

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 stattgefundenene 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 Kräftermechanismen 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“ reflektierten¹⁴, 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. Hann 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).