht schon 1871 bis 1875, also 5 bis 10 Jahre vor dem Regenfall, sein Maximum, um dann stark zu sinken. Dieses Sinken findet statt, obwohl im eigenen Lande die Ernten noch schlechter werden und erst in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre eine Besserung zeigen (vgl. Preußen). Es ist also vom Ausfall der eigenen Ernte unabhängig und führt sich auf die massenhafte Zufuhr amerikanischen und russischen Getreides zurück.

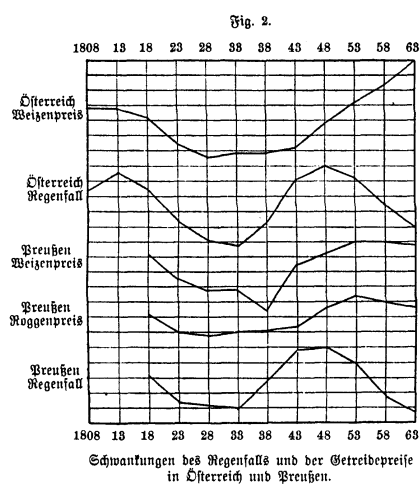
⁴⁰⁴

Einzig das Lustrum 1816/50 fällt heraus.



Um die Größe der durch die Klimaschwankungen bedingten Preisschwankungen zu bestimmen, empfiehlt es sich, von den absoluten Werten abzusehen und einfach die Maximallustren in Prozenten der Minimallustren auszudrücken. Das ist in der nachfolgenden kleinen Tabelle geschehen und zwar für die Lustren, die bei der großen Mehrzahl der Länder Träger der Maxima bezw. Minima sind.

| | Weizen England | Weizen Frankreich | Weizen Belgien | Roggen Dänemark | Weizen Preußen | Weizen München | Weizen Zürich | Weizen Österreich |
|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| 1816/20 zu 1831/35 | 117 | 113 | 115 | - | 115 | 118 | 115 | 115 |
| 1851/55 zu 1831/35 | 111 | 112 | 115 | 118 | 116 | 117 | 112 | 115 |
| 1851/55 zu 1861/65 | 112 | 111 | 112 | 112 | 111 | - | 112 | - |
| Mittel | 113 | 112 | 114 | 115 | 114 | 117 | 113 | 115 |

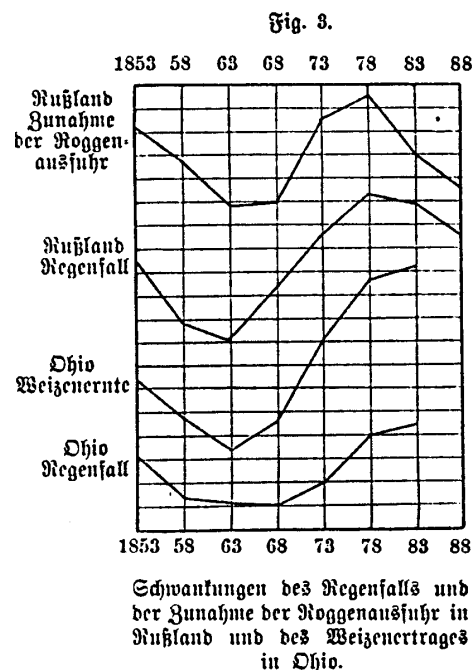


Durchschnittlich ist der Preis eines feuchtesten Lustrums um 13% höher als der eines trockensten — ein gewiß nicht zu verachtender Betrag.

Genau umgekehrt wie in West- und Mitteleuropa ist das Verhältnis zwischen Klimaschwankungen einerseits und Ernten wie Getreidepreisen andererseits in den mehr kontinentalen Ländern. Sehr scharf ist der Einfluß der Klimaschwankungen auf den Weizenantrag in Amerika (Ohio, Fig. 3 Tab. V). Auf das deutlichste entspricht

hier dem Sinken des Regenfalls bis 1861/65 eine Abnahme der Erträge, dem folgenden Steigen eine Zunahme. Im feuchten Lustrum 1876/80 wurden volle 50% mehr vom Acre geerntet als im trockenen 1861/65. Nach 1880 tritt mit einer geringen Verminderung des Regenfalls wieder eine kleine Minderung des Ertrags ein. Entsprechend gestaltet sich im großen Ganzen auch die Preisbewegung in den Vereinigten Staaten. In den sechziger Jahren (1862 - 1870) bei geringem Regenfall — 3% unter dem Mittel — war der Preis für ein Bushel Weizen 143 Cents, in den 15 folgenden Jahren bei einem Regenfall von 6% über dem Mittel nur 100 Cents.⁴⁰⁵ Doch möchte ich hierauf weniger Gewicht legen als auf die Ertragszahlen, weil sich in Amerika die Produktion durch Einführung von Maschinen gleichzeitig enorm verbilligt hat.

Analog ist die Sachlage in Rußland. Leider aber läßt sich das nicht so streng beweisen wie in den Vereinigten Staaten, da die offizielle russische Erntestatistik erst 1883 beginnt. Für frühere Jahre liegen nur vereinzelte ungenaue Schätzungen für einzelne Gegenden vor, aus denen man sich kein zuverlässiges Bild der Ernte im ganzen weiten Reich machen kann. Fest steht jedoch die Tatsache, daß Rußland in den siebziger und achtziger Jahren bis einschließlich 1888 eine Reihe von besonders guten Ernten erlebt hat, die genau der letzten feuchten Periode (siehe Tab. V) entsprechen. Zwar sind schlechte Ernten nicht ausgeblieben, wie die Ernten 1879 und 1885, aber sie waren doch nur selten. Nach 1888 aber hat, wie die amtliche Erntestatistik zeigt, der Ernteertrag stark abgenommen.



Für frühere Jahre geben nur die Preise Anhaltspunkte. Der Roggenpreis war in Moskau (Tab. V) im trockenen Lustrum 1831/35 hoch, offenbar weil infolge von Dürren die Erträge gering waren. Der Preis sank und stand tief in der folgenden feuchten Periode 1836 - 1855, um dann wieder zu steigen. Ein erneutes Sinken, wie

⁴⁰⁵ Berechnet nach den Zahlen bei Francke, in der Zeitschr. des preuß. statist. Bureaus 1887 S. 125. Der Regenfall als Mittel der vier Gruppenmittel ohne die Atlantischen Staaten in "Klimaschwankungen" S. 168.

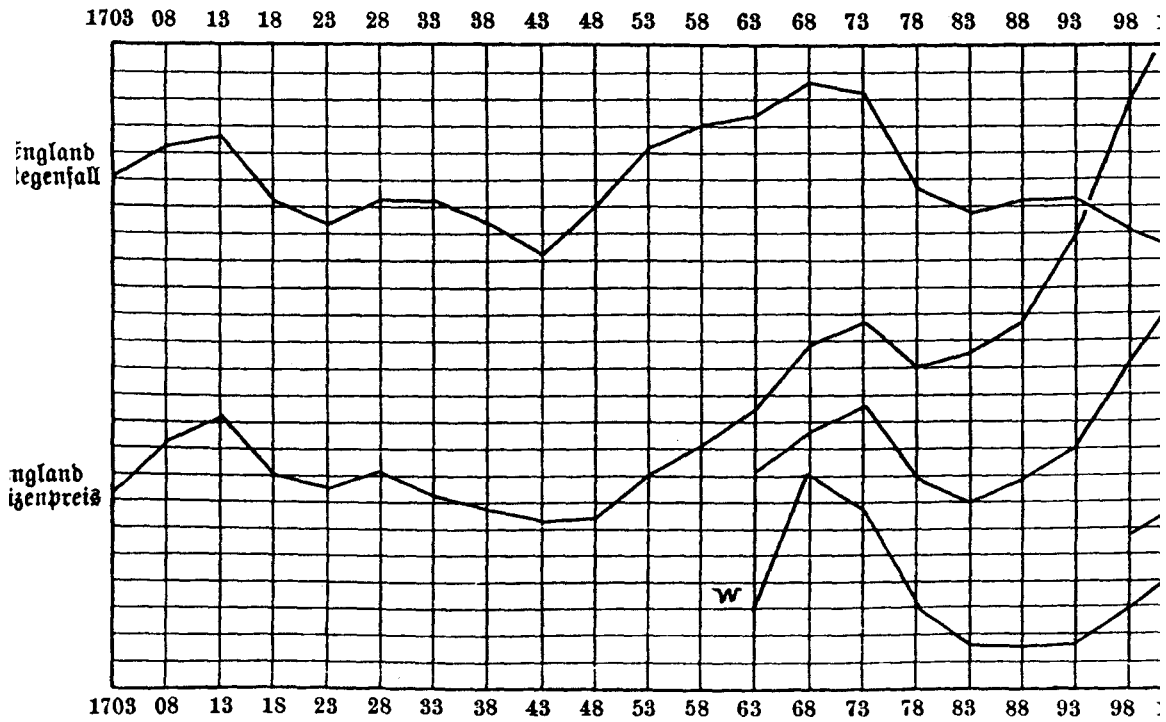
es die feuchte Periode 1871 - 1885 mit guten Ernten hätte erwarten lassen dürfen, ist nicht eingetreten. Das hängt ohne Frage mit dem Starren Sinken des Rubelkurses zusammen; bei verhältnismäßig geringen Getreidepreisen im Ausland erhielt der russische Verkäufer gleichwohl viel russisches Geld in die Hand; das wirkte auf den Preis im eigenen Lande zurück.⁴⁰⁶

Werfen wir noch einen Blick auf die Beziehungen zwischen Klimaschwankungen und den Getreidepreisen im vorigen Jahrhundert (Tab. II, Fig. 4). Die Beziehungen sind, soweit Beobachtungen vorliegen, die gleichen wie im laufenden Jahrhundert. In England entsprechen einander die Kurve für den Regenfall und die der Weizenpreise von 1701 bis 1790 auf das allgeraueste. Etwas geringer ist die Übereinstimmung der Zahlen in Tab. II zwischen dem Weizenpreis und dem Termin der Weinernte in Frankreich und desgleichen während der ersten Hälfte des Jahrhunderts in Deutschland. Das darf uns nicht wundern, da beide Elemente nicht ausschließlich, sondern nur vorwiegend vom Regenfall abhängen. Einige große Züge zeigen sich durchgehends. So entspricht überall der feuchten Periode um 1770 eine merkliche Preissteigerung, der je ein Periode geringerer Preise wie geringeren Regenfalls vorangeht und folgt. In England treten uns als Zeiten der Teuerung außerdem noch die Jahre um 1710 und 1730 entgegen, in Deutschland die Jahre 1715 und 1740. Die teure Zeit Anfang der vierziger Jahre entspricht zwar zeitlich auch großen Kriegen in Deutschland; allein da gleichzeitig ein scharfes Maximum des Regenfalls zu verzeichnen ist, so möchte ich die Teuerung wenigstens zu einem Teil diesem zuschreiben. Ein starkes Anziehen der Preise und einen langen Hochstand beobachten wir überall von 1790 - 1820. Für Deutschland könnte diese Periode hoher Preise wohl zu einem Teil auf Rechnung der Witterung gesetzt werden (vgl. Fig. 4). Die Preise sind hier auch nicht nennenswert höher als später in den vierziger Jahren. In England aber zeigt der Regenfall kein Maximum um diese Zeit, sondern erst etwas später. Daher dürfte wohl diese Periode der Teuerung hauptsächlich durch die politische Lage zu erklären sein: ganz Europa startete in Waffen.⁴⁰⁷

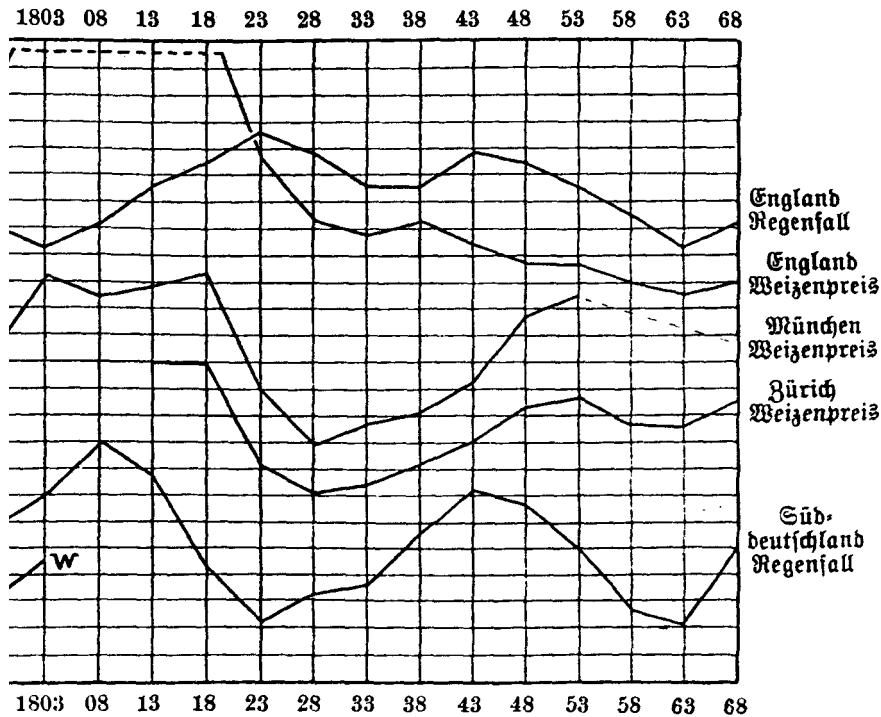
⁴⁰⁶ Auf Schwankungen der Valuta dürfte sich auch zurückführen, daß die ungarischen Getreidepreise den Einfluß der Klimaschwankungen nicht erkennen lassen.

⁴⁰⁷ So Geering in einer Besprechung meines Aufsatzes über Rußlands Zukunft als Getreidelieferantin der Neuen Züricher Zeitung vom 17. Januar 1895.

Fig. 4.



Schwankungen des Regenfalls und der Erntepreise in England, in Süddeutschland und in der Schweiz.
 W[W] = Kurve des Termins der Weinernte.



Schwankungen des Regenfalls und der Erntepreise in England, in Süddeutschland und in der Schweiz.
 W[W] = Kurve des Termins der Weinernte.

III.

Wenn Getreideerträge und Getreidepreise von den Schwankungen des Regenfalls beeinflusst werden, so sollte es möglich sein, auch einen Einfluß der

Klimaschwankungen auf den Handel und die Handelspolitik zu erkennen. Das Material, um dies für alle Staaten nachzuweisen, liegt mir nicht vollständig vor; der Nachweis würde auch den Rahmen dieser Abhandlung weit überschreiten. Nichtsdestoweniger möchte ich an einem Beispiel, dem Getreidehandel zwischen Rußland und Westeuropa, zeigen, wie sich die Klimaschwankungen direkt in der Handelspolitik spiegeln.⁴⁰⁸

Zwei Momente beherrschen in erster Reihe die Ausfuhr von Getreide aus Rußland nach Mittel- und Westeuropa: der Bedarf im Westen, der Überfluß im Osten. Alle anderen Erscheinungen, wie Eisenbahnbauten, Hebung der Landwirtschaft, überhaupt die ganze Handelspolitik, können nie als erste Ursache betrachtet werden; sie sind nur Mittel zum Zweck der Deckung des Bedarfs oder des Absatzes des Überflusses. Gesteigerte Ausfuhr müssen wir erwarten, wenn im Westen der Bedarf und im Osten der Überfluß gesteigert sind, d. h. wenn der Westen infolge großer Feuchtigkeit schlechte Ernten und der Osten aus dem gleichen Grunde gute Ernten hat. Eine Minderung der Ausfuhr müssen wir dagegen erwarten, wenn bei trockener Witterung durch gute Ernten im Westen der Bedarf und durch schlechte Ernten im Osten der Überfluß gemindert wird.

Es ist nun sehr interessant, daß diese Erscheinung sehr deutlich in der Geschichte des russischen Getreideexports zu Tage tritt. In der feuchten Zeit, zu Anfang unseres Jahrhunderts, die in manchen Ländern bis 1820, in anderen bis 1815 dauerte, hatten England und Mitteleuropa Mißernten, und Rußland führte verhältnismäßig viel Getreide aus, 1800 bis 1813 jährlich 4 Millionen Hektoliter. In dieser Periode fällt die außerordentlich rasche Besiedelung der südrussischen Steppe. Odessa führte schon 1816 7 bis 8 Millionen Metercentner aus, einen Betrag, der erst 1878 und 1879 erreicht und überschritten wurde. Es folgen nun im Westen und in der trockenen Periode gute Ernten. England verbietet infolge von Überfluß an Getreide die Einfuhr. In ganz Mittel- und Westeuropa steht der Getreidepreis tief, der Bedarf ist gering, da die eigene Produktion genügt, und die Ausfuhr Rußlands, das unter Dürre zu leiden hat, geht 1825 bis 1840 auf 3,4 Millionen Hektoliter jährlich zurück. Es folgt wieder eine feuchte Periode. In England wird der Getreidezoll 1846 abgeschafft, schlechte Ernten heben den Getreidepreis, Transportwesen und Gesetzgebung werden in Westeuropa für die Getreideeinfuhr günstig gestaltet, weil der Bedarf steigt, und der Erfolg bleibt nicht aus: 1844/53 führt Rußland 11½ Millionen Hektoliter Getreide jährlich aus, also fast vier mal so viel wie in den dreißiger Jahren. Während des Krimkrieges sank die Ausfuhr, aber auch 1856/64 blieb sie etwas unter dem Betrag von 1844/53. Man hat diesen Rückschritt daraus zu erklären gesucht, daß der Krimkrieg so viele Menschenleben gekostet. Allein was wollen selbst 1-200 000 Mann sagen — und so viele sind sicher nicht gefallen — gegenüber einer Bevölkerung von über 50 Millionen, worunter 12 Millionen arbeitsfähige Männer? Da scheinen die Ernteergebnisse viel ungezwungener den Rückgang der Ausfuhr zu erklären: gute Ernten sind im Westen bei relativ trockener Witterung zu registrieren, während Rußland Trockenheit und schlechte Ernten zu verzeichnen hat. Nun folgt seit Mitte der sechziger Jahre ein ungeahnter großer Aufschwung der Ausfuhr, der ganz in eine feuchte Periode fällt, wo Rußland besonders gute Ernten erhielt, Westeuropa aber besonders schlechte. So spiegelt der russische Getreideexport die Klimaschwankungen deutlich wider.

⁴⁰⁸ Das Material dazu entnehme ich hauptsächlich Laves, Getreideproduktion und -Handel im osteurop. Rußland. Jahrb. f. Gesetzgebung v. (Schmoller) N. F. V S. 293.

Um dies noch schärfer ziffernmäßig zu belegen, wurden nach einfachem Prinzip die Rubriken 7, 8, und 9 der Tabelle V entworfen. Die Bewegung der Ausfuhr ist dank der stetig zunehmenden Verdichtung der Bevölkerung im Westen sowie der Verbesserung der Transportmittel eine vorwiegend steigende, aber mit kurzen Unterbrechungen oder doch Verlangsamungen im Steigen infolge der Klimaschwankungen. Um den Einfluß der Klimaschwankungen zu isolieren, mußte jenes allgemeine Ansteigen ausgeschieden werden. Das erreichte ich, indem ich durch sämtliche Zahlen, die die Ausfuhr der einzelnen Lustrum darstellen, nach der Methode der kleinsten Quadrate eine Gerade legte. Dann bildete ich für jedes Lustrum die Differenzen zwischen der berechneten, d. h. durch die Gerade gefundenen Ausfuhr und der tatsächlichen Ausfuhr. Waren diese Differenzen positiv, so erfolgte die Zunahme der Ausfuhr beschleunigt, waren sie negativ, verzögert. So entstanden die Zahlen der neunten Kolonne in Tabelle V für die Roggenausfuhr. Ihre ausgeglichene graphische Darstellung gibt Fig. 3 S. 11. Der Vergleich mit den Regenschwankungen bestätigt in strenger Form, daß die Zunahme der Ausfuhr in den feuchten Perioden beschleunigt, in den trockenen aber verzögert wird, ja sogar einer kleinen Abnahme Platz macht. Da das für das ganze 19. Jahrhundert nachgewiesen ist, so kann offenbar von einem Zufall nicht die Rede sein: die Klimaschwankungen wirken deutlich auf die Getreideausfuhr Rußlands. Damit soll keineswegs die Wirksamkeit der mannigfachsten anderen Faktoren, wie der Konkurrenz, der politischen Konstellationen, der Zollgesetzgebung u. s. w., auf den Export gezeugnet werden. Doch scheint hervorzugehen, daß sie alle den Einfluß der Klimaschwankungen nicht vollkommen zu verdecken vermögen.

Eine Frage drängt sich uns zum Schluß auf: Wie werden sich infolge der Klimaschwankungen die Witterungsverhältnisse der nächsten Jahrzehnte gestalten und wie dürften sie den Handel beeinflussen?

Da vom Jahre 1000 an nicht weniger als 25 volle Schwankungen des Klimas nachgewiesen sind, unterliegt es nicht dem leisesten Zweifel, daß die 26. Schwankung nicht ausbleiben wird. Alle Zeichen weisen darauf hin, seit jenem Jahre, zum Teil auch erst seit 1885, hat der Regenfall deutlich in fast allen Teilen der Erde abgenommen. Unsere Tabellen bringen Beispiele. Jüngst hat auch Heintz diese Abnahme für Rußland von 1881/85 bis 1890 ausgesprochen.⁴⁰⁹ Sie hat seitdem noch weitere Fortschritte gemacht. Ich habe sie im Jahre 1888 vorausgesehen und äußerte damals,⁴¹⁰ daß wir einer warmen Trockenperiode entgegen gehen, deren Zentrum um die Wende des Jahrhunderts liegen dürfte. Und ich fügte hinzu, daß die kommende Trockenzeit speziell in den kontinentalen Gebieten große ökonomische Krisen hervorrufen und tausende, wenn nicht hunderttausende von Existenzen vernichten dürfte. Die Ereignisse haben das bestätigt. Auf die nicht sonderliche, aber immer noch als gut zu

bezeichnende russische Ernte des Jahres 1888 ist die schlechte Ernte von 1889, dann die mittelmäßige von 1890, endlich die totale Mißernte von 1891 gefolgt. Auch die Ernte von 1892 war wieder sehr mittelmäßig. Das Jahr 1893 schenkte allerdings dann Rußland eine gute Ernte.⁴¹¹ Allein das darf nicht wunder nehmen. Denn die

⁴⁰⁹ Repertorium für Meteorologie XVII Nr. 2.

⁴¹⁰ In meiner Antrittsvorlesung in der kleinen Aula der Universität Bern im Mai 1888. Vgl. auch Verhandlungen des VIII. Deutschen Geographentages zu Berlin. Berlin 1889. S. 101

⁴¹¹ Nach den amtlichen Ernteberichten des Statistischen Zentralkomités des russischen Ministeriums des Innern.

trockenen Zeiträume zeichnen sich nicht durch fortwährende Mißernten aus, sondern nur durch eine Steigerung ihrer Häufigkeit und eine Minderung der Häufigkeit guter Ernten. Kurz alles weist darauf hin, daß Rußland im Beginn einer Periode durchschnittlich minderwertiger Ernten steht. Das müßte an sich schon auf die Ausfuhr einen ungünstigen Einfluß üben. Es ist zwar sicher, daß bei intensiverem Betrieb des Ackerbaues Rußland selbst in schlechten Jahren den Bedarf Europas an Getreide zu decken vermöchte. Allein eine Hebung der Landwirtschaft ist gerade in Zeiten des Mißwachses nicht zu erwarten; denn dazu gehört Kapital und gerade das wird infolge von schlechten Ernten angegriffen und zum Teil aufgezehrt: ein Rückgang des Ackerbaus ist die Folge. So hat die Mißernte von 1891 in Rußland eine merkliche Verringerung des Ackerlandes veranlaßt.⁴¹² Doch würde die verminderte Produktion Rußlands Ausfuhr noch nicht so sehr einschränken, wenn nicht ein zweiter weit wichtigerer Umstand hinzutreten würde: Der Westen braucht heute Rußlands Getreide nicht mehr so dringend wie vor 5 oder 10 Jahren; sein Bedarf hat sich vermindert. Und auch das ist wieder eine Folge der Klimaschwankungen. Denn der Regenfall hat auch hier seit einigen Jahren abgenommen, und die Ernteerträge haben sich deswegen gehoben. Die Trockenheit des Jahres 1893 war sogar so groß, daß sie stellenweise die Landwirtschaft, insbesondere den Wiesenbau schädigte. Allein das ist doch nur eine ausnahmsweise Erscheinung; im Durchschnitt dürfte die Trockenperiode der Landwirtschaft Segen bringen.

Es ist nun sehr bemerkenswert, wie der Leiter der schweizerischen Handelsstatistik im Departement des Äußern, T. Geering, betont, daß die gegenwärtige Phase der europäischen Handelspolitik und speziell der Kornzölle Deutschlands und Frankreichs der Theorie der Klimaschwankungen genau entsprechen.⁴¹³ “Die Getreidepreise sind so tief gesunken, wie nie zuvor. Der Einfuhrbedarf (des Westens) ist relativ gering, da die eigene Produktion in ungewohntem Maße genügt, und es wird somit eher ein Rückgang der Getreidezufuhren aus Rußland und Nordamerika nach Mittel- und Westeuropa zu gewärtigen sein. Die Kornzölle der kontinentalen Großmächte (d. h. Frankreichs und Deutschlands) würden somit, ganz abgesehen von allen anderen wirtschaftlichen Überlegungen an den objektiven klimatischen Produktionsbedingungen etwa für die nächsten zehn Jahre noch eine Stütze finden.”

In der nächsten feuchten Periode aber, deren Centrum nach 20 bis 25 Jahren zu erwarten ist, dürfte sich wieder eine gewaltige Steigerung der Getreidezufuhr aus den Ländern mit Ernteschwankungen von kontinentalem Typus geltend machen und die Teuerung im Westen vielleicht einen Umschwung der Handelspolitik in mehr freihändlerischem Sinne veranlassen, wie das in England 1846 infolge schlechter Ernten geschah.

Es ist ein eigenes Widerspiel zwischen Ländern mit ozeanischem Typus der Ernteschwankungen und denen mit kontinentalem Typus, ein Kompensationsverhältnis in der Getreideproduktion. Haben jene gute, so haben diese schlechte Ernten und umgekehrt. Dieses muß einen sehr wichtigen Erfolg haben, den

⁴¹² Nach der amtlichen Publikation *Résultats généraux de la récolte en Russie 1892* (St. Petersburg 1893) hatte 1892 das Ackerland des europäischen Rußlands im Vergleich zu seiner Größe 1887, wo die letzte Schätzung stattfand, um 927 000 ha abgenommen. Die Abnahme ist sehr groß in den Gebieten des Mißwachses von 1891, während die westlichen und nordwestlichen Distrikte eine Zunahme aufweisen.

⁴¹³ T. Geering a. a. O.

wir schon in unseren Tabellen III und IV in den Zahlen für das Ende der siebziger und für die achtziger Jahre angedeutet finden. Die in längeren Perioden auftretenden Preisschwankungen des Getreides werden in den feuchten Gebieten Westeuropas zunächst gedämpft werden und zwar durch das Fortfallen der Teuerungen in den feuchten Perioden. Billige Preise treten nun aber auch in den feuchten Perioden infolge guter Ernten der großen Getreidelieferanten Rußland und Amerika sowie Indien ein. Die Kosten dafür hat die Landwirtschaft des Westens zu tragen, für die jede feuchte Periode einerseits der eigenen schlechten Ernten wegen, andererseits infolge der Überschwemmung mit billigem Getreide jener inmitten guter Ernten stehenden Getreideländer eine kritische Zeit wird sein müssen, wie sie es in den achtziger Jahren war und zum Teil noch ist. Je weniger der Westen seinem Bedarf an Brod selbst genügen wird und je mehr Amerika und Rußland im Überschuß produzieren und daher zu jedem Preise verkaufen müssen, um so mehr werden sich schließlich auch dem Westen die Preisschwankungen dieser großen Getreideländer aufprägen. England dürfte das wahrscheinlich schon in nächster Zeit deutlich erkennen lassen, während Deutschland sich noch im wesentlichen selbst mit Brod versorgt.

Doch brechen wir ab!

Bisher hielt man, wie wir oben betonten, diejenigen Faktoren, die außerhalb des menschlichen Willens den Ausfall der Ernte beeinflussen, für gänzlich zufällig, "so sehr, daß man sie für die praktischen Fragen des Anbaues und der Zollpolitik gar nicht in Rechnung zog, sondern stillschweigend voraussetzte, der Zufall werde sich selbst korrigieren".⁴¹⁴ Als einziger Faktor in dem wirtschaftlichen Werdeprozess galt der Geist des Menschen. Die Handelspolitik, die soziale Lage, der rücksichtslose Kampf ums Dasein, sie allein wurden herbeigezogen zur Erklärung volkswirtschaftlicher Erscheinungen. Ich bin weit entfernt, die gewaltige Macht des menschlichen Willens in dieser Hinsicht zu unterschätzen. Allein daneben ragt in den Klimaschwankungen, diesem Wechsel günstigerer und weniger günstiger Perioden, ein objektives Moment von gewaltiger Bedeutung herein, das wohl nicht mehr übersehen werden darf. Die Klimaschwankungen beeinflussen die Ernteerträge und damit die Getreidepreise, das glaube ich nachgewiesen zu haben. Daß dadurch das ganze wirtschaftliche Leben und mit diesem auch der Gang der Geschichte in Mitleidenschaft gezogen werden muß, liegt auf der Hand. Wie schwer dieser Einfluß gegenüber den Willen des Menschen liegenden Momenten in die Waagschale fällt, wage ich nicht zu entscheiden. Ganz überwuchert ist er bis jetzt von jenen nicht worden, obwohl die Handelspolitik mehrfach, wenn auch unbewußt, mit jenem Einfluß gerechnet hat.

Anhang: Tabellen und Quellennachweise

Die Methode der Berechnung der Tabellen ist schon oben S. 7 erörtert worden. Die Extreme der Zahlenreihen sind durch Fettdruck bzw. durch Sternchen hervorgehoben. Mein Buch "Klimaschwankungen seit 1700" wird mit K.-S. zitiert. Die Anmerkungen zu den Tabellen finden sich am Schluß.

Tabelle I. Schwankungen der Ernteerträge in Preußen¹⁾

| Regen % ²⁾ | Ertrag in Prozenten einer Mittelernte ³⁾ | | | | Ertrag in kg pro ha ⁴⁾ | |
|-----------------------|---|--------|--------|-------|-----------------------------------|--------|
| | Weizen | Roggen | Gerste | Hafer | Weizen | Roggen |

| | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------|
| 1846/50 | 2 | 7.4 | 9.6 | 4.0 | -2.0 | - | - |
| 1851/55 | 3 | -2.2 | -3.8 | 2.6 | 1.8 | - | - |
| 1856/60 | -9* | 2.4* | 6.6* | -9.8 | -9.0 | 1385 | 1218 |
| 1861/65 | -7 | 2.0 | 2.6 | 7.0* | 8.2* | 1399 | 1250* |
| 1866/70 | 6 | -2.0 | -2.2 | -2.6 | -3.4 | 1410 | 1220 |
| 1871/75 | 7 | 1.6 | -1.0 | -0.6 | -1.8 | 1519 | 1249 |
| 1876/80 | 10 | -11.0 | -13.8 | -9.4 | -8.4 | 1360 | 1066 |
| 1881/85 | 5 | -18.6 | -23.2 | -19.2 | -21.6 | 1175 | 926 |
| 1886/90 | 3 | 12.6 | -21.6 | -17.6 | -11.6 | 1264 | 947 |
| 1891/93 | 2 | -5.0 | -14 | -17.3 | -19.3 | 1367 | 1038 |
| Trocken ⁵⁾ | -4.2 | 1.0 | 1.6 | | -1.5 | 1428 | 1234 |
| Feucht ⁶⁾ | 4.0 | -11.8 | -18.2 | | -15.2 | 1291 | 994 |

Tabelle II. Schwankungen der Getreidepreise 1701 - 1800

| | England | | Frankreich | | Termin der Weinernte ⁵⁾ | Deutschland | | Österreich Weizenpr. ⁹⁾ |
|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| | Regen % ¹⁾ | Weizenpr. ²⁾ | Regen % ¹⁾ | Weizenpr. ⁴⁾ | | München Weizenpr. ⁴⁾ | Berlin Weizenpr. ⁷⁾ | |
| 1701/05 | 0 | 28.6 | - | - | 5.2 | 17.6 | 31* | - |
| 1706/10 | 0 | 42.1 | - | - | -1.0* | 12.6* | 33 | - |
| 1711/15 | 11 | 40.9 | - | - | 5.4 | 18.1 | 42 | - |
| 1716/20 | -6 | 34.0 | - | - | 2.6 | 15.5 | 42 | - |
| 1721/25 | -6* | 31.0* | - | - | 4.6 | 14.7 | 34 | - |
| 1726/30 | 3 | 41.4 | - | - | -1.2* | 15.9 | 32* | - |
| 1731/35 | -6 | 27.1 | - | - | 4.6 | 13.4* | - | - |
| 1736/40 | 0 | 36.1 | - | - | 2.4 | 18.4 | - | - |
| 1741/45 | -12* | 29.0* | - | - | 6.8 | 24.3 | - | - |
| 1746/50 | -3 | 29.8 | - | - | 1.7 | 18.2 | - | - |
| 1751/55 | 6* | 33.6 | - | - | 5.8 | 14.9 | - | - |
| 1756/60 | 4 | 42.0 | -0.7 | 11.1 | 0.5 | 19.9 | - | - |
| 1761/65 | 5 | 34.8 | -3.3* | 10.1* | -2.3* | 18.8 | - | - |
| 1766/70 | 9 | 51.1 | 6.5 | 15.5 | 7.8 | 22.7 | 50 | - |
| 1771/75 | 10 | 51.5 | 0.3 | 16.2 | 2.3 | 32.3 | 63 | - |
| 1776/80 | -6 | 40.2* | -0.7 | 13.4 | -1.3 | 17.6* | 40* | - |
| 1781/85 | -2 | 48.7 | -7.2 | 14.8 | -4.0 | 18.5 | 48 | - |
| 1786/90 | -2 | 47.2 | 0.5 | 17.2 | 0.1 | 22.3 | 54 | 2.9 |
| 1791/96 | -2 | 53.6 | - | - | -5.7* | 23.9 | 56 | 3.0 |
| 1796/1800 | -3 | 73.4 | - | - | 0.7 | 30.5 | 64 | 3.3 |
| Trocken ⁹⁾ | - | - | - | - | 2.1 | 15.1 | 32 | - |
| Feucht ¹⁰⁾ | 4 | 37.2 | - | - | 4.2 | 16.1 | 40 | - |
| Trocken ¹¹⁾ | -6 | 32.5 | - | - | 1.9 | 15.9 | 32 | - |
| Feucht ¹²⁾ | -1 | 34.9 | - | - | 4.8 | 19.1 | - | - |
| Trocken ¹³⁾ | -8 | 29.4 | -2 | 10.6 | -0.9 | 19.3 | - | - |
| Feucht ¹⁴⁾ | 7 | 42.6 | 3 | 15.8 | 5.0 | 27.5 | 56 | - |
| Trocken ¹⁵⁾ | -3 | 52.6 | -4 | 14.1 | -2.8 | 20.6 | 50 | - |

Tabelle III. Schwankungen der Getreidepreise in West-Europa 1801 - 1885.

| | England | | Frankreich | | Belgien | | Kopenhagen | |
|---------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| | Regen % ¹⁾ | Weizenpr. ²⁾ | Regen % ³⁾ | Weizenpr. ⁴⁾ | Regen ⁵⁾ | Weizenpr. ⁶⁾ | Regen ⁷⁾ | Roggenpr. ⁸⁾ |
| 1801/05 | -12* | 80.2 | 0 | 21.8 | -- | -- | 16 | 8.6 |
| 1806/10 | -3 | 87.9 | 4 | 18.1 | -- | -- | 12 | 8.3 |
| 1811/15 | 0 | 94.3 | 1 | 23.9 | -- | -- | -12 | -- |
| 1816/20 | -2 | 80.8 | -3 | 25.3 | 5 | 25.6 | 4 | -- |
| 1821/25 | 8 | 57.3 | -6 | 16.6 | 1 | 13.2 | -2 | 2.3* |
| 1826/30 | 1 | 61.6 | 1 | 20.2 | 3 | 18.9 | 4 | 4.4 |
| 1831/35 | -2* | 52.7* | -8* | 18.2 | -10 | 17.4* | -4 | 4.0 |
| 1836/40 | -2 | 61.2 | 1 | 19.9 | -5 | 19.2 | -10* | 4.0 |
| 1841/45 | 3 | 54.8 | 9 | 19.6 | 6 | 19.9 | 8 | 4.7 |
| 1846/50 | 3 | 51.9 | -1 | 19.9 | -3 | 20.1 | -3 | 4.6 |
| 1851/55 | -3 | 55.9 | 3 | 22.5 | 1 | 25.3 | 1 | 7.3 |
| 1856/60 | -1 | 53.3 | 4 | 21.8 | -9* | 22.8 | -10* | 5.4* |
| 1861/65 | -11* | 47.5* | -8* | 20.3* | -9 | 21.3* | 1 | 5.9 |

| | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|------|-----------|-----|
| 1866/70 | -4 | 54.6 | -6 | 22.7 | 10 | 24.1 | -3 | 7.0 |
| 1871/75 | 1 | 54.7 | -1 | 23.8 | -2 | -- | 12 | 9.5 |
| 1876/80 | 18 | 47.5 | 11 | 22.4 | 12 | -- | -3 | 8.7 |
| 1881/85 | 6 | 40.1 | -1 | 19.5 | 10 | -- | 0 | 7.4 |
| Trocken ⁹⁾ | -8 | 84.0 | -- | 22.3 | -- | -- | -- | -- |
| Feucht ¹⁰⁾ | 2 | 72.0 | 1 | 18.3 | 3 | 19.2 | 14 | 8.4 |
| Trocken ¹¹⁾ | -2 | 57. | -4 | 20.7 | -8 | 18.3 | -3 | 3.7 |
| Feucht ¹²⁾ | 3 | 53.4 | 3 | 22.3 | 1 | 21.8 | 2 | 5.5 |
| Trocken ¹³⁾ | -5 | 52.8 | -5 | 20.9 | -9 | 22.0 | -4 | 6.1 |
| Feucht ¹⁴⁾ | 8 | 47.4 | 5 | | 10 | 24.1 | 3 | 8.5 |

Tabelle IV. Schwankungen der Getreidepreise in Mitteleuropa 1801 - 1885

| | Preußen | | | Süddeutschland u. Schweiz | | | Österreich | |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | Regen ¹⁾ % | Weizenpr. ²⁾ | Roggenpr. ³⁾ | Regen ⁴⁾ % | München Weizenpr. 5) | Zürich Weizenpr. 6) | Regen % ⁷⁾ | Weizenpr. ⁸⁾ |
| 1801/05 | -- | -- | -- | 5 | 44.9 | -- | -- | 5.1 |
| 1806/10 | -- | -- | -- | 12 | 33.0 | -- | -3 | 4.4 |
| 1811/15 | -- | -- | -- | 12 | 33.7 | 16.2 | 9 | 4.3 |
| 1816/20 | -3 | 206 | 152 | -8 | 45.9 | 20.4 | 1 | 4.7 |
| 1821/25 | -10* | 113* | 76* | -15* | 21.0* | 10.5* | -6 | 2.8 |
| 1826/30 | -3 | 131 | 98 | -2 | 22.4 | 11.6 | -3 | 2.7* |
| 1831/35 | -13* | 134 | 103 | -10 | 24.8 | 13.3 | -14* | 3.1 |
| 1836/40 | -1 | 143 | 99 | -1 | 22.6 | 12.3 | -1 | 2.8 |
| 1841/45 | 3 | 154 | 114 | 7 | 29.3 | 14.3 | 2 | 2.9 |
| 1846/50 | 2 | 181 | 131 | -1 | 33.0 | 15.4 | 9 | 4.1 |
| 1851/55 | 3 | 214 | 177 | 2 | 41.3 | 16.3 | 2 | 4.6 |
| 1856/60 | -9* | 209 | 154 | -11 | -- | 14.6 | -3 | 5.2 |
| 1861/65 | -7 | 188* | 138* | -17* | -- | 14.0* | -14* | 6.1 |
| 1866/70 | 6 | 220 | 172 | 3 | -- | 15.8 | 2 | 6.6 |
| 1871/75 | -7 | 235 | 179 | -5 | -- | 17.8 | -3 | 6.6 |
| 1876/80 | 10 | 211 | 166 | 12 | -- | 14.8 | 22 | 5.9 |
| 1881/85 | 5 | 190 | 160 | 2 | -- | 13.5 | 10 | 5.2 |
| Feucht ⁹⁾ | -3 | 206 | 152 | 5 | 39.4 | 18.3 | 2 | 4.6 |
| Trocken ¹⁰⁾ | -7 | 130 | 94 | -7 | 22.7 | 11.9 | -6 | 2.8 |
| Feucht ¹¹⁾ | 3 | 183 | 141 | 3 | 34.5 | 15.3 | 4 | 3.9 |
| Trocken ¹²⁾ | -8 | 198 | 146 | -14 | -- | 14.3 | -8 | 5.6 |
| Feucht ¹³⁾ | 4 | 214 | 169 | 3 | -- | 15.5 | 8 | 6.1 |

Tabelle V. Schwankungen der Roggenpreise und der Roggenausfuhr in Rußland und des Ertrages in Amerika

| Jahr | Rußland | | | | | | Vereinigte Staaten | | | |
|---------|--------------------------|--|---------|--------------------------|---|--|-------------------------|-------------|--------------------------|--|
| | Regen ¹⁾ % | Roggen- Preis Moskau ²⁾ | Jahr | Regen ¹⁾ % | Roggen Preis Moskau ²⁾ | Roggenausfuhr in 100,000 Hektoliter | | | Regen ¹⁾ % | Weizen Bushels p. Acre ⁵⁾ |
| | | | | | | beobachtet ³⁾ | berechnet ⁶⁾ | Diff. | | |
| 1801/05 | - | 38 | 1846/5 | -2 | 37 | - | - | - | 15 | - |
| 1806/10 | - | 29 | 1851/55 | 6 | 38 | 21.4 | 13.1 | 8.3 | -2 | 13.2 |
| 1811/15 | - | 31 | 1856/60 | -8 | 51 | 34.2 | 37.7 | -3.5 | 2 | 12.5 |
| 1816/20 | - | 36 | 1861/65 | -11* | } 63* } | 30.2 | 62.3 | -32.1 | -5* | 10.7* |
| 1821/25 | - | 35 | 1866/70 | 1 | | 46.2 | 86.9 | - | -1 | 12.1 |
| 1826/30 | - | 26 | 1871/75 | 2 | | 70 | 124.0 | 111.5 | 12.5 | -5 |
| 1831/35 | -18* | 42* | 1876/80 | 12 | 79 | 193.4 | 136.1 | 57.3 | 10 | 15.3 |
| 1836/40 | 2 | 39 | 1881/85 | 8 | 90 | 141.0 | 160.7 | -19.7 | 4 | 15.0 |

| | | | | | | | | | | |
|--------|---|----|-----------------------|-----|----|-------|-------|-------|----|------|
| 0 | | | | | | | | | | |
| 1841/4 | 8 | 39 | 1886/90 | 2 | - | 188.4 | 185.3 | 3.1 | - | - |
| 5 | | | | | | | | | | |
| | | | Trocken ⁶⁾ | -18 | 42 | | | - | - | |
| | | | Feucht ⁷⁾ | 4 | 38 | | | 8.3 | 0 | 12.8 |
| | | | Trocken ⁸⁾ | -6 | 57 | | | -24.5 | -4 | 12.2 |
| | | | Feucht ⁹⁾ | 6 | 80 | | | 13.3 | 7 | 15.0 |

Anmerkungen zu Tabelle I.

1) Alter Staat, d. h. die 8 alten Provinzen. 2) Mittel der 23 Regenstationen in Nord- und Mitteldeutschland in K.-S. S. 158 f. bis auf die Gegenwart ergänzt. Die noch nicht publizierten Resultate der Beobachtungen 1891 bis 1893 wurden mir in zuvorkommender Weise vom Kgl. preußischen meteorologischen Institut mitgeteilt. 3) Bis 1877 nach den Schätzungen der jährlichen Erntetabelle, die noch vor der Ernte auf Grund des Standes der Felder aufgestellt wurde. Diese Schätzungen sind anerkanntermaßen (vgl. u. A. Kremp in Hildebrands Jahrb. N. F. IX S. 358) zu tief. Engel hat auf Grund der Daten 1859 - 76 über den Ertrag (in Scheffeln pro Morgen), den die sogen. Erdrutschtablette gibt, den Begriff der Mittelernnte bestimmt. (Z. des preuß. statist. Bureaus 1878 S. 401). Indem ich das Mittel der Schätzungen der Erntetabelle 1859 -76 gleich 100 setzte, fand ich, um wieviel durchschnittlich jene Schätzungen zu klein sind, nämlich die Schätzungen der Weizenernte um 12%, die der Roggenernte um 16%, Gerste 13%, Hafer 10%. Um so viel vergrößerte ich die Schätzungen und drückte dann die Lustrenmittel in Abweichungen von 100 aus. Zwar beeinflussen diese Reduktionen die Zahlen im Sinne der Klimaschwankungen. Allein die Schwankung der Ernten ist viel größer als jene Reduktionszahlen, so daß sie auch bei den nicht reduzierten Zahlen zum Ausdruck kommt. 1877 endigen die Schätzungen. Von 1878 an sind die Körnererträge pro ha in der preußischen Statistik (Ergebnis der Ermittlung des Ernteertrages) enthalten. Diese Zahlen wurden in Prozenten des Engelschen Mittels ausgedrückt und so die Reihen bis 1893 fortgesetzt. Dabei wurde für Roggen nur der Ertrag an Winterroggen berücksichtigt, da so gut wie gar kein Sommerroggen gebaut wird, für Weizen und Gerste aber das Mittel aus Sommer- und Wintergetreide gesetzt. Die Mittel für den alten Staat wurden z. T. neu berechnet, dabei Ost- und Westpreußen als eine Provinz zusammengefaßt, wie das früher geschah. 4) Bis 1877 nach den Erdrutsch Tabellen, die bis 1866 Meitzen (Boden u. landw. Verh. d. preuß. Staates III), und bis 1870 Engel (Z. d. preuß. statist. Bureaus) publiziert hat. Die Jahre 1871 - 77 verdanke ich handschriftlichen Mitteilungen des kgl. preuß. statist. Bureaus. Von 1878 bringt die preuß. Statistik die Körnererträge. Die Jahre 1856 bis 1858 fehlen 5) 1856 - 75. 6) 1876 - 93.

Anmerkungen zu Tabelle II.

1) Bis 1730 Mittel aus mehreren westeuropäischen Stationen, später England allein. K.-S. S. 188 u. 190. 2) Bis 1770 Preise in Shillings (mit Dezimalbrüchen) pro Winchester Quarter zu Eton, Durchschnitt pro Jahr. Später ganz England aml. Durchschnitt pro Jahr und Imp. Quarter. Tooke und Newmarch, Geschichte und Bestimmung der Preise. Übersetzt von Asher. Dresden 1859. Bd. II S. 512. 3) Termin der Weinernte in Mittelfrankreich (K.-S. S. 264); Minus bedeutet zu früh, also warm und trocken. Die Zahlen sind Tage. 4) Fracs. pro Hektoliter. Statist. Monatsschrift [I] (1877) S. 357. 5) In Südwestdeutschland und in der Schweiz. K.-S. S. 225. 8) Gulden österr. Währung. Tafeln zur Statistik des Steuerwesens 1858. Wien. 9) Für Deutschland 1701-10. 10) Für England 1701-15, Deutschland 1711-25. 11) England 1716 - 25, Deutschland 1726 - 40. 12) England 1726 - 40, Deutschland 1740 - 55. 13) England 1741 - 50, Frankreich und Deutschland 1756 - 65. 14) England 1751 - 75, Frankreich und Deutschland 1766 -75. 15) England und Frankreich 1776 - 1800, Deutschland 1776 - 95.

Anmerkungen zu Tabelle III.

1) Siehe Anm. 1 zu Tab. II. 2) In Shillings und Dezimalbrüchen pro Imp. Quarter. Bis 1855 nach Tooke, Später nach Francke in Z. d. preuß. stat. Bureaus 1887 S. 124. 3) Mittel der 3 Gruppenmittel (ohne medit. Frankreich) für Frankreich in K.-S. S. 166. 4) Franken pro Hektoliter. Bis 1870 nach Tableaux des prix moyens mensuels et annuels de l'hectolitre de froment en France 1800 - 1870. Paris 1872. Später nach Francke a.a. D. 5) Bis 1830 Mittel aus N.-Frankreich und Holland, später Mittel von Holland und Belgien, K.-S. S. 167. 6) Franken pro Hektoliter. Statist. Monatsschrift III S. 396. Die Zahlen sind auf einheitliches Maß umgerechnet. 7) Mittel aus

Kopenhagen und Lund, K.-S. S. 161. 8) Preis in Rigsdaler Silber (mit erster Decimale) pro Tönde = 1.3912 hl. Bis 1870 Statist. Monatsschr. III, S. 397. Später Francke, Z. d. kgl. preuß. stat. B. 1887 S. 124. Es fehlt 1871 u. 1872; f. d. Lustrum 1871/75 steht das Mittel 1873/77, da mir die einzelnen Jahre nicht vorliegen. 9) Bezieht sich für England auf 1801 - 10. 10) Bezieht sich für England auf 1811 - 30, Frankreich 1801 - 20, Belgien 1816 - 30, Kopenhagen 1801 - 10. 11) England 1841 - 50, Frankreich 1836 - 60, Belgien und Kopenhagen 1841 - 55. 13) England 1851 - 70, Frankreich 1861 - 85, Frankreich 1876 - 85, Belgien 1866 - 85.

Anmerkungen zu Tabelle IV.

1) Mittel der 23 Stationen in Nord- und Mitteldeutschland; siehe Anm. 2 zu Tab. I. Vor 1831 Mittel der mitteleuropäischen Stationen K.-S. S. 158. 2) Jahresdurchschnitt für den preußischen Staat in Mark für 1000 kg. Francke in Z. d. preuß. statist. Bureau 1887 S. 121. 3) Desgleichen. 4) Mittel nach K.-S. S. 167, doch von 1871 an ohne Mannheim, Karlsruhe, Zürich und Aarau, da deren Beobachtungen von hier an nicht mehr mit den älteren vergleichbar sind (vgl. Schultheiß im Jahresber. des Zentralbureaus f. Met. u. Hydr. im Großherzogtum Baden 1888 S. 57 u. 1890 S. 75). 5) Mark für den bayrischen Scheffel. Siehe oben Anm. 6 zu Tab. II. 6) Franken für 50 kg. Statist. Monatsschr. III S. 365. Von 1871 an Francke a. a. D. Umgerechnet unter Annahme, daß eine Metze 47 kg entspricht. 9) 1801 - 20. 10) 1821 - 40. 11) 1841 - 55. 12) 1856 - 65. 13) 1866 - 85.

Anmerkungen zu Tabelle V.

1) Mittel der 3 Gruppenmittel NW=, Sw= und SO=Rußland in K.-S. S. 167, ergänzt bis 1890. 2) Kopeken pro Pud. Nach Annuaire statistique de la Russie 1890 S. 131. Fehlt 1863 - 69. 3) Juraschek, Übersichten der Weltwirtschaft 1885/89 S. 44. 1890 nach Statistical Abstract for the principal and other foreign countries in each year from 1881 - 1890/1. 4) Gruppe V. S. Inneres, Osten. K.-S. S. 168. 5) In Ohio. K.-S. S. 277. 6) Für Rußland 1831 - 35. 7) Rußland 1871 - 55, Ohio 1851 - 60. 8) Rußland 1856 - 70, Ohio 1861 - 75. 9) Seit 1871 bzw. 1876.

7. Wetterpropheten

Tief eingewurzelt ist dem Menschen der Wunsch, den Schleier zu lüften, der in Zukunft verbirgt, und einen Blick in die kommenden Zeiten zu tun. Daher die große Verbreitung der Wahrsagerei, der auch in unserer Zeit mehr huldigen, als man meist anzunehmen geneigt ist. Wer auf Bildung Anspruch erhebt, läßt sich freilich heute nicht mehr aus den Linien der Hand wahrsagen, geht auch nicht mehr zur Kartenschlägerin, oder wenn er es tut, so geschieht es nur heimlich: er schämt sich seines Tuns als einer mit der Bildung unvereinbaren Handlung. Nur eine Kategorie der Wahrsagerei blüht heute noch öffentlich ihre Propheten und öffentlich auch unter den Bestgebildeten ihre Gläubigen: die Wahrsagung des Wetters. Selbst Tagesblätter ersten Ranges bringen von Zeit zu Zeit Prophezeiungen von Wetterpropheten. In schweizerischen Blättern erscheinen neben den Wetterprognosen *Falbs* auch die Prognosen einheimischer Propheten, so von Sekundarlehrer *C. Marti* in Nidau, von Ingenieur *Gladbach* in Aarau, und in Blättern der französischen Schweiz von *Jules Cape* in Chillon. Das Publikum liest diese Prognosen, verfolgt sie und findet, daß in manchen Fällen das vorausgesagte Wetter wirklich eintrifft. Diese vorkommenden Treffer werben den Wetterpropheten Anhänger und so sammelt sich eine recht stattliche Gemeinde um sei. Ist der Glaube dieser Gemeinde berechtigt? Wir wollen versuchen, auf diese Frage eine Antwort zu geben.

Wetterprophezeiungen hat es schon in den frühesten Zeiten, aus denen uns Berichte vorliegen, gegeben. In ihrer ältesten Form beruhten sie auf religiöser Grundlage.⁴¹⁵

Im Altertum dirigierten die Götter Griechenlands und Roms das Wetter in absolutistischer Weise, an ihrer Spitze Zeus, der Vater des Olymps. Bei Gewitter traten mehrere Götter gleichzeitig in Aktion: Zeugs warf seine Donnerkeile, Aeolos sandte die ihm untergebenen Winde aus und Iris spannte den Regenbogen. Nicht viel anders dachten die alten Germanen, und ähnliche Anschauungen treffen wir heute noch bei zahlreichen Völkern. Der nordamerikanische Indianer hört im Donner die Stimme des Großen Geistes, und der Kaffer sagt, wenn es donnert, in bezug auf einen, der jenseits der Wolken lebt: "Der Alte kegelt."⁴¹⁶

Die Vermittlerrolle zwischen der Menschheit und den Göttern fiel den Priestern zu; sie hatten daher auch die Götter nach der zukünftigen Gestaltung des Wetters zu befragen und die Antwort zu verkünden. So hatte sich Apollo in Delphi geradezu ein Auskunftsbureau eingerichtet, wo gegen Geld und gute Worte Prophezeiungen aller Art, darunter auch Wetterprophezeiungen ausgegeben wurden. Die Priester waren aber bei vielen Völkern nicht nur Wetterpropheten, sondern oft auch Wettermacher, indem sie durch symbolische Handlungen, durch Gebete, Opfer usf. die Götter zu veranlassen oder geradezu zu zwingen suchten, ein bestimmtes Wetter zu schicken. Halfen die guten Götter nicht, so wandte man sich an die bösen - im Mittelalter an den Teufel. Besonders Angehörige des schwachen Geschlechtes kamen nur zu oft in den Verdacht, im Bunde mit dem Teufel das Wetter zum Schaden ihrer Nächsten beeinflußt, behext zu haben; zahllose sind als Wetterhexen verbrannt worden. Der Hexenglaube wurde dadurch scheinbar gerechtfertigt, daß manche sich selbst für Hexen hielten und wirklich symbolische Handlungen mit der Absicht, zu behexen, vorgenommen hatten; ihr Bekenntnis entsprang in solchen Fällen einem Schuldbewußtsein.

⁴¹⁵ Vgl. C. Lang, Wetterprophezeiungen in alter und neuer Zeit, im "Sammler" (Beilage zur Augsburgener Abendzeitung; 1889/90)

² Wörtlich "spielt".

Wetterprophezeiungen auf religiöser Grundlage werden wohl heute in Mittel- und Westeuropa kaum noch veröffentlicht oder geglaubt. Anders steht es mit Wetterprophezeiungen auf astrologischer Grundlage. Auch diese sind uralte: Chaldäer, Babylonier und Ägypter schon suchten aus den Gestirnen die zukünftigen Geschehnisse herauszulesen. Griechische Naturforscher vom Range eines Aristoteles, Hypokrates, Strabo, befaßten sich mit dieser Kunst. Rom huldigte dem astrologischen Aberglauben; selbst Geister ersten Ranges, wie Cicero, Virgil, Tacitus waren darin befangen. Es gab ganze Astrologenschulen, in denen die Kunst des Wahrsagens systematisch gelernt wurde. Ihre Blüte aber hat diese Pseudowissenschaft im Mittelalter gehabt.

Der astrologische Aberglaube beruht auf der sogenannten geozentrischen Weltanschauung, die die Erde als das Zentrum des Weltalls betrachtet. Alles außerhalb der Erde ist nur für die Erde da, hat eine bestimmte Aufgabe für die Erde zu erfüllen. Da betrachtete man den Fixsternhimmel gleichsam als ein Zifferblatt, die Planeten, die ihre Stellung zu den Fixsternen fortwährend verändern, als Zeiger, die auf dem Zifferblatt die zukünftigen Geschehnisse, so auch das Wetter, voraus anzeigen sollten. Da sieben Planeten bekannt waren, lag es nahe, jedem Wochentag einen zuzuteilen; aber auch jedes Jahr hatte einen Planeten als Regenten, der über das Wetter entschied. Saturn, der oberste der Planeten, sollte ein Feind und Verderber der Natur sein, giftig, von Natur kalt und feucht, Jupiter mehr feucht als trocken und warm, Mars heiß und mehr trocken als feucht, Venus mehr feucht als trocken, dabei warm, Merkur kalt und trocken, und der Mond mehr feucht als kalt und trocken, zugleich windig. Die Sonne dagegen sollte der Freund aller sein, nicht zu kalt und nicht zu heiß, dabei trocken. Dadurch, daß jeder Wochentag wiederum unter der Herrschaft eines Planeten stand, konnten sich an diesem Tage die Wirkungen des Jahresregenten abschwächen oder verstärken usw. Der Regent eines Jahres ist nun aber sehr leicht zu bestimmen: Man braucht nur die betreffende Jahreszahl durch 7 zu dividieren; der Rest gibt die Nummer des Planeten, der das Jahr regiert (1. Sonne, 2. Venus, 3. Merkur, 4. Mond, 5. Saturn, 6. Jupiter, 7. Mars), z.B. ergibt 1902 dividiert durch 7 den Rest 5; der Regent des laufenden Jahres ist also Saturn. Das Jahr 1902 sollte danach unter der Herrschaft dieses "giftigen Verderbers der Natur" kalt und feucht werden.

Wie tief eingewurzelt der Glaube an dieses astrologischen Prophezeiungen war, zeigt am besten der Eindruck, den die Prognose des Johann Stöffler auf seine Zeitgenossen machte.⁴¹⁷ Dieser - im übrigen tüchtige - Tübinger Astronom fand 1518 bei seinen Vorausberechnungen der Planetenstellungen, daß im Februar 1524 die Planeten Saturn, Jupiter und Mars im Zeichen der Fische zusammentreffen würden. Da Saturn und Jupiter beide als feucht galten, Mars als menschenfeindlich, und das Zeichen der Fische, in dem die Konstellation zu erwarten war, schon an sich auf Wasser hinwies, so stand Stöffler nicht an, in einem an Kaiser Karl V. gerichteten Brief für den Februar 1524 eine Sintflut vorauszusagen. Obwohl einzelne Gelehrte Stöffler widersprachen, bemächtigte sich doch der Bevölkerung eine große Furcht vor der prophezeiten Sintflut. Wer in der Nähe des Meeres oder an einem Fluß wohnte, suchte seinen Grund und Boden zu verkaufen und zog in höhere gelegene Teile des Landes. Andere bauten sich Archen, um nach der Methode Noahs die Sintflut zu überstehen. Viele wurden vor Angst wahnsinnig. Der Wittenberger Bürgermeister Hendorf traf, wie Luther uns berichtet, auf dem Dachraum seines Hauses umfangreiche Rettungsanstalten und ließ auch ein Viertel Bier hinaufschaffen, "um wenigstens einen guten Trunk zu haben, wenn die Sintflut käme". Der gefürchtete Februar 1524 kam: Das Wetter war in Europa meist

⁴¹⁷ Vgl. G. Hellmann, Meteorologische Volksbücher, Himmel und Erde, III, 1891.

heiter und schön, es fiel nur wenig Regen - von einer Sintflut keine Spur. Man könnte nun meinen, ein so gründlicher Mißerfolg hätte durch ihre Gebete Gott veranlaßt, die Sintflut abzuwenden, die sonst unfehlbar eingetreten wäre. Bibelkundige Gelehrte meinten, man hätte bei der Prophezeiung übersehen, daß Gott nach der biblischen Sintflut Noah das Versprechen gegeben, keine zweite Sintflut eintreten zu lassen, und dieses Versprechen durch einen Regenbogen besiegelt habe; so sei die Sintflut trotz der Konstellation ausgeblieben. Geschichtsforscher aber bezogen die Unheil bedeutende Konstellation gar nicht auf eine meteorische Sintflut, sondern auf eine politische - auf den Bauernaufstand, der 1524 ausbrach!

Die Astrologie lebte munter fort, obwohl ihr bald durch die kopernikanische Weltanschauung, die nicht mehr die Erde, sondern die Sonne als Zentrum des Weltalls hinstellte, ihrer Grundlage entzogen wurde, sank doch dadurch die Erde auf den Rang eines gewöhnlichen Planeten herab. Selbst Astronomen wie ein Tycho de Brahe, ein Kepler, konnten sich der Herrschaft ihrer Zeit nicht entziehen und veröffentlichten astrologische Prophezeiungen in ihrer Prognostiken, obwohl sie selbst daran nicht glaubten. "Die Astrologie ist der Astronomie närrisches Töchterlein; aber sie ernährt ihre Mutter," sagt Kepler. Die Wissenschaft ging nach Brot und mußte dasselbe nehmen, wo sie es fand.

Der astrologische Aberglaube ist, soweit er sich auf das Wetter bezieht, in dem vom Abt Martin Knauer zuerst veröffentlichten hundertjährigen Kalender kodifiziert worden. heute noch wird dieses Volksbuch immer wieder und immer wieder neu herausgegeben und findet seine gläubigen Abnehmer.⁴¹⁸ Besonders die landwirtschaftliche Bevölkerung schwört auf ihren "Hundertjährigen". Ein Kalender, der nicht die Prophezeiungen des "Hundertjährigen" bringt, wird nicht gekauft. Das Konnte der Neuenburger "Hinkende Bote" erfahren: Als einmal ein Jahrgang ohne die astrologischen Prophezeiungen erschien, da nahm deswegen die Abnehmerzahl sofort so gewaltig ab, daß der Verleger sich genötigt sah, im nächsten Jahrgang seine Prophezeiungen dem Aberglauben zuliebe wieder aufzunehmen. Alle Schweizer Kalender, z.B. "Der Schweizer Bauer", die verschiedenen "Hinkenden Boten", enthalten noch heute die Prophezeiungen des hundertjährigen Kalenders, die zugleich mit den astronomischen Daten für jeden Jahrgang von tüchtigen schweizerischen Gelehrten redigiert werden. Es gibt eben auch heute noch jener Ausspruch von Kepler! Die Kalendermacher selbst stehen dabei auf dem gleichen Standpunkt wie jener Bearbeiter einer Ausgabe des hundertjährigen Kalenders im 18. Jahrhundert, der auf dem Titelblatt als Autor mit "Tiehrhawnu" - rückwärts gelesen "Unwahrheit" - zeichnete.⁴¹⁹

In neuerer Zeit sind Wetterpropheten aufgetreten, die sich auf eine mehr wissenschaftliche Grundlage zu stützen scheinen. Eine große Rolle spielt bei vielen von ihnen der Mond. In der Tat scheint es a priori wahrscheinlich, daß der Mond einen Einfluß auf das Wetter habe, sieht doch jedermann seine Wirkungen auf das Meer an der Küste in der großartigen Erscheinung von Ebbe und Flut. Er ist es in erster Reihe, der den Wasserstand hier vermöge seiner Anziehung innerhalb 24 Stunden zweimal sich heben und sich senken läßt. Eine ähnliche, aber geringere Wirkung übt auch die Sonne und Mond, was bei Vollmond und Neumond der Fall ist, dann ist die Ebbe- und Flutbewegung besonders heftig und groß. Das Meer befindet sich in einer ganz besonderen Erregung. Es lag nahe, anzunehmen, daß der Mond eine ganz entsprechende Flutbewegung auch im Luftmeer der Erde hervorrufe, und so das Wetter

⁴¹⁸ Z.B. liegt mir vor: Dr. Martin Knauers hundertjähriger Kalender für das 19. und 20. Jahrhundert. Bern, J. Heubergers Verlag, 1883.

⁴¹⁹ Nach C. Lang.

beeinflusse. Allein eine strenge Untersuchung der Luftdruckbeobachtungen ergab, daß von einer merklichen Ebbe und Flut des Luftmeers keine Rede ist. Nichtsdestoweniger griffen eine Reihe von Wetterpropheten die Sache auf und gründeten auf die Ebbe- und Flutwirkung des Mondes jeder ein System an Wetterprophezeiungen; so vor 20 - 15 Jahren *Overzier*, so Baron *Friesenhof*, so *Gustav Jäger*, der allerdings als Wollenapostel bekannter ist denn als Wetterprophet, so *Rudolf Falb*⁴²⁰

Falb ist der populärste von ihnen, zum Teil vielleicht deswegen, weil er für seine Wetterprophezeiungen ein Schlagwort erfand: seine "kritischen Tage" sind weltbekannt. Als kritische Tage bezeichnet er alle Tage, an denen die fluterzeugenden Faktoren besonders stark wirksam sind. Genau ebenso wie bei Neumond und bei Vollmond die Flutbewegung des Meeres am stärksten ist, so nimmt es *Falb* auch für das Luftmeer der Erde an; seine kritischen Tage sind alles Tage mit Vollmond oder mit Neumond. Wie ferner die Flut bei Vollmond oder Neumond besonders groß ist, wenn der Mond oder gar Sonne und Mond gleichzeitig sich in Erdnähe befinden, so soll an solchen Tagen auch die Flut des Luftmeeres sich besonders intensiv geltend machen. Auf diese Weise kommt *Falb* zu einer Unterscheidung von kritischen Tagen erster, zweiter und dritter Ordnung.

Der Glaube an *Falb* ist bei Landleuten wie bei Städtern überaus weit verbreitet; überall trifft man seinen "Wetterkalender und Verzeichnis der kritischen Tage", die er für jedes Halbjahr ausgibt. Zeitungen zahlen große Summen für das Recht, seine Prognosen abzudrucken. In der Tat trifft die Prognose in vielen Fällen zu; es tritt ein Wetter ein, wie *Falb* es für die kritischen Tage als charakteristisch bezeichnet. Diese Treffer werden von *Falb* ausgebeutet und blenden das Publikum. Daß gleichwohl die Prognosen *Falbs* keinen Wert haben, und die mehrfach stattfindenden Treffer gar nichts für *Falb* sagen, sie hier in Kürze dargetan.

Fragen wir zunächst: Was für ein Wetter ist nach *Falb* für seine kritischen Tage charakteristisch? Er gibt in seinem Wetterkalender für 1901 I wörtliche an: "1. Häufig der barometrischen Minima oder Depressionen, Wirbelstürme und vermehrte Niederschläge im allgemeinen. 2. Gewitter im Winter oder zu Tageszeiten, in welchen sie selten sind (nachts, morgens). 3. Schneefälle im Sommer im Hochgebirge oder in Gegenden, wo sie sehr selten auftreten. 4. Gewitter, gleichzeitig mit Schneegestöber, an demselben Orte. 5. Die ersten Gewitter im Frühjahr und der erste Schnee im Herbst. 6) Einbruch eines mit Wasserdampf gesättigten Südstromes in großen Höhen, der sich entweder durch plötzliches Tauwetter oder durch einen tiefblauen Himmel bei auffallend großer Durchsichtigkeit der Atmosphäre verrät, und Kampf desselben mit einem sich ihm entgegenstellenden Nordstrom, charakterisiert durch Cirruswölkchen oder überhaupt durch Wolken, die eine große Neigung zur Bildung paralleler Streifen verraten" usw. "Regenbögen, Strichregen und häufiger Wechsel von Regen und Sonnenschein, ein sogenanntes Aprilwetter, erscheinen durch diese Charakteristik bedingt." Wie man sieht, eine ganze Blumenlese der verschiedensten Wittertypen und alle charakteristisch für die kritischen Tage *Falbs*!

Dabei sollen die kritischen Tage nicht nur während ihrer Dauer, sondern je nachdem auch zwei Tage früher oder auch zwei, ja gelegentlich drei Tage später wirken. So betrachtet *Falb* insgesamt fünf bis sechs Tage als unter dem Einfluß eines kritischen Tages stehend. Da es in jedem Jahr 24 - 25 kritische Tage gibt, so steht insgesamt mehr als ein Drittel des ganzen Jahres nach *Falb* unter deren Einfluß. *Falb* fügt hinzu: "Es ist damit keineswegs gesagt, daß an jedem dieser Termine die erwähnten Erscheinungen

⁴²⁰

Als der vorliegende Vortrag gehalten wurde, lebte *Falb* noch.

eintreten müssen, sondern nur, daß soweit der Mond dabei beteiligt ist, an denselben die Tendenz zu einer Störung des Gleichgewichtes besteht." Der Sinn davon ist, daß das Nichteintreffen des vorausgesagten Wetters nicht als Beweis gegen Falb angeführt werden darf, während andererseits die Treffer von Falb durchaus als Beweis für die Richtigkeit seiner Methode ausgebeutet werden.

Dem gegenüber muß betont werden, daß Treffer an sich ebenso wenig für Falb beweisen, wie Nichttreffer gegen ihn. Speziell die Häufig von Treffen ist ganz wertlos; sie besticht nur den Laien.

Das wird sofort klar, wenn man sich die Frage vorlegt: Muß das Eintreffen einer Erscheinung an einem kritischen Tage wirklich die Folge dieses kritischen Tages sein? Offenbar doch nur dann, wenn jene Erscheinung an andern Tagen überhaupt nicht oder doch seltener eintritt als an kritischen Tagen. Ein drastisches Beispiel möge das erläutern. Es prophezeie einer: an allen Donnerstagen wird die Sonne aufgehen. Er beobachtet nun jeden Donnerstag und siehe da jeden Donnerstag geht die Sonne wirklich auf. Da ruft er aus: ich habe recht, der Donnerstag ist für die Sonne ein kritischer Tag, indem er ihren Aufgang verursacht. Wir haben auch hier eine Prognose und eine Unzahl von Treffern. Und doch sagen diese nichts, weil eben an allen andern Tagen, die nicht Donnerstage sind, die Sonne auch aufgeht. Einen solchen Fehler begeht nun auch Falb. Um die Richtigkeit seiner Theorie zu erweisen, müßte er zuerst die Häufigkeit der von ihm als charakteristisch für seine kritischen Tage angegebenen Erscheinungen für alle Tage untersuchen und hierauf dartun, daß sie an den kritischen und den unter deren Einfluß stehenden benachbarten Tagen häufiger sind als an andern Tagen. Eine solche Untersuchung hat Falb aber immer abgelehnt

J.M. Pernter, jetzt Direktor des österreichischen meteorologischen Beobachtungsnetzes, hat sie durchgeführt und 1892 veröffentlicht.⁴²¹ Er untersuchte z.B. die Häufigkeit der Depressionen oder barometrischen Minima in Europa und fand, daß in den drei Jahren 1888-90 im Durchschnitt auf jeden kritischen Tag 1,67 Depressionen fielen, und auf jeden der unmittelbar benachbarten, nach Falb auch noch unter dem Einfluß der kritischen Tage stehenden vier Tage ebenfalls 1,67, auf jeden der nicht kritisch beeinflussten Tage aber auch genau 1,67. Depressionen sind also in Europa an den kritischen Tagen genau so häufig wie an jedem beliebigen andern Tag. Das ergab sich auch für die Stürme, von denen auf jeden der fünf unter dem Einfluß der kritischen Tage stehenden Tage 1,05 fielen, auf jeden andern Tag aber 1,04. Die Zahl der Stationen, die im Durchschnitt an einem der kritisch beeinflussten Tage Regen oder Schnee hatten, war 19,4, an den andern Tagen ebenfalls 19,4; die gesamte Regenmenge betrug pro Tag 132, bzw. 138 Millimeter, die Zahl der Überschwemmungen 0,08 bzw. 0,08. Wie man sieht, sind die beiden Zahlen überall einander genau oder fast genau gleich, d.h. jene von Falb als für seine kritischen Tage charakteristisch bezeichneten Erscheinungen sind an andern Tagen genau so häufig wie an diesen. Das ist ein für Falb geradezu vernichtendes Ergebnis, das zeigt, daß seine Prognosen keinen größeren Wert haben, wie die jenes Mannes in unserm Beispiel, der für jeden Donnerstag einen Sonnenaufgang prophezeite. Nicht 24 oder 25 und auch nicht 5 x 24 bzw. 5 x 25 kritische Tage hat das Jahr, sondern 365 und in Schaltjahren 366!

Wenden wir uns nun speziell unsern schweizerischen Wetterpropheten zu.

Auf die Bewegung des Mondes gründet der Wetterprophet der Westschweiz, *Jules Capré* in Chillon, seine Wetterprognosen, die für jedes Jahr im "Almanach des chemins de fer du Jura-Simplon" erscheinen.

⁴²¹

Auf Grund der Stellung des Mondes kündigt *Capré* das Auftreten und Verweilen von Depressionen und Gebieten hohen Luftdruckes für einzelne Tage oder Perioden von Tagen in bestimmten Teilen Europas an und leitet hieraus das zukünftige Wetter für die einzelnen Regionen ab, das er ganz wie die moderne Meteorologie mit jenen Zyklonen und Antizyklonen in Zusammenhang bringt. Daß die Prognosen des Jahres 1900 schlecht eintrafen, gibt *Capré* in einem launig geschriebenen Vorwort zu den Prognosen für 1901, in dem er die Leiden eines Wetterpropheten schildert, offen zu. Das Fehlschlagen führt er darauf zurück, daß er als Laie auf dem Gebiet der Astronomie es nicht verstand, die Stellung des Mondes in exakter Weise vorauszubestimmen. Nachdem er diese Lücke ergänzt und seine fehlerhaften Mondpositionen korrigiert hat, glaubt er ein besseres Treffen der Prognosen erkennen zu können und fährt demnach auf der neuen Grundlage mit denselben fort. Vergleicht man seine Prognosen mit dem faktisch eingetroffenen Wetter, so zeigt sich auch hier wie bei den Prognosen *Falbs*, daß sie mehrfach stimmen, oft aber auch nicht. Die Depressionen, Regenfälle etc. treten an den Tagen, für die sie prophezeit sind, gerade so häufig auf, wie an den Tagen, für die sie nicht vorausgesagt waren.

Der Aarauer Wetterprophet, Ingenieur *Gladbach*, hüllt sein Verfahren noch in dunkel. Zwar findet sich in den "Wetterprognosen"⁴²², die er für eine Reihe von Monaten ausgegeben hat, eine "theoretische Begründung und praktische Anleitung zur Beobachtung des Barometers betreffend Vorausbestimmung der Witterung", die dem Laien durch Differentialgleichungen und Arbeitsdiagramme imponieren mag, uns aber gleichwohl über *Gladbachs* Methode ganz im unklaren läßt. *Gladbach* sagt zwar, daß er seine Diagramme des "Wolkengürtels Europas", aus denen er die Prognosen offenbar ableitet, die aber nirgends erklärt sind, graphisch nach den Luftdruckverhältnissen vergangener Jahre konstruiert. Wie er das macht, hält er für "unopportun" mitzuteilen, "da die Gefahr vorliegt, daß ein Unberufener eine Nachbildung versucht" und "die Sache in Mißkredit bringt". Eine kurze Mitteilung, die *Gladbach* in einer Sektionssitzung der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Zofingen im August 1901 gab, gestattete auch keinen Einblick in seine Methode. Nur soviel wurde klar, daß er auf die Anziehung der Planeten, sowie des Mondes abstellt.

Auch die Nidauer Wetterprophet, Sekundarlehrer *C. Marti*, dessen Prognosen vielfach in den Blättern der deutschen Schweiz erscheinen, hüllte lange Zeit seine Methode in Dunkel; er hat sie erst im November 1900 in einer Sitzung der Bernischen naturforschenden Gesellschaft dargelegt, wobei er gedruckte Résumés verteilte, die u.a. zur Prüfung seiner Methode aufforderten.⁴²³

Während *Falb* und *Capré* als wirksame Kraft ihren Prognosen die Anziehungskraft bzw. fluterzeugende Kraft des Mondes und der Sonne zu Grunde legen, geht *Marti* von einer geheimnisvollen, gänzlich unbekanntem Kraft aus. Er nimmt an, daß außer den "Lokalkonstanten" und der jährlichen Änderung des Sonnenstandes auf das Wetter "die schnellen Wetterfaktoren" einwirken. Diese "schnellen Wetterfaktoren" denkt er sich durch die Planeten zustande kommend: Wenn zwei Planeten mit genügend dicker Atmosphäre und zwar je ein innerer und ein äußerer in Konjunktion treten, d.h. auf ihrem Umlauf um die Sonne in eine derartige Stellung zueinander kommen, daß eine Gerade, die sie verbindet, verlängert auch die Sonne trifft, so findet an der den Planeten genau zugewandten Stelle der Sonnenoberfläche eine "Erregung" statt. Worin diese Erregung bestehen soll, sagt *Marti* nicht. Nun rotiert die

⁴²² Aarau, im Selbstverlag des Verfassers.

⁴²³ Eine Darlegung erschien nach Abhaltung des vorliegenden Vortrages in den Schriften der Naturforschenden Gesellschaft von Osnabrück.

Sonne um ihre Achse und zwar in 26 1/2 Tagen einmal. Jene "erregte" Stelle rotiert mit; wenn sie der Erde gegenüber zu stehen kommt, so soll sie jetzt ihrerseits in der Atmosphäre der Erde eine "Erregung" hervorrufen. Diese Erregung wiederholt sich nach einer weiteren Umdrehung der Sonne, wenn die auf der Sonne zuerst erregte Stelle zum zweitenmal die Erde anschaut, ebenso zum drittenmal, in einigen Fällen auch zum vierten mal. Alle wirksamen Konjunktionen geben im Sommer Regen oder Gewitterstürme, im Winter Regen oder Stürme. Am wirksamsten sollen die Konjunktionen von Merkur und Saturn und von Merkur und Uranus sein, in zweiter Reihe dann Venus und Jupiter, sowie Venus und einzelne Planetoiden. *Marti* hat seine Methode an der Hand von Auszügen aus meteorologischen Jahrbüchern zu prüfen gesucht. Leider nur krankt seine Prüfung an demselben methodischen Fehler wie diejenige *Falbs*: Er zählt die Fälle auf, in denen sich wirklich an seinen kritischen Tagen Stürme ereignet haben. Solche Treffer beweisen nichts, wie wir schon gesehen haben. Um sein Verfahren zu rechtfertigen, müßte *Marti* vielmehr dartun, daß Stürme mit Regen usf. wirklich an den von ihm als kritisch bezeichneten Tagen häufiger sind als an jedem beliebigen Tag. Einen solchen Beweis ist *Marti* bis jetzt schuldig geblieben. Auf Grund eines mir von Herrn *Marti* zur Verfügung gestellten Verzeichnisses seiner kritischen Tage habe ich mit Berücksichtigung der von ihm angenommenen Verspätung für die zehn Jahre 1882 - 86 und 1894 - 98 nach den Wetterberichten der eidgenössischen meteorologischen Zentralanstalt die Häufigkeit der Stürme mit Regen - und zwar genau nach *Martis* mir gegebener Definition - untersucht. Es ergab sich für jeden beliebigen Tag des ganzen Zeitraums im Durchschnitt eine Sturmhäufigkeit von 0,25, d.h. unter vier Tagen befand sich durchschnittlich einer, an dem es irgendwo im Bereich von Westeuropa stürmte. Die Sturmhäufigkeit an Tagen, die nach *Marti* unter dem Einfluß der Konjunktion von Merkur und Saturn standen, war ebenfalls genau 0,25, für Merkur und Uranus auch 0,25, für Venus und Jupiter 0,22, für Venus und Juno 0,25, und für die gleichzeitige Konjunktion zweier Planetenpaare 0,22. Die Zahlen sind also wieder ganz gleich, ja zufällig zum Teil sogar an den kritischen Tagen etwas kleiner. Stürme sind also an *Martis* kritischen Tagen genau so häufig wie an Tagen, die nach *Marti* nicht kritisch sind. Also auch mit *Martis* kritischen Tagen ist es nichts. Das war ja nun freilich vorauszusehen, da seine ganze Methode mit ihrer mystischen "Erregung" einer Stelle auf der Sonnenoberfläche und Rückstrahlung dieser Erregung auf die Erde physikalisch vollkommen in der Luft schwebt. Wenn ich mich trotzdem der nicht geringen Mühe unterzogen haben, seine Prognosen in exakter Weise zu prüfen, so geschah es aus Achtung von der Energie des Mannes, der eine ungeheure Rechenarbeit - freilich ganz vergeblich - an seine Methode gesetzt hat.

So halten weder die Prophezeiungen *Martis*, noch die *Falbs*, *Caprés*, *Gladbachs* einer wissenschaftlichen Kritik stand. Wetterprophezeiungen oder besser Wetterprognosen lassen sich eben nicht mit Ignorierung der Resultate der auf streng physikalischer Basis aufgebauten wissenschaftlichen Meteorologie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung aufstellen.

Was lehrt nun die moderne Meteorologie?

Die Atmosphäre der Erde stellt sich uns in ihrer Gesamtheit als eine riesige Maschine dar. Die Heizung derselben erfolgt durch Zufuhr von Sonnenwärme, vornehmlich in den Tropen; in den polaren Regionen findet die stärkste Wärmeentziehung statt. Die ständigen Temperaturdifferenzen, die sich so zwischen den äquatorialen und den polaren Gebieten entwickeln, rufen gewaltige Luftströmungen hervor. Öffnen wir im Winter die Tür eines warmen Zimmers, so beobachten wir - z.B. mit Hilfe einer brennenden Kerze - wie oben die warme Luft aus dem Zimmer hinaus ins

Freie, unten dagegen die kalte Luft ins Zimmer zieht. Genau ebenso bewegt sich die in den Tropen erwärmte Luft in der Höhe gegen die höheren Breiten hin, während in der Tiefe kühlere Luft aus höheren Breiten zum Äquator fließt. Eine Modifikation dieses Vorganges erfolgt in einer hier nicht auszuführenden Weise durch die Umdrehung der Erde um ihre Achse.

Wo wir nun Strömungen von verschiedener Richtung oder Geschwindigkeit nebeneinander dahinziehen sehen, da treten stets an deren Grenzen wirbelnde Bewegungen auf, und zwar oft in dem Masse, daß wir den ganzen Strömungsvorgang sich in Form von fortschreitenden Wirbeln vollziehen sehen. Jeder rasch strömende Fluß zeigt das: da sehen wir bald absteigende Wirbel, markiert durch eine kleine trichterförmige Vertiefung der Wasseroberfläche, bald aufsteigende Wirbel, markiert durch ein Aufwallen des Wassers; sie alle werden von der allgemeinen Strömung des Flusses abwärts getragen. So entstehen auch in der Atmosphäre und zwar besonders in mittleren und höheren Breiten als Folge jener großen allgemeinen Strömungen Luftwirbel von geringer Höhe, aber außerordentlicher horizontaler Ausdehnung, die nicht selten ein Gebiet von 1500 - 2000 Kilometer Durchmesser und mehr bedecken. Bald sind es aufsteigende Wirbel - sie sind dann durch niedrigen Luftdruck ausgezeichnet und heißen daher barometrische Minima oder Depressionen; bald sind es absteigende Wirbel, dann charakterisiert durch hohen Luftdruck. Rings um den Wirbel herum wehen verschiedene Winde, bei einer Depression z.B. an der Südseite westliche Winde, an der Ostseite südliche, an der Nordseite östliche und an der Westseite nördliche. Da nun die Winde es sind, die in erster Reihe über das Wetter entscheiden, so herrscht rings um den Wirbel herum verschiedenes Wetter. Diese Wirbel marschieren, getragen von den großen allgemeinen Luftströmungen, in mittleren und hohen Breiten, meist von Westen nach Osten und folgen einander in kurzen Zwischenräumen von einigen Tagen. Hierdurch ändert sich die Lage eines Ortes zum Wirbel und damit auch das Wetter an diesem Ort.

Eine sorgfältige Himmelsschau gestatte, die bevorstehenden Änderungen aus gewissen Anzeichen vorauszusehen. In unserer Zeit des Telegraphen hat man diese Himmelsschau auf ganz Europa ausgedehnt. In Zürich z.B. laufen während des Vormittags bei der eidgenössischen meteorologischen Zentralanstalt Depeschen aus den verschiedenen Teilen unseres Erdteils ein, die da melden, wie die Witterung an den einzelnen meteorologischen Stationen am betreffenden Tage um 7 Uhr oder 8 Uhr morgens war. Luftdruck, Temperatur, Windrichtung, Bewölkung, Niederschläge werden so kund getan, und auf Grund dieser exakten Daten wird für den betreffenden Morgen eine Wetterkarte gezeichnet, die die Übersicht über die Witterung in Europa gibt und auch jene oben erwähnten Wirbel deutlich erkennen läßt. Durch Vergleich der Wetterkarte mit den Wetterkarten der vorhergehenden Tage wird, mit Berücksichtigung zahlreicher Erfahrungssätze, festzustellen gesucht, welche Lage jene Wirbel am nächsten Tage ungefähr haben dürften. Aus dieser Vorauserkennung der Bahn der Wirbel wird dann ein Schluß auf das Wetter des andern Tages für unser Land gezogen und als Prognose publiziert. Freilich sind wir heute noch nicht in der Lage, mit mathematischer Genauigkeit anzugeben, wo ein Wirbel, den wir heute etwa auf dem Meer bei Irland sehen, sich morgen befinden wird, aber mit einer gewissen Annäherung gelingt es doch, und damit auch die Vorausbestimmung des Wetters. Man rechnet ungefähr 80 richtige Prognosen auf 100.

Daß diese Prognosen, obwohl sie nur einen Tag voraus gestellt werden können, in der Tat einen Wert haben, zeigen die Sturmwarnungen, die an manchen Küsten für die Zwecke der Schifffahrt mit Erfolg ausgegeben werden, zeigt vor allem auch der sehr

exakt ausgebildete Signaldienst in den Vereinigten Staaten, wo die Prognosen in der Landwirtschaft eine große Rolle spielen.

Die Prognosen der eidgenössischen meteorologischen Zentralanstalt erscheinen zusammen mit der Wetterkarte unter dem Titel "Wetterbericht" in Zürich jeden nachmittag. Das Zürcher Publikum wendet sich wohl auch direkt telephonisch an die Zentralanstalt und fragt z.B. am Samstag nach der Prognose für den Sonntag. Soweit es die Arbeit des Personals gestattet, werden diese Anfragen beantwortet. Ja, es kommt vor, daß eine Angehörige des schönen Geschlechtes bei der Zentralanstalt anfragt, ob sie für den geplanten Sonntagsausflug ein helles oder ein dunkles Kleid anziehen soll, worauf dann der schlagfertige Beamte erwidert: "Dasjenige, das Ihnen am besten steht!"

Im großen Publikum aber ist immer noch die Zahl der Anhänger der Wetterpropheten vom Schlage *Falbs*, *Martis* und ihrer Gefährten bedeutend, weil die vorkommenden Treffer das Publikum hypnotisieren. Der Mensch ist im allgemeinen nicht kritisch veranlagt; wo eine geistige Schulung in dieser Richtung fehlt, findet eine unwillkürliche Auslese der Beobachtungen statt; die Treffer überwiegen im Eindruck, die Fehlprognosen werden vergessen. "Es hat doch damals gestimmt," wird einem eingewendet. Daß dieses Stimmen nichts anderes ist als ein Treffer in einer Lotterie mit vielen Gewinnen, wird übersehen. Dazu besteht im Publikum ein Bedürfnis nach Wetterprognosen mehr als einen Tag voraus, also nach Wetterprognosen mit langer Sicht. Diesem allgemeinen Bedürfnis kommen die Wetterpropheten entgegen, indem sie ihre Prognose Monate voraus ausgeben. Wenn sie auch ganz wertlos sind, so finden sie doch Gläubige. Auch von diesem Gebiet läßt sich wie von manchem andern Gebiet des Aberglaubens sagen: *Mundus vult decipi* — die Welt will betrogen sein. So bald werden Wetterpropheten noch nicht aussterben.

8. Zur Frage der 35jährigen Klimaschwankungen

Als ich 1889 meine Untersuchungen über Klimaschwankungen abschloß⁴²⁴, lagen mir nur die meteorologischen Beobachtungen bis 1880 bzw. 1885 vor. Aus dem Verlauf der Schwankung des Regenfalls glaubte ich trotzdem schließen zu dürfen, daß die Landflächen der Erde um das Jahr 1880 herum ein Maximum des Regenfalls aufwiesen, ebenso wie sie vorher um 1860 ein Minimum und um 1850 ein Maximum gezeigt hatten. 1895 habe ich dann die Änderung des Regenfalls für Preußen bis 1893 und für das europäische Rußland bis 1890 in meiner Abhandlung über den Einfluß der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge und Getreidepreise in Europa durch einige Zahlen dargestellt⁴²⁵; es ergab sich gegenüber den Jahren um 1880 eine geringe Abnahme des Regenfalls, der sich jedoch immer noch über dem Mittel hielt. Es wäre nunmehr, wo eine weitere Reihe von Jahren hinzugetreten sind, von Interesse zu untersuchen, ob wirklich im verflossenen Dezennium eine Abnahme des Regenfalls auf dem Gros der Landflächen der Erde zu spüren gewesen ist oder nicht. In der Tat hat auch Prof. Woeikow in seinem Aufsatz über "Die Seespiegelschwankungen zwischen Aralsee und Baraba und die Brücknersche Hypothese" im Septemberheft dieser Zeitschrift (1901, p. 199) die Frage aufgerollt und sich gegen meine Resultate ausgesprochen. Durch den Abschluß anderer Arbeiten völlig in Anspruch genommen, kann ich augenblicklich noch nicht an eine eingehende Untersuchung für alle Teile der Erde herantreten. Auch ist es angemessen, mindestens das Erscheinen der Beobachtungsergebnisse des Jahres 1900 abzuwarten, um mit einem Lustrum abschließen zu können. Doch möchte ich schon jetzt kurz auf die Ausführungen Prof. Woeikows eingehen und vor allem auf ein großes Gebiet hinweisen, für das die Abnahme des Niederschlags seit 1880 im einzelnen nachgewiesen ist.

1. Die Seespiegelschwankungen in der Kirgisensteppe und die Schwankungen des Niederschlags in Rußland seit 1860.

Nach den Beobachtungen von Berg, Ignatow und Tanfiliew, die Woeikow mitteilt, hatten der Aralsee und andre Seen seiner nähern und weitem Umgebung um das Jahr 1880 herum einen Tiefstand und sind seitdem gestiegen; in den Aralsee ergab sich auch eine Senkung in einem unmittelbar vor 1880 gelegenen längern Zeitraum, über deren Beginn sich Genaueres nicht sagen läßt. Prof. Woeikow bemerkt, daß dieses Verhalten im Widerspruch mit den von mir vertretenen Klimaschwankungen stehe. Demgegenüber möchte ich darauf hinweisen, daß ich nach den mir 1889 vorliegenden Beobachtungen die Kirgisensteppe, der jene Seen liegen, ganz ausdrücklich als dauerndes Ausnahmegebiet bezeichnet habe, das die Schwankungen des Regenfalls in umgekehrtem Sinn mitmacht, d.h. Maxima in Zeiten aufweist, wo der größere Teil der Landflächen - 3/4 bis 4/5 derselben - Minima besitzt⁴²⁶. Aus dem Verhalten des Alakul schloß ich, "daß das Ausnahmegebiet der Kirgisensteppe bis in den Winkel zwischen Tarbagatai und Alatau zu verlängern ist"⁴²⁷. Wenn nun um 1880 ein Tiefstand und hierauf ein deutliches Steigen der Seen sich im betreffenden Gebiet markiert, so bestätigt das nur die von mir schon 1890 ausgesprochene Ausnahmestellung der Kirgisensteppe.

Nicht zustimmen kann ich Prof. Woeikow, wenn er sagt, daß die fraglichen Seeschwankungen "nahe zusammenfallen mit den Schwankungen des Regenfalls in

⁴²⁴ Klimaschwankungen seit 1700, Wien 1890

⁴²⁵ Hettners Geogr. Zeitschrift, Bd. I, p. 39.

⁴²⁶ Klimaschwankungen, p. 170, Tabelle p. 168 f.

⁴²⁷ A. a. O. p. 176.

Barnaul". Das Charakteristische in Barnaul ist die Regenarmut der Jahre 1859 - 69, genau entsprechend der von mir für den größten Teil der Landflächen festgestellten Trockenperiode. Es folgt hierauf in Barnaul ein sehr starkes Ansteigen des Regenfalls, während die Seen, speziell der Aralsee, sinken und erst um 1880 herum ihren tiefsten Stand erreichen. Das Minimum der Seen fällt also etwa 15 Jahre später als das Minimum des Regenfalls in Barnaul und direkt in eine sehr feuchte Zeit in Barnaul. Viel besser entspricht den Seeschwankungen der Regenfall an der 200 km nördlich vom Aralsee mitten in der Steppe gelegenen Station Irgis. Die nachfolgenden, wegen der Lücken in der Beobachtungsreihe - es fehlen die Jahre 1861, 1862, 1884 und 1885 - zum Teil nicht ganz vollständigen Lustrenmittel (mm) für Irgis, denen ich die entsprechenden Mittel für Barnaul beifüge, veranschaulichen das.

| | 1861/65 | 66/70 | 71/75 | 76/80 | 81/85 | 86/90 | 91/95 | 96/99 |
|------------------------|---------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| Kirgisensteppe | Seen | sinken | | tief | | steigen | | |
| Irgis (mm) | 193 | 200 | 144 | 148 | 153 | 183 | 197 | --- |
| Barnaul ⁴²⁸ | 150 | 173 | 258 | 349 | 338 | 380 | 380 | 375 |

Niederschlag und Seen der Kirgisensteppe verhalten sich also seit 1861 nahe zu völlig umgekehrt wie der Niederschlag in Barnaul. Das stärkste Steigen der Seen fällt in die Zeit Ende der 90er Jahre, also in eine Zeit, in der der Niederschlag in Barnaul nicht mehr steigt.

Prof. Woeikow findet ferner, daß der Regenfall in Barnaul den 35jährigen Klimaschwankungen nicht entspricht, und möchte lieber eine 55 jährige Periode annehmen. Er schließt das daraus, daß die Zentren der nassen Zeiten von Barnaul nicht mit den Zentren der von mir aufgestellten nassen Perioden zusammenfallen sollen. Ich kann ihm hierin nicht beistimmen. Es liegt kein Anhaltspunkt dafür vor, das Zentrum der ersten nassen Zeit in Barnaul vor den Beginn der meteorologischen Beobachtungen anzusetzen, wie das Prof. Woeikow tut. Das erste Beobachtungsjahr 1838 war trocken (251 mm), 1839 dann sehr naß (449 mm), ebenso naß wie 1842 (448 mm). Nach den vorhandenen Beobachtungen fällt das Maximum auf den Anfang der 40er Jahre; was vorherging, wissen wir nicht. Was die zweite nasse Zeit anbetrifft, so möchte ich darauf hinweisen, daß die Beobachtungen von Barnaul hier nicht homogen sind, da der Regenmesser bis 1882 in 3,1 m, seitdem aber in 1,0 m, einige Jahre auch in 2,1 Höhe über dem Erdbogen stand. Diese Tieferstellung hat die Messung der Winterniederschläge wesentlich verändert, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

| Zeitraum | Höhe des Regenmessers mm | Verhältnis der Niederschläge des Sommerhalbjahrs (Mai-Sept.) zu denen des Winterhalbjahrs (Okt.-April) |
|-----------|--------------------------|--|
| 1838 - 82 | 3.1 | 100 : 49 |
| 1883 - 89 | 1.0 | 100 : 98 |
| 1890 - 97 | 2.1 | 100 : 83 |
| 1898 - 99 | 1.0 | 100 : 116 |

Ob die Zunahme sich auf den Einfluss des Schneetreibens zurückführt oder ob die alten Messungen infolge von Wind zu wenig Schnee ergaben, muß dahingestellt

⁴²⁸ Über die wegen Tieferstellung des Regenmessers in Barnaul nach 1882 angebrachte Reduktion bei den Winterniederschlägen siehe unten.

bleiben. Sicher aber ist, daß nach 1882 die Winterniederschläge viel zu groß sind im Vergleich mit den frühern Messungen, in einzelnen Jahren um 100 mm und mehr.

Bringt man eine entsprechende Korrektur an⁴²⁹ und bildet das 62jährige Mittel (289,8 mm), so ergeben sich folgende Perioden nach der ausgeglichenen Reihe, wobei jedes Fünfjährsmittel auf sein mittleres Jahr bezogen wurde. Zum Vergleich stelle ich die von mir für die Klimaschwankungen 1890" vertretenen feuchten und trocknen Zeiten daneben⁴³⁰.

| Niederschlag in Barnaul | | Klimaschwankungen 1890 | |
|-------------------------|---------|------------------------|---------|
| über dem Mittel | 1840-49 | feucht | 1841-55 |
| unter dem Mittel | 1850-73 | trocken | 1856-70 |
| über dem Mittel | 1874-97 | feucht | 1871-85 |

Die Übereinstimmung mit den feuchten und trocknen Perioden der Klimaschwankungen ist eine vollständige, soweit die Klimaschwankungen für das Gros der Länder verfolgt sind, d.i. bis 1885. Der Niederschlag in Barnaul hält sich jedoch auch nach 1885 hoch. Es fragt sich nun, ob das ein vereinzelt Verhalten ist oder ob es auf weitem Gebieten wiederkehrt; nach der nachfolgenden Zusammenstellung (Tabelle I) scheint letzteres für Rußland zum kleinen Teil in der Tat der Fall zu sein.

Die Tabelle enthält die Abweichungen der fortlaufenden zehnjährigen Mittel⁴³¹ und wurde nach den jährlichen Niederschlagssummen berechnet, die E. Heintze in seiner Abhandlung über die Abweichung der Niederschläge von den Normalwerten in den Flußgebieten des europäischen Rußland während der Periode 1861 - 98⁴³² gegeben hat.

***I. Abweichungen der zehnjährigen Mittel des Niederschlags (mm)
vom Normalwert in den Flußgebieten des europäischen Rußland.***

| | Obere Wolga | Mittel Wolga and Kama | Untere Wolga | Oberer Dnjepr | Unterer Dnjepr | Don | Mittel der Fluß Gebiete |
|---------|----------------|--------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----|-------------------------------|
| Mean | 513 | 462 | 354 | 533 | 435 | 450 | 458 |
| 1861-70 | 1 | -28 | -14 | 5 | -32 | -15 | -14 |
| 1862-71 | -2 | -33 | -23 | 8 | -37 | -13 | -17 |
| 1863-72 | 7 | -32 | -9 | 18 | -28 | -20 | -11 |
| 1864-73 | 19 | -12 | 10 | 25 | -19 | -4 | 3 |
| 1865-74 | 23 | 1 | 21 | 11 | -18 | -4 | 6 |
| 1866-75 | 19 | 16 | 36 | 5 | -19 | 2 | 10 |
| 1867-76 | 27 | 22 | 37 | 15 | -4 | 11 | 18 |

⁴²⁹ Reduktionsfaktor für die Winterniederschläge 1883 - 89 und 1898 - 99 $49:98 = 0,5$, 1890 - 97 $49:83 = 0,6$, Ohne diese Korrektur wäre das Mittel 317 mm und über dem Mittel wären die Jahre 1840 - 42, sowie 1876 - 97.

⁴³⁰ Klimaschwankungen, p. 192.

⁴³¹ Die vieljährigen Mittel wurden aus den Angaben Heintzes für die einzelnen Jahre neu berechnet.

⁴³² Meteorolog. Zeitschrift 1901, p. 219.

| | | | | | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1868-77 | 16 | 16 | 35 | 10 | 5 | 23 | 18 |
| 1869-78 | 29 | 16 | 31 | 18 | 15 | 27 | 23 |
| 1870-79 | 26 | 23 | 37 | 22 | 24 | 42 | 29 |
| 1871-80 | 29 | 29 | 38 | 6 | 18 | 40 | 27 |
| 1872-81 | 25 | 25 | 48 | -6 | 15 | 51 | 26 |
| 1873-82 | 11 | 19 | 41 | -5 | 18 | 58 | 24 |
| 1874-83 | 7 | 3 | 30 | 3 | 19 | 54 | 19 |
| 1875-84 | 1 | -2 | 30 | 12 | 20 | 58 | 20 |
| 1876-85 | 4 | -11 | 18 | 7 | 19 | 46 | 14 |
| 1877-86 | -1 | -14 | 20 | -3 | 23 | 44 | 12 |
| 1878-87 | 5 | -3 | 14 | -1 | 14 | 33 | 10 |
| 1879-88 | 11 | -2 | 14 | -10 | 13 | 24 | 8 |
| 1880-89 | 8 | 1 | 11 | -13 | 4 | 10 | 4 |
| 1881-90 | -11 | 3 | 1 | -9 | -1 | -1 | -3 |
| 1882-91 | -14 | 3 | -8 | -2 | -3 | -22 | -8 |
| 1883-92 | -12 | 7 | -14 | -4 | 0 | -31 | -9 |
| 1884-93 | -6 | 18 | -10 | 2 | 6 | -28 | -3 |
| 1885-94 | 6 | 25 | -19 | 13 | 11 | -30 | 1 |
| 1886-95 | 8 | 24 | -17 | 23 | 19 | -22 | 6 |
| 1887-96 | 14 | 23 | -16 | 32 | 19 | -21 | 8 |
| 1888-97 | -4 | 5 | -24 | 26 | 15 | -30 | -2 |
| 1889-98 | -9 | -4 | -30 | 25 | 11 | -32 | -7 |

Schon aus den nicht ausgeglichen Reihen hatte E. Heintze den Schluß gezogen, daß sein Resultat über die Schwankungen des Niederschlags im großen Ganzen den von mir gewonnen Resultaten sehr nahekommt. Die ausgeglichenen Reihen lassen das noch besser erkennen: Mit einer Ausnahme (Gebiet des obern Dnjepr) zeigen alle Flußgebiete in den Jahrzehnten 1870 - 79, 1871 - 80, 1872 - 81 oder 1873 - 82 ein prägnantes Maximum des Niederschlags, das auf ein in den 60er Jahren vorhandenes Minimum folgt. In den 80er Jahren stellt sich ein deutliches Sinken der Niederschläge ein, das an der untern Wolga und am Don sehr scharf und auch an der obern Wolga gut ausgesprochen ist; an der mittlern Wolga und am untern Dnjepr macht es sich weniger geltend und der Niederschlag ist hier noch bis 1889/98 relativ groß, wenn auch merklich kleiner als in den 70er Jahren. Nur die mittlere Wolga und das Dnjepr-Gebiet zeigen also ein ähnliches Verhalten des Regenfalls wie Barnaul. Die andern Teile Rußlands zeigen dagegen eine deutliche Abnahme nach 1885, so auch die Ostsibirien Nertschinsk und Nikoljewsk am Amur, deren Regenbeobachtungen ich ausgeglichen in der Tabelle V unten mitteile, so auch Mitteleuropa zum größten Teil, repräsentiert in der Tabelle V durch Brüssel und Bremen.

2. Abnahme des Regenfalls in den Vereinigten Staaten seit Mitte der 80er Jahre.

Ein Gebiet, für das eine allgemeine Abnahme des Niederschlags seit 1888 konstatiert ist, sind die Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Alfred J. Henry, Abteilungsvorstand am Wetterbureau der Vereinigten Staaten, machte bei seiner Untersuchung des Regenfalls dieses Landes⁴³³ die Beobachtung, daß der Regenfall 1887 -m 96 fast im ganzen Gebiet zu klein war. Ich habe nach seiner Zusammenstellung die nachfolgende Tabelle berechnet, die die Abweichung des Niederschlags vom Normalwert, d.h. vom vieljährigen Mittel, in den einzelnen Teilen der Vereinigten Staaten für das Dezennium 1887- 96 enthält. Henry selbst gibt die

⁴³³

Report of the U.S. Weather Bureau for 1896/97, p. 328, Washington 1897.

Abweichungen für jedes einzelne Jahr, deren Abdruck hier des Raums wegen unterbleiben muß. Um die relative Größe der Abweichungen zu zeigen, habe ich dieselben auch in Prozenten der für die einzelnen Distrikte von Hann gegebenen⁴³⁴ vieljährigen Mittel (1870 - 88) ausgedrückt; diese Prozentzahlen sind freilich nur angenähert, da in Hanns Mittel zum Teil etwas andere Stationen eingingen, als gerade die von Henry benutzten. Immerhin setzen sie in den trocknen Gebieten den Regenausfall erst in das rechte Licht.

II. Abweichung des Regenfalls 1887 - 96 in den verschiedenen Gebieten der Vereinigten Staaten vom Normalwert.

| Distrikt | Zahl d. Stationen | Abweichung vom Normalwert | | Anzahl der Jahre mit | |
|--|-------------------|---------------------------|----|----------------------|---------------|
| | | mm | % | zu wenig Regen | zu viel Regen |
| Neu England | 9 | +1 | 0 | 5 | 5 |
| Mittel- Atlantische Staaten ⁴³⁵ | 11 | +12 | +1 | 5 | 5 |
| Südl. Atlantische Staaten | 11 | -66 | -5 | 7 | 3 |
| Östl. Golf Staaten | 5 | -105 | -7 | 9 | 1 |
| Westerl. Golf Staat. | 8 | -104 | -9 | 8 | 2 |
| Ohio Tal und Tennessee | 11 | -68 | -6 | 7 | 3 |
| Untere [Great] Seen Region | 8 | -38 | -4 | 7 | 3 |
| Obere [Great] Seen Region | 10 | -68 | -8 | 9 | 1 |
| Äuß. Nordwesten | 4 | -18 | -4 | 8 | 2 |
| Oberes Mississippi Tal | 13 | -83 | -9 | 7 | 3 |
| Missouri Tal | 10 | -52 | -7 | 7 | 3 |
| Felsengebirge - Osthang Norden | 6 | -2 | -1 | 5 | 4 |
| Felsengebirge Osthang Mitte | 7 | -43 | -8 | 7 | 3 |
| Felsengebirge Osthang Süden | 4 | +6 | +1 | 4 | 6 |
| Felsengebirge Nördl Plateaus | 4 | -21 | -5 | 6 | 3 |
| Felsengebirge Mittl. Plateaus | 5 | -5 | -2 | 5 | 5 |
| Felsengebirge Südl. Plateaus | 9 | -23 | -8 | 5 | 5 |
| Nördl Pac. Küste | 8 | +41 | +4 | 5 | 5 |
| Kalifornien | 12 | +21 | +2 | 4 | 6 |

⁴³⁴ Klimatologie, 2 Aufl, Bd. III, p. 289.

⁴³⁵ Ich bemerke, daß sich diese Gruppe ungefähr mit der Gruppe "südliche atlantische Staaten" in meinem Buch deckt, da ich Stationen südlich von Washington nicht verwendet habe.

III. Zahl der Distrikte

| | mit zu wenig Regen | mit zu viel Regen | | mit zu wenig Regen | mit zu viel Regen |
|------|-----------------------|----------------------|------|-----------------------|----------------------|
| 1887 | 15 | 4 | 1892 | 11 | 7 |
| 1888 | 10 | 8 | 1893 | 12 | 7 |
| 1889 | 14 | 5 | 1894 | 15 | 4 |
| 1890 | 10 | 9 | 1895 | 15 | 4 |
| 1891 | 10 | 9 | 1896 | 8 | 11 |

Einen zu großen oder normalen Regenfall haben nur die Neuengland-Staaten und die mittlern atlantischen Staaten, der südliche Teil des Osthangs des Felsengebirges, sowie die pazifische Küste und Kalifornien. Alle andern Distrikte zeigen zu wenig Regen. Besonders groß ist der Ausfall in den Golfstaaten und im obern Mississippi-Tal; in den Golfstaaten fielen 105 bzw. 104 mm oder 7 bzw. 9 Proz. weniger Regen als im vieljährigen Mittel. Groß ist der Ausfall, wenn wir die Prozentzahlen ins Auge fassen, auch in der obern Seeregion, im Missouri-Tal, im mittlern Teil des Ostabhangs, sowie auf den südlichen Plateaus des Felsengebirges. Mit Recht betont Henry, daß von einer Kompensation des Regenausfalls der einen Gebiete durch Überschuß in andern in den Vereinigten Staaten nicht die Rede ist. In der Tat zeigt Tabelle III, daß von den zehn Jahren nur eins (1896) etwas mehr Gebiete mit zu viel Regen als mit zu wenig aufweist, während in vier Jahren gleichzeitig drei Viertel der Distrikte zu wenig Regen erhielten.

Die obigen Zahlen sind Abweichungen vom vieljährigen Mittel; es waren die zehn Jahre 1887 - 96 zu trocken im Vergleich zu dem Normalwert. Weit schärfer aber ist der Unterschied gegen das unmittelbar vorausgehende Dezennium, das im Mittel durchaus zu naß war. Das zeigt die nachfolgende Tabelle, die nach Henry die zehnjährigen Mittel 1877 - 86 und die Abweichungen der Mittel 1887 - 96 davon für eine Reihe von Hauptstationen des Wetterbureaus gibt. Hinzugefügt habe ich noch die Abweichungen der Mittel 1897 - 99, die ich nach dem Report of the U.S. Weather Bureau berechnet habe.

Tabelle IV.

| Station | Mitte 1877-86 mm | Abweichungen vom Mittel 1877-86 | | | |
|--------------------|------------------------|---------------------------------|---------|---------|---------|
| | | mm | | in % | |
| | | 1887-96 | 1897-99 | 1887-96 | 1897-99 |
| New Bedford, Mass. | 1133 | +127 | +206 | +10 | +18 |
| Providence, Rh. J. | 1290 | -17 | +68 | -1 | +5 |
| Lenoir, N.C. | 1305 | -66 | +31 | -5 | +2 |
| Hatteras, N.C. | 1865 | -398 | -435 | -21 | -24 |
| Wilmington, N.C. | 1494 | -293 | -467 | -20 | -31 |
| Charleston, S.C. | 1443 | -113 | -235 | -8 | -16 |
| Augusta, GA. | 1182 | +23 | +42 | +2 | +4 |
| Savannah, Ga | 1293 | -55 | +31 | -4 | +2 |
| Jacksonville, Fla. | 1465 | -217 | -237 | -15 | -16 |
| Mobile, Ala. | 1692 | -200 | -208 | -12 | -12 |
| Montgomery, Ala. | 1322 | -55 | -157 | -4 | -12 |
| Vicksburg, Miss. | 1576 | -390 | -313 | -25 | -20 |
| Memphis, Tenn. | 1442 | -203 | -311 | -14 | -22 |
| New Orleans, La. | 1558 | -179 | -512 | -11 | -33 |
| Shreveport, La. | 1378 | -351 | -518 | -26 | -38 |
| Galveston, Tex. | 1331 | -316 | -374 | -24 | -28 |

Alle Stationen mit alleiniger Ausnahme von New Bedford, Mass. und Augusta, Ga. haben 1887 - 96 weniger Regen erhalten als im vorhergehenden Jahrzehnt, und zwar zum Teil um sehr bedeutende Beträge weniger. Die Trockenheit hat gegen Ende des Jahrhunderts noch mehr zugenommen, so daß die Abweichungen 1897/99 fast überall noch erheblich größer sind. Da die Abweichungen gegen 1877-86 weit größer sind als die oben gegebenen vom Normalwert, so folgt daraus, daß das Dezennium 1877 - 86 zu naß war.

Die Zusammenstellungen ergeben klar ein Maximum des Regenfalls 1877 - 86 mit darauffolgender bedeutender Abnahme desselben, die bis 1899 verfolgt ist. An dieser Abnahme nehmen im wesentlichen nur die Neuengland-Staaten, sowie die benachbarten mittelatlantischen Staaten nicht teil; diese weisen vielmehr eine Zunahme auf und verhalten sich also im Vergleich zu den übrigen Gebieten der Vereinigten Staaten als Ausnahmegebiet, wie ich es früher auch für die Zeit von 1880 festgestellt habe.

3. Schwankungen des Regenfalls 1830 - 1900 in den Vereinigten Staaten, sowie an einigen Stationen Mitteleuropas und Ostsibirien.

Henry, dem offenbar meine Untersuchungen über Klimaschwankungen unbekannt geblieben sind und der daher gewiß als unbefangener Beobachter erscheint, wirft die Frage auf, wie sich der Regenfall in frühern Zeiten verhalten hat. Er gibt, um das klarzulegen, die Beobachtungen von drei Stationen in Neuengland (Boston, New Bedford und Providence), drei im obern Ohio-Tal (Marietta, Portsmouth und Cincinnati) und vier im mittlern Mississippi-Tal (Muscatine, Monticello, Marengo und Peoria) in einer Tabelle wieder. Dabei gleicht er die Reihen nach der Formel

$$\frac{a + 4b + 6c + 4d + e}{16} = c \text{ aus.}$$

Für jedes der drei Gebiete bildet er dann ein Gruppenmittel. Die Zahlen, die er auch durch Kurven graphisch darstellt, spiegeln im Ohio- und Mississippi-Tal die Klimaschwankungen deutlich wieder, während die Neuengland-Staaten sich abweichend verhalten.

Immerhin zeigen sich, da die obige Ausgleichungsformel im wesentlichen nur drei Jahre zur Mittelbildung heranzieht - a und e wirken nur ganz schwach ein -, noch sekundäre Wellen. Ich habe diese dadurch ausgeglichen, daß ich je fünf Jahre der ausgeglichenen Henryschen Werte zu einem Mittel vereinigte; auf die wirklich beobachteten Summen der einzelnen Jahre konnte ich leider nicht zurückgreifen, da Henry sie nicht mitteilt. Die gesamte Ausgleichung, die die Zahlen erfahren haben, entspricht der Formel:

$$\frac{a + 5b + 11c + 15d + 16E + 15f + 11g + 5h + i}{80} = \acute{e}$$

Ich habe die Reihen bis 1899 nach dem Report ergänzt, wodurch die Ausgleichung bis 1897 ermöglicht wurde.

Ich füge die durch Bildung von fünf Jahresmitteln - also 1830 - 34 für 1832, 1831 - 35 für 1833 u.s.f. - ausgeglichen Reihen von Brüssel und Bremen - den einzigen Stationen in Mitteleuropa, für die mir augenblicklich⁴³⁶ auch die Beobachtungen von 1900 vorliegen - bei, sowie vom Hüttenwerk Nertschinsk und von Nikolajewsk am Amur

⁴³⁶

Dezember 1901.

in Sibirien. Die Ausgleichung nahm ich an den auf ganz Zentimeter abgerundeten Jahressummen vor. Fehlende Monate bei Nertschinsk und Nikolajewsk wurden vorher nach den Niederschlagssummen in entsprechenden Monaten der vier Nachbarjahre interpoliert. Fehlte ein Jahr, so traten an Stelle der Fünfjahrmittel eben Vierjahrmittel. Die Zahlen bedeuten Millimeter.

Table V.

| | Neu England Ausnahmege- biet | Oberes Ohio Tal | Mittlere sMississ ippi Tal | Brüss el | Brem en | Nertschins ky Hüttenwer k | Nikolajewsk am Amur |
|------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------|------------|------------------------------------|------------------------|
| Mitte l | 1163 | 1049 | 894 | 725 | 690 | 413 | 454 |
| 1830 | 38 | - | - | - | - | - | - |
| 1831 | 20 | - | - | - | - | - | - |
| 1832 | -23 | 5 | - | - | -24 | - | - |
| 1833 | -84 | -41 | - | - | -68* | - | - |
| 1834 | -145 | -89 | - | -45 | 18 | - | - |
| 1835 | -190 | -99 | - | -33 | 62 | - | - |
| 1836 | -208* | 107* | - | -75* | 90 | - | - |
| 1837 | -201 | -84 | - | -9 | 88 | - | - |
| 1838 | -175 | -76 | - | -5 | 74 | - | - |
| 1839 | -142 | -48* | - | -15 | 58 | - | - |
| | | | | | | | |
| | Neu England | O. OhioTal | Missisip. | Brüssel | Bremen | Nertschinsky | Nikolajewsk |
| Mittel | 1163 | 1049 | 894 | 725 | 690 | 413 | 454 |
| 1840 | -114 | -36 | - | -37 | 28 | - | - |
| 1841 | -99 | -8 | - | 3 | 52 | -17 | - |
| 1842 | -102 | 46 | - | 7 | 70 | 41 | - |
| 1843 | -122 | 41 | - | 39 | 108 | 77 | - |
| 1844 | -147 | 66 | - | 9 | 54 | 109 | - |
| 1845 | -160 | 97 | - | 5 | 52 | 159 | - |
| 1846 | -163 | 124 | - | 5 | 56 | 122 | - |
| 1847 | -152 | 155 | - | -17 | 56 | 75 | - |
| 1848 | -119 | 168 | - | -9 | 64 | 35 | - |
| 1849 | -81 | 145 | - | 17 | 108 | 13 | - |
| 1850 | -53 | 99 | - | 75 | 130 | -15 | - |
| 1851 | -28 | 61 | - | 47 | 68 | -35 | - |
| 1852 | -18 | 25 | - | 55 | 60 | -23 | - |
| 1853 | -28 | -5 | 272 | 21 | 52 | -53 | - |
| 1854 | -43 | -23 | 150 | 27 | 24 | -9 | - |
| 1855 | -41 | -18 | 66 | -61 | -48 | -17 | - |
| 1856 | -30 | 8 | 48 | -91* | -80 | -33 | - |
| 1857 | -15 | 30 | 64 | -87 | -80 | -57 | - |
| 1858 | 0 | 41 | 74 | -59 | -50 | -63 | - |
| 1859 | 23 | 51 | 76 | -63 | -38 | -103 | - |
| 1860 | 46 | 43 | 66 | -21 | 34 | -117* | - |
| 1861 | 58 | 8 | 41 | -3 | 88 | -101 | - |
| 1862 | 58 | -15 | 18 | -53 | 18 | -103 | -124* |
| 1863 | 53 | -5 | 10 | -91* | -82 | -87 | -116 |
| 1864 | 51 | 18 | -5 | -87 | -104 | -67 | -116 |

| | | | | | | | |
|------|-----|-------|-------|------|-------|------|------|
| 1865 | 53 | 30 | -25 | -59 | -88 | -51 | -82 |
| 1866 | 71 | 48 | -23 | -35 | -92 | -41 | -72 |
| 1867 | 99 | 43 | -5 | 39 | -42 | -43 | -102 |
| 1868 | 122 | 5 | -10 | 41 | -20 | 13 | -106 |
| 1869 | 130 | -53 | -23 | 9 | -48 | -7 | -118 |
| 1870 | 124 | -91 | -33 | 7 | -90 | 26 | -102 |
| 1871 | 104 | -109* | -53 | 13 | -136 | 7) | |
| 1872 | 86 | -107 | -71* | -25 | -154* | 13) | -112 |
| 1873 | 81 | -81 | -51 | -25 | -136 | -5) | |
| 1874 | 84 | -46 | -8 | 11 | -104 | 21 | 46 |
| 1875 | 91 | -30 | 33 | 19 | -74 | -27 | 47 |
| 1876 | 99 | -33 | 58 | 101 | -16 | -17 | 101 |
| 1877 | 94 | -30 | 78 | 115 | 36 | 15 | 94 |
| 1878 | 76 | -15 | 91 | 155 | 88 | 31 | 130 |
| 1879 | 61 | 18 | 97 | 147 | 98 | 65 | 36 |
| 1880 | 36 | 74 | 97 | 139 | 120 | 119 | 38 |
| 1881 | 10 | 119 | 107 | 67 | 112 | 135 | 26 |
| 1882 | 8* | 127 | 112 | 69 | 136 | 115 | 14 |
| 1883 | 18 | 97 | 94 | 37 | 94 | 59 | 11 |
| 1884 | 33 | 51 | 53 | 31 | 82 | 7 | 6 |
| 1885 | 38 | 28 | 10 | -33 | 112 | -27 | 28 |
| 1886 | 104 | -28 | -25 | -1 | -6 | -55 | 28 |
| 1887 | 142 | -18 | -56 | 9 | -50 | -55 | 47 |
| 1888 | 168 | 15 | -71 | 35 | -66 | -25 | 50 |
| 1889 | 170 | 38 | -69 | 19 | -40 | -43 | 56 |
| 1890 | 142 | 38 | -56 | 19 | -24 | -37 | 18 |
| 1891 | 97 | 13 | -53 | -33 | -24 | -7 | 2 |
| 1892 | 46 | -41 | -66 | -33 | -6 | -19 | -10 |
| 1893 | 0 | -99 | -81 | -53 | 8 | -3 | -18 |
| 1894 | -18 | -130* | -102 | -45 | -30 | 33 | -6 |
| 1895 | -7 | -109 | -107 | -23 | 34 | 23 | -16 |
| 1896 | 18 | -76 | -109* | -33 | -16 | 7 | -30 |
| 1897 | 36 | -30 | -104 | -49 | -58 | -23 | -80 |
| 1998 | - | - | - | -67* | -74* | | - |

Im obern Ohio- und im mittlern Mississippi-Tal zeigen sich neben kürzern Oszillationen, auf die allein Henry eingeht, sehr prägnant große Schwankungen des Regenfalls: Mitte der 80er Jahre herrscht Trockenheit; der Regenfall nimmt dann zu und erreicht ein Maximum Ende der 40er Jahre, nimmt dann ab und schwankt längere Zeit um die Mittellinie, um dann Anfang der 70er Jahre ein Minimum zu erreichen; rasch schwingt er sich auf zum Maximum Anfang der 80er Jahre, um hierauf zum Ende des Jahrhunderts wieder bedeutend abzunehmen. Das entspricht völlig den Perioden der Klimaschwankungen, wie ich sie seinerzeit aufgestellt habe. Nur das Minimum von 1871/72 fällt sehr spät in eine Zeit, die auf dem Gros der Landflächen schon etwas über dem Mittel ist. Nichtsdestoweniger fällt das Maximum von 1882 ganz kongruent.

Als Dauer einer vollen Schwankung ergibt sich vom Minimum 1836 bis zum Minimum 1871 35 Jahre, vom Maximum 1848 bis zum Maximum 1882 34 Jahre.

Ganz abweichend verhalten sich die Neuengland-Staaten mit ihrer Trockenzeit von Anfang der 30er bis Anfang der 50er Jahre, einem Maximum um 1869 und einem sekundären Minimum um 1882. Die Neuengland-Staaten erscheinen als Ausnahmegebiet, wie ich das schon in meinem Buch dargelegt habe. Der hervorstechendste Zug in Neuengland ist aber die Zunahme des Regenfalls, die schon von 1816 an sich geltend macht und mit der die Schwankungen interferieren. Die Zunahme findet sich bei allen langen Reihen, die vorliegen. Aufgeklärt ist sie nicht.

Sollte es sich um das Symptom einer langen Klimaperiode, etwa der von Sieger⁴³⁷ für Skandinavien wahrscheinlich gemachten rund 160jährigen handeln?

Bremen und Brüssel als Repräsentanten der Nordwestecke Mitteleuropas zeigen koinzidierende Schwankungen: Minimum 1833 bzw. 1836, Maximum 1850, Minimum bei Bremen 1872, bei Brüssel 1856 - 63, Maximum bei Bremen 1882, bei Brüssel 1882. Es weist also Bremen eine gleiche Verspätung des Minimums der 60er Jahre auf, wie das Innere Nordamerikas, während in Brüssel das Maximum (1878) etwas früher fällt. Der Gang der Kurven im großen entspricht aber vollkommen.

Das gilt auch von Nertschinsk in Ostsibirien und von Nikolajewsk am Amur. Beim erstern fällt das erste Maximum (1845), beim letztern, wie auch im europäischen Rußland⁴³⁸, das zweite Maximum (1878) um einige Jahre früher als im Innern der Vereinigten Staaten.

Es zeigen also das Innere der Vereinigten Staaten, sowie Bremen, Brüssel, das europäische Rußland, Nertschinsk und Nikolajewsk am Amur die 35jährigen Klimaschwankungen in prägnanter Weise, während von einer 55jährigen Periode keine Spur vorhanden ist. Dabei fallen die Epochen in einzelnen Fällen etwas unregelmäßig, sie verfrühen oder verspäten sich. Diese Verfrühung oder Verspätung wird aber von der nächsten Epoche der betreffenden Reihe wieder eingeholt. Auch die Grenzen der feuchten und der trocknen Perioden zeigen derartige Unregelmäßigkeiten.

Ich gebe hier noch eine Übersicht der trocknen und der feuchten Perioden.

| | trocken | feucht | trocken | feucht | trocken |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Ohio-Tal | 1833-41 | 1842-52 | 1853-78 | 1879-91 | 1892-97 |
| Mississippi-Tal | 18? -40 | 1841-54 | 1855-66 | 1867-90 | 1891-98 |
| Brüssel | 18? - 33 | 1834-54 | 1855-76 | 1877-85 | 1886-98 |
| Bremen | - | - | 18? -67 | 1868-84 | 1885 -? |
| Europ. Russl. | - | 1842-49 | 1850-67 | 1868-84 | 1885-97 |
| Nertschinsk | - | - | 18? -73 | 1874-91 | 1892-97 |
| Nikolajewsk a.A. | | | | | |
| Mittel d. Grenzen | 18? -38 | 1840-54 | 1855-71 | 1872-87 | 1888-? |
| Brückner 1890. | 1826-40 | 1841-55 | 1856-70 | 1871-85 | |

Nehmen wir also das Mittel des Endes der Perioden, so erhalten wir fast genau - d.h. mit Verschiebungen, die nicht mehr als zwei Jahre betragen - die von mir 1890 angegebenen Grenzen.

Die Verschiebungen in den einzelnen Gebieten dürfen uns nicht wundernehmen: meteorologische Perioden sind eben nicht mathematische. Ebenso wenig wie die tägliche Periode der Temperatur von einem Tag zum andern immer genau die gleiche Lage der Extreme und die gleiche Periodenlänge besitzt, Maximum und Minimum vielmehr je nach der Bewölkung, dem Wind &c., kurz je nach dem Wetter sich verschieben, ebenso geht es mit den Klimaschwankungen. Nur die Verwendung eines massenhaften

⁴³⁷ Z. d. Ges. f. EK., Berlin 1893, p. 444.

⁴³⁸ Siehe oben.

Materials, wie ich sie in meinem Buch versucht habe, gestattet, lokale und zeitliche Zufälligkeiten zu eliminieren⁴³⁹

Von diesen durch noch unbekannte Ursachen hervorgerufenen, zeitlich begrenzten Unregelmäßigkeiten, wie sie in einzelnen Gebieten auftreten, scharf zu unterscheiden sind die dauernden Ausnahmen; es handelt sich hier um Gebiete, in denen sich die Schwankungen mehr oder minder umgekehrt vollziehen. Gerade die Untersuchung dieser dauernden Ausnahmegebiete dürfte in Zukunft Licht auf den Mechanismus der Klimaschwankungen werfen.

Betrachten wir die Größe der Schwankungen in Prozenten des vieljährigen Mittels in den verschiedenen Reihen und vergleichen wir sie mit den Werten, die ich in anderer Weise - durch Lustrenmittel - auf Grund eines zum größten Teil ganz andern Materials früher erhalten habe⁴⁴⁰

| | Mittl. Minimum | Mittl. Maximum | Schwankung | Mein Wert von 1890 |
|---------------------------|----------------|----------------|------------|--------------------|
| Unt. Ohio Gebiet | -11 % | +14 % | 25% |) |
| Mittl. Mississippi-Gebiet | -10 | +13 | 23 |) 19 % |
| Brüssel | -11 | +16 | 27 |) |
| Bremen | -16 | +20 | 36 |) 20 % |
| Nertschinsk | -28 | +36 | 64 |) |
| Nikolajewsk | -28 | +29 | 57 |) 47 % |

Die Schwankung ist nach den neuen Zahlen merklich größer, besonders bei den Reihen, denen nur eine Station zugrunde liegt. Das kann auch nicht anders sein: eine Reihe, die für jedes Jahr ein Fünfjahresmittel enthält, muss eine größere Schwankung zeigen, als dieselbe Reihe, nur durch Lustrenmittel dargestellt. Die Schwankungen des Regenfalls sind also tatsächlich etwas größer, als ich sie 1890 durch die Lustrenmittel erhalten habe.

Ich fasse meine oben dargelegten Resultate kurz zusammen:

1. Die Mitteilungen Prof. Woeikows über die Schwankungen des Aralsees und der Seen seiner Umgebung bestätigen meine Darlegung von 1890, wonach die Kirgisensteppe für die Klimaschwankungen ein Ausnahmegebiet darstellt.

2. Die Schwankungen des Regenfalls in Barnaul stimmen mit diesen Seeschwankungen nicht überein, sondern zeigen den der 35jährigen Klimaperiode entsprechende Wechsel von feuchten und trocknen Perioden. Auffallend ist nur das lange Andauern der nassen Zeit Ende des Jahrhunderts.

3. Ostsibirien zeigt dagegen, ebenso wie die verwendeten mitteleuropäischen Rußland, gegen Ende des Jahrhunderts eine deutliche Abnahme des Niederschlags.

4. Prägnant ist die Abnahme des Niederschlags seit Mitte der 80er Jahre in den Vereinigten Staaten. Als Ausnahmegebiete treten im wesentlichen nur die Neuengland-Staaten, sowie die Mittlern atlantischen Staaten auf, ganz entsprechend meinen früheren Ausführungen.

⁴³⁹ Über diese Unregelmäßigkeiten vgl. Klimaschwankungen, p. 175 und 192.

⁴⁴⁰ Für das europäische Rußland können wir die Daten nicht mitteilen, weil unsre Tabelle oben das absolute Minimum um 1860 nicht enthält.

5. Die den 35jährigen Klimaschwankungen entsprechenden Schwankungen des Niederschlags treten auch bei der von P. Schreiber⁴⁴¹ verlangten Ausgleichung durch fortschreitende Gruppenmittelbildung in aller Schärfe hervor. Die so gewonnenen Resultate decken sich mit den von mir seinerzeit in abgekürzter Weise durch Lustrenmittel erzielten; nur ist die Schwankung des Regenfalls noch etwas größer, als ich sie früher erhielt.

6. Die Lage der Epochen weist hier und da Unregelmäßigkeiten auf; die Klimaschwankungen sind eben eine meteorologische und keine mathematische Periode.

7. In den betrachteten Reihen ist keine Spur einer 55jährigen Schwankung zu erkennen.

⁴⁴¹ Abhandlungen des Kg. Sächs. Meteorolog. Instituts, Leipzig 1896, Heft 1, p. 465. (Auch "Civilingenieur", XLII, Heft 1 u. 3.)

9. Über Klimaschwankungen.

Wenn die Frage nach Änderungen des Klimas größerer oder kleinerer Landgebiete stets allgemeinem Interesse begegnet ist, so erklärt sich das dadurch, daß das ganze Leben auf der Erde, vor allem das Pflanzenkleid eines Landes in enger Abhängigkeit vom Klima steht. Es sind in erster Reihe die Temperatur und der Regen, die bestimmend auf das Pflanzenkleid einwirken. Dabei spielen beide eine etwas Verschiedene Rolle. Da jede Pflanze für ihre Existenz ein bestimmtes Quantum von Wärme bedarf, das von Pflanzenart zu Pflanzenart verschieden ist, und da andererseits die Sommerwärme mit der Annäherung an die polaren Gebiete abnimmt, so ist es klar, das die Temperatur ganz besonders die polaren Grenzen der Pflanzen bestimmt. Eine Linie z. B., die alle Punkte verbindet, an denen nur während dreier Monate des Sommers die Temperatur sich über 10° C erhebt, fällt ungefähr mit der polaren Waldgrenze zusammen. Die Menge des Niederschlags bestimmt dagegen vielfach die Verbreitung der Pflanzen von Westen nach Osten. Entsprechend der Tatsache, daß in der alten Welt die Regenmenge von Atlantischen Ozean nach Osten zu abnimmt, sehen wir solche Pflanzen, welche ein hohes Feuchtigkeitsbedürfnis haben, auf den Westen beschränkt, solche dagegen, welche nur bei geringer Feuchtigkeits gedeihen können, auf den Osten.

Würde die Witterung von Jahr zu Jahr sich gleich bleiben, so Würde unter sonst gleichen Umständen allerorten auf der Erde die Grenze des Vorkommens einer Pflanzenart durch die gleiche Isotherme, d. h. Linie gleicher Temperatur, oder die gleiche Isotherme, d. h. Linie gleicher Temperatur, oder die gleiche Isohuete, d. h. Linie gleicher jährlicher Niederschlagsmenge, gegeben sein. Tatsächlich ist das nicht der Fall; denn viel wichtiger als die mittlere Temperatur und der mittlere Niederschlag, wie sie als Mittel aus langjähriger Beobachtungen gewonnen werden, sind für die Verbreitung der Pflanzen die vorkommenden extremen Werte beider Elemente. Mag ein Waldbaum auch mehrere Jahre lang hindurch an einem Orte die für sein Gedeihen gerade ausreichende Feuchtigkeit erhalten haben, er geht doch mit all seinem Nachwuchse zugrunde, wenn das nächste Jahr ihm jenes erforderliche Minimum versagt. Das gilt ganz allgemein. In einer Folge von guten Jahren wird eine Pflanze ihr Verbreitungsgebiet erweitern können; allein das erste schlechte Jahr, das nicht die zu ihrer Fortexistenz nötige Wärme und Feuchtigkeit liefert, wird sie wieder bis in den Bereich ihrer alten Grenze zurückwerfen. Auf die Dauer vermögen sich Pflanzen daher nur da zu halten, wo ihnen auch in schlechten Jahren das Minimum an Wärme und Feuchtigkeit, dessen sie bedürfen, geliefert wird. Es sind offenbar besonders die Witterungsverhältnisse der schlechten Jahre, die für die Grenzen der Verbreitung der Gewächse maßgebend werden. Das gibt zunächst von den natürlichen Verbreitungsgebieten der Pflanzen.

Wo der Mensch eingreift, gestalten sich die Verhältnisse zum Teil anders. Es kann ihm oft von Vorteil sein, ein Gewächs anzubauen, das nur in guten Jahren gedeiht, in schlechten aber den Ertrag verweigert oder ganz zugrunde geht. Der Wert des in einem Jahr gewonnenen Produkts kann mehrere schlechte Jahre wettmachen. So baute man in vielen Gegenden Norddeutschland und Nordfrankreichs, wo heute von Weinkultur nicht mehr die Rede ist, im Mittelalter und später noch Wein, obwohl in manchen Jahren gar kein Ertrag erzielt wurde. Es war der teuren Fracht wegen vorteilhafter, Mißernten mit in Kauf zu nehmen, als von Süden her Wein zu importieren. Als sich später die Kommunikationsverhältnisse besserten und der Transport sich verbilligte, auch wohl der Geschmack verfeinerte, zog sich die Grenze

der Weinkultur nach Süden zurück und das Weinland im Norden wurde einer anderen, für jenes Klima besser geeigneten Kultur übergeben.

Etwas ganz Ähnliches sehen wir heute auf dem Gebiet der Getreideproduktion sich vollziehen.

Die polare Grenze des Baus der verschiedenen Getreidearten wird durch die Temperaturverhältnisse bestimmt; die Temperatur ist es, die den Weizenbau in Europa im wesentlichen auf das Gebiet südlich des 60. oder 61. Breitenkreises beschränkt, den genügsamen Getreidearten Gerste und Hafer aber bis fast zum Nordkap und bis zum Weißen Meer vorzudringen gestattet. Trotzdem übt die Temperatur in den Hauptgebieten des europäischen Ackerbaus nur eine örtlich beschränkte und daher untergeordnete Wirkung auf den Ausfall der Ernte aus, und nur in der Nähe der Polargrenze des Getreides, so in Skandinavien und im Norden Rußlands, sind Ernteschäden durch Kälte häufig. An zu viel Wärme geht Getreide, sofern nur genug Wasser vorhanden ist, überhaupt nicht zu Grunde; gedeiht doch z. B. Weizen trefflich im tropischen Vorderindien!

Viel wichtiger ist für den Getreideanbau die Feuchtigkeit. Kein Ackerbau ohne Wasser, aber auch kein Ackerbau bei zu viel Wasser. Diese Regel drängt sich auf, wenn man die Verbreitung des Ackerbaus auf der Erde überblickt, oder noch besser die Ursachen der Mißernten studiert. In allen Gebieten, die spärlichen Regenfall haben, gehen Dürren und Mißernten Hand in Hand; wo überreiche Regen den Boden netzen, werden dagegen die Mißernten hauptsächlich durch regnerische Jahre heraufbeschworen. Freilich ist es nicht die absolute Menge des Wassers, die den Ausschlag gibt, sondern die Wassermenge in Beziehung gesetzt zur Verdunstung. Die gleiche Menge Feuchtigkeit, die in kaltem Klima unfehlbar die Ernte ersäuft, kann in heißem Klima vielleicht dem Wasserbedürfnis des Getreides nur noch gerade genügen. Andererseits wird oft eine geringe Regenmenge, die für ein warmes Land der starken Verdunstung wegen Dürre bedeutet, in kühlem Klima vollkommen ausreichen. In Europa verhalten sich die feuchten Küsten des atlantischen Ozeans und Mitteleuropa gerade umgekehrt wie das trockene Innere des Kontinents. Südrußland und Großbritannien nebst Irland stellen in dieser Beziehung Extreme dar. Die Ursachen der Mißernten in Südrußland sind fast immer Dürren, während umgekehrt die zahlreichen Mißernten, die England Ende der Dreißiger, im Verlauf der Vierziger und Anfang der fünfziger Jahre heimsuchten, auf übermäßig feuchte Jahre fallen.

Südeuropa und zum großen Teil auch die Tropen, wenigstens soweit Getreide gebaut wird, schließen sich in ihrem Verhalten Südrußland an. Die Hungerjahre in Vorderindien fallen mit trockenen Jahren zusammen.

Mitteleuropa und speziell das Deutsche Reich steht in der Mitte zwischen diesen Extremen. Für eine Reihe von Zweigen der Landwirtschaft, besonders für den Wein- und Obstbau, aber auch für den Getreidebau, sind, besonders im Westen, die trockenen Jahre meist die fetten, während für den Wiesenbau, also für die Viehzucht, gerade die trockenen Jahre die mageren sind. Es kommen zwar Jahre vor, in denen die Ernte durch Trockenheit geschädigt wird, allein viel häufiger sind Mißernten infolge zuviel Feuchtigkeit. Eine genaue und eingehende Untersuchung über die z. T. sehr komplizierten Ursachen der Mißernten steht allerdings noch aus.

Unter dem Einfluß dieser die Mißernten bestimmenden klimatischen Faktoren hat sich in den letzten Jahrzehnten, etwa von der Mitte des vorigen Jahrhunderts an, eine völlige Verschiebung der landwirtschaftlichen Produktion vollzogen. Die Länder, in denen Mißernten durch zu viel Regen häufig waren, sind zu einem wesentlichen Teile vom Getreidebau abgegangen und haben sich immer

ausschließlicher der Wiesenkultur und dem Bau von Futterpflanzen, die beide dem feuchten Klima trefflich angepaßt sind, und damit der Viehzucht und Viehhaltung zugewandt sind. Das gilt von Irland und England, aber auch von Dänemark und von weiten Gebieten des Deutschen Reiches, vor allem dessen Nordwesten (z.B. Holstein, Friesland und Westpreußen). Die den modernen Verkehrsverhältnissen zu dankende Leichtigkeit der Zufuhr von Getreide aus anderen Gebieten hat hier die Möglichkeit gegeben, die landwirtschaftliche Produktion weit besser den klimatischen Verhältnissen anzupassen. Das gilt ebenso von der Schweiz.

Angesichts des engen Zusammenhangs des Pflanzenlebens mit der Witterung und dem Klima steht der Einfluß der klimatischen und Witterungsverhältnisse auf die Ernteverhältnisse in großen Zügen fest. Wenn nun das Klima konstant wäre und die Witterung von Jahr zu Jahr ausschließlich nach den Gesetzen des Zufalls wechselte, dann müßten im großen und ganzen auch die Ernteerträge im Durchschnitt längerer Serien von Jahren durchaus konstant sein. Ist nun aber das Klima wirklich konstant?

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß das nicht der Fall ist; das Klima erlebt vielmehr Schwankungen derart, daß es gleichsam um eine Mittellage pendelt. Ich denke da nicht an die so oft behauptete, aber noch immer nicht ganz sicher gestellte und jedenfalls von Zeit zu Zeit verschwindende 11jährige Periode der Witterung, die durch die 11jährige Periode der Sonnenfleckenhäufigkeit verursacht ist, sondern an die weit wesentlicheren 35jährigen Klimaschwankungen, welche ich 1888 wahrscheinlich machen und 1890 für größere Teile der Erdoberfläche im einzelnen darlegen konnte.⁴⁴² Ich habe seitdem meine Untersuchungen weiter fortgeführt und gebe im nachfolgenden eine kurze Zusammenfassung derselben.

Die Klimaschwankungen bestehen in vieljährigen Schwankungen der Temperatur, des Luftdrucks und des Regenfalls, die sich auf der ganzen Erde gleichzeitig vollziehen. Dabei ist die Temperatur das Element, von dem die übrigen abhängen. Die Schwankungen der Temperatur sind so groß wie allen Ländern der Erde gemeinsam. Sie alle erleben gleichzeitig Kälteperioden und gleichzeitig Wärmeperioden, wie die nachfolgende Tabelle I zeigt. Die Zahlen geben ferner die drei Erdteile Europa, Asien und Nordamerika an, um wieviel Hundertstel Grade Celsius die mittlere Temperatur der einzelnen Jahrfünfte (Lustren) vom vieljährigen (30—50 jährigen Temperaturmittel abwich. Ein Minuszeichen bedeutet also, daß das betreffende Lustrum um die angegebene Zahl von Graden zu kalt war: die positiven Zahlen (ohne Vorzeichen) markieren die zu warmen Lustren an.

Tabelle I. Schwankungen der Temperatur in den drei Nordkontinenten 1806 — 1885. (Hundertstel ° C)

| Jahrfünft | Europa | Asien | Nord- Amerika | Ganze Erde |
|-----------|--------|-------|------------------|---------------|
| 1806/10 | -05 | - | -16 | -18 |
| 1811/15 | -34* | - | -38* | -46 |
| 1816/20 | -05 | - | -37 | -35 |

⁴⁴² Vergl. Ed. Brückner, Klimaschwankungen seit 1700. Wien 1890. — Der Einfluß der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge und Getreidepreise in Europa (Geogr. Zeitschrift I, 1895). — Zur Frage der 35jährigen Klimaschwankungen. Petermanns Mitteilungen 1902, Heft VII. — Schwankungen des Niederschlags im Deutschen Reiche. Zeitschrift für Gletscherkunde, für Eiszeitforschung und Geschichte des Klimas. 1 (1906).

| | | | | |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 1821/25 | +46 | +54 | +29 | +56 |
| 1826/30 | -03 | +17 | +93 | +14 |
| 1831/35 | +14 | -01 | -18 | +03 |
| 1836/40 | -54* | -31* | -63* | -39 |
| 1841/45 | -08 | +09 | -17 | +00 |
| 1846/50 | +04 | +02 | +17 | -08 |
| 1851/55 | +03 | +29 | +16 | +11 |
| 1856/60 | -08 | -05 | -28 | +06 |
| 1861/65 | +11 | -07 | +29 | -06 |
| 1866/70 | +26 | +31 | -07 | +11 |
| 1871/75 | -02 | +25 | - | +04 |
| 1876/80 | -09 | -05 | - | -07 |
| 1881/85 | -08 | - | - | -08 |

Deutlich ist aus den Zahlen zu erkennen, daß Europa, Asien und Nordamerika 1806 — 1820 eine relativ kalte Periode erlebten, dann 1821 — 1835 eine relativ warme, hierauf 1836 — 1845 eine kühle, 1846 — 1875 eine warme, 1876 — 1885 wieder eine kühle. Die Höhepunkte der Kälteperioden, durchaus hervorgehoben, fallen übereinstimmend in allen Erdteilen auf 1811—1815, 1836—1840 und (schwach angedeutete 1876—1885. Die Höhepunkte der Wärmeperioden, durch fetten Druck hervorgehoben, in Europa und Asien übereinstimmend auf 1821—1825 und 1866—1870; in Nordamerika sind sie um 5 Jahre verschoben, (1826—1830) und 1861—1865. Der Raum verbot, auch die Werte für die südlichen Erdteile aufzuführen; sie geben ein entsprechendes Bild. Nach 1885 habe ich die Temperaturschwankungen noch nicht für die ganzen Erdteile verfolgt.

Die Größe der Temperaturschwankungen beträgt im Mittel nahezu 1° C. Das ist sehr viel. Besagt das doch nichts anderes, als daß z. B. in den fünf Jahren 1836—1840 die mittlere Jahrestemperatur von Berlin um einen vollen Grad tiefer war als in den fünf Jahren 1821—1825; das bedeutet soviel, als wenn Berlin von 1821—1825 auf 1836—1840 um drei Breitengrade nach Norden gerückt wäre. In den letzten 30 Jahren — etwa seit 1875 — sind die Schwankungen der Temperatur undeutlicher geworden, so daß sie bei den einzelnen Stationen nicht mehr so prägnant auftreten.

Die Temperaturschwankungen wirken auf die Luftdruckverteilung ein. In den Wärmeperioden erscheint in Europa, wie wir später noch genauer sehen werden, der Übertrieb feuchter ozeanischer Luft vom Meer aufs Festland erschwert, in den Kälteperioden dagegen erleichtert. Das muß nun seinerseits den Regenfall des Landes beeinflussen. In der Tat sind die Schwankungen des Regenfalls viel schärfer ausgesprochen und viel besser zu verfolgen als die Schwankungen der Temperatur. Zwar, wenn man den Regenfall bei einer einzelnen Station von Jahr zu Jahr verfolgt, so zeigt sich zunächst keine Regelmäßigkeit; es ist eben der Regen ein außerordentlich veränderliches meteorologisches Element. Ein oder zwei größere Gewitterregen, die an einem Orte niedergehen, können schon die gemessene Niederschlagsmenge eines Jahres an diesem Orte stark beeinflussen. Es empfiehlt sich daher, eine Reihe von Stationen für ein etwas größeres Gebiet zusammenzufassen, und zwar in der Art, daß man für jede Station berechnet, um wieviel Prozente dieselbe in dem betreffenden Jahre zu viel oder zu wenig Niederschläge im Vergleich zum vieljährigen Mittel gehabt haben und dann aus allen Stationen eines Gebietes das Mittel bildet. Das ist in der nachfolgenden Tabelle für die großen Stromgebiete des Deutschen Reiches geschehen.

Tabelle II. Schwankungen des Niederschlags in den Stromgebieten des Deutschen Reiches.

Abweichungen der Niederschlagsmenge in Prozenten des 50jährigen Mittels.

| Jahr | Weichsel- Oder | Elbe-Gebiet | UnteresRhein | Oberes RheinGebiet | Mittel |
|------|-------------------|-------------|--------------|-----------------------|--------|
| 1851 | +8 | +6 | +2 | +8 | +6 |
| 1852 | +3 | +17 | +24 | +5 | +12 |
| 1853 | +5 | ± 0 | -2 | -3 | ± 0 |
| 1854 | +17 | +9 | +13 | +5 | +11 |
| 1855 | +12 | -3 | -5 | -2 | ± 0 |
| 1856 | -3 | -8 | +10 | +12 | +3 |
| 1857 | -31 | -31 | -32 | -34 | -32 |
| 1858 | -19 | -13 | -20 | -21 | -18 |
| 1859 | -12 | -5 | +13 | -3 | -2 |
| 1860 | -8 | +15 | +17 | +20 | +11 |
| 1861 | +3 | +4 | -3 | -7 | -1 |
| 1862 | -15 | +8 | +3 | +7 | +1 |
| 1863 | -13 | -2 | -8 | -11 | -9 |
| 1864 | -8 | -16 | -25 | -28 | -19 |
| 1865 | -12 | -25 | -12 | -27 | -19 |
| 1866 | -2 | +9 | +21 | +16 | +11 |
| 1867 | +23 | +14 | +17 | +16 | +18 |
| 1868 | -9 | +4 | -4 | +4 | -1 |
| 1869 | +4 | +2 | ± 0 | -3 | +1 |
| 1870 | -7 | +1 | -2 | +2 | -2 |
| 1871 | -9 | -5 | -4 | -13 | -8 |
| 1872 | +9 | -4 | +13 | +3 | +5 |
| 1873 | -11 | -15 | -15 | -8 | -12 |
| 1874 | -21 | -21 | -15 | -12 | -17 |
| 1875 | -1 | -2 | +15 | +11 | +6 |
| 1876 | -2 | +8 | -1 | +5 | +3 |
| 1877 | +7 | +14 | +25 | +15 | +15 |
| 1878 | +1 | +2 | +14 | +26 | +11 |
| 1879 | +9 | +14 | +7 | +8 | +10 |
| 1880 | +14 | +22 | +17 | +20 | +18 |
| 1881 | -10 | -1 | -4 | -10 | -6 |
| 1882 | +18 | +26 | +34 | +36 | +28 |
| 1883 | +5 | -8 | -5 | -6 | -3 |
| 1884 | ± 0 | +4 | -12 | -12 | -5 |
| 1885 | +8 | -6 | -1 | +7 | +2 |
| 1886 | -13 | -7 | -1 | +4 | -4 |
| 1887 | -6 | -17 | -14 | +17 | -13 |
| 1888 | +16 | +8 | +13 | +4 | +9 |
| 1889 | +9 | +5 | -5 | ± 0 | +2 |
| 1890 | +10 | -3 | -2 | ± 0 | +1 |
| 1891 | +14 | +6 | ± 0 | -1 | +5 |
| 1892 | -13 | -18 | -14 | -7 | -13 |
| 1893 | +4 | -6 | -11 | -13 | -6 |
| 1894 | +5 | +13 | ± 0 | -3 | +4 |
| 1895 | +1 | -2 | -6 | +2 | -1 |
| 1896 | -3 | -1 | -4 | +10 | ± 0 |
| 1897 | +5 | +3 | -8 | -4 | -1 |

| | | | | | |
|------|-----|----|-----|----|----|
| 1898 | +8 | +2 | -10 | -4 | -1 |
| 1899 | +11 | +3 | -6 | -3 | +1 |
| 1900 | -1 | +4 | -4 | +5 | +1 |

Auch hier ergibt sich noch immer eine ziemliche Unregelmäßigkeit. Jahre mit zu vielem Niederschlag (+) und mit zu wenig Niederschlag (-) wechseln mehrfach miteinander ab. Immerhin zeigen sich doch schon einige größere Züge. 1856—1874 ist eine ganze Reihe von Jahren zu trocken, was sich in der Häufung der Minuszeichen ausspricht; von 1877 - 1880 sind alle Jahre zu naß, und auch weiterhin sind die Pluszeichen etwas häufiger als die Minuszeichen. Man hat also schon nach diesen Zahlen den Eindruck, daß ein verhältnismäßig etwas trockenerer Zeitraum Mitte der 70er Jahre durch einen etwas feuchteren abgelöst wurde. Sehr viel klarer wird das, wenn wir die Unregelmäßigkeiten durch ein rechnerisches Ausgleichsverfahren abzuschwächen suchen. Das kann in verschiedener Weise geschehen. Ich habe es 1890 so getan, daß ich immer fünf Jahre zusammenfaßte, wie das die folgenden Zahlen für das ganze Gebiet des Deutschen Reiches zeigen. Die Zahlen geben wieder in Prozenten des vieljährigen Mittels an um wieviel der Niederschlag des betreffenden Jahrfünfts zu groß oder zu klein war.

Tabelle III. Schwankungen des Niederschlags im Deutschen Reiche, dargestellt durch Lustrenmittel.

| | | | |
|---------|-----|---------|----|
| 1816/20 | -1 | 1861/65 | -9 |
| 1821/25 | -1 | 1866/70 | +3 |
| 1826/30 | -6* | 1871/75 | -6 |
| 1831/35 | -6 | 1876/80 | +9 |
| 1836/40 | +2 | 1881/85 | +3 |
| 1841/45 | +3 | 1886/90 | +1 |
| 1846/50 | -1 | 1891/95 | -2 |
| 1851/55 | +8 | 1896/00 | +2 |
| 1856/60 | -7 | 1901/05 | — |

Man sieht deutlich, wie 1816 - 1835 die Jahrfünfte regenarm sind, dann 1836 - 1855 regenreich, 1856 -1875 wieder regenarm und von 1876 - 1890 wieder regenreich. Noch besser ist aber eine andere rechnerische Ausgleichung, welche in neuerer Zeit anwende. Ich bilde 10 jährige Mittel (vgl. Tabelle II), so z. B. 1851 - 1860, 1852 -1861, 1853 - 1862 usf. Die Zahlen, die so erhalten werden, charakterisieren ein Jahrzehnt und geben in ihrer Reihenfolge den Verlauf des Niederschlags von Jahr zu Jahr in 10=Jahresmitteln. In der Tabelle IV sind diese 10=Jahresmittel immer neben die Jahreszahlen angeschrieben, die das Zentrum des Zeitraums markieren, für den das betreffende Mittel berechnet wurde.

Tabelle IV. Schwankungen des Niederschlags in den Strom= gebieten des Deutschen Reiches. (In Prozent.) Ausgeglichen durch Zehnjahresmittel.

| Zentrum des Zehnjahresmittels | Weichsel= Oder= Gebiet | Elbe= Gebiet | Unteres Rhein= Gebiet | Oberes Rhein= Gebiet | Mittel |
|-------------------------------|------------------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------|
| 1855/56 | -3 | -1 | +2 | -1 | -1 |
| 1856/57 | -3 | -2 | +1 | -3 | -2 |

| | | | | | |
|---------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1857/58 | -5 | -2 | -1 | -3 | -3 |
| 1858/59 | -7 | -3 | -1 | -3 | -4 |
| 1859/60 | -9 | -5 | -5 | -7 | -7 |
| 1860/61 | -12* | -7* | -6* | -9* | -9* |
| 1861/62 | -12 | -6 | -5 | -9 | -8 |
| 1862/63 | -6 | -1 | ±0 | -4 | -3 |
| 1863/64 | -5 | +1 | +2 | -1 | -1 |
| 1864/65 | -4 | +1 | +1 | -1 | -1 |
| 1865/66 | -4 | ±0 | -1 | -3 | -2 |
| 1866/67 | -5 | -1 | -1 | -4 | -3 |
| 1867/68 | -2 | -2 | ±0 | -4 | -2 |
| 1868/69 | -2 | -3 | -1 | -4 | -3 |
| 1869/70 | -3 | -4 | ±0 | -2 | -2 |
| 1870/71 | -2 | -2 | +3 | +2 | ±0 |
| 1871/72 | -2 | -2 | ±0 | +1 | -1 |
| 1872/73 | -4 | -2 | -1 | ±0 | -1 |
| 1873/74 | -3 | -2 | +3 | +3 | ±0 |
| 1874/75 | -2 | -1 | +4 | +4 | +1 |

| Zentrum des Zehnjahrs- mittels | Weichsel= Oder= Gebiet | Elbe= Gebiet | Unteres Rhein= Gebiet | Oberes Rhein= Gebiet | Mittel |
|--------------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|--------|
| 1875/76 | ±0 | +1 | +6 | +6 | +3 |
| 1876/77 | ±0 | +2 | +6 | +6 | +3 |
| 1877/78 | +1 | +5 | +8 | +9 | +6 |
| 1878/79 | +2 | +5 | +9 | +9 | +7 |
| 1879/80 | +4 | +8 | +9 | +9 | +8 |
| 1880/81 | +5 | +8 | +7 | +9 | +7 |
| 1881/82 | +4 | +6 | +7 | +9 | +7 |
| 1882/83 | +3 | +3 | +4 | +6 | +4 |
| 1883/84 | +4 | +3 | +3 | +3 | +4 |
| 1884/85 | +4 | -3 | +2 | +3 | +3 |
| 1885/86 | +4 | ±0 | ±0 | +1 | +1 |
| 1886/87 | +6 | +1 | +1 | +2 | +2 |
| 1887/88 | +3 | -1 | -4 | -3 | -2 |
| 1888/89 | +3 | -3 | -5 | -4 | -2 |
| 1889/90 | +3 | -3 | -4 | -3 | -1 |
| 1890/91 | +3 | -2 | -4 | -3 | -2 |
| 1891/92 | +4 | -2 | -4 | -3 | -1 |
| 1892/93 | +5 | ±0 | -4 | -1 | ±0 |
| 1893/94 | +4 | ±0 | -6 | -2 | -1 |
| 1894/95 | +4 | ±0 | -6 | -2 | -1 |
| 1895/96 | +3 | ±0 | -6 | -2 | -1 |

Jetzt tritt vollkommen klar zutage, das alle Flußgebiete des Deutschen Reiches von 1855 - 1869, die östlichen bis 1874, eine Zeit geringen Niederschlags erlebt

haben. Es schloß sich dann bis 1886 eine Zeit hohen Niederschlags an, und hierauf nahm der Niederschlag wieder ab, im Rheingebiet weit schärfer als im Gebiet der Weichsel und Oder, wo er noch bis 1900 zu hohe Werte besaß. Über das Jahr 1900 hinaus habe ich die Schwankungen des Niederschlags noch nicht im einzelnen untersucht.

Tabelle V. Schwankungen des Niederschlags im mittleren Deutschland, Asien, und Nordamerika.

| Jahr | | Mittleres Deutschland nach P. ausgeglichen) | Nord- Schulz(%) | Asien nach Brückner (cm ausgeglichen) | Nordamerika (cm ausgeglichen) | | |
|---------|------|--|------------------------|---|----------------------------------|------|-----|
| 1831/32 | -4 | -4 | -2 | - | - | ± 0 | - |
| 1832/33 | -2 | -5 | -1 | - | - | -4 | - |
| 1833/34 | -3 | -10 | -4 | - | - | -9 | - |
| 1834/35 | -2 | -15* | -2 | - | - | -10 | - |
| 1835/36 | -10 | -12 | -6 | - | - | -11* | - |
| 1836/37 | -7 | -14 | -5 | - | - | -8 | - |
| 1837/38 | -10 | -10 | -6 | - | - | -8 | - |
| 1838/39 | -10 | -9 | -6* | - | - | -5 | - |
| 1839/40 | -18* | -2 | -6 | - | - | -4 | - |
| 1840/41 | -9 | -1 | -1 | -2 | - | -1 | - |
| 1841/42 | -7 | -5 | ±0 | +4 | - | +5 | - |
| 1842/43 | -6 | -6 | -3 | +8 | - | +4 | - |
| 1843/44 | -8 | +6 | -1 | +11 | - | +7 | - |
| 1844/45 | -11 | +8 | -2 | +16 | - | +10 | - |
| 1845/46 | -4 | +5 | ±0 | +12 | - | +12 | - |
| 1846/47 | -8 | +12 | +2 | +8 | - | +16 | - |
| 1847/48 | -2 | +10 | +5 | +4 | - | +17 | - |
| 1848/49 | -2 | +12 | +4 | +1 | - | +14 | - |
| 1849/50 | +2 | +10 | +5 | -2 | - | +10 | - |
| 1850/51 | +2 | +8 | +2 | -4 | - | +6 | - |
| 1851/52 | +4 | +8 | +2 | -2 | - | +2 | - |
| 1852/53 | +2 | +2 | +2 | -5 | - | ±0 | +27 |
| 1853/54 | +7 | -8 | ±0 | -1 | - | -2 | +15 |
| 1854/55 | +8 | -9 | ±0 | -2 | - | -2 | +7 |
| 1855/56 | +10 | -13 | ±0 | -3 | - | +1 | +5 |
| 1856/57 | +12 | -18 | -2 | -6 | - | +3 | +6 |
| 1857/58 | +17 | -22 | -1 | -6 | - | +4 | +7 |
| 1858/59 | +14 | -21 | -2 | -10 | - | +5 | +8 |
| 1859/60 | +11 | -23 | -5 | -12* | - | +4 | +7 |
| 1860/61 | +7 | -24 | -8 | -10 | - | +1 | +4 |
| 1861/62 | +2 | -25* | -9* | -10 | -12* | -2 | +2 |
| 1862/63 | +1 | -20 | -5 | -9 | -12 | ±0 | +1 |
| 1863/64 | -4 | -16 | -3 | -7 | -12 | +2 | ±0 |
| 1864/65 | -4 | -10 | -3 | -5 | -8 | +3 | -2 |

| Jahr | | Mittleres Norddeutschland nach P. ausgeglichen) | Schulz(%) | Asien nach Brückner (cm ausgeglichen) | Nordamerika (cm ausgeglichen) | | |
|---------|-----|--|---------------|---|----------------------------------|----|----|
| 1865/66 | -4 | -8 | -4 | -4 | -7 | +5 | -2 |
| 1866/67 | -4 | -13 | -5 | -4 | -10 | +4 | ±0 |
| 1867/68 | -10 | -6 | -6 | +1 | -11 | ±0 | -1 |
| 1868/69 | -9 | -6 | -7 | -1 | -12 | -5 | -2 |
| 1869/70 | -13 | -8 | -7 | +3 | -10 | -9 | -3 |

| | | | | | | | |
|---------|------|-----|----|-----|------|------|------|
| 1870/71 | -12 | +1 | -4 | +1 | | -11* | -5 |
| 1871/72 | -15* | +5 | -4 | +1 | }-11 | -11 | -7* |
| 1872/73 | -12 | +5 | -5 | ±0 | | -8 | -5 |
| 1873/74 | -8 | +2 | -5 | +2 | +5 | -5 | -1 |
| 1874/75 | -4 | ±0 | -3 | -3 | +5 | -3 | +3 |
| 1875/76 | -5 | +4 | -2 | -2 | +10 | -3 | +6 |
| 1876/77 | -6 | +8 | -1 | +2 | +9 | -3 | +8 |
| 1877/78 | +4 | +10 | +3 | +3 | +13 | -2 | +9 |
| 1878/79 | +6 | +14 | +4 | +6 | +4 | +2 | +10 |
| 1879/80 | +9 | +19 | +8 | +12 | +4 | +7 | +10 |
| 1880/81 | +9 | +16 | +6 | +14 | +3 | +12 | +11 |
| 1881/82 | +13 | +12 | +7 | +12 | +1 | +13 | +11 |
| 1882/83 | +10 | +11 | +6 | +6 | +1 | +10 | +9 |
| 1883/84 | +10 | +16 | +6 | +1 | +1 | +5 | +5 |
| 1884/85 | +8 | +17 | +6 | -3 | +3 | +3 | +1 |
| 1885/86 | +9 | +14 | +5 | -6 | +3 | -3 | -2 |
| 1886/87 | +9 | +12 | +6 | -6 | +5 | -2 | -6 |
| 1887/88 | -1 | +2 | ±0 | -2 | +5 | +2 | -7 |
| 1888/89 | -4 | +4 | ±0 | -4 | +6 | +4 | -7 |
| 1889/90 | ±0 | +5 | ±0 | -4 | +2 | +4 | -6 |
| 1890/91 | -1 | +4 | +2 | -1 | ±0 | +1 | -5 |
| 1891/92 | +1 | +6 | +2 | -2 | -1 | -4 | -7 |
| 1892/93 | +2 | +7 | +2 | ±0 | -2 | -10 | -8 |
| 1893/94 | +1 | +2 | +2 | +3 | -1 | -13* | -10 |
| 1894/95 | ±0 | ±0 | +2 | +2 | -2 | -11 | -11 |
| 1895/96 | -1 | -1 | +2 | +1 | -3 | -8 | -11* |
| 1896/97 | -5 | +5 | +2 | -2 | -8 | -3 | -10 |

In ganz entsprechender Weise, wie ich es hier für die Jahressummen des Niederschlags getan habe, hat Dr. Paul Schulz auf meine Veranlassung in seiner Dissertation⁴⁴³ auch die Niederschlagssummen der einzelnen meteorologischen Jahreszeiten der Diskussion unterzogen. Ich gebe in Tabelle V seine Zahlen für das mittlere Norddeutschland, und zwar für das Jahr, für Sommer und für Herbst wieder; sie sind durch Bildung von Zehnjahresmitteln ausgeglichen und bedeuten Prozente des vieljährigen Mittels.

Es zeigte sich, daß der Sommer und der Herbst ebenso wie das Jahresmittel eine Trockenperiode in den 30er Jahren und bis in den Anfang der 40er Jahre erkennen lassen, dann eine feuchte Periode in den 40er Jahren und in der ersten Hälfte der 50er Jahre, die sich im Sommer allerdings verspätet, hierauf wieder eine Trockenperiode in den 60er Jahren bis in die Erste Hälfte der 70er Jahre hinein und dann abermals eine feuchte, die nach den Zahlen von Schulz erst gegen Ende des Jahrhunderts ausklingt. Winter und Frühling (hier fortgelassen) verhalten sich dagegen unregelmäßig.

Ich habe, um zu zeigen, wie diese Schwankungen auf dem größten Teil der Landflächen der Erde gleichzeitig erfolgen, in der Tabelle V noch Zahlen für das obere Ohio=, das mittlere Mississippital in Nordamerika, ferner für Nertschinsk (Hüttenwerk) und Nikolajewsk am Amur in Asien hinzugefügt.⁴⁴⁴ Klar tritt zutage, wie völlig gleichzeitig die Schwankungen sich hier vollziehen.

⁴⁴³ Klimaschwankungen im mittleren Norddeutschland und ihr Einfluß auf die Ernteerträge. Inaugural-Dissertation, Halle a. S., 1907.

⁴⁴⁴ Diese meiner Abhandlung von 1902 entnommenen Zahlen sind nicht prozente des vieljährigen Mittels, sondern Zentimeter Regenhöhe. Die Ausgleichung erfolgt auch nicht durch Zehnjahresmittel, sondern durch Fünfjahresmittel. Die zweite

Das zeigt für die einzelnen Erdteile die folgende Tabelle (Jahresmittel, Prozente.)

Tabelle VI. Schwankungen des Niederschlags in den einzelnen Erdteilen.

| Jahr= fünft | Europa | Asien | Nord= amerika | Central= u. Süd= amerika | Australien | Ganze Erde (Land= flächen) |
|----------------|--------|-------|------------------|-----------------------------------|------------|----------------------------------|
| 1806/10 | +3 | - | - | - | - | +3 |
| 1811/15 | ±0 | -7 | - | - | - | -3 |
| 1816/20 | -1 | +22 | -4 | - | - | +6 |
| 1821/25 | -2 | ±0 | +4 | - | - | +1 |
| 1826/30 | -1 | +14 | -4 | - | - | +3 |
| 1831/35 | -10* | -7 | -12* | -6 | - | -8* |
| 1836/40 | -1 | -14* | -7 | -19* | - | -5 |
| 1841/45 | +4 | +9 | -3 | -11 | -11 | +1 |
| 1846/50 | +1 | +13 | +16 | +8 | +17 | +3 |
| 1851/55 | +4 | +2 | +3 | +16 | +16 | +1 |
| 1856/60 | -4 | -9 | -8 | +5 | +2 | -4 |
| 1861/65 | -10* | -13* | -10* | -11 | -6* | -5* |
| 1866/70 | ±0 | -9 | +7 | -12* | +10 | -1 |
| 1871/75 | ±0 | +8 | -1 | -9 | +14 | +2 |
| 1876/80 | +10 | +20 | +4 | +7 | -1 | +7 |
| 1881/85 | +6 | +23 | +13 | +10 | -19 | +6 |

Überall ist die Trockenzeit der 30er Jahre zu erkennen, desgleichen die der 60er Jahre. Die feuchte Periode von 1850 tritt ebenfalls überall scharf hervor, desgleichen die um 1880, die nur in Australien um fünf Jahre früher kulminiert als in den andern Erdteilen. Im Mittel für die Landflächen der Erde habe ich genauer gefunden, daß die Zeit 1826 - 1840 trocken, 1840 - 1854 feucht, 1855 - 1871 trocken, 1872 - 1887 feucht und seit 1888 wieder verhältnismäßig trocken gewesen ist. Dabei zeigte sich im allgemeinen (vgl. Tab. I und Tab. VI), daß die kühlen und die feuchten Perioden zusammenfallen, ebenso die warmen und die trocknen.

Die Schwankungen der Niederschläge sind sehr bedeutend, und zwar besonders markant in den stark kontinentalen Gebieten. Sie betragen in Ostengland 16%, in Norddeutschland 20%, in Südwestrußland 24%, in Südostrußland 35%, in Westsibirien 86%, in Ostsibirien 47% des vieljährigen Mittels. Bedeutend sind sie auch im Innern der Vereinigten Staaten von Nordamerika (36%).

Es ist nun sehr bemerkenswert, daß die mitten im Ozean gelegenen Inseln, wie Island und Irland, dann aber auch zum Teil die unmittelbaren Küsten der Ozeane umgekehrte Schwankungen des Niederschlags aufweisen, d. h. diejenigen Zeiträume, welche auf den Landflächen der Erde im Durchschnitt trocken sind, sind im Bereiche der Ozeane feucht, und diejenigen, welche auf den Landflächen feucht sind, sind wieder auf den Ozeanen trocken. Das ist aus den Luftdruckverhältnissen ohne weiteres zu erklären. Die auf dem Land trocknen Zeiträume sind nämlich durch hohe Temperatur ausgezeichnet, und diese bedingt, daß dann in mittleren und höheren Breiten auf den Ozeanen ein etwas tiefer Luftdruck herrscht als während der auf dem Lande feuchten und gleichzeitig kühlen Perioden. Wenn nun aber der Luftdruck in der warmen Periode auf dem Meere relativ tiefer ist als auf dem Lande, was speziell

Jahreszahl jeder Zeile gibt das Mittel des Jahrfünfts an, auf das sich die Niederschlagszahl bezieht.

für das Gebiet des nordatlantischen Ozeans einerseits und Mitteleuropa andererseits nachgewiesen werden konnte, so wird damit der Übertritt feuchter ozeanischer Luft vom Ozean auf das Land erschwert, während er umgekehrt bei etwas weniger tiefem Luftdruck auf dem Ozean, wie er während der kühlen Perioden herrscht, erleichtert erscheint.

Meteorologische Beobachtungen gehen wenig über hundert Jahre zurück. Doch lassen sich die Klimaschwankungen an der Hand anderer Erscheinungen sehr viel weiter zurückverfolgen. Es zeigt sich nämlich, daß die Schwankungen des Niederschlags sich gleichzeitig vollziehenden Temperaturschwankungen beeinflussen ferner den Termin der Weinernte in Frankreich bis zum Jahre 1391 zurück und solche über das Auftauen und Gefrieren der Flüsse in Rußland bis zum Jahre 1556. An der Hand dieser Daten konnte ich die Klimaschwankungen durch fünf Jahrhunderte zurückverfolgen. Es gelang in dieser Weise auch, die mittlere Dauer einer Klimaschwankung zu bestimmen; sie beträgt rd. 35 Jahre, d. h. die Zeitdauer vom Zentrum einer feuchtkühlen Periode bis zum Zentrum der nächsten feuchtkühlen beträgt im Mittel 35 Jahre. Allerdings zeigen sich in der Länge gelegentlich Unregelmäßigkeiten derart, daß auch einzelne Perioden 40 oder gar 45, andre 30 oder nur 25 Jahre lang gewesen sind. Diese Unregelmäßigkeiten kann uns nicht wundern: meteorologische Perioden treten nie mit mathematischer Exaktheit auf. So ist z. B. die Zeit, die von den wärmsten 10 Tagen (Dekade) eines Jahres bis zur wärmsten Dekade des nächsten Jahres verstreicht, sehr ungleich, je nachdem die heißeste Dekade in den Juni, Juli oder August fällt.

Meine Untersuchungen über Klimaschwankungen sind von einer Reihe von Forschern bestätigt worden. So hat der erste unter den lebenden Meteorologen, J. Hann, auf Grund besonders eingehender Methoden unter Benutzung einer Reihe von Stationen im Umkreis der Alpen ihre Existenz für die Alpenländer scharf nachweisen können. Andre Forscher, wie B. Kremser, verhalten sich mehr ablehnend. Ich möchte betonen, daß in den Mittelwerten für längere Zeiträume, wie wir das oben mit den Zehnjahrmitteln gezeigt haben, die Klimaschwankungen fast überall klar zutage treten. Nimmt man aber nur die einzelnen Jahre, so verschleiern die zufälligen Unregelmäßigkeiten, denen der Niederschlag von Jahr zu Jahr unterworfen ist, zum Teil die großen Schwankungen.

Die Klimaschwankungen greifen in mannigfacher Weise nicht in die Verhältnisse des menschlichen Lebens ein. Ich habe das in den früher aufgeführten Arbeiten im einzelnen dargetan. Daß speziell die Erträge der Landwirtschaft in ihren Mittelwerte, die für längere Zeiträume gebildet werden, durch die Klimaschwankungen beeinflusst werden, habe ich 1895 gezeigt und hat 1907 Dr. Paul Schulz in seiner Dissertation bestätigt. Die nachfolgende Tabelle möge das veranschaulichen. Die Zahlen bis 1890, die meiner Abhandlung in der Geographischen Zeitschrift Bd. I entnommen sind, gelten als Mittelwerte für die 8 alten preußischen Provinzen, die von 1891 an, die ich der Dissertation von Schulz entnehme, nur für die Provinzen Brandenburg und Sachsen; letzte sind daher eingeklammert. Die Ernteerträge sind in Prozenten einer Mittelernnte angedeutet und in Abweichungen dieser Prozente von 100 angegeben. — 19 bedeutet z. B., daß die Weizenernte im Durchschnitt 1881/85 19% unter dem Mittelwert geblieben ist. Die drei mittleren Reihen fassen die Jahre nach feuchten und trocknen Perioden zusammen.

Tabelle VII. Schwankungen der Ernteerträge in Preußen.

| Jahrfünft | Nieder= schlag | Weizen | Roggen | Gerste | Hafer |
|-----------|-------------------|--------|--------|--------|-------|
| 1846/50 | -1 | +7 | +10 | +4 | -2 |
| 1851/55 | +8 | -2 | -4 | +3 | +2 |
| 1856/60 | -7 | +2 | +7 | -10 | -9 |
| 1861/65 | -9 | +2 | +3 | +7 | +8 |
| 1866/70 | +3 | -2 | -2 | -3 | -3 |
| 1871/75 | -6 | +2 | -1 | -1 | -2 |
| 1876/80 | +9 | -11 | -14 | -9 | -8 |
| 1881/85 | +3 | -19 | -23 | -19 | -22 |
| 1886/90 | +1 | -13 | -22 | -18 | -12 |
| 1891/95 | -2 | (+6) | (-15) | (-3) | (-2) |
| 1896/1900 | +2 | (+28) | (-12) | (+16) | (+27) |
| 1856/75 | -5 | +1 | +2 | -2 | -2 |
| 1876/90 | +4 | -14 | -20 | -15 | -14 |
| 1891/1900 | ±0 | (+17) | (-16) | (+6) | (+13) |

In Preußen waren die Erträge an Weizen, Roggen, Gerste und Hafer in den relativ trocknen zwei Jahrzehnten 1856 bis 1875 nach den Schätzungen der Mittelernte verhältnismäßig günstig, in den feuchten 15 Jahren 1876—1890 dagegen sehr ungünstig. Seitdem die Witterung wieder etwas trockner geworden ist, hat sich, besonders bei Weizen, Gerste und Hafer, der Ertrag gesteigert.

Auch die Getreidepreise, die weiter zurückzuverfolgen sind als Angaben über den Ausfall der Ernte, lassen den Einfluß der Klimaschwankungen erkennen. Es zeigt sich in Deutschland ganz scharf, z. B. nach den Zusammenstellungen über die Weizenpreise in München, daß die feuchten Perioden im 18. Jahrhundert und in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts hohe, die trocknen niedere Preise aufwiesen. Dasselbe gilt von England und Frankreich. In diesen Gebieten leidet die Ernte weit mehr durch zuviel Regen als durch Trockenheit. In Rußland ist es umgekehrt. Dort sind die trocknen Jahre durch hohe Preise charakterisiert, die feuchten Perioden durch niedere. Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts aber verwischt sich der Einfluß der Klimaschwankungen auf die Getreidepreise der ozeanischen Gebiete Europas immer mehr. Für die Preisbildung ist nicht mehr in erster Reihe der Ausfall der Ernte des eignen Landes maßgebend, sondern der Ausfall der Ernte in den großen Getreideproduzenten der Welt: in Rußland und in den Vereinigten Staaten.

Feuchte Perioden bringen Rußland und den Vereinigten Staaten gute Ernten, dagegen den ozeanischen Gebieten, wie England, überhaupt Westeuropa, zum großen Teile auch Deutschland, schlechte. Infolgedessen macht sich während der feuchten Perioden in den ozeanischen Gebieten ein gesteigertes Bedürfnis nach Import, in den kontinentalen Getreidelieferanten dagegen die Möglichkeit zu einem gesteigerten Export geltend. Die feuchten Perioden werden also Perioden eines gesteigerten internationalen Getreidehandels sein müssen. Das muß zur Folge haben, daß in den unter den eignen schlechten Ernten leidenden Gebieten der Getreidepreis gedrückt wird, sofern nicht Schutzzölle das hindern. Eine gesteigerte Notlage der Landwirtschaft ist das Resultat, weil das spärlich geerntete Getreide auch noch schlechte Preise erzielt. Anders in den trocknen Perioden. Da sind die Ernten in den ozeanischen Gebieten besser als vorher, und die kontinentalen Getreidelieferanten leiden unter Dürre. Es ist daher der Bedarf in jenen kleiner, und die Exportfähigkeit dieser hat auch abgenommen. Eine trockne Periode wird daher eine Zeit verminderten internationalen Getreidehandels sein, und die Preisbildung in den ozeanischen Gebieten wird mehr der eignen Ernte entsprechen können.

Freilich können diese Wirkungen der Klimaschwankungen nicht voll in Erscheinung treten. Die politischen und wirtschaftlichen Ereignisse spielen naturgemäß daneben eine gewaltige Rolle. Trotzdem zeigt sich aus unsern Zusammenstellungen, daß der Einfluß der Klimaschwankungen auf die Getreidepreise nicht vollständig von jenen im Willen des Menschen liegenden Momenten überwuchert worden ist.

Zum Schluß möchte ich noch auf die Frage eingehen, ob auf Grund der Klimaschwankungen eine Voraussage des Wetters einzelner Jahre möglich ist. Es ist das, wie ich betonen möchte, und wie aus dem obigen ohne weiteres hervorgeht, ausgeschlossen. Wir können nur nach dem bisherigen Verlaufe der Kurve der Klimaschwankungen schließen, daß ein kommender Zeitraum von größerer Länge (10 bis 15 Jahren) im Durchschnitt feuchter oder trockner sein wird. Es werden innerhalb der feuchten Periode die feuchten Jahre zahlreicher sein als die trocknen, aber trockne werden, wie unsere Tabelle II zeigt, keineswegs ganz fehlen. Umgekehrt werden in den trocknen Perioden gelegentlich auch feuchte Jahre auftreten. Unter diesen Umständen ist für die Landwirtschaft eine Voraussage der Witterung auf Grund der Klimaschwankungen für einzelne Jahre nicht möglich. Wenn wir nun den Verlauf der Klimaschwankungen während der letzten 200 Jahre überschauen, dann läßt sich der Schluß nicht abweisen, daß sie auch in Zukunft in entsprechender Weise sich vollziehen werden. Um das Jahr 1880 herum haben die Landflächen der Erde eine feuchte Periode erlebt. Seitdem hat der Niederschlag mehr oder minder abgenommen. Legen wir die mittlere Dauer einer Klimaschwankung zu Grunde, so dürfte um 1900 herum das Zentrum der folgenden Trockenperiode zu suchen sein. Genau wird sich dessen Lage allerdings erst bestimmen lassen, wenn die Beobachtungen des Niederschlags noch für weitere 10 Jahre vorliegen werden. Immerhin glaube ich, es aussprechen zu dürfen, daß wir uns wieder einer feuchten Periode nähern.

10. Klimaschwankungen und Völkerwanderungen

Das wirtschaftliche Leben der Gegenwart stellt sich uns als ein gewaltiger Mechanismus dar. Die mannigfachsten Faktoren greifen wie die Räder eines Uhrwerkes ineinander; sie alle sind auf das Gesamtergebnis von Einfluß und nur Wahrscheinlichkeitsschlüsse gestatten, die Bedeutung des einen oder andern Faktors zu isolieren. So klar und deutlich die natürlichen Gegebenheiten der Erdoberfläche die Verbreitung des menschlichen Lebens und seiner Kulturäußerungen beeinflussen, so ist man doch im allgemeinen geneigt, Wandlungen in den wirtschaftlichen Verhältnissen, die sich in großen oder kleinen Gebieten vollziehen ausschließlich Ursachen zuzuschreiben, die im Menschen selbst liegen. Die Faktoren der Natur werden als konstant angenommen und nur dadurch, daß der Erfahrungsschatz des Menschen sich ändert, sollen sie in verschiedenen Zeiten verschieden wirken. Im großen und im ganzen ist das auch richtig, aber doch nicht durchweg. Es gibt Fälle, wo als wesentlich mitwirkende Ursache von Vorgängen im wirtschaftlichen Leben Erscheinungen der Natur in Betracht kommen können, die in ihrer Bedeutung nur dadurch maskiert werden, daß der Mechanismus des wirtschaftlichen Lebens, auf den sie einwirken, so überaus kompliziert ist. Diese in der Natur liegenden Ursachen kombinieren sich in ihrer Wirkung mit politischen und sozialen. Auf solche Kombinationen hinzuweisen sei hier gestattet.

Eine überaus markante Erscheinung in der Geschichte des XIX. Jahrhunderts ist die Massenauswanderung aus Europa hinüber nach der neuen Welt. In der Zeit von 1805 bis 1911 haben nicht weniger als 28 1/2 Millionen Menschen das alte Europa verlassen und sind nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika ausgewandert. Hand in Hand mit dieser Auswanderung aus Europa ging die rasche Besiedlung weiter Gebiete in den Vereinigten Staaten. Die Grenze der Ökumene - so hat F. Ratzel das bewohnte Areal der Erde genannt - rückte hier von Jahr zu Jahr weiter nach Westen vor. Die Menschenmassen, die hierbei in Bewegung gesetzt wurden, sind gewiß nicht kleiner, sondern weit, weit größer als die Menschenmassen, die zu Beginn des Mittelalters in der sogenannten Völkerwanderung verschoben wurden. Die Auswanderung nach Amerika ist die größte Völkerwanderung aller Zeiten. Die durch Übervölkerung hervorgerufenen ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse mancher Teile Europas boten den Anlaß zur Auswanderung, während die besonders im Westen dünn bevölkerten Vereinigten Staaten mit ihren aus dieser dünnen Bevölkerung entspringenden hohen Löhnen einen mächtigen Anreiz zur Einwanderung ausübten. Sind das auch fraglos die treibenden Elemente, die diese moderne Völkerwanderung in Bewegung gesetzt haben, so läßt sich doch an einer Reihe von Einzelheiten zeigen, daß hierbei auch außerhalb des Menschen liegende Momente bald beschleunigend, bald verlangsamernd mitgewirkt haben.

Die wirtschaftlichen Verhältnisse in den Vereinigten Staaten wie in weiten Gebieten Europas hängen zu einem wesentlichen Teil vom Ausfall der Ernte ab. Jahre mit schlechten Ernten, besonders wenn mehrere derselben aufeinanderfolgen, beleben naturgemäß die Auswanderung aus den davon betroffenen Gebieten Europas. Wenn dann etwa gleichzeitig in einem andern Gebiet gute Ernten zu verzeichnen sind und hier daher wirtschaftliche Prosperität herrscht, dann gesellt sich zu den ersten aus der Heimat hinaustreibenden Momenten von außen her eine intensive Lockung zur Auswanderung. In der Tat besteht, was den Ernteaufschlag betrifft, ein solches Gegenspiel zwischen West- und Mitteleuropa einerseits und den Vereinigten Staaten andererseits.

Kein Ackerbau ohne Wasser, aber auch kein Ackerbau bei zu viel Wasser! Diese Regel drängt sich auf, wenn man die Verbreitung des Ackerbaues auf der Erde überblickt und die Ursachen der Mißernten untersucht. In allen Gebieten, die spärlichen Regenfall

haben, gehen Dürren und Mißernten Hand in Hand; wo überreiche Regen den Boden netzen, werden dagegen Mißernten hauptsächlich durch regenreiche Jahre heraufbeschworen. Freilich ist es nicht die absolute Menge des gefallenen Wassers, die den Ausschlag gibt, sondern die Wassermenge in Beziehung gesetzt zur Verdunstung. Die gleiche Menge Feuchtigkeit, die in kaltem Klima die Ernte ertränkt, kann in heißem Klima dem Wasserbedürfnis des Getreides vielleicht nur gerade noch genügen. Andererseits wird oft eine geringe Regenmenge, die für ein warmes Land der starken Verdunstung wegen Dürre bedeutet, in kühlem Klima vollkommen ausreichen. In Europa verhalten sich die feuchten, dem Atlantischen Ozean nahegelegenen Länder, so vor allem Norwegen, Dänemark, Irland und Großbritannien, aber auch Schweden und Mitteleuropa gerade umgekehrt wie das trockene Innere des Kontinents. Südrußland einerseits und Großbritannien andererseits stellen in dieser Beziehung Extreme dar. Die Ursachen der Mißernten in Südrußland sind fast immer Dürren, während umgekehrt die zahlreichen Mißernten, die England Ende der Dreißiger-, im Verlaufe der Vierziger- und anfangs der Fünfzigerjahre, desgleichen in den Siebziger- und Achtzigerjahren heimsuchten, auf übermäßig feuchte Jahre fallen. Südeuropa und größtenteils auch die Tropen, wenigstens soweit hier Getreide gebaut wird, schließen sich in ihrem Verhalten Südrußland an. Die Hungerjahre in Vorderindien fallen mit trockenen Jahren zusammen. Das gleiche zeigt sich ganz scharf in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, wo die Ernterträge mit der Höhe des Niederschlags steigen und fallen. Hieraus geht ohne weiteres hervor, daß in der Tat das gleichzeitige Eintreten einer Reihe von feuchten Jahren in West- und Mitteleuropa und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika den Ernteausfall in ganz verschiedenem Sinne beeinflussen muß. West- und Mitteleuropa hat dann schlechte Ernten zu verzeichnen, das Gebiet der Vereinigten Staaten dagegen gute. Das sind gerade die Bedingungen, wie sie für eine Verstärkung der Auswanderung aus Mittel- und Westeuropa nach Amerika günstig sind. Anders, wenn beide Gebiete gleichzeitig eine Reihe von trockenen Jahren erleben. Dann ist infolge der schlechten Ernten in den Vereinigten Staaten der Anreiz zur Einwanderung klein, und andererseits bringen die gleichzeitigen guten Ernten in der alten Heimat eine Minderung des Antriebes zur Auswanderung mit sich.

Würden feuchte und trockene Jahre in rein zufälliger Weise nach Ort und Zeit wechseln, so würden Mißernten oder gute Ernten nicht während einer längeren Reihe von Jahren aufeinanderfolgen können; auch sie würden einen zufälligen Wechsel aufweisen. Tatsächlich ist das nun nicht der Fall. Untersuchungen, die ich für die ganze Erde angestellt habe, haben gezeigt, daß feuchte und trockene Jahre vielfach in Gruppen zusammenfinden, so daß geradezu die klimatischen Verhältnisse nicht vollkommen konstant sind. Das Klima erlebt vielmehr Schwankungen derart, daß es gleichsam um eine Mittellage pendelt. Meine Ergebnisse sind von verschiedenen Seiten, so vor allem von Julius Hann, bestätigt worden.

Die Klimaschwankungen bestehen in vieljährigen Schwankungen der Temperatur, des Luftdruckes und des Regenfalles, die sich auf der ganzen Erde gleichzeitig vollziehen. Dabei ist die Temperatur das Element, von dem die übrigen abhängen. Die Schwankungen der Temperatur sind so gut wie allen Ländern der Erde gemeinsam. Sie alle erleben gleichzeitig Kälteperioden und gleichzeitig Wärmeperioden. So waren die Jahrfünfte von 1806 bis 1820 im Durchschnitt auf der ganzen Erde zu kalt, diejenigen 1821 bis 1835 zu warm, 1836 bis 1850 wieder zu kalt, 1851 bis 1875 u warm, 1876 bis 1890 wieder etwas zu kalt.

Die Temperaturschwankungen wirken auf die Luftdruckverteilung ein. In den Wärmeperioden erscheint in Europa wie in Nordamerika der Übertritt feuchter ozeanischer Luft vom Meer aufs Festland erschwert, in den Kälteperioden dagegen erleichtert. Daher sind die Wärmeperioden auf den Landflächen der Erde im großen ganzen Trockenperioden, die Kälteperioden dagegen durch höheren Regenfall, ausgezeichnet. So entsprachen den Kältezeiten um 1815, um 1850 und um 1880 in Europa sowohl wie in Nordamerika feuchte Perioden, während die Wärme Perioden um 1830 und 1860 sich durch geringen Niederschlag auszeichneten. Seit 1890 hat der Niederschlag etwas abgenommen; das ist besonders scharf in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, aber auch in Mittel- und Westeuropa zu erkennen.

In den letzten beiden Jahrhunderten erscheinen als Zentren von kalten und auf den Landflächen feuchten

Perioden, die Jahre 1705, 1740, 1775, 1815, 1850 und 1880, als Zentren von warmen und auf den Landflächen trockenen Perioden die Jahre 1720, 1760, 1790, 1830 und 1860. Darnach ergibt sich die mittlere Dauer einer Klimaschwankungen von Maximum zu Maximum zu rund 35 Jahren. Das Zentrum der letzten warmtrockenen Periode dürfte um das Jahr 1900 anzusetzen sein; doch ist das nur eine vorläufige Schätzung, da das klimatologische Material noch nicht für die ganze Erde daraufhin verarbeitet ist.

Diese Klimaschwankungen wirken deutlich auf die Ernteerträge ein, wenn auch in den verschiedenen Gebieten in verschiedenem Sinne. Einige Beispiele mögen das zeigen.

Sehr scharf ist die Schwankung der Ernteerträge in Preußen ausgesprochen. Die graphische Darstellung Fig. 1 gibt in der obersten Kurve die Schwankung des Regenfalles von 5 zu 5 Jahren.⁴⁴⁵ Um das Jahr 1860 war der Regenfall klein, um 1880 hatte er ein Maximum. Da nun in Preußen die Ernte weit häufiger von zu viel Regen leidet als von zu wenig, so waren die Ernten in der trockenen Periode um 1860 gut, in der feuchten anfangs der Achtzigerjahre viel schlechter. Die Kurven der Ernteerträge⁴⁴⁶ stellen genau das Spiegelbild der Kurve des Niederschlages dar. Das gleiche Verhalten zeigt der Ausfall der Ernte im gesamten Gebiet von Westeuropa, vor allem auch in Großbritannien. Gerade umgekehrt ist dagegen das Verhalten in den Vereinigten Staaten von Nordamerika und in Rußland, wie Fig. 2 veranschaulicht. Man sieht auch hier wiederum in der untenstehenden Kurve für Ohio ein Minimum des Niederschlages um das Jahr 1860 und ein Maximum am Anfang der Achtzigerjahre, also genau wie in Preußen; aber da die Ernte in den Vereinigten Staaten vorwiegend unter Dürre leidet, so entsprechen der trockenen Periode um 1860 schlechte Ernten, der feuchten Periode am Anfang der Achtzigerjahre gute Ernten. Für Rußland fehlt eine weit zurück reichende Erntestatistik. Ich habe als Maß für den Ausfall der Ernte die Zunahme der Roggenausfuhr aus Rußland genommen. Wieder gibt die untere Kurve die Schwankung des Niederschlages mit einem Minimum um 1860 und einem Maximum um 1880. Man sieht, wie die Zunahme der Roggenausfuhr aus Rußland sich ganz dieser Regenschwankung anschmiegt, so markierend, daß der Ernteertrag mit dem Regen fällt und steigt.

⁴⁴⁵ Und zwar ausgeglichen nach der Formel $(a + 2b + c) : 4 =$ ausgeglichener Wert von b.

⁴⁴⁶ In gleicher Weise ausgeglichen.

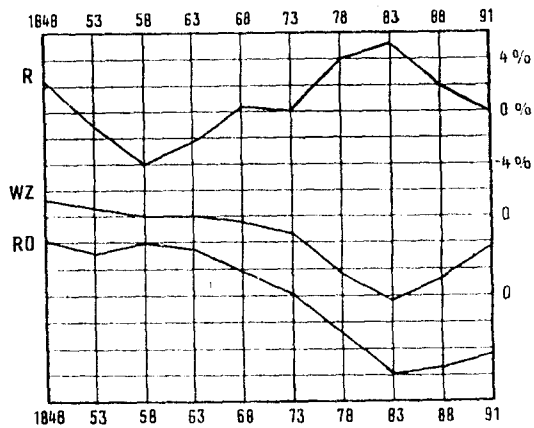


Fig. 1.

Schwankungen des Regenfalles und des Getreideertrages im Königreich Preußen.

Der Getreideertrag (*WZ* = Weizenertrag, *RO* = Roggenertrag) ist in Prozenten einer Mittelernte, und zwar in Abweichungen vom vieljährigen Mittel gegeben (1 Teilstrich = 5% Abweichung), der Regenfall ® ebenfalls in Abweichungen (Prozent), vom vieljährigen Mittel (1 Teilstrich = 4%).

Weit zurück reichen die Erntestatistiken nicht; aber zu einer Zeit, als es noch keinen Welthandel mit Getreide gab, da bestimmte der Ausfall der eigenen Ernte auch den Preis des Getreides im Lande. So ist bis zu einem gewissen Grade der Getreidepreis ein Maß für die Güte der Ernte in einem Gebiet. In Zeiten schlechter Ernten ist das Getreide teuer, in Zeiten guter billig. Die Fig. 3 zeigt den engen Zusammenhang zwischen Weizenpreis und damit dem Ernteausfall in Süddeutschland und der Schweiz und dem Regenfall daselbst. Es sind hier wieder Fünfjahresmittel zugrunde gelegt, die in einer einfachen Weise ausgeglichen wurden. Der Regenfall weist scharfe Maxima um die Jahre 1770, 1810 und 1850 auf, Minima um die Jahre 1785, 1825 und 1860. Ganz entsprechend schwankte auch der Weizenpreis in München Schwankungen des Regenfalles und der Zunahme der Roggenausfuhr in Rußland und des Weizenertrages in Ohio.

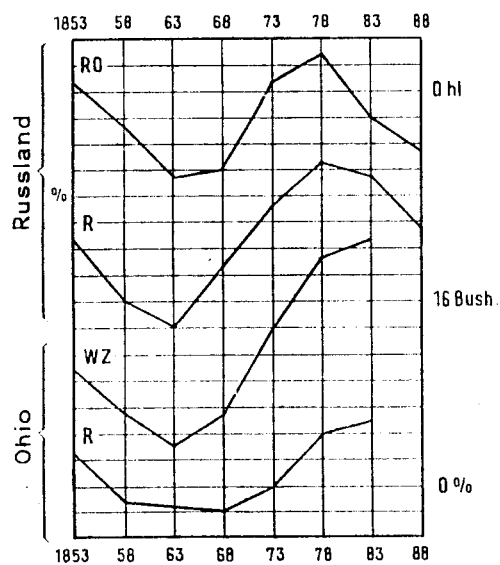


Fig. 2.

Schwankungen des Regenfalles und der Zunahme der Roggenausfuhr in Rußland und des Weizenertrages in Ohio.

Ein Teilstrich bedeutet für den Regenfall (*R*) 2 %, für die Zunahme der Roggenausfuhr (*RO*) aus Rußland 1.5 Millionen Hektoliter, für die Weizenernte (*WZ*) in Ohio 0.8 Bushels pro Acre.

(Die Änderung der Geschwindigkeit der Zunahme der Roggenausfuhr aus Rußland wurde in der Weise berechnet, daß für Jahre 1851 bis 1890 durch die tatsächlich registrierten Ausfuhrmengen eine gerade Linie nach der Methode der kleinsten Quadrate gelegt wurde und hierauf die beobachteten Ausfuhrmengen für jedes Jahrfünft in Abweichungen von dem aus jener Geraden für das betreffende Jahrfünft erhaltenen Wert dargestellt wurden.)

und Zürich, wie ein Blick auf die Kurven lehrt. Von der Mitte des vorigen Jahrhunderts ab fehlt der deutliche Zusammenhang: von da an beginnt in der Schweiz der Getreideimport aus Rußland und den Balkanstaaten, und maßgebend für den Getreidepreis in Zürich ist nicht mehr der Ausfall der schweizerischen Ernte, sondern der Ausfall der Ernte in jenen kontinentalen Ländern.

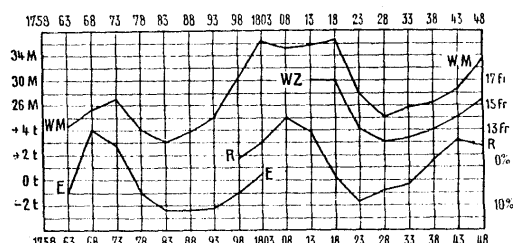


Fig. 3.

Schwankungen des Regenfalles und des Getreidepreises in Süddeutschland und in der Schweiz.

WM Weizenpreis in München in Mark für einen bayrischen Scheffel (1 Teilstrich = 2 Mark); *WZ* Weizenpreis in Zürich in Franken für 50 kg (1 Teilstrich = 1 Franken); *R* Regenfall in Süddeutschland (1 Teilstrich = 3% Abweichung vom vieljährigen Mittel); *E* Termin der Weinernte in Süddeutschland und der Schweiz, der sich parallel dem Regen ändert, so daß in feuchten Zeiten die Weinernte spät, in trockenen früher erfolgt (1 Teilstrich = 1 Tag; das vieljährige Mittel ist mit 0 markiert).

Für England liegen Angaben über den Regenfall und den Weizenpreis bis zum Beginn des XVIII. Jahrhunderts zurück vor Fig. 4 stellt sie dar.⁴⁴⁷) In den feuchten Zeiten um 1713 und 1768 bis 1773 ist der Getreidepreis hoch, die Ernte also schlecht gewesen, in der zwischenliegenden Trockenzeit dagegen niedrig. Der Parallelismus der Kurven ist ganz überraschend. Vom Ende des XVIII. Jahrhunderts an verschwindet er allerdings. Da treten politische Ereignisse, wie die Kontinental Sperre ein; später entwickelt sich ein Weltpreis für Getreide, der auch den Preis desselben in dem seine Getreidezölle sukzessive abschaffenden England bestimmt.

⁴⁴⁷

Ebenfalls in der angegebenen Weise ausgeglichen.

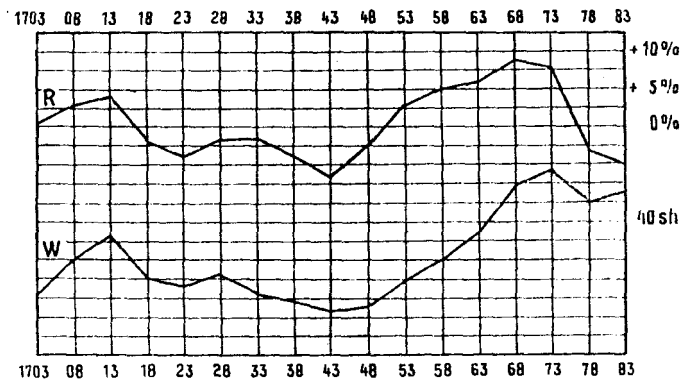


Fig. 4.

Schwankungen des Regenfalles und des Getreidepreises in England.

Der Regenfall ® ist in Abweichungen (Prozenten) vom vieljährigen Mittel gegeben (1 Teilstrich = 2.5%), der Weizenpreis (W) im Jahresdurchschnitt in Shilling pro Imp. Quarter (1 Teilstrich = 2 Shilling).

Fassen wir zusammen, so ergibt sich, daß im Gefolge der feuchten Jahre um 1815, 1850 und 1880 im ozeanischen Europa, einschließlich Mitteleuropas, schlechte Ernten auftraten, in den Vereinigten Staaten und Rußland dagegen gute. Umgekehrt lagen die Verhältnisse in den trockenen Perioden um 1830, 1860 und Ende des Jahrhunderts. Von Bedeutung ist hierbei, daß es sich nicht um einzelne gute, beziehungsweise schlechte Ernten handelt, sondern daß Ernten gleicher Qualität sich in Gruppen um die betreffenden Jahre zusammenfinden.

Daß unter schlechten Ernten in erster Reihe die landwirtschaftliche Bevölkerung zu leiden hat, liegt auf der Hand. Andererseits ist es eine feststehende Tatsache, daß gerade die landwirtschaftliche Bevölkerung Mittel- und Westeuropas die großen Massen an Auswandern nach den Vereinigten Staaten gestellt hat. Daher liegt die Frage nahe, ob sich nicht vielleicht die Klimaschwankungen durch Vermittlung der Schwankungen in den Ernteerträgen auch in den Zahlen der Auswanderung nach den Vereinigten Staaten äußern.

Nun ist gerade die Einwanderungsstatistik der Vereinigten Staaten sehr eingehend; sie reicht dabei weit zurück. Die folgende graphische Darstellung (Fig. 5) gibt eine Übersicht. Die oberste Kurve stellt den Regenfall in den Vereinigten Staaten von Nordamerika dar, die zweite den Regenfall in Westeuropa. Die Maxima fallen um die Jahre 1850 und 1880, die Minima um 1860. Die folgende Kurve zeigt die Einwanderung in die Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Zunächst tritt das ungeheure Anwachsen der Einwanderung in Erscheinung. Allein dieses Anwachsen ist kein stetiges. Es wechseln vielmehr Perioden rapiden Anwachsens mit solchen ab, in denen die Einwanderung konstant bleibt oder sogar zurückgeht. 1821 bis 1835 war die Einwanderung verhältnismäßig gering. Dann beginnt sie rapid zu wachsen. Das Wachsen hält bis Mitte der Fünfzigerjahre an. Es fällt zeitlich durchaus mit jener Periode zusammen, die sich in Europa wie in den Vereinigten Staaten durch große Feuchtigkeit charakterisiert; sie war in Westeuropa durch schlechte, in Amerika durch gute Ernten ausgezeichnet. Daran schließt sich etwa von 1855 bis gegen die Mitte der Sechzigerjahre eine Periode an, wo die Einwanderung auf weniger als die Hälfte ihres Betrages zurückgeht. Es konzidiert das mit der Trockenperiode, die dem ozeanischen Europa gute Ernten, den Vereinigten Staaten schlechte Ernten brachte. Mitgewirkt hat anfangs der Sechzigerjahre sicher auch der amerikanische Bürgerkrieg;

aber der Auswandererstrom hatte schon 6 Jahre vor Beginn desselben geendet. Dann kommt im Gefolge der feuchten Periode, deren Zentrum in den Anfang der Achtzigerjahre fällt, ein rapides Emporschnellen der Einwanderung, die sich von 1880 bis 1893 über 400.000 Menschen im Jahre hält und im Jahre 1882 mit 780.000 ihr Maximum erreicht. Es schließt sich von 1894 bis 1900 eine Periode geringer Einwanderung an, auf die dann allerdings wieder eine Periode rapiden Anstiegs folgt, die 1907 mit 1,285,000 Einwanderern zu einem nie vorher gesehenen Maximum führt. Diese letzte Periode rapiden Steigens der Einwanderung fällt in eine Trockenzeit und scheint daher mit unseren Ausführungen im Widersprüche zu stehen.

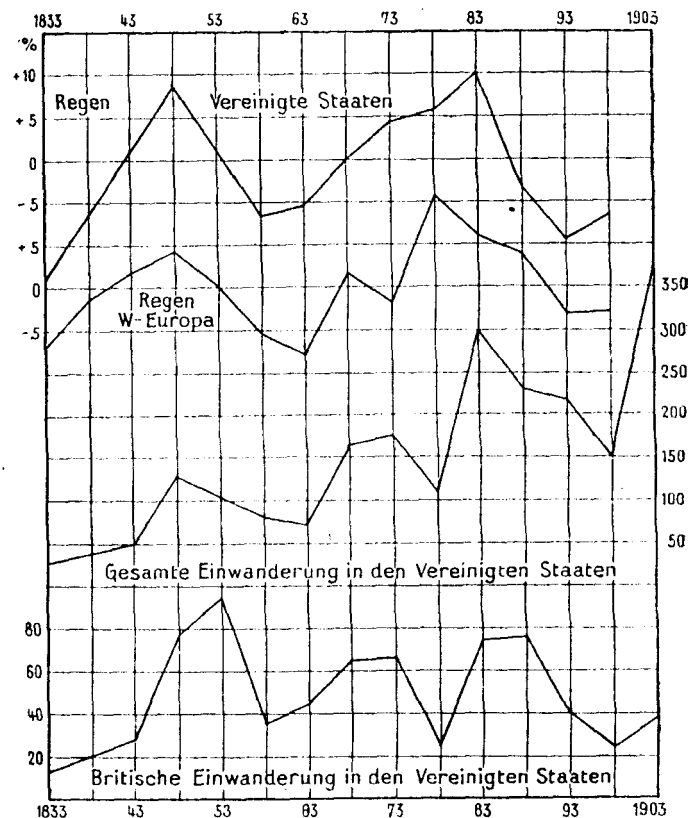


Fig. 5.

Schwankungen des Regenfalles in den Vereinigten Staaten und in Westeuropa und die gesamte sowie die britische Einwanderung in den Vereinigten Staaten.

Fünffahressummen (nicht ausgeglichen). Die Einwanderung ist in 10,000 angegeben, der Regenfall in Abweichungen (Prozenten) vom vieljährigen Mittel.

Doch ist Schwankungen des Regenfalles in den Vereinigten Staaten und in Westeuropa und die gesamte sowie die britische Einwanderung in den Vereinigten Staaten. dies keineswegs der Fall, wie wir sofort erkennen, wenn wir uns über die Zusammensetzung der Einwanderung Rechenschaft geben.

Bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts waren es in erster Reihe Großbritannien und Irland und das Deutsche Reich, die die großen Massen der Auswanderer stellten. Das sind gerade die ozeanischen Gebiete Europas. Es ist auffallend, wie die Auswanderung aus diesen ozeanischen Gebieten in den feuchten Perioden hoch wird, in den Trockenperioden dagegen stark zurückgeht. Die feuchte Periode um 1850 und

ebenso die um 1880 markieren sich durch eine sehr starke Auswanderung, die Trockenperiode um 1860 durch eine sehr geringe. Trägt man zum Beispiel die Zahlen für die Auswanderung aus dem Deutschen Reiche nach Amerika und für die Niederschlagsmenge im Deutschen Reiche graphisch auf und verbindet die Punkte durch Kurven, so fällt die fast absolute Parallelität dieser Kurven in die Augen (vergl. Fig. 6). Selbst das sekundäre Maximum des Niederschlages in der zweiten Hälfte der Sechzigerjahre markiert sich durch ein Emporschnellen der Auswanderung. Das sekundäre Minimum des Regenfalles in der ersten Hälfte der Siebzigerjahre wird auch von einem solchen der Auswanderung, doch mit einer kleinen Verspätung, begleitet. Die gerade im Deutschen Reiche besonders scharf ausgesprochene Folge von sehr nassen Jahren Ende der Siebziger- und am Anfang der Achtzigerjahre führe zum höchsten Maximum der Auswanderung nach Amerika, das hier je erreicht wurde. Mehrfach zeigt sich eine kleine Verschiebung und dann stets so, daß die Auswanderungskurve der Kurve des Niederschlages um ein Jahrfünft nachhinkt. Das kann nicht wundernehmen, da ja die Ursache notwendig der Folge zeitlich vorausgehen muß.

Etwas ganz Entsprechendes zeigt sich auch in Großbritannien (Fig. 5, unterste Kurve). Auch hier wächst die Auswanderung nach den Vereinigten Staaten mit dem Regenfall und nimmt mit ihm ab. Auch hier aber macht sich gelegentlich eine Verspätung um einige Jahre geltend.

Gehen wir auf die einzelnen Jahre ein, so fällt das Maximum der Auswanderung nach Amerika in Großbritannien auf 1851, im Deutschen Reich auf 1854, das zweite auf 1888, beziehungsweise 1881. Die Jahre stärkster Einwanderung in die Vereinigten Staaten waren im vorigen Jahrhundert 1854 und 1881. Alle diese Jahre fallen in feuchte Perioden.

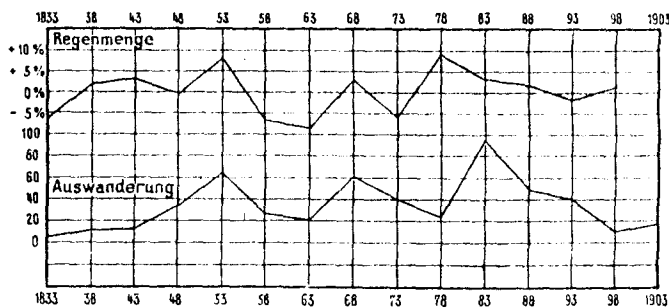


Fig. 6.

Schwankungen des Regenfalles und der Auswanderung aus dem Deutschen Reiche nach den Vereinigten Staaten.

In Jahrfünfteln (nicht ausgeglichen). Die Regenmenge ist in Abweichungen (Prozenten) vom vieljährigen Mittel gegeben, die Auswanderung nach den Vereinigten Staaten in 10.000.

Von 1900 an beginnt, wie wir gesehen haben, die Einwanderung in die Vereinigten Staaten rapid zu steigen. Die Auswanderung aus dem ozeanischen Europa aber zeigt nichts davon. Das Emporschnellen führt sich vielmehr auf das massenhafte Eintreten eines bisher unter den Einwandernden nur eine geringe Rolle spielenden Elements zurück: es sind russische, galizische, ungarische und italienische Einwanderer. Das steht wieder mit den Klimaschwankungen in Übereinstimmung. Dieselbe Trockenzeit, die im ozeanischen Europa gute Ernten veranlaßte, bewirkte in Rußland schlechte Ernten. Dazu gesellten sich in Rußland als Antrieb zur Auswanderung die traurigen politischen Verhältnisse, die Judenverfolgungen, der japanische Krieg, die Revolution. Nehmen wir dagegen die Auswanderung aus

Deutschland nach den Vereinigten Staaten, so ist diese während der ganzen trockenen Zeit von 1893 an sehr klein geblieben und hat nicht die Hälfte jener Zahlen erreicht, die sie in den Achtziger- und am Anfang der Neunzigerjahre aufwies. Fraglos spielt hierbei auch der enorme industrielle Aufschwung mit, der eine Menge von Arbeitskräften in Deutschen Reiche festhielt, die sonst vielleicht ausgewandert wären. Aber die Trockenheit mit ihren guten Ernten darf als Mitursache nicht außer acht gelassen werden.

Tritt in dieser Weise der Einfluß des Klimaschwankungen in den Auswanderungszahlen aus Europa in die Vereinigten Staaten in Erscheinung, so macht es sich nicht minder auch in der Besiedlung der Vereinigten Staaten geltend.

Ein hervorstechender Zug in der Verteilung der Bevölkerung tritt hier beim Vergleich der Resultate des Zensus verschiedener Jahre hervor. Der Schwerpunkt der Bevölkerung wandert langsam in der Richtung nach Westen. Es hängt das mit der rapiden Besiedlung des fernen Westens der Vereinigten Staaten zusammen, die sich besonders in den Siebziger- und Achtzigerjahren des vergangenen Jahrhunderts vollzogen hat. In den Staaten westlich des Mississippi hat die Bevölkerung von 1870 auf 1880 um 79% zugenommen, dann von 1880 auf 1890 um 71%. Das sind Mittelwerte; doch war die Zunahme in einzelnen der Staaten vielmals größer. Von 1890 auf 1900 macht sich dagegen nur eine Zunahme der Bevölkerung um 32% geltend. Es ist hier also ein Rückschlag in den Weststaaten unverkennbar, der den atlantischen und auch den zentralen Staaten fehlt.

Fragen wir nach den Gründen dieses Rückschlages, so ist es gar keine Frage, daß die Weststaaten in der kurzen Zeit von 1870 bis 1890 durch Einwanderung ihre Bevölkerung auf einen Stand gebracht hatten, der für die dortigen Verhältnisse schon einer Sättigung mit Einwohnern entspricht. Nicht beachtet und meines Erachtens gewiß nicht zufällig ist nun die Tatsache, daß diese rasche Besiedlung des fernen Westens der Vereinigten Staaten in eine Zeit hohen Niederschlages fällt. Nach statistischen Zusammenstellungen über die Niederschlagsverhältnisse der Vereinigten Staaten zeigt sich, daß von Anfang der Siebziger- bis Mitte der Achtzigerjahre das Innere der Vereinigten Staaten eine Serie ausgesprochene Trockenperiode. Ihr möchte ich es zum Teil zuschreiben, wenn die Bevölkerungszunahme in den Weststaaten von 1890 bis 1900 nur so geringe Beträge aufweist.

Aber noch mehr. Die Bevölkerung der Weststaaten ist beim Einsetzen der Serie trockener Jahre zum Teil gezwungen worden, Gebiete wieder zu verlassen, die sie in der vorhergehenden feuchten Zeit besiedelt hatte. Damals boten sie dem Ackerbau in ausreichender Menge Wasser, das in der Trockenzeit der Neunzigerjahre des XIX. und am Anfang des XX. Jahrhunderts fehlte. Die Karten der Bevölkerungsdichte, die dem Zensuswerk beigegeben sind, lassen direkt erkenne, daß das bewohnte Areal von 1890 auf 1900 in den Weststaaten ganz erheblich abgenommen hat. Betrachtet man als bewohntes Areal dasjenige Gebiet, in dem die Bevölkerung mindestens zwei Menschen auf der englischen Quadratmeile zählte, so verminderte sich dasselbe vom Jahr 1890 auf 1900 in Neu-Mexiko um 61%, in Nevada um 86%, in Idaho um 58%, in Kansas um 12% usf. Eine Ausnahme macht nur Nord-Dakota. Das bewohnte Areal aller 13 Weststaaten zusammen hat sich von 1890 auf 1900 um rund 25.000 km² oder 15% vermindert. Die Größe dieser Fläche, aus der sich die Bevölkerung zurückgezogen hat, leuchtet erst voll ein, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die verlassene Fläche gleich vier Fünfteln Österreichs ist.

Was sind die Ursachen dieses Rückflutens der Bevölkerung aus den exponierten Gebieten des Westen? Auch hier darf man nicht einseitig in einer einzigen Erscheinung die Ursache suchen, sondern in einem komplexen System von solchen. Da die

Verminderung der Ökumene besonders schwach bevölkerte Gebiete betraf, so ist es ohne weiteres klar, daß sie Hand in Hand mit einer Verminderung des dem Ackerbau oder überhaupt der Landwirtschaft dienenden Areals erfolgte. Welche Ursachen hat nun der Rückgang des Ackerbaues? Diese Ursachen sind jedenfalls von Staat zu Staat verschieden. In solchen Staaten, wo der Ackerbau in engster Abhängigkeit vom Bergbau steht, weil er nur für die örtlichen Bedürfnisse der Bergbaudistrikte unterhalten wird, da zieht der Rückgang des Bergbaues naturgemäß auch eine Verminderung des Ackerbaues nach sich. Das ist in der Tat in Nevada geschehen und dürfte auch für einzelne Teile von Colorado zutreffen. Anders in solchen Staaten, in denen die Landwirtschaft die erste Rolle spielt, wie in Kansas, Wyoming und Nebraska. Hier ist der Rückgang des Ackerbaues fraglos auf die Trockenzeit zurückzuführen, die sich seit der zweiten Hälfte der Achtzigerjahre, besonders aber seit Anfang der Neunzigerjahre geltend gemacht hat. Diese Staaten zeigen überall in der Landschaft Spuren des Rückganges des Ackerbaues in Form von verlassenen Farmen. Dabei hat sich die Bevölkerung nicht eigentlich vermindert. Sie ist nur aus den exponierten Gebieten der Ackerbauregion in die fruchtbareren übergesiedelt oder auch in die Städte gegangen, wo Industrie und Handel blühen. Kleine Landstädtchen dagegen, die in erster Reihe für die ackerbaubetriebende Bevölkerung der Farmen als Verkehrszentren angelegt worden waren, zeigen einen erheblichen Rückgang. Wenn Nord-Dakota, das ja in erster Reihe ein ackerbaubetriebender Staat ist, von 1890 bis 1900 immer noch ein gewaltiges Anwachsen der Ökumene aufweist und Süd-Dakota wenigstens doch keinen Rückgang, so führt sich dies darauf zurück, daß diese Staaten erst verhältnismäßig sehr spät besiedelt worden sind und daher noch beim Einsetzen der Trockenperiode imstande waren, weitere Ansiedler aufzunehmen. In Nebraska und Kansas und in allen anderen Staaten, die entsprechende Verhältnisse aufweisen, waren in der feuchten Periode weite Gebiete unter den Pflug genommen worden, die in der folgenden Trockenzeit den Ertrag verweigerten. In ihnen zeigt sich, wie entsprechend den Klimaschwankungen das anbaufähige Areal Schwankungen erleidet. Auch Utah läßt das erkennen. Hier ist in den Siebzigerjahren eine rasche Besiedlung erfolgt. Das Kulturland hat sich weit ausgedehnt, gleichzeitig war der große Salzsee hoch gestiegen. Die Mormonen führen das Steigen des Sees auf die Ausdehnung der Kulturländereien zurück und nahmen an, daß dadurch der Niederschlag vermehrt worden sei. Die um die Mitte der Achtzigerjahre einsetzende Trockenzeit hat aber den Seespiegel wieder sinken lassen müssen. So hat sich hier gezeigt, daß jene Änderungen des Niederschlages nichts mit der Kulturarbeit des Menschen zu tun haben. Sie vollziehen sich unabhängig von der letzteren, entsprechend den auf der ganzen Erde auftretenden Klimaschwankungen.

Werfen wir einen Blick zurück! Mißernten im Gefolge von feuchten Perioden begünstigen in den ozeanischen Gebieten Europas eine gewaltige Auswanderung. Gleichzeitig ermöglichen dieselben feuchten Perioden in den kontinentalen Vereinigten Staaten von Nordamerika die Gewinnung weiter Areale für den Ackerbau. Da setzt die Trockenperiode ein. Der Impuls zur Auswanderung verringert sich in den ozeanischen Gebieten Europas und in den kontinentalen Staaten Amerikas wird die Bevölkerung aus weiten, vorher anbaubaren Gebieten zurückgeworfen. Fürwahr, große Völkerwanderungen sind es, welche wir unter dem Einfluß der Klimaschwankungen sich vollziehen sehen. Sind die letzteren auch nicht die einzige Ursache, die den Völkerstrom in Bewegung setzte, so verrät dieser doch in seinem Ebben und Fluten deutlich ihren mächtigen Einfluß. Politische und wirtschaftliche Krisen, die die Industrie betreffen, die aber selbst in einer gewissen Abhängigkeit zum Ernteausfall stehen können, vermögen

diesen Einfluß nicht zu verschleiern; in den Mittelzahlen für größere Zeiträume tritt er stets klar hervor.

Die gewaltige Erscheinung der Massenauswanderung aus der alten in die neue Welt wird im allgemeinen nicht als Völkerwanderung bezeichnet, obwohl die hier bewegten Menschenmassen weit größer gewesen sind als diejenigen, die in den verschiedenen Völkerwanderungen der Geschichte aus Zentralasien nach Europa oder China herabstiegen.

Fraglos sind auch die Vorgänge bei dieser modernen Völkerwanderung viel komplizierter und die Ursachen derselben daher schwerer zu isolieren. Dafür bietet sie uns den großen Vorteil, daß wir sie ziffermäßig verfolgen können und daß wir zur Untersuchung der Frage nach dem Einfluß der Klimaschwankungen ziffermäßig Material sowohl für die Niederschläge als auch für die Ernteerträge und Getreidepreise verwenden können. Das fehlt bei der Verfolgung der Ursachen der Völkerwanderungen der Geschichte; vor allem entziehen sich die Verhältnisse in der Heimat jener Reiterhorden, die aus dem Inneren Asiens hervorbrachen, unserer Kenntnis und wir können nicht sagen, was den Aufbruch jener Scharen verursachte. Nur vermuten können wir, daß auch hier Klimaschwankungen zugrunde lagen. Aule Stein hat uns mitten im Sande des Tarimbeckens Ruinenstätten an Stellen kennen gelehrt, wo heute die Wüste sich dehnt und menschliche Siedlungen unmöglich sind. Noch liegt das reiche, von ihm gesammelte Material an Dokumenten, das er in jenen Wüstenstädten gewonnen, nur zum kleinsten Teil veröffentlicht vor; aber schon zeigen sich gewisse große Züge in der Besiedlungsgeschichte jener Region. Es ergibt sich, daß eine Reihe von Siedlungen, die in den Beginn unserer Zeitrechnung fallen, gegen Ende des III. Jahrhunderts zugrunde gehen. Es dürfte kein Zufall sein, daß wenige Jahrzehnte später die Hochflut der Völkerwanderung das mittlere und westliche Europa erreicht. Es soll damit nicht gesagt sein, daß es gerade die Bewohner jener heute in Ruinen vorliegenden Siedlungen waren, welche bis Europa vordrangen. Der Untergang jener Siedlungen erscheint uns nur als Symptom einer Klimaverschlechterung, die besonders die Steppengebiete Zentralasiens unbewohnbar machte.

Ebenso ist der Mongoleninvasion eine Klimaverschlechterung in Asien vorausgegangen. Für diese liegt ein sicheres Symptom vor: Das Kaspische Meer hatte, nach Bauwerken an seiner Uferzone, deren Alter sich bestimmen ließ, im XII. Jahrhundert einen Tiefstand wie niemals nachher und wie lange Zeit nicht vorher. Ein solcher Tiefstand kann nur durch große Trockenheit hervorgerufen worden sein. Diese Trockenheit kann aber nicht lokal gewesen sein, sondern muß, wie das ganze Gebiet der Wolga, so auch weite Gebiete Zentralasiens mitbetroffen haben. In ihr möchte ich die Veranlassung zum Einbruch der Mongolenscharen nach Europa wie nach Indien und China sehen. So spricht denn gar manches dafür, daß auch die Völkerwanderungen der Vergangenheit durch große Klimaschwankungen verursacht worden sind. Huntington hat geradezu von einem Pulsschlag Asiens gesprochen. Rhythmisch wie der Puls schlägt, so wirft Asien entsprechend den Schwankungen des Klimas von Zeit zu Zeit Völkerwellen in die peripheren Gebiete der alten Welt. Drohend branden sie an den Grenzen der Kulturgebiete Europas; teils verlaufen sie sich hier, teils werden sie zurückgeworfen. Daß auch hier politische Verhältnisse mitspielen, soll nicht geleugnet werden. Aber dies selbst sind wieder von den wirtschaftlichen abhängig. Es wirken zweifellos Klimaschwankungen bei Völkern niedriger Kultur noch viel mehr auf Völkerbewegungen ein als bei kulturell hochstehenden Völkern, indem sie dem Ebben und Fluten der Völkerwellen ihren Rhythmus aufprägen.⁴⁴⁸

Anmerkung.

1) Vergl. zum Vorliegenden die folgenden Publikationen:

Brückner, Ed., Klimaschwankungen seit 1700. Wien, 1890.

— Über die praktische Bedeutung der Klimaschwankungen.

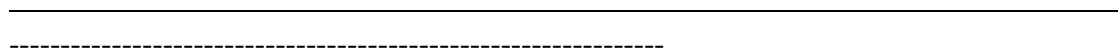
Compte rendu du Vme Congr. des Sc. géogr. Bern, 1892, S. 618 ff.

— Rußlands Zukunft als Getreidelieferant. Beilage zur Münchener Allgem. Zeitung vom 19. Nov. 1894.

— Der Einfluß der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge und Getreidepreise in Europa. Geographische Zeitschrift, I. 1895, S. 39 ff.

— Zur Frage der 35jährigen Klimaschwankungen. Petersmann's Mitteilungen, 1902, S 173 ff.

— Klimaschwankungen und Völkerwanderungen im XIX. Jahrhundert. Internationale Wochenschrift für Wissenschaft, Kunst und Technik, 1910, 5. März.



11. The settlement of the United States as controlled by climate and climate oscillations⁴⁴⁹

In the two months of our Transcontinental Excursion, arranged in so hospitable a manner by the American Geographical Society, each of the European members visiting America for the first time has without doubt obtained impressions of the greatest value and so numerous that a long time would be necessary to work them out. I think one of the most important impressions was the observation of the enormous differences in the climatic conditions of the various parts of the United States. We started from the humid east, where woods and meadows cover the ground and an abundant agriculture is possible. A ride of one night brought us from Duluth with its great woods to the borders of the prairies in the neighborhood of Fargo. Nevertheless rich crops of wheat are harvested here. As the rainfall diminishes to the west the grain fields gradually disappear, and in the "bad lands" of the Little Missouri we were in a half-desert region, where vegetation requires a regular water supply, in so far as it is found only along the rivers. Much of the western region is of this character and may be called half-desert. Regions which are fully desert are rare. We have seen such regions only in the Great Basin on the bottom of the extinct Lakes Lahontan and Bonneville. Fortunately only the plains and the lower mountains show these features. The higher mountains, on the other hand, are able to condense the vapor of the air and therefore enjoy a greater rainfall.

Nevertheless the half-desert regions today are to some extent inhabited and now yield good crops. Man has by his skill and by his work in many cases made out of a desert a paradise. In the neighborhood of Coulee City on the Columbia Plateau we saw the admirable results of dry-farming. By an ingenious choice of the sequence of grain and by a not less ingenious use of the natural water supply furnished by rain, crops are produced, not very rich, but giving a good return to the farmer who practices extensive agriculture.

Much greater success attends his efforts where it is possible to utilize, in the streams that flow down from them, the water fallen as rain in the mountains, for the irrigation of the arid and semi-arid plains. Where once was a desert we now see rich orchards. During the Excursion we saw extensive oases of this nature, which had developed in a few years in the Yakima valley, Washington, at the Dalles on the Columbia River, at Salt Lake City, at Grand Junction, Colorado, and at Phoenix, Arizona. Indeed fruit trees find here the best conditions which can be imagined. In humid regions the water supply by rainfall decreases the temperature of the air by diminishing the amount of radiation from the sun because of clouds. In the irrigated regions of the West that is not so: the fruit trees receive their water from beneath without an interruption of the radiation of the sun.

Wonderful results are obtained by the co-operation of governmental and private work, the government studying through its Geological Survey and its Reclamation Service the available water supply and making it possible of utilization by building canals, reservoirs, etc. To-day the water available for irrigation is not yet exhausted. In the Yakima valley the government will provide the water supply for 34,000 acres beyond the area now under cultivation. In the neighborhood of Phoenix 160,000 acres are under irrigation to-day. But the area might be increased by the water supply already available to 230,000 acres, of which 190,000 can be irrigated directly by surface supply, regulated by the Roosevelt Dam, and 40,000 by pumping ground water.

⁴⁴⁹ Read on October 18, 1912, at the scientific meetings held after the return of the Transcontinental Excursion to New York.

Surely to-day an increase in population by using to a greater extent the water available for irrigation is possible in some regions, but not indefinitely. The available water is controlled by climate, and, therefore, there is a limit beyond which man cannot go. But still more. This limit would be constant only if rainfall and the other meteorological conditions which control the water supply, or - in other words - only if climate were constant. Now we have proofs that climate is not constant but that there are climatic oscillations of importance which affect to a marked degree rainfall and temperature.

Some years ago I showed that such oscillations of climate are observable over the whole world. They consist, on the continents, of an alternation of relatively warm and dry with relatively cool and humid periods. Taking only the last century, we have series of humid and cold years about 1815, 1850 and 1885, series of warm and dry years about 1830, 1865, and 1900.

In an extensive paper published in 1890.¹⁾ I have worked out the meteorological observations of about 800 stations, distributed over the whole world. I proved that climatic oscillations are simultaneous on the whole earth, oscillations of temperature being the initial cause. The oscillations of temperature cause oscillations of the distribution of air pressure. During a warmer period the pressure is distributed in such a manner that the overflow of air from the Ocean to the continents diminishes, while during a cooler period, on the contrary, it increases. Therefore during a cooler period the continents receive more humid air and more rain than during a warmer period. Coolness and humidity coincide on the continents, while the oceans and also some of the coastal regions of the continents receive less rainfall during the cool periods.

It is not possible to reproduce here the detailed tables given in the book mentioned above which illustrate climatic oscillations up to 1885. I will only give some examples of the oscillations of rainfall.

⁴⁵⁰ Original Titles in German: Ed. Brückner: *Klimaschwankungen seit 1700 nebst Beobachtungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit*. Wien 1890. 324 pp.

See also the following papers treating climatic oscillations:

Ed. Brückner: *Über die Bedeutung der Klimaschwankungen für das praktische Leben*, *Compte rendu du Vme Congr. intern. des Sc. geogr.*, Bern, 1892, pp. 616-623

— *Rußlands Zukunft als Getreidelieferant*, *Beilage zur Münchener Allgem. Zeitung* Nov. 19, 1894.

— *Der Einfluss der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge und Getreidepreise in Europa*, *Geographische Zeitschrift*, Vol. I, 1895, pp. 39-51, 100-108.

— *Zur Frage der 35jährigen Klimaschwankungen*, *Petermanns Mitteilungen*, 1902, pp. 173-178.

— *Klimaschwankungen und Völkerwanderungen im XIX. Jahrhundert*, *Internationale Wochenschrift für Wissenschaft, Kunst und Technik*, 1901, March 5.

— *Klimaschwankungen und Völkerwanderungen. Vortrag gehalten in der feierlichen Sitzung der K. Akademie der Wissenschaften am 31. Mai 1912*. Wien, 1912, 24 pp.

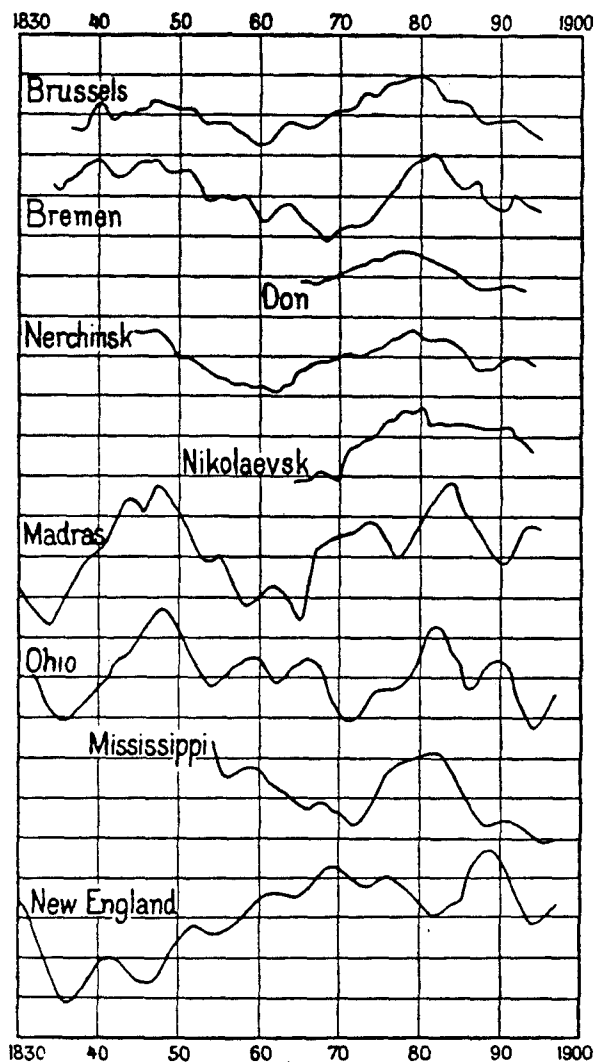


FIG. 1. Oscillation of rainfall in various regions of the world

Horizontal divisions=100 mm. rainfall.

They are shown by the curves of Figure 1. They give the rainfall of various meteorological stations which represent different regions of the world: Brussels represents western Europe; Bremen central Europe; Nerchinsk, the central part of eastern Siberia; Nikolaevsk on the Amur, the Pacific coast of Siberia; and Madras, India. European Russia is represented by the average of a great number of stations in the basin of the Don River. The United States is represented by three curves, one calculated from the observations of a great number of stations in the upper Ohio Valley, the second calculated in the same manner for the central part of the Mississippi Valley, and the third for New England. I do not give the data for each year, because there are many minor irregularities due to local thunder-storms, local heavy rains, etc. But for each year I use the average of the ten years of which it represents the center, viz.: for the year 1835, the average of the years 1831-40; for 1836, the average of 1832-41; for 1837, the average of 1833-42, etc.

It will readily be seen that in all parts of the world represented in the diagrams, with the single exception of New England, there is a maximum of rainfall about 1845-1850, a minimum about 1860-1870, another maximum about 1880, followed by a

decrease of rain until the end of the last century. The oscillations are rather great, the difference between the maximum and the minimum amounting, in the most continental regions of the earth, to 50 per cent and more. Only the curve representing the fluctuation of rainfall in New England has another rhythm, having maxima in 1869 and in 1889; but we must keep in mind that the climate here is quite oceanic, and therefore the oscillations of rainfall follow the oscillations of rainfall on the Ocean, which are the converse of the oscillations on the continents, as stated above.

This raises the question: Are these oscillations of climate felt in the history of the settlement of the United States?

One of the most characteristic features in the distribution of the population in the United States is the displacement of the center of population in a westerly direction. The censuses of the different decades show this very clearly. It is caused by the rapid settlement of the Far West, which took place principally in the 70's and 80's of the last century. The following table shows this. It concerns the states west of the first tier of states adjoining the Mississippi on the west. The increase in population is given in percentage of the population at the beginning of each decade. For example, in Montana the increase of population from 1870 to 1880 was 91% of the population in 1870; from 1880 to 1890, 238% of the population in 1880, etc.

**INCREASE OF POPULATION (%) IN THE UNITED STATES
FROM 1870 TO 1900**

| | 1870-80 | 1880-90 | 1890-1900 |
|-------------------------|---------|---------|-----------|
| Montana | 91 | 238 | 70 |
| Idaho | 117 | 118 | 83 |
| Wyoming | 128 | 192 | 48 |
| Nevada | 46 | -26 | -11 |
| Utah | 66 | 44 | 31 |
| Colorado | 388 | 112 | 31 |
| Arizona | 319 | 47 | 39 |
| New Mexico | 30 | 29 | 22 |
| North Dakota | 1435 | 395 | 67 |
| South Dakota | 734 | 235 | 15 |
| Nebraska | 267 | 134 | 0 |
| Kansas | 173 | 43 | 3 |
| Texas | 94 | 40 | 36 |
| North Atlantic Division | 18 | 20 | 21 |
| South Atlantic Division | 30 | 17 | 18 |
| North Central Division | 34 | 29 | 18 |
| South Central Division | 39 | 23 | 26 |
| Western Division | 79 | 71 | 32 |

The table demonstrates very clearly the rapid settlement of the Far West and the enormous growth of the population from 1870 to 1880 and also from 1880 to 1890. But afterwards the growth became slow.

In the table are also given the corresponding data for the great divisions of the United States used in the census reports. It is very easy to see that the enormous growth from 1870 - 1890 is confined to the western states and that the retardation of the growth since 1890 is also marked only in the western states. This phenomenon is without doubt due in large measure to the fact that the population in the western states had grown by immigration from 1870 to 1890 so much as to fill the region completely or nearly completely. But one point seems to me to have been overlooked: the rapid settlement of the Far West from 1870 to 1890 coincided with the period of great humidity. The rainfall in this period was relatively great; the years in which it exceeded the average were especially numerous, more so than before. Since 1890 there has come a dry period. I suppose that the desiccation of the climate since 1890 must also be taken into account if

we wish to explain the small increase of the population since 1890, the drier weather resulting in poor crops.

Again, because of the dry period which began in 1890 the population of the Far West was obliged to abandon large areas which were settled in the preceding wet period. In the wet period there was a sufficient water supply for the farmer - not so at the end of the last and at the beginning of our century, with its smaller rainfall. The diminution of the inhabited area is very clearly to be seen on the maps of density of population published in the United States census reports. I have measured upon the map giving the density of population for 1890 the area which had a population of at least 2 per square mile. This measurement I repeated upon the map for 1900. The following table gives the comparison of the results. The states with an increase in the inhabited area are designated plus; those with a decrease, minus. Because the inhabited region is of different size in the different states I have also calculated the decrease in the inhabited area in percentage of the total area of each state.

**VARIATION IN THE INHABITED AREA IN THE WESTERN STATES
FROM 1890 TO 1900**

| | Inhabited Area in Sq. Kilometers, 1890 | Variation 1890-1900 | |
|--------------|--|---------------------|----------|
| | | Sq. km | Per Cent |
| | | 644447448 | |
| Montana | 130,000 | -15,000 | -12 |
| Idaho | 101,900 | -59,200 | -58 |
| Wyoming | 61,300 | -9,600 | -16 |
| Nevada | 32,400 | -27,900 | -86 |
| Utah | 60,400 | -2,100 | -3 |
| Colorado | 199,100 | -68,800 | -35 |
| Arizona | 34,700 | -5,800 | -17 |
| New Mexico | 114,200 | -69,800 | -61 |
| North Dakota | 50,800 | +38,500 | +76 |
| South Dakota | 113,500 | +1,100 | +1 |
| Nebraska | 153,400 | -6,100 | -4 |
| Kansas | 186,000 | -22,100 | -12 |
| Texas | 368,800 | +14,200 | +4 |
| Total | 1,638,700 | -242,800 | -15 |

Most of the states show a very conspicuous decrease in the area with a population of 2 or more per square mile or, in other words, in the inhabited area. If we take all thirteen states together, we find a total decrease in the inhabited area of 242,800 square kilometers (100,000 square miles in round numbers), or of 15% of the inhabited area of 1890. That is a great deal and is very significant.

If we seek the reason for this remarkable phenomenon of the ebb of the population of the exposed parts of the Far West, we must bear in mind that it was especially the thinly populated regions which suffered the decrease. There is therefore no doubt that the recession of the population is accompanied by a decrease in the area used for agricultural purposes.

But what is the reason for the retreat of agriculture? Evidently the reason is somewhat different in the different states. In states like Nevada or a part of Colorado, where agriculture depends closely upon mining because it is especially for the use of the mining districts that grain is here cultivated - and that with great difficulty - the decrease in mining activities has also caused a decrease in agriculture. But in states where agriculture is of prime importance, such as Kansas, Wyoming and Nebraska, I am inclined to think that the decrease in agriculture is due to the dry period which began in 1890. In these state, it is reported, one may often see abandoned farms as a sign of the

retreat of agriculture. Nevertheless the population of the states as a whole has not diminished; it is only concentrated in the more favorable regions and in the towns, while the drier regions have been abandoned. One exception to the rule is seen in Dakota. Here no sign of a retreat of the population is apparent; on the contrary, here the inhabited area has increased from 1890 to 1900. To be sure, in 1890 this region was very far from being fully populated. In Kansas and Nebraska, on the contrary, wide areas had been put under the slough in the wet period which, in the following dry period, failed to yield crops. This is a very clear instance of how climatic oscillations control settlement near its border toward the desert.

Now we are in the beginning of a new humid period. The rainfall in the United States has been increasing during the past few years. About 1920 we may expect a maximum of humidity. For there can be no doubt that the oscillations of climate will continue, since they have been followed back to Europe over 700 years, each oscillation having from maximum to maximum a duration of about 35 years. Therefore it must not be forgotten that the irrigation works which are now under construction have better conditions than in the middle of a dry period. In the next dry period the rainfall will be less; therefore the flow of water and the water available for irrigation will also be diminished. For irrigation projects of long duration it is necessary to keep this in mind. They should be adapted to the water supply of dry periods. Therefore the climatic conditions of the dry periods will control the areas of permanent settlement. Outside of these there always will be a region fit for settlement in the wet period, but uninhabitable in the dry. Doubtless, in many districts which are now being irrigated, the limit imposed by the water supply of the dry period has not yet been reached. In other districts it may be already. Here the next dry period will first show that the settlements are controlled in a very high degree by the oscillations of climate.

In the case of Great Salt Lake the oscillations of climate might influence human activity in other respects. The level of Great Salt Lake is not constant. As the lake has no outlet and the water brought in by streams and by rainfall is entirely absorbed by evaporation, it is highly dependent upon climatic oscillations. Since the close of the dry period just after the middle of the last century, the lake rose more than 12 feet up to about 1880, with a maximum during the wet period. When the dry period came it fell to a low level. But now it is rising again. During our excursion Mr. Hood, Chief Engineer of the Southern Pacific Company, gave us a table showing that the level of the lake was low at the beginning of the present century, but that since 1905 or 1906 it has risen no less than 6 feet. There can be no doubt that these oscillations of the lake are due to the oscillations of climate. I am aware that in general some other causes have been considered. When the lake rose before 1880, the people living in the neighborhood believed that it was the cultivation of the dry area which caused greater rainfall. But after 1880, when the rainfall diminished while the area under cultivation increased, cultivation was again said to be the cause of the diminution of the rain through greater evaporation. Now the lake rises and so shows an increase of rainfall, while the cultivation of the dry area is continually growing. This shows very clearly that the variations in rainfall are quite independent of man's work. They are simply the expression of the oscillation of climate.

Now the Union Pacific Railroad has built an embankment across the lake to shorten the road. The top of this embankment with the rails is to-day only a few feet above the level of the lake; I estimated from the window of our train about 5 feet, no more. If the future rise of the lake from the dry to the wet period will be as great as it has been before the maximum of about 1880, we must expect that in the middle of the next

wet period, which we may expect about 1920, the level of the lake will be 6 feet higher than to-day and therefore will just cover the tracks.

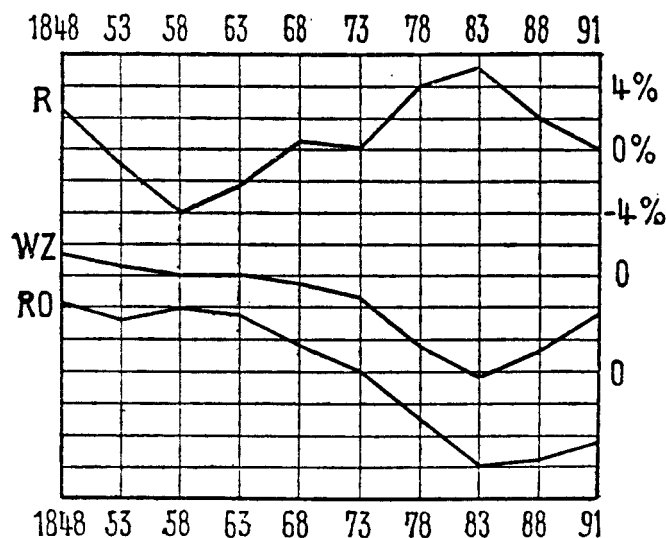


FIG. 2. Relation of rainfall @ to crops (WZ and RO) in Prussia

Grain production and rainfall are indicated in percentages of the variation from their respective means, which are based on a long series of observations. One division of the former is equivalent to 5% variation; of the latter to 4%.

But in another way also the settlement of the United States is controlled by climatic oscillations. At the beginning of this paper I showed by a series of curves (Fig. 1) that the oscillations of rainfall in Europe and in the United States coincide and that the two continents have simultaneous wet and dry periods. Now, the weather influences crops, but in a very different manner. In the United States the wet years are the good years, because in the cereal region with its high summer temperature the rainfall is in general not very abundant. On the contrary, in the western part of Europe, including Germany, the dry years are good years since here in the cool climate the crops suffer because of too much humidity. The following Figures 2 and 3 may elucidate the relation between rainfall and crops in the western part of Europe. Above and beneath the diagrams are given the years, each year representing the middle of a lustrum, viz. 1848 the lustrum 1846-1850, 1853, the lustrum 1851-1855, etc. The curves marked R give the fluctuation of rainfall in percentage of the average. In Figure 2, WZ means crop of wheat expressed in percentage of an average crop; RO means crop of rye.

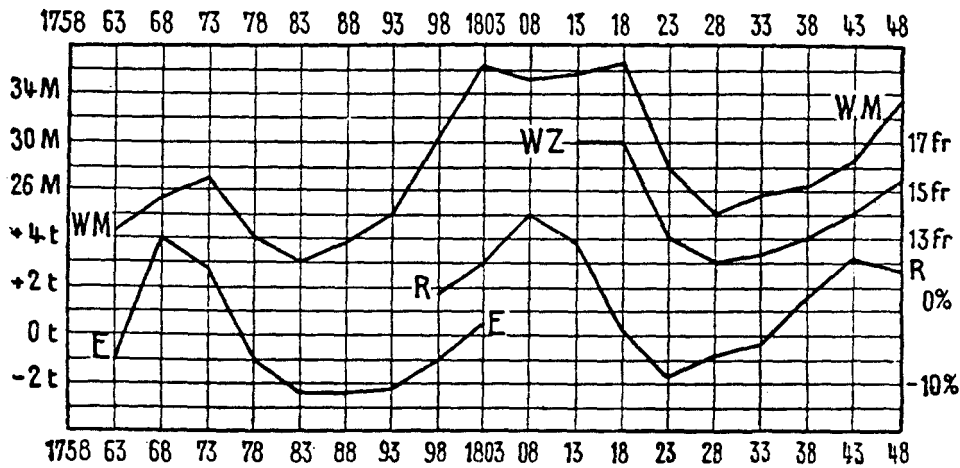


FIG. 3 Relation of rainfall (R and E) to price of grain (WM and WZ) in Central Europe

WM = price, in marks, of a Bavarian bushel of wheat in Munich (1 division = 2 marks); WZ = price, in francs, of 50 kilograms of wheat in Zurich; R = rainfall in South Germany (1 division = 3% variation from the mean of many years); E = date of the vintage in South Germany and Switzerland, which varies proportionally with the rainfall, being late in moist and early in dry years (1 division = 1 day; the mean of many years is marked 0t).

Figure 2 shows that, when the rainfall increases in Prussia, the crops decrease and vice versa. The crops were good in the dry years about 1860, but very bad in the wet years about 1880; in the following drier period they increased again.

As the crop statistics do not go back very far I have taken the price of grain as a criterion for the quality of the crop; for, before an international commerce in grain existed, the price of grain in a country was always a function of the crop of that country. When the crop was bad, the price was high and vice versa. In Figure 3 the curve WM shows the variation of the price of wheat at Munich (marks per Bushel); WZ, of the price of wheat at Zurich (francs per Bushel). E means the date of the vintage, which is a good measure of the rainfall, the grapes being harvested earlier in the dry years, as I have shown in the paper mentioned above.

The figure shows at a glance that in the wet periods about 1770, 1810 and 1845 grain was dear; in the dry periods about 1785 and 1830, cheap.

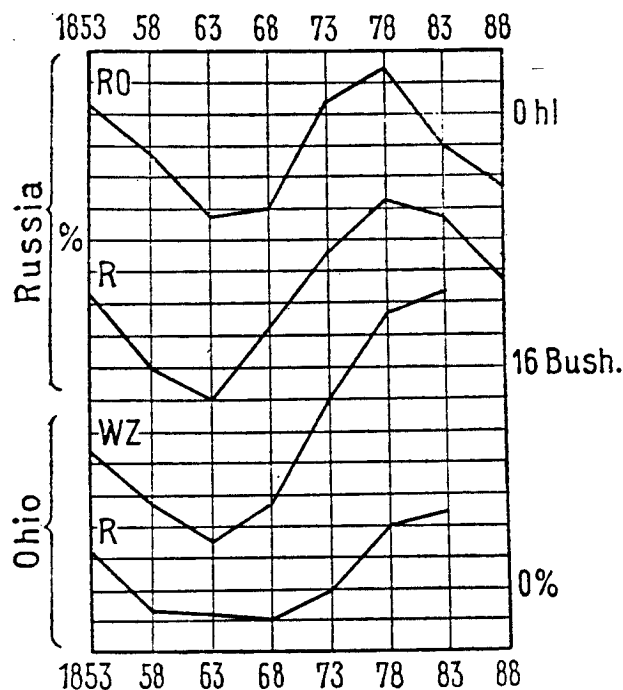


FIG. 4. Relation of rainfall ® to crops (RO and WZ) in Russia and in Ohio

One division is equivalent to 2% for the rainfall (R); to 1,500,000 hectoliters for the increase in the export of rye from Russia (RO); and to 0.8 bushel per Acre of the wheat crop in Ohio (WZ). (The variation in the increase of the rye export from Russia was determined as follows: A straight line was drawn, according to the method of least squares, through the recorded quantities exported from 1851 to 1890, and the differences for every five years between these values and those actually observed were then plotted.)

In the continental climates of Europe the relation between rainfall and crops is the same as in the United States. In Russia the crop of rye increases and decreases with the rainfall as in Ohio (see Fig. 4).

These conditions are of great importance for the emigration from Europe and the immigration into the United States. The accompanying figure (Fig 5) gives a diagram showing the oscillation of rainfall in the United States and in western Europe, and under it a diagram showing the immigration into the United States, all curves being constructed by using five-year averages. In general the immigration into the United States increased from the beginning to the end of the curve. But the increase was not regular. In the wet period about 1850, very well pronounced in western Europe and in the United States, the immigration into the United States increased; in the following dry period it decreased. Five years after the 1880 maximum of rainfall in western Europe the immigration also had a maximum; it decreased materially in the next dry period. Only after 1900 it increased in an extraordinary manner.

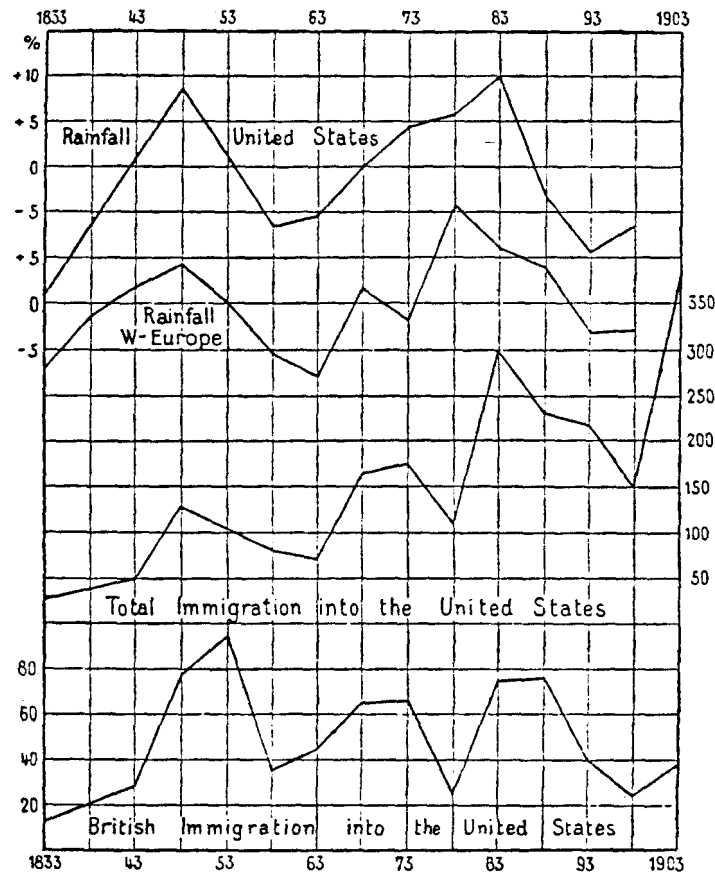


FIG. 5. The fluctuation of rainfall in the United States and western Europe as compared, respectively, with the total immigration and British immigration to the United States.

The curves are based on five-year totals and are not smoothed. The number of immigrants is given in ten thousands, rainfall in percentage of variation from the mean of many years.

The parallelism between rainfall and the emigration from Europe is to be seen much better when we compare only the curve of rainfall for western Europe with British emigration (Fig. 5), or the curve of rainfall for Germany and the curve of emigration from Germany (Fig. 6). The parallelism of these two sets of curves is striking. The reason for the parallelism is clear: the greater part of the emigrants coming from Europe to the United States are agricultural. The rainy period causes bad crops in western Europe, including Germany, and therefore gives an impulse to emigration. In the same period the greater humidity is associated with good crops in the United States. This fact is communicated by correspondence to the relatives of the immigrants remaining in Europe, and this furnishes an additional incentive to immigration. As greater rainfall and the bad crops resulting therefrom are the cause of the increase of emigration out of Europe, it is not astonishing that sometimes the fluctuations of the curve of emigration are five years behind the fluctuations of rainfall.

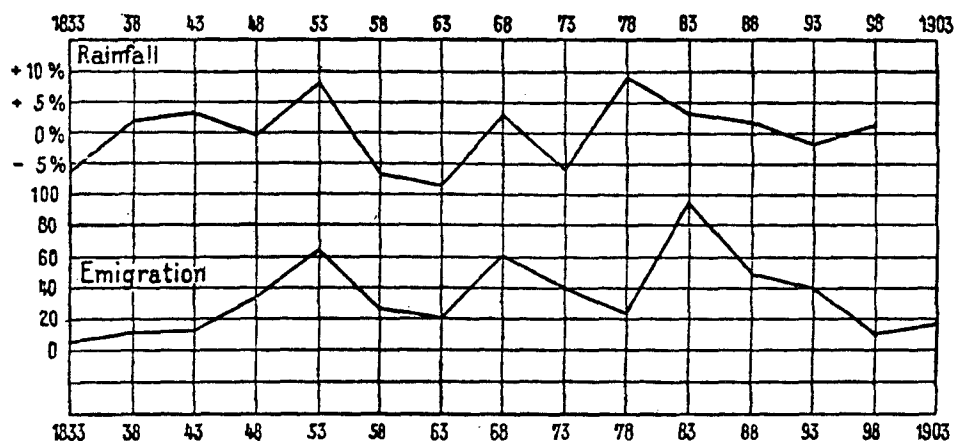


FIG. 6. Fluctuation of rainfall in Germany and of German emigration to the United States

The curves are based on five-year totals and are not smoothed. Rainfall is indicated in percentage of variation from the mean of many years; the number of immigrants into the United States, in ten thousands.

Since 1900 the coincidence between rainfall and immigration into the United States ceases; since then immigration has reached numbers never attained before. That seems to be an exception to our rule. But if we examine the composition of this immigration, we find that the immigration from Great Britain and Germany is now very small, but that Russia and the eastern parts of Austria and Hungary are sending enormous numbers of emigrants. Here, where the summer is hot and the rainfall small, as in the United States, wet years are good years, dry years are bad years. Therefore in the dry period about 1900 the impulse to immigration has been great. To be sure, especially in Russia, there are also political considerations to be kept in mind. They might be of more importance in this connection than bad crops.

While we have seen that there is a coincidence between the oscillations of climate and immigration into the United States, I am nevertheless far from overlooking other causes of emigration from Europe. The great density of population in Europe and the extended room available for settlement in the United States are constantly at work to induce emigration from Europe, and political causes are not lacking. But these forces, which are constantly at work, cannot veil the influence of climatic oscillations. The stream of immigrants to the United States ebbs and flows with the oscillations of climate, which give it a rhythmical impulse. And not only is immigration to the United States controlled by climatic oscillations, but also the settlement of the Far West, as we have seen.

Hans von Storch und Nico Stehr

Schlußbemerkungen

Klimawandel und Gesellschaft Heute

Die Diskussion über eine von Menschen verursachte globale Klimaveränderung wird zunehmend intensiver und kontroverser. Und in diesem Zusammenhang wird der Begriff "Treibhauseffekt" heute von fast jedermann verstanden. Ein amerikanischer Kongressabgeordneter erklärt, die Klimaerwärmung sei "die größte Gefahr für unseren Planeten". In einer kürzlich vom Gallup Institut durchgeführten Untersuchung, stellt die globale Klimaveränderung in der Rangliste der von der Öffentlichkeit in den Industrienationen aufgeführten Gefahren an erster Stelle. Selbst unter Wissenschaftlern zeigt man sich sehr beunruhigt, appelliert zum Teil direkt an die Öffentlichkeit und warnt vor einer bevorstehenden Klimakatastrophe.

Klima ist in der Tat eine der wichtigen Bedingungen für die Möglichkeit unserer Existenz. Schon deshalb ist das Klima seit Jahrhunderten eines der wichtigsten Themen menschlicher Reflexion. Ursprünglich und dann immer wieder, wenn auch in abgeschwächter Form, haben Wissenschaftler den Verdacht geäußert oder mit großer Sicherheit verkündet, daß Klima nicht nur Grundlage der menschlichen Zivilisation ist, sondern ihre besonderen Formen, Erfolge oder Zurückgebliebenheit hervorbringt und erklärt. Der Mensch ist deshalb je nach Klimaregion Opfer oder Begünstigter jeweiliger klimatischer Umstände. Allerdings ist der Mensch angeblich nicht nur ein durch Klima bestimmtes Geschöpf und Klima ist nicht nur ein Objekt menschlicher Reflexion, sondern wie wir in jüngster Zeit zunehmend feststellen müssen, auch Ergebnis menschlichen Handelns.

Noch vor wenigen Jahrzehnten ging die Klimaforschung davon aus, daß das Klima in historischer Zeit konstant sei. Heute gilt dagegen die Annahme, daß sich das globale Klima in kürzeren, also nicht nur geologischen Zeitabschnitten, verändern kann. Damit ist eine Frage wieder aktuell, die anscheinend ad absurdum geführt wurde, nämlich die nach den Auswirkungen des Klimas auf die Gesellschaft, die Wirtschaft, den Staat, Konflikte zwischen den Staaten, den Biographien des Einzelnen, die Grundlagen unserer Existenz, Gesundheit, Lebenserwartung und Wohlfahrt.

Wenn wir über Mensch und Klima sprechen, müssen wir also sowohl über die natürlichen Grundlagen und Unterschiede des Klimas sprechen, als auch über das Klima als Objekt alltäglicher Überlegungen einschließlich seiner wissenschaftlichen Rekonstruktion, den Einfluß der Gesellschaft und menschlichen Handelns auf das Klima, und schließlich über der Rückkoppelung zwischen sich verändernden Klimabedingungen und der Gesellschaft.

Es gibt kaum eine Frage, die den Menschen so fasziniert, wie die Benennung dessen, was angeblich die Menschheit beherrscht. Natürlich gibt es bestimmte Kräfte, die herausragen und ein besonderes Vertrauen als mächtige Einflüsse genießen. Gleichwohl ist die Zahl und Beliebigkeit der beherrschenden Momente fast nur durch unsere begrenzte Phantasie limitiert. Es werden immer wieder neue Wirkungsursachen entdeckt, wie etwa in jüngster Zeit die gravierende Bedrohung der Menschen durch gegen Antibiotika resistente Superbakterien oder neuartige Viren. Dennoch lässt sich eine gewisse Ordnung in diese Vielfalt bringen.

Die Geschichte der menschlichen Zivilisation kann man als die wachsende Emanzipation von Kräften begreifen, die den Menschen beherrschten. Ergebnis ist, daß sich der Mensch insbesondere aus der Natur ausgegrenzt hat. Der Mensch läßt die Natur hinter sich. Infolgedessen wird die Frage nach dem, was uns beherrscht, im Verlauf der Geschichte immer öfter mit dem Verweis auf Faktoren beantwortet, die der Mensch selbst zu verantworten hat. Die Säkularisierung ist ein großes Beispiel für die Umkehr in der Zuschreibung von Herrschaft. Die Frage, beherrscht uns die Technik, die, wie man weiß, in diesem Jahrhundert oft affirmativ beantwortet wurde, ist zunächst einmal eine sehr moderne Frage. Die Antwort liberaler und konservativer Kulturkritiker lautete oft einhellig: In der Tat, die Technik verselbständigt sich und beherrscht angeblich den Menschen. Es ist damit nicht mehr die Natur, die den Menschen beherrscht, sondern es ist der Mensch der über Menschen herrscht. Diese Herrschaft expandiert unablässig. Sie dehnt sich aber auch auf die Natur aus und wird zuletzt als Zerstörung der Natur thematisiert.

Es läßt sich aber nicht ausschließen, daß Antworten, die anscheinend vehement verworfen worden sind, nicht völlig dem zivilisatorischen Fortschritt zum Opfer fallen. Dies gilt besonders für den Klimadeterminismus. Klimatische Bedingungen sind seit Jahrhunderten eine dieser scheinbar unkontrollierbaren Bedingungen, die Herrschaft und Macht über den Menschen und seine Kultur ausüben. Schon in der Antike waren Plato, Aristoteles und Hippokrates man davon überzeugt, daß bestimmte Lebensformen und die Gesundheit streng an die Eigenarten der Umwelt gebunden waren. Der moderne Klimadeterminismus des achtzehnten Jahrhunderts -- Voltaire etwa sah in der Wüste den Ursprung des Monotheismus -- war bis vor wenigen Jahrzehnten unter Geographen, Philosophen, Soziologen, Historikern, Psychologen, Medizinern ein durchaus verbreitetes Erklärungsmodell menschlichen Handelns. Genauer wohl, des menschlichen Wesens. Seine intellektuelle und politische Nähe zur Rassentheorie, aber auch zum Nationalsozialismus, ließen ihn in Deutschland in der Nachkriegszeit langsam verstummen. Obwohl es weiter naive Versuche einzelner Wissenschaftler gab, sich gegen die Diskreditierung dieser Doktrin, sowie die des verwandten Geodeterminismus durch bloße Wiederholung zu stemmen.

Dennoch, es hat den Anschein, daß einmal diskreditierte Aufschlüsse durchaus zu neuem Leben erwachen können. Dazu gehört unserer Ansicht nach die oft nur noch rhetorisch gestellte Frage, beherrscht uns die Natur? Rhetorisch deshalb, weil die durch den Menschen verursachte Erkrankung und ihr Verfallsprozess häufig nur noch als Selbstverständlichkeit dargestellt wird. Die Naturbeherrschung verkehrt sich in ihr Gegenteil. Dies ist vielen unmittelbar evident. Es kommt erneut zur Naturverfallenheit des Menschen. Die ausgegrenzte Natur wird eingeholt; auch in der Wissenschaft. Das schon fast durch Begriffe wie Gesetz, Quantität oder Prozess ersetzte sehr viel konkretere Bild der Natur als eigenes Wesen wird wieder thematisiert. Es ändert sich die Redeweise von Natur. Mit der größeren Nähe der Natur zum Menschen und dem wieder wachsenden Einfluß der Natur auf Menschen wird die Natur menschlicher. Sie wird zum Beispiel als kranker Mitmensch thematisiert. Die Natur wird zum Patienten des Menschen. Sie mobilisiert aber auch neue und gefährliche Kräfte. Die Natur rächt sich und macht krank. Und damit wird eine der unheimlichen Kehrseiten wissenschaftlichen und technischen Fortschritts zunehmend erkennbar. Als Strafe dafür, daß der Mensch mit dem ökologischen Gleichgewicht gespielt hat, entstehen etwa, wird beispielsweise behauptet, bisher unbekannte, aber tödliche Viren. Die Reflexion über das Zusammenspiel von Natur

und Mensch mit Hilfe der medizinischen Terminologie hat ebenfalls eine lange Tradition. Die Umwelt war schon für Hippokrates Quelle von Krankheiten und dieses Bild ist später von der Wissenschaft, genau wie der Klimadeterminismus der Antike, mit großer Faszination und Furcht aufgenommen und ausgebaut worden. Im Mittelalter, aber auch später, war es keineswegs ungewöhnlich, die gravierende schädliche Einflüsse der Umwelt herauszustellen. Man ging davon aus, daß Krankheitsträger in der Form unreiner gasförmiger Ausdünstungen von nahezu jeder nur möglichen Quelle stammen konnte, aus Morast und Sümpfen, von Flußufern, Wäldern und dichtem Unterholz, sowie menschliche Wohnsiedlungen. Sie wurden für die Entstehung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten und Epidemien verantwortlich gemacht.

Mit der gegenwärtigen Thematisierung der Natur als leidende Kreatur, aber auch als Quelle von Krankheiten, wird nicht nur ein traditioneller Sprachgebrauch rehabilitiert, sondern die medizinischen Metaphern präjudizieren Lösungswege. Es fällt dem Laien schwer, diese Diagnose kritisch zu hinterfragen. Sie ist allgemeinverständlich, hat große Dringlichkeit und drängt unmittelbar zur Öffentlichkeit und zur Tat. Der Patient Natur und seine Krankheitssyndrome müssen politisch behandelt werden.

In der Debatte um das natürliche Klima läßt sich diese Umkehr, die gleichzeitig eine Rückkehr ist, besonders eindeutig dokumentieren. Es gibt zwar noch keine Globalisierung des Neo-Klimadeterminismus zumal das Klima in einigen Kulturen im Gegensatz zu Deutschland kein Reizthema ist. Durch die Aufheizung der Atmosphäre, Zerstörung der Ozonschicht, Abholzung von Wäldern, das moderne Transportwesen und ähnliche Prozesse kommt es zu einer Klimaveränderung in historischer Zeit. Die antizipierten Klimaveränderungen, deren Realität hier nicht zur Debatte steht, werden als Einstieg in pathologische Zustände der Natur interpretiert. Die Konsequenzen, um die es geht, liegen zunächst einmal auf der Seite der Natur. Das gesunde Gleichgewicht schlägt in einen Krankheitszustand um. Gleichzeitig sind die Folgen der Klimaveränderung die Kehrseite der Befreiung des Menschen vom Klima. Die Industrialisierung und sie ermöglichte technische Erfindungen kann man als Geschichte der wachsenden Emanzipation des Menschen vom Klima beschreiben. Die Natur bleibt aber nicht unverändert. Im Extremfall wird sie krank. Sie ändert damit notgedrungen ihre Beziehungen zum Menschen und seine Erfahrungsmöglichkeiten von Natur. Die Redeweise von der kranken Natur und die Kenntnis der Verursacher der Pathologie der Natur wird dann auch als eine Abstrafung für die eigennützig Aneignung und Behandlung der Natur verstanden, sowie als eindeutiger Hinweis, daß eine Umkehr unabdingbar ist und daß diese Verhaltensänderungen wohl nicht ohne Opfer möglich sind. Die besondere Sprechweise, ihre Nähe zur Medizin und Theologie, fordert eine Monopolstellung für sich ein. Anschlußprobleme werden durch vorgegebene Stichworte vorbestimmt und münden in einem Neo-Klimadeterminismus, besonders in den Naturwissenschaften. Der Neo-Klimadeterminismus ist sich aber oft der langen Reihe intellektueller Vorfahren nur mangelhaft bewußt, denn die Naturwissenschaften wachsen von der Außenhaut der Tradition und nicht dem Kern.

Dieser Neo-Klimadeterminismus manifestiert sich besonders in der Art und Weise in der über Auswirkungen und Gegenmaßnahmen der Klimaveränderungen gedacht wird. Obwohl die Diagnose noch mit Unsicherheiten behaftet ist, werden alle nur denkbaren Phänomene durch Klimaveränderungen gefährdet und erklärbar.

Gegenmaßnahmen müssen jetzt ergriffen werden, denn sonst kann es für Mensch und Natur und ihre "Lebensräume" zu spät sein.

Oft wurde in jüngster Zeit bemerkt, daß Sozialwissenschaftler und Geisteswissenschaftler der natürlichen Umwelt keine Beachtung geschenkt haben und daß erst im Gefolge zunehmender ökologischer Probleme die Aufmerksamkeit wuchs. Dieses Urteil ist nicht korrekt. Es trifft nur zu auf anthropogen bestimmte ökologische Probleme zu, nicht jedoch auf den Einfluß der Natur auf die Gesellschaft. Dieser war seit Urzeiten ein Thema von Forschung und Spekulation. Zudem haben sich viele Wissenschaftler in den Geistes- und Sozialwissenschaftler nicht an die etablierte Arbeitsteilung gehalten und weiter über Auswirkungen natürlicher Bedingungen auf das menschliche Kultur und Sozialleben spekuliert.

Generationen von Intellektuellen und Wissenschaftlern waren von der These fasziniert, dass das natürliche Klima den Menschen beherrscht. Für Werner Sombart stand bis in seine späte Schaffensphase fest: Boden und Klima im Verein entscheiden nicht nur über die natürliche Fruchtbarkeit eines Landes, sie bestimmen in weitem Umfange die Natur des Volkes, das sie entweder zur Indolenz oder zur Tätigkeit verleiten. Und selbst in jüngster Zeit stößt man auf Aussagen wie die Willy Hellpachs, bis Kriegsende Ordinarius für Sozialpsychologie an der Universität Heidelberg, badischer Kultusminister und nach dem Tod von Friedrich Ebert Reichspräsidentenskandidat der DDP, "je im Nordteil eines Erdraums überwiegen die Wesenszüge der Nüchternheit, Herbheit, Kühle, Gelassenheit, der Anstrengungswilligkeit, Geduld, Zähigkeit, Strenge, des konsequenten Verstandes- und Willenseinsatzes - je im Südteil die Wesenszüge der Lebhaftigkeit, Erregbarkeit, Triebhaftigkeit, der Gefühls- und Phantasiesphäre, des behäbigeren Gehenlassens oder augenblicklichen Aufflammens. Innerhalb einer Nation sind ihre nördlichen Bevölkerungen praktischer, verlässlicher, aber unzugänglicher, ihre südlicheren musischer, zugänglicher (gemütlicher, liebenswürdiger, gesprächiger), aber unbeständiger." Für den Philosophen Hegel war es fast eine Selbstverständlichkeit zu behaupten, daß eine "Kultur" sich eigentlich nur im Rahmen eines moderaten Klimas entwickeln kann. Man war überzeugt, daß unterschiedliche klimatische Regionen so etwas wie ein Eigenleben führen und den Menschen ihre Gesetze aufzwingen: Bald waren bestimmte Räume religiös steril, bald waren sie religiös fruchtbar. Friedrich Nietzsche wünschte Despoten Länderstriche, in denen das Wetter, wie er sagt, moralisch ist, also nicht unberechenbar und wechselhaft. Die großen Lexika aus der gleichen Zeit unterstellen es bis in unsere Zeit als Tatsache, daß ethnische Unterschiede Ausdruck klimatischer Unterschiede sind. Das diese Thesen aber nicht im 17. Jahrhundert verbreitet sind, sondern von vielen bis auf den heutigen Tag als gesicherte Erkenntnis verbreitet werden, überrascht doch etwas. Das Anderssein, die Kontraste zwischen den Völkern wurde immer wieder naiverweise dem Klima zugeschrieben. Ethnische Identität war und ist in vielen Köpfen untrennbar mit Klima verbunden. Die Beliebtheit der Verstrickung wird schon dadurch deutlich, daß sich herrschende Gruppen immer in sie favorisierende klimatische Regionen wählten, während die Babaren und unzivilisierten Völker natürlich in von Klima benachteiligten Landstrichen hausen mußten.

Der am der Yale University lehrende amerikanische Geograph Ellsworth Huntington legte in der Nachkriegszeit den in Gründung befindlichen Vereinten Nationen dringend nahe, ihr Hauptquartier in Providence, Rhode Island zu nehmen, da in diesem Ort das produktivste Klima der Welt zu finden sei.

Der wachsende Neo-Klimadeterminismus der Gegenwart wird nicht so sehr wie noch bei Hellpach oder Sombart von der kausalen Wirkung von Temperatur, Variabilität des Sonnenlichts, des Winds oder der Luftfeuchtigkeit auf das Wesen der Institutionen der Menschen und seiner Psyche bestimmt, als vielmehr vom Einfluß steigender Wasserspiegel, der sich verändernden ökologischen Diversivität, der veränderten chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre und des Bodens, den Schnee- und Eissystemen, der Ozeane, des extremen Wetters, der Migration von Wäldern usw. auf Menschen und Gesellschaften.

Die neue Doktrin von der Beherrschung des Menschen durch die Natur ist unmöglich von praktischen Projekten zu trennen, in der die Selbstregulierung der Natur durch ein extensives Management der Natur ersetzt werden soll. Die Natur, die jetzt gegen den Menschen arbeitet, soll nicht mehr für den Menschen, sondern mit dem Menschen arbeiten. Auf die Befreiung von der Natur folgt die Emanzipation der Natur vom Menschen. Die entscheidende Frage ist natürlich, wie radikal wird diese Umkehr sein? Vor allem müssen wir sicher sein, daß es die Natur ist, die sich ändert und nicht, als Resultat unserer Forschungsbemühungen, nur unsere Betrachtungsweise der Natur.

Es sind wissenschaftliche Erkenntnisse, die politische Prozesse in Gang setzen und strukturieren. Die Wissenschaft formuliert das Problem für die Politik und die Gesellschaft. Die Entdeckung der globalen Klimaveränderung, des Treibhauseffekt und des Temperaturanstiegs ist kein Alltagsproblem auf das die Wissenschaft reagiert. Es sind die wissenschaftlichen Formulierungen des Problems, die die Art und das Ausmaß der politischen Folgen mitbestimmen.

Alle gesellschaftlichen Bereiche, so wird antizipiert, werden von Klimaveränderungen mittelbar oder unmittelbar tangiert. Die Landwirtschaft, unsere Gesundheit, die Dritte Welt, Fortschritte in Wissenschaft und Technik, Migrationsströme, die Politik und die Kultur werden sich teilweise dramatisch oder sogar katastrophal verändern. Mit dem Ende der kalten Kriege werden Auseinandersetzungen zunehmend zu Umweltkriegen. Obwohl in der Regel nur von negativen Auswirkungen die Rede ist, sind Klimaveränderungen aber keineswegs nur Renditen-Killer; im Gegenteil, so wird schon behauptet, Katastrophen-Anleihen versprechen die besten Anlagechancen.

Ein untrügliches Kennzeichen des modernen Klimadeterminismus ist es, daß aber auch aller ungewöhnlichen Wetterlagen, dem globalen Klimawandel zugeschrieben werden: Die Rückkehr in diesem Winter der "Eiswinter" nach Deutschland, die ungewöhnlich intensiven Regenfälle auf den Inseln Hawaiis in diesem Winter, der meterhohe Schneefall Ende Dezember, die den Alltag in den kanadischen Städten Victoria und Vancouver zum Erliegen brachte, die Überschwemmungen und Stürme in den amerikanischen Bundesstaaten Californien und Washington im Januar werden alle in den Medien und von Wissenschaftlern als Bestätigung der globalen Klimaveränderung interpretiert. Das das Wetter verrückt spielt ist normal. Ob abnormale Wetterlagen deshalb eine Bestätigung der globalen Klimaveränderung manifestiert, ist unbestätigt. Das Wetter ist nicht das Klima. Unter Klima versteht man nicht die aktuelle Wetterlage. Klima ist die mittelnde, statistische Beschreibung des Wetters über einen längeren Zeitraum.

Gründliche Untersuchungen haben inzwischen deutlich gemacht, daß es kein historisches Beispiel gibt, aus dem geschlossen werden kann, daß klimatische Bedingungen, wie häufiger unterstellt wurde, in irgendeiner Form und in entscheidender Weise etwa Eingang in religiöses Lehren und Botschaften gefunden

haben. Soziale, politische, ökonomische Bedingungen sind nicht nur in der gegenwärtigen Welt so komplex, fragil und widersprüchlich, daß jede globale kausale Beziehung zwischen Klima und tatsächlichen Lebensbedingungen und kulturellen Mustern jeder Regelmäßigkeit geschweige denn Regelmäßigkeit entgegenstehen.

Das Problem damals wie heute ist, daß es sich trotz guten Willens als unwahrscheinlich schwer, vielleicht sogar als unmöglich herausstellt, die generalisierende Ansprüche des Klimadeterminismus zu zügeln. Jeder Versuch der Qualifizierung, der Relativierung oder der Abschwächung der These scheitert. Die universelle These der Naturbeherrschung setzt sich unweigerlich durch. In einem Zeitalter in dem die Wissenschaft auf das Vertrauen der Öffentlichkeit angewiesen ist, sind ungezügelte, keine Beschränkung duldende Perspektiven kein Weg zur Verteidigung einer solchen Vertrauensbasis. Die Stimmen der Wissenschaft fallen natürlich unterschiedlich aus. Infolgedessen stellt das widersprüchliche Zusammenspiel von Glaubwürdigkeit, Skepsis und Zweifel ein ernsthaftes Problem dar. Zumindest wird das Vertrauen, das die Öffentlichkeit und die Entscheidungsträger der scientific community entgegenbringen, immer wieder auf die Probe gestellt. Allerdings kann man ohne Gefahr einer Übergeneralisierung schließen, daß das Vertrauen in die Glaubwürdigkeit und Heilungskraft der Wissenschaft in Zukunft ein besonders schwieriges politisches Problem darstellen wird. Und dem sollte man auch in der Wissenschaft Aufmerksamkeit schenken.

Quellenverzeichnis

1. **“Grundwasser und Typhus”** aus Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in Hamburg, Heft III, 1887-1888, 25 Druckseiten.
2. **“Die Schwankungen des Wasserstandes im Kaspischen Meer, dem Schwarzen Meer und der Ostsee in ihrer Beziehung zur Witterung”** aus Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, Heft II, 1888, 13 Druckseiten.
3. **“In wie weit ist das heutige Klima konstant?”** Verhandlungen des VIII. Deutschen Geographentages, 1889, 13 Druckseiten.
4. **“Klimaschwankungen seit 1700”**, Auszüge aus Klimaschwankungen seit 1700. Wien; E.D. Hölzel, 1890;
 - a. Erste Kapitel: Der gegenwärtige Stand der Frage nach den Klimaänderungen, 42 Druckseiten.
 - b. Aechtes Kapitel: Die Periodizität der Klimaschwankungen, 28 Druckseiten.
 - c. Neuntes Kapitel: Die Bedeutung der Klimaschwankungen für Theorie und Praxis, 17 Druckseiten.
5. **“Über den Einfluß der Schneedecke auf das Klima der Alpen”** aus der Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1893, 30 Druckseiten.
6. **“Der Einfluß der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge und Getreidepreise in Europa”** aus Geographische Zeitschrift, 1895, 30 Druckseiten.
7. **“Wetterpropheten”** aus Jahresbericht der Berner Geographischen Gesellschaft, 1886, 16 Druckseiten.
8. **“Zur Frage der 35jährigen Klimaschwankungen”** aus Dr. A. Petermanns Mitteilungen, 1902, 6 Druckseiten.
9. **“Über Klimaschwankungen”** aus Mitteilungen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, 1909, 5 Druckseiten.
10. **“Klimaschwankungen und Völkerwanderungen”** aus Vortrag Kaiserliche Akademie der Wissenschaften, Wien 1912, 24 Seiten.
11. **“The Settlement of the United States as Controlled by Climate and Climatic Oscillations”**, aus Memorial Volume of Transcontinental Excursion of 1912 of the American Geographical Society of New York, 1915, 13 Druckseiten