

Klimawandel in der Geschichte Europas

Zur Entwicklung und zum Potenzial der Historischen Klimatologie

1. Forschungsdiskurse und -strategien

In den letzten zehn Jahren hat sich unser Wissen über die Schwankungen und Veränderungen des europäischen und globalen Klimas während des abgelaufenen Jahrtausends in bedeutendem Maße erweitert. Manches, was 1990 als Zukunftsmusik galt, ist heute Bestandteil der Forschungslandschaft oder steht kurz vor der Umsetzung. Allerdings sind die Ergebnisse vorwiegend in naturwissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht worden, wo sie von der Geschichtswissenschaft kaum zur Kenntnis genommen werden. Der vorliegende Artikel setzt sich zum Ziel, den derzeitigen Stand des Wissens auf dem Gebiet der Klimarekonstruktion der letzten tausend Jahre in Europa zusammenzufassen und auf geschichtswissenschaftliche Fragestellungen und Forschungsfelder hinzuweisen, die von dieser erweiterten Basis aus erschlossen werden könnten.

Die Historische Klimatologie ist an der Schnittstelle der Klimatologie und der Umweltgeschichte angesiedelt.¹ Sie stellt sich die Aufgabe, Witterungsverläufe, Klimaparameter (Temperatur, Niederschlag) und Großwetterlagen für die Periode vor der Errichtung staatlicher Messnetze zu rekonstruieren, die Belastbarkeit von Gesellschaften für Klimavariationen und Naturkatastrophen zu untersuchen und den wechselnden sozialen Repräsentationen von klimatischen Phänomenen nachzugehen.² Mit der Rekonstruktion der Klimaverhältnisse befassen sich auch naturwissenschaftliche Disziplinen, mit denen die Historie kooperiert und zugleich im Wettbewerb steht. Methodisch ist die historische Klimatologie allein für die Auswertung von Daten aus anthropogenen Archiven zuständig. Auf weite Strecken überschneidet sie sich mit der Historischen Geographie, von der sie ein eigenständiges Teilgebiet bildet.³

Im ersten Teil des vorliegenden Aufsatzes soll die Forschungsdiskussion resümiert werden.⁴ Im zweiten Teil werden Daten und Methoden erläutert, die zur Rekonstruktion des Klimas herangezogen werden. Im dritten Teil werden Ansätze und Ergebnisse der historischen Klimawirkungsforschung vorgestellt.

Zur Forschungsdiskussion: Jede Gesellschaft schafft sich philosophische und

mythologische Deutungen der natürlichen Umwelt. In der westlichen Welt waren diese lange Zeit deterministisch geprägt, wobei das Klima eine herausragende Rolle spielte. Seit jeher ist das Geschehen in der Atmosphäre Objekt individueller Wahrnehmung, medialer Diskussion und hegemonialer Deutungsmacht. Ein als »gemäßigt« oder »ausgewogen« geltendes Klima erklärte die angeblich überlegenen physischen und intellektuellen Fähigkeiten der in dieser Gunstlage lebenden Völker, die sich in der Folge zur Beherrschung lethargischerer und geistig weniger beweglicherer Bevölkerungen legitimiert fühlten. Plato und Aristoteles gingen davon aus, dass Griechenland in den »mittleren Breiten« liege, Vitruvius übertrug dieses Erklärungsmuster auf das römische Imperium. Im 16. Jahrhundert kam Jean Bodin zum Schluss, Frankreich liege in den »mittleren Breiten« und sei von da her zur Herrschaft berufen.⁵ Eine klimatische Begründung für den Auf- und Abstieg von Völkern lieferte 1719 der Aufklärer Jean-Baptiste Du Bos: Mit der Luft nähmen die Menschen über Atem, Nahrung und Wasser Geist und »Genius« in den Körper auf. Die Eigenschaften der Luft, namentlich deren Temperatur, veränderten sich, und deshalb werde jede Generation durch das in ihrem Raum jeweils herrschende Klima anders geprägt.⁶ Du Bos übte maßgeblichen Einfluss auf Montesquieu aus, der den Klima-Determinismus im *Esprit des Lois* (1748) in seine klassische Form goss.⁷ Als mit der Eiszeittheorie im frühen 19. Jahrhundert die Erkenntnis von der dynamischen Natur des Klimas zum Durchbruch gekommen war, versuchten Ökonomen und Geographen wie Thomas W. Tooke, William Stanley Jevons und Eduard Brückner, Veränderungen von Klimagrößen mit Getreidepreisen in Zusammenhang zu bringen, um auf der Basis von erwarteten statistischen Regelmäßigkeiten die Konjunkturprognose zu verbessern.⁸ Mit der *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) war in den siebziger Jahren des 19. Jahrhunderts tatsächlich ein zyklisches Phänomen entdeckt worden, eine großräumige Luftdruckschaukel, die periodisch zu einer Häufung von ökonomisch einschneidenden Extremereignissen in weit auseinanderliegenden Teilen des Pazifischen Raumes führt.⁹ Um die Jahrhundertwende wurden Zivilisationstheorien diskutiert, die eine entscheidende Bedeutung von Klimaveränderungen für die Geschichte der Menschheit postulierten.¹⁰ Die aufblühende Soziologie wandte sich schon früh gegen den Umweltdeterminismus. Bekannt ist das rigide Verdikt Emile Durkheims, soziale Tatsachen seien durch nicht-soziale (d. h. natürliche) Tatsachen nicht zu erklären.¹¹ Dem an der Yale Universität lehrenden, umstrittenen Geographen Ellsworth Huntington blieb es vorbehalten, den Klimadeterminismus im frühen 20. Jahrhundert noch einmal zum Thema zu machen, indem er den Kolonialismus und die hegemonialen Ansprüche der Industrieländer, namentlich der Vereinigten Staaten, in seinen zahlreichen populären Schriften klimatisch legitimierte. So legte er 1945 den in Gründung befindlichen Vereinten Nationen dringend nahe, ihr Hauptquartier in Providence, Rhode Island, aufzuschlagen, da dort das produktivste Klima der Welt zu finden sei.¹² Seitdem ist der Klimadeterminismus in den Hintergrund getreten.¹³ Dann und wann wird er von schlecht informierten Autoren als Argument gegen die historische Klimatologie bemüht.¹⁴

Durch die gegenwärtige intensive öffentliche Diskussion des Klimaproblems scheint er wieder Aufwind zu bekommen.¹⁵

Nach dem Zweiten Weltkrieg kamen in den Sozialwissenschaften marxistische und liberale Entwicklungstheorien in Mode, die die Steuerbarkeit der ökonomischen und gesellschaftlichen Entwicklung postulierten und dazu die Untersuchung der entsprechenden Strukturen an die Hand nahmen. Einfluss erlangte der Strukturalismus namentlich mit der Annales-Schule in Frankreich.¹⁶ Fernand Braudel, ihr bedeutendster Vertreter, ging davon aus, dass Umfang und Qualität der Getreideernten im frühneuzeitlichen Frankreich das gesamte soziale Leben eingefärbt hatten.¹⁷ Seine umfangreichen Studien der mediterranen Welt des 16. Jahrhunderts führten ihn zur These, die erste Hälfte dieses Jahrhunderts sei durch das Klima begünstigt worden. Dagegen seien im ausgehenden Jahrhundert die atmosphärischen Bedingungen längerfristig gestört worden, was mit ein Grund für die damalige Ernährungskrise und die damit verknüpften sozialen Unruhen gewesen sei¹⁸. Zu einem ähnlichen Schluss gelangte wenige Jahre später der Wirtschaftshistoriker Gustav Utterström für Schweden.¹⁹ Emmanuel Le Roy Ladurie, ein jüngerer Vertreter der Annales-Schule, widmete den Klimaveränderungen im Mittelalter und in der frühen Neuzeit 1967 eine einflussreiche Studie, die insofern neue Maßstäbe setzte, als sich der französische Historiker als einer der ersten Vertreter seines Faches selber um die Rekonstruktion des Klimas in vorinstrumenteller Zeit bemühte. Mit den in dörflichen und seigneurialen Akten verzeichneten Daten des Weinlesebeginns erschloss er einen neuen Typ von Quellen, die ähnlich wie die Baumringe der Dendrochronologen Serien von quantifizierbaren, jährlichen und scheinbar relativ homogenen Parametern liefern, die mit den mittleren Temperaturen des Sommerhalbjahrs (April bis September) hoch signifikant korreliert sind.²⁰ Seine langen Reihen von Weinlesedaten setzte Le Roy Ladurie zu den Schwankungen der Alpengletscher und zur Breite der Baumringe (Dendrochronologie) in den vergangenen Jahrhunderten in Beziehung und legte bei einer interdisziplinären Tagung 1962 in Aspen (Colorado) entsprechende Zeitreihen vor.²¹ In seiner *Histoire du climat depuis l'an mil* warnte der französische Historiker davor, von der zeitlichen Übereinstimmung zwischen Klimaextremen und geschichtlichen Ereignissen voreilig auf kausale Zusammenhänge zu schließen. Bevor über die Bedeutung des Klimas für Wirtschaft und Gesellschaft »philosophiert« werden könne, gelte es in einem ersten Schritt den Verlauf des Klimas nach seiner eigenen Logik so detailgetreu wie möglich zu rekonstruieren. Erst in einem zweiten Schritt dürften rekonstruierte Klimaparameter dann zu demographischen oder ökonomischen Variablen in Beziehung gesetzt werden.²² Zusammenhänge, etwa zwischen Ernteerträgen und Getreidepreisen, seien statistisch nachzuweisen, forderte er, und zwar unter den in der frühen Neuzeit herrschenden institutionellen Rahmenbedingungen und Anbaupraktiken. Eine Forderung, die lange Zeit unrealisierbar schien. »Langfristig gesehen sind die gesellschaftlichen Konsequenzen des Klimawandels im letzten Jahrtausend gering«, so sein oft zitiertes Fazit, »vielleicht sogar vernachlässigbar und mit Sicherheit schwie-

rig zu entdecken«²³. Entsprechend pessimistisch schätzte er die Erfolgchancen solcher Bemühungen ein: Die Amplitude der nachgewiesenen Temperaturschwankungen, erklärte er apodiktisch, sei zu gering und die Autonomie der wirtschaftlichen und sozialen Phänomene zu groß, als dass irgendwelche kausale Beziehung zwischen ihnen hergestellt werden könnten.²⁴

Stärker als die Historiker engagierten sich nach dem Zweiten Weltkrieg naturwissenschaftliche Disziplinen in der Erforschung vergangener Klimate, wobei sie eine Vielzahl von natürlichen Archiven auswerteten, um sogenannte Proxidaten (d. h. Näherungswerte) wie Isotopen, Sedimente, Pollen und Baumringe zu gewinnen. Proxidaten werden zu Zeitreihen aufbereitet und mit statistischen Methoden kalibriert, d. h. zu Klimaparametern (Hilfsgrößen) in Beziehung gesetzt.²⁵ Zeitreihen aus natürlichen Archiven reichen Tausende, ja Hunderttausende von Jahren in die Vergangenheit zurück. Ihr zeitliches Auflösungsvermögen ist jedoch für historische Klimawirkungsforschung unzureichend, die auf zeitlich hoch aufgelöste jahreszeitliche oder monatliche Daten angewiesen ist. Wesentlich größere Bedeutung kommt diesbezüglich den frühinstrumentellen Messreihen der Temperatur und des Niederschlags zu, die von Meteorologen aufgearbeitet und homogenisiert, d. h. mit den späteren Messungen vergleichbar gemacht worden sind.²⁶ Die längste dieser Messreihen, jene von Zentralengland, reicht bis ins Jahr 1659 zurück.²⁷

1977 legte der englische Meteorologe Hubert H. Lamb eine viel zitierte materialreiche Synthese der Klimageschichte vor.²⁸ Lamb gehörte neben Gustav Hellmann²⁹ und Hermann Flohn³⁰ zu jenen Naturwissenschaftlern, die den Wert von historischen Dokumenten für die Klimarekonstruktion erkannten und entsprechende Forschungsprojekte vorantrieben. Beide waren sie davon überzeugt, Klimaveränderungen hätten in der Menschheitsgeschichte eine bedeutende Rolle gespielt, wobei diese Überzeugung bei Lamb deterministische Züge trug.³¹ 1979 organisierte Lamb einen ersten internationalen Kongress in Norwich (England) zum Thema *Climate and History*, der eine größere Zahl von Meteorologen und Historikern zusammenführte. Der Anlass verschaffte der historischen Klimatologie Publizität³² und förderte die Rezeption ihrer Ergebnisse durch die entstehenden Klimawirkungsforschung.³³ Den Forschungsstand der späten achtziger Jahre dokumentiert der von Raymond Bradley und Phil Jones 1992 herausgegebene Sammelband *Climate since A.D. 1500*³⁴.

Von den frühen neunziger Jahren an wurden die Forschungen zur Klimageschichte in doppelter Weise umgekrempt: Einerseits wurde das Problem des Treibhauseffekts auf die politische Agenda gesetzt,³⁵ was die nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten der Klimarekonstruktion weltweit ankurbelte.³⁶ Andererseits verlor die historische Klimawirkungsforschung für den Mainstream der Historiker an Attraktivität, ja, das Klima als Einflussfaktor wurde teilweise völlig außer Acht gelassen. Auf diese disparate Entwicklung soll hier näher eingegangen werden.

Der historischen Klimatologie stellt sich die Aufgabe, gemeinsam mit naturwis-

senschaftlichen Disziplinen zur Rekonstruktion rein natürlicher Klimazustände vor der Periode der Industrialisierung beizutragen, um dadurch Signale der hausgemachten Klimaänderung zu identifizieren. Daneben gilt es, die Wirkungsmechanismen natürlicher Einwirkungen auf das Klimasystem, die sogenannten *forcing factors*, besser zu verstehen. Dazu gehören namentlich Veränderungen der Sonnenaktivität, Auswirkungen hochreichender vulkanischer Eruptionen in den Tropen und Veränderungen im Salzgehalt und in der Tiefenwasserbildung im Nordatlantik. Im Rahmen europäischer Programme, zunächst der *European Science Foundation* (ESF)³⁷, dann der *Europäischen Union* (EU), wurde das ehrgeizige Ziel einer Rekonstruktion des historischen Klimas für den gesamten europäischen Kontinent für die letzten tausend Jahre ins Auge gefasst. Dafür konnten namentlich in Ostmitteleuropa³⁸ jüngere Kräfte gewonnen werden.³⁹ In einem ersten Schritt sollte die Monatswitterung in Europa für eine kürzere Periode flächendeckend rekonstruiert werden, um Methoden zur standardisierten Erfassung deskriptiver Beobachtungen und zur räumliche Darstellung des Datenmaterials zu entwickeln. Als Schlüsselperiode wurde die Zeit des sogenannten *Maunder Minimums* (1645-1715) ins Auge gefasst.⁴⁰ Astronomen hatten während dieser Zeit einen Rückgang von Zahl und Größe der Sonnenflecken beobachtet.⁴¹ Wie wir heute wissen, war dies mit einem geschätzten Rückgang der Sonnenaktivität von 0,2 bis 0,4 Prozent auf ein in den letzten 8000 Jahren kaum je erreichtes Minimum verbunden.⁴² Innerhalb des *Maunder Minimums* wurde die Subperiode von 1675 bis 1715 ausgewählt, die in West- und Mitteleuropa durch eine Häufung von kalten Extremen bekannt ist. Für die Rekonstruktion der Witterungs- und Klimaverhältnisse im *Late Maunder Minimum* (LMM), wie diese Untersuchungsperiode seither genannt wird, engagierten sich fünfzig Geographen, Umwelthistoriker, Paläobotaniker und Meteorologen aus fünfzehn europäischen Staaten. Neu stießen Forschungsteams aus Finnland, Estland, Island, Dänemark und Russland zur Gruppe, ferner historische Klimatologen aus China und Japan.⁴³ Alle Beteiligten reichten ihre klimageschichtlichen Datensätze im Vorfeld einer ESF-Tagung (Bern 1992) in einer standardisierten Form ein. Die Daten wurden in eine Datenbank namens EURO-CLIMHIST in Bern eingegeben. Auf die Tagung hin wurde die gesamte Information in Form von monatlichen Ereignislisten und -karten, sogenannten *multi proxy maps*, aufbereitet.⁴⁴ Die Karten für die Monate im Winterhalbjahr (Oktober bis März) wurden von einem Team von Meteorologen synoptisch interpretiert, d. h. aus der räumlichen Verteilung der beobachteten Phänomene wurde auf die mutmaßliche Lage der steuernden Hoch- und Tiefdruckgebiete geschlossen.⁴⁵

Das EU-Projekt ADVICE⁴⁶ (ab 1996) bezog unter anderem Forschungsgruppen aus Spanien⁴⁷, Griechenland⁴⁸ und Portugal⁴⁹ ein und verfolgte zwei Zielsetzungen: Erstens wurden anhand der vorliegenden Messreihen für die frühe Instrumentenperiode (1780-1860) Karten des monatlichen Luftdrucks auf Meereshöhe erstellt.⁵⁰ Zweitens wurde – für das LMM anhand von Zeitreihen von Daten aus historischen Dokumenten und den ältesten Instrumentenmessungen (Paris, Zentralengland) –

mit mathematisch-statistischen Verfahren die räumliche Verteilung des mittleren monatliche Luftdrucks in Europa, d. h. die Lage der steuernden Hoch- und Tiefdruckgebiete und die damit verbundene Herkunft der Luftmassen, geschätzt.⁵¹ Ein wichtiges Bindeglied zwischen dem LMM (1675-1715) und der frühen Instrumentenperiode (1780-1860) stellen die langen, bis ins 18. Jahrhundert zurückreichenden Reihen von Luftdruck, Temperatur und Niederschlag dar.⁵² Ihre Homogenität ist in einem weiteren EU-Projekt namens IMPROVE⁵³ untersucht worden.⁵⁴

Die Rekonstruktion des Witterungs- und Klimawandels im 16. Jahrhundert und seiner Auswirkungen auf die Wirtschafts-, Sozial- und Mentalitätsgeschichte wurde von 1995 an zum Ausgangspunkt eines weiteren Unternehmens: 37 Wissenschaftler aus zwölf Nationen – Klimatologen, Hydrologen, Glaziologen, Dendroklimatologen⁵⁵, Wirtschafts-, Umwelt- und Kulturhistoriker – nahmen sich dieses Themas in fächerübergreifender Zusammenarbeit an.⁵⁶ Neben länderübergreifenden Untersuchungen von Schlüsselperioden sind in den neunziger Jahren umfassende klimageschichtliche Regionalstudien erstellt worden. Zu erwähnen sind die Untersuchungen von Rudolf Brázdil und Oldrich Kotyza für die Tschechische Republik, von Lajos Racz für das historische Ungarn in den Grenzen vor 1914, von Elisabeth Strömmer für Ostösterreich, von Jan Buisman und Aryan van Engelen für die Niederlande, von Gabriela Schwarz-Zanetti für das Deutsche Reich im Mittelalter⁵⁷ sowie von Rüdiger Glaser für Deutschland⁵⁸. Mit dem Klima des Mittelalters haben sich außerdem eine Reihe von Einzeluntersuchungen befasst.⁵⁹ Die historische Klimatologie, so lässt sich resümieren, ist in den neunziger Jahren ihrem Ziel einer flächendeckenden Rekonstruktion des Klimas in Europa ein gutes Stück näher gekommen.

Die Geschichte der Naturkatastrophen ist seit der zweiten Hälfte der neunziger Jahre zum Thema geworden, weil sich der Eindruck verbreitet, dass die Welt in immer kürzeren Abständen von solchen Ereignissen heimgesucht wird. Ob dies dem Treibhauseffekt angelastet werden kann, bleibt offen, solange über deren zeitliche Verteilung in der Periode des natürlichen Klimas wenig bekannt ist. Soweit sich die Historie bisher mit Naturkatastrophen auseinandergesetzt hatte, galt ihre Aufmerksamkeit mehr der gesellschaftlichen Bewältigung solcher Ereignisse als ihrer physischen Natur.⁶⁰ Weniger bekannt ist, dass in der Periode des natürlichen Klimas große Schwankungen in der Häufigkeit von Naturkatastrophen aufgetreten sind. Dies weist etwa die – aus klimageschichtlicher Sicht unvollständige – Studie von Arno Borst über das 14. Jahrhundert aus.⁶¹ Für die Frühe Neuzeit und das 19. Jahrhundert zeigen jüngste Untersuchungen bei Überschwemmungen⁶² und Winterstürmen⁶³ ein ähnliches Bild. Nehmen Naturkatastrophen und Klimaanomalien mittelfristig zu oder ab, hat dies nicht nur strukturelle Folgen für die betroffenen Wirtschaften. Vielmehr schlagen sich solche Ereignisse auch im gesellschaftlichen Diskurs nieder.⁶⁴ In ihrer fächerübergreifenden Untersuchung durch Historiker, Naturwissenschaftler, Anthropologen und Psychologen eröffnet sich der Forschung ein neues Feld.

Mit der Wende von 1989 rückten in der Geschichtswissenschaft strukturge- schichtliche Gesichtspunkte in den Hintergrund. Mit dem *linguistic turn* ist die Un- tersuchung von Diskursen in Mode gekommen.⁶⁵ Die Perspektive der *longue durée* hat sich in eine Vielzahl von Geschichten aufgelöst, in denen sinnbildende Leitlinien fehlen. Eine neue Unübersichtlichkeit hat sich breit gemacht. Die Abkehr von der Strukturgeschichte fand statt, ohne eine größere Diskussion zu provozieren, was die Wiederkehr des herkömmlichen Spartendenkens anzeigt.⁶⁶ Die historische Klima- (wirkungs)forschung hat dadurch an Aufmerksamkeit und Attraktivität verloren.⁶⁷ Bezeichnenderweise vermochte sich im August 1998 nur noch eine Handvoll von Historikern für eine Teilnahme an der zweiten Konferenz zum Thema *Climate and History* in Norwich zu erwärmen. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass sich die Geschichtswissenschaft in Richtung einer Kombination von Diskursgeschichte und Strukturgeschichte weiter entwickelt, wie dies Peter Schöttler erwartet⁶⁸. In der historischen Klimatologie selbst bahnt sich eine solche Entwicklung an, indem neben der quasi objektiven Rekonstruktion der Witterungs- und Klimaverhältnisse die subjektive Wahrnehmung von Witterungsanomalien und Naturkatastrophen durch Individuen und Gruppen an Bedeutung gewinnt. Diese duale Perspektive ist in den Quellen selbst angelegt, indem manche Berichte neben Beschreibungen auch Deu- tungen der Ereignisse enthalten.⁶⁹ Kulturgeschichtlich reizvoll ist eine Gegenüber- stellung der rekonstruierten »objektiven« Klimaphänomene mit ihren gesellschaftlichen und individuellen Deutungsmustern. Von diesem Ansatz sind wesentliche Im- pulse für die Mentalitätengeschichte zu erwarten, wie dies Wolfgang Behringer bei seiner Reinterpretation der Hexenverbrennungen gezeigt hat.⁷⁰

2. Daten und Methoden der Klimarekonstruktion

2.1. Klimadaten in historischen Dokumenten

2.1.1. Typologie und Gliederung

Das Ziel der Klimarekonstruktion besteht in der Gewinnung möglichst kontinuierlicher und homogener quantitativer Datenreihen für die Periode vor dem Beginn einer ausreichenden Zahl und Dichte von instrumentellen Messreihen (ca. 1780), die ähnlich wie diese zur Bildung von Modellen und zur Interpretation historischer Prozesse herangezogen werden können. Es ist dies ein mehrstufiges Verfahren, das in gewisser Weise mit der Aufbereitung und Homogenisierung von Preisreihen zu vergleichen ist. In einem ersten Schritt wird dargelegt, welche Quellengruppen dafür herangezogen werden, nach welchen Kriterien sich die Quellenkritik richtet, welche Maßstäbe bei der Bewertung angelegt werden und wie die vielfältigen klima- sensiblen Datentypen quantifiziert werden. Im zweiten Schritt wird erläutert, wie die so gewonnenen Zeitreihen auf ihre Plausibilität überprüft werden. Abschließend werden die Verfahren angesprochen, mit denen Klimatologen aus diesen Zeitreihen Aussagen über die räumliche Verteilung verschiedener Klimaparameter

(Luftdruck, Temperatur, Niederschlag) in Europa herleiten.

Die Gesamtheit des klimageschichtlichen Datenmaterials lässt sich nach zwei Gesichtspunkten gliedern: Einerseits nach seiner Herkunft und der Art seiner Entstehung, andererseits nach seinem Bezug zu Klimaelementen. (Abb. 1)

Inhalt	Archive der Natur	Archive der Gesellschaft
Direkte Daten Beobachtungen von Wettererscheinungen oder Messung von Klimaelementen		Beschreibungen <ul style="list-style-type: none"> • Anomalien, Naturkatastrophen • Witterungsverläufe • tägliches Wetter Instrumentelle Messungen
Indirekte Daten Spuren klimatisch beeinflusster Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> • Baumringe • Fossile Pollen • Eisbohrkerne • Seesedimente • Gletscherablagerungen • usw. 	<ul style="list-style-type: none"> • Blüte- und Reifezeit, Erntetermine von Kulturpflanzen • Volumen und Zuckergehalt von Weinmosternten • Klimabedingte Bittprozessionen • Vereisung von Gewässern • Schneefall, Schneebedeckung Sachquellen <ul style="list-style-type: none"> • archäologische Reste • Hoch- und Niedrigwassermarken

Abb. 1: Vereinfachte Typologie klimageschichtlicher Daten

Aus den Archiven der Natur stammen Proxidaten (Näherungswerte) wie Isotopen, Sedimente, Pollen und Baumringe. Sie werden zu Zeitreihen aufbereitet und mit statistischen Methoden kalibriert, d. h. zu Klimaparametern (Hilfsgrößen) in Beziehung gesetzt. Für die Daten aus den Archiven der Gesellschaft hat sich seit einigen Jahren der Begriff *documentary data* eingebürgert.⁷¹ Der Begriff des Dokuments für diese Quellengattung ist insofern gut geeignet, als er neben Text- auch Bild- und Tondokumente einschließt.

Vom Inhalt her lassen sich die in Archiven der Gesellschaft enthaltenen Daten und Artefakte in zwei Gruppen gliedern:

Direkte Daten: Beschreibungen der Witterung sowie instrumentelle Messung von Klimaelementen (Luftdruck, Temperatur, Niederschlag, Wind).

Indirekte Daten: Beschreibungen von biologischen und/oder physikalischen Zuständen, die in einem erheblichen Maße durch die vorangehenden Temperatur- und/oder Niederschlagsverhältnisse bedingt sind.

In Westeuropa sind Klimabeobachtungen aus historischen Dokumenten seit der Karolingerzeit bekannt. Auf Grund des Umfangs, der Lückenlosigkeit und der zeit-

lichen Auflösung dieses Materials lassen sich die 1250 Jahre bis zur Gegenwart in fünf Perioden einteilen:

- (1) Vor 1300: Vorwiegend Beschreibung von Anomalien und Naturkatastrophen.
- (2) 1300-1500: Nahezu durchgehende Beschreibung der Sommer und Winter, teilweise der Frühjahrsperioden und Herbst.
- (3) 1500-1800: Nahezu durchgehende Beschreibung der monatlichen, teilweise der täglichen Witterung.
- (4) 1680-1860: Instrumentenmessungen auf individueller Basis, erste kurzlebige Messnetze.
- (5) Seit 1860: Instrumentenmessungen im Rahmen nationaler und internationaler Messnetze.

Die Aufzählung ist kumulativ zu verstehen, d. h. die älteren Formen werden durch die neueren überlagert, aber nicht verdrängt. Im folgenden werden direkte und indirekte Daten gesondert diskutiert.

2.1.2. *Witterungsbeobachtungen und instrumentelle Messungen*

Aufzeichnungen von Anomalien und Naturkatastrophen wurden vom Mittelalter an in Chroniken festgehalten. Je extremer ein Ereignis, desto häufiger und ausführlicher ist es beschrieben worden. In den karolingischen Chroniken nehmen Naturphänomene bereits einen gewissen Raum ein.⁷² Im 10. und 11. Jahrhundert ging die Produktion von Manuskripten während der Einfälle von Normannen, Slawen und Ungaren jedoch stark zurück, sodass über das Klima dieser beiden Jahrhunderte kaum Aufzeichnungen erhalten sind.⁷³ Vom späten 11. Jahrhundert an nehmen Dichte und Aussagekraft der Daten zu, mit der Entdeckung der griechischen Naturphilosophen Plato und Aristoteles wandten sich die schriftkundigen Kleriker vermehrt dem Geschehen in der Welt zu, was auffallende Erscheinungen in der Natur mit einschloss.⁷⁴

Witterungsbeobachtungen und instrumentelle Messungen sind den Traditionsquellen zuzurechnen. Die Chronisten griffen mit besonderer Vorliebe auf ältere Chroniken zurück, ohne ihre Quellen zu nennen. Nicht selten wurden dabei dieselben Berichte in leicht veränderter Form von Quelle zu Quelle übernommen, wodurch sich die Information mit der Zeit zu einem schwer entwirrbaren Knäuel verfilzte. Deshalb ist es fragwürdig, auf solches Material zurückzugreifen. Vom 18. Jahrhundert an sind größere Kompilationen aus gedruckten Chroniken zusammengetragen worden⁷⁵, aus denen die historische Klimatologie lange Zeit unkritisch schöpfte. Erst in den späten siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts schlugen zwei aufmerksame Historikerinnen, Wendy Bell und Astrid Ogilvie, Alarm: Sie zeigten, dass alle bekannten Kompilationen mit einem mehr oder weniger großen Prozentsatz an Fehlern behaftet waren.⁷⁶ Die elementarsten Forderungen historischer Quellenkritik waren in der Frühzeit der historischen Klimatologie missachtet worden. Dieser Makel haftet selbst manchen rezenten historisch-klimatologischen Untersu-

chungen an, obschon in der Literatur immer wieder auf dieses Problem hingewiesen wird. Fragwürdige Ergebnisse sind deshalb in der Regel nicht der Subjektivität der Chronisten, sondern einer mangelnden oder schlampigen Quellenkritik anzulasten. In diesem Zusammenhang ist auf ein Wort des Atomphysikers Niels Bohr zu verweisen, wonach der wahre Experte jener sei, »der einige der größten Fehler kennt, die man in dem betreffenden Fach begehen kann, und der sie deshalb zu vermeiden versteht«⁷⁷. Namentlich Naturwissenschaftler übersehen leicht, dass der Verweis auf die Quellenkritik nicht ein Argument der Historiker ist, um sich bei der Auswertung von Daten unentbehrlich zu machen, sondern dieses aufwendige Verfahren für die Qualitätskontrolle unentbehrlich ist.

G gelegentliche Hinweise auf den Witterungscharakter finden sich außer in chronikalischen Quellen in einer Vielzahl von weiteren Quellengattungen, unter denen Briefe⁷⁸, Reisetagebücher⁷⁹, Zeitungen, Geschäftsschriftgut und Akten zu erwähnen sind. So hatten die Gouverneure der venezianischen Besitzungen im östlichen Mittelmeer dem Dogen, welcher der Zentralverwaltung in Venedig vorstand, im 17. und 18. Jahrhundert in kurzen Abständen ausführliche Rechenschaftsberichte einzureichen. Diese berichten über lokale Ereignisse wie den Umfang der Ernten, die Versorgung mit Lebensmitteln, die witterungsbedingte Beschädigung von Straßen, Gebäuden und Häfen, soweit sie in der Buchhaltung Spuren hinterlassen haben. Häufig wurden die Schäden durch Witterungsanomalien und Naturkatastrophen verursacht, die dadurch aktenkundig geworden sind.⁸⁰

Systematische Aufzeichnungen des täglichen Wetters sind vom ausgehenden 15. Jahrhundert an durch den Aufstieg der Astronomie zum führenden Zweig der Wissenschaft und durch die Erfindung des Buchdrucks gefördert worden. Astronomische Kalender gehörten schon kurz nach der Erfindung des Buchdrucks zu den Bestsellern.⁸¹ Sie enthielten für ein bis zwei Jahrzehnte im voraus tägliche Darstellungen der Kalenderdaten, der dazugehörigen Heiligennamen und der vorausberechneten Position der Planeten, zu denen man auch Sonne und Mond rechnete. Für jeden Monat war dazu eine Doppelseite vorgesehen, wobei auf der rechten Seite für jeden Tag eine Leerzeile freigelassen war. In diese Leerzeilen wurden persönliche Notizen, darunter auch stichwortartige Wetterbeobachtungen, eingetragen. Aus dem 16. Jahrhundert sind in Mitteleuropa bisher 33 Wettertagebücher dieser Art bekannt geworden.⁸² Tägliche Beobachtungen lassen sich auswerten, indem Erscheinungen wie Regen, Schnee, Frost, Bewölkungsgrad, Nebel, auch subjektive Bemerkungen wie »heiss«, »bitter kalt« etc. ausgezählt, gemittelt und zu entsprechenden Mittelwerten von der nächstgelegenen Messstation in Beziehung gesetzt werden.⁸³ Schiffstagebücher, namentlich solche von Pendelfahrten auf kurzen Routen, enthalten ein bisher kaum ausgeschöpftes Potential an täglichen Aufzeichnungen der Verhältnisse auf dem Meer. Besonders wertvoll für die Klimarekonstruktion sind die systematischen Angaben über Windrichtung und Windstärke⁸⁴, die in herkömmlichen Wettertagebüchern oft fehlen.

Galileo Galilei konstruierte 1597 das erste bekannte Instrument zur Messung

der Lufttemperatur und begann mit instrumentellen Messungen.⁸⁵ Im Rahmen der *Accademia Cimento* organisierte Ferdinando di Medici, der Grossherzog der Toskana, um die Jahreswende 1654/55 erstmals ein kurzlebiges internationales Messnetz.⁸⁶ Unter den frühen Pionieren der instrumentellen Messungen ist der Pariser Arzt Louis Morin zu erwähnen. Von 1665 bis 1713 las Morin unter anderem täglich dreimal Thermometer und Barometer ab und zeichnete als erster Mensch überhaupt systematisch die Herkunftsrichtung der Wolken auf.⁸⁷ Von 1717 an sammelte der Arzt Johann Kanold in Breslau innerhalb seines Netzes von Korrespondenten erste instrumentelle Messungen und Nachrichten über den Witterungsverlauf in Europa.⁸⁸ Um die vielfältige Messtätigkeit zu koordinieren und auf einen gemeinsamen wissenschaftlich verwendbaren Nenner zu bringen, gründete der pfälzische Kurfürst Karl Theodor 1780 eine internationale wissenschaftliche Gesellschaft, die *Societas Meteorologica Palatina*. Sie stattete ihre Mitglieder mit einheitlichen Instrumenten aus, erließ Richtlinien zur Durchführung der Messungen und publizierte die Ergebnisse in einem Jahrbuch. Auf dem Höhepunkt ihrer Aktivitäten reichte das Messnetz der Gesellschaft von Grönland bis Rom und von La Rochelle bis Moskau.⁸⁹ Staatliche meteorologische Messnetze entstanden in rascher Folge von 1860 an.⁹⁰

2.1.3. Indirekte Daten als Abbildungen klimatischer Prozesse

Indirekte Daten finden sich in den Archiven der Natur wie in jenen der Gesellschaft in erstaunlicher Vielfalt. Sie beziehen sich auf biologische oder physikalische Prozesse, die in einem erheblichen Maße durch klimatische Parameter gesteuert und daher quasi-objektiv, intertemporal vergleichbar und kommunizierbar sind. Rückschlüsse müssen durch Kalibration, d. h. durch Vergleiche mit instrumentellen Messdaten, hergestellt werden. In Archiven der Gesellschaft sind indirekte Daten in verschiedenen Formen greifbar: Einmal sind sie zur Dokumentation von Anomalien in Witterungsbeobachtungen eingeflochten, dann tauchen sie in Buchhaltungen und ähnlichen Akten in Zusammenhang mit rekursiven Operationen von Privatpersonen und Institutionen auf, deren Zeitpunkt je nach Witterungsverhältnissen variierte oder sich auf die Witterung selbst bezog. Schließlich sind sie in Form von Artefakten wie Hoch- und Niedrigwassermarken oder aufgelassenen Fluren⁹¹ greifbar.

Die meisten Verfasser von chronikalischen Quellen und Witterungstagebüchern waren sich der Tatsache wohl bewusst, dass ihre Beschreibungen subjektiv gefärbt waren. Sie suchten deshalb nach Wegen, um die intersubjektive und intertemporale Vergleichbarkeit ihrer Beobachtungen zu verbessern. Dazu flochten sie Beobachtungen von natürlichen Erscheinungen in ihre Beschreibungen ein, die als Klimazeiger bekannt waren. Im Sommerhalbjahr waren dies phänologische Beobachtungen⁹², ferner Angaben zur Menge und zum Zuckergehalt des geernteten Weinmosts, in Gebirgsräumen solche zum Zeitpunkt der Bestoßung von Alpen. So beschreibt Placidus Brunschwiler, der Abt des Klosters Fischingen im Schweizer Kanton Thur-

gau, den Sommer 1639 wie folgt: »Von disem obgesetzten Monat [Mai] ist biss den 17. tag Augusti selten ein rechter warmer tag gesein sondern merteils regen und kalte wind, also dass hew [Heu] und korn [hier: Dinkel] schlechtlich und mit grosser arbeit spat im Jar als bei uns erst den 17. tag Augsten eingebracht worden, dass sonsten gemeinlich [gewöhnlich] umb S. Jacobs Tag [25. Juli] die Ernd gesin ist.«⁹³ Solche Angaben lassen sich in geschätzte Temperaturen umrechnen, sofern analoge Fälle aus dem mit instrumentellen Messungen dokumentierten Zeitraum des späten 18. und des 19. Jahrhunderts bekannt sind. Im vorliegenden Fall ist eine Verspätung der Getreideernte von dreieinhalb Wochen innerhalb der Instrumentenperiode nur für 1816, einem Jahr ohne Sommer, nachgewiesen.⁹⁴ Als Klimazeiger im Winterhalbjahr dienten die Häufigkeit der Schneefälle, die Dauer der Schneebedeckung⁹⁵, Zeitpunkt und Dauer der Eisbedeckung von Gewässern (lange Reihen sind für Schweizer Alpenrandseen und die Lagune von Venedig bekannt⁹⁶), das Auftreten von Frost und – in warmen Wintern – die Aktivität von Tieren und Pflanzen. So beschrieben die Mönche des Klosters Einsiedeln (Kanton Schwyz, Schweiz) die Kälte des Winters zuerst nach dem Gefühl, dann nach der Zeitdauer vom ersten Schneefall bis zu dem Tag, an dem der Schnee vom Boden wegschmolz, weiter nach dem Gefrieren von Quellen und dem Schaden an den Weinstöcken, endlich nach der Strecke, bis zu welcher hinab sich der Zürichsee mit Eis bedeckte.⁹⁷

Hinweise auf den variablen Zeitpunkt jährlich wiederkehrender Ereignisse sind im privaten und institutionellen Geschäftsschriftgut zu finden: Es handelt sich um Überreste, da keine Absicht zur Überlieferung von Klimaereignissen bestand. Solche Indikatoren serieller Natur lassen sich quantifizieren, sie sind oft nicht an die Lebenszeit eines Individuums gebunden und lassen sich deshalb zu jahrhundertelangen Reihen zusammenfügen. Häufig überlappen sie sich, wie jene des Weinlesebeginns, mit frühen Instrumentenmessungen, sodass sie kalibriert werden können. Das Datum der Versteigerung von Getreide- Zehnten weist enge Bezüge zu den Temperaturen im Früh- und Hochsommer auf. Mit der (Winter-)Getreideernte durfte an vielen Orten erst begonnen werden, nachdem der Mindestwert des Zehnten durch obrigkeitliche Schätzer festgelegt und das Recht zur Einsammlung des Zehntgetreides von einem Dorfgenossen ersteigert worden war. Aufzeichnungen über die dem Zehentherren zu liefernden Getreidemengen und der Zeitpunkt der Versteigerung dienen hier als Quelle. Das Datum der Zehentsteigerung ist ein valabler Näherungswert für den Erntebeginn des Wintergetreides, das je nach Höhen- und Breitenlage von den Temperaturen zwischen Mai und August abhängig ist. Die bisherigen Ergebnisse sind anhand schweizerischer Quellen gewonnen worden⁹⁸; doch ist eine vergleichbare Praxis des Zehentbezuges in Teilen Deutschlands⁹⁹ und Österreichs¹⁰⁰ nachgewiesen. Ferner ist in den Buchhaltungen mancher baltischer Rittergüter regelmäßig der Zeitpunkt aufgezeichnet, zu dem landwirtschaftliche Arbeiten wie die Roggenernte, das Dreschen des Getreides und die Aussaat begonnen wurden. Daher sind aus diesem Raum mehr als 1200 phänologische Beobachtungen zur Entwicklung des Roggens zwischen 1671 und 1985 bekannt.¹⁰¹ In den

Rechnungen der nordwestböhmisches Stadt Louny (Laun) ist für die Jahre 1450-1632 aufgezeichnet, an welchem Samstag für bestimmte Arbeiten in der vorangehenden Woche Löhne bezahlt wurden. Sofern es sich um witterungssensible Arbeiten wie das Aufbrechen einer Eisdecke auf Gewässern (Seen, gestauten Flüssen und Mühlenteichen), die Räumung großer Schneemassen oder die Mithilfe bei der Heu- oder Getreideernte handelt, konnten aus dem Datum der Auszahlung Schlüsse auf das Datum dieser Ereignisse und damit indirekt auf die Temperaturverhältnisse in den vorangehenden Monaten gezogen werden. Allerdings war dies nur im Falle bedeutender positiver oder negativer Abweichungen vom langjährigen Durchschnitt möglich.¹⁰²

Konjunktur und Geschichte des Weinbaus sind in Mitteleuropa eng an die Klimageschichte gebunden.¹⁰³ Nördlich der Alpen stößt die Rebe an die Grenze ihrer Verbreitung. Ertrag, Erntedatum und Zuckergehalt werden deshalb in erster Linie von der Temperatur des Sommerhalbjahrs begrenzt. Erntedatum, Flächenenertrag und Zuckergehalt können als Klimazeiger für drei verschiedene Abschnitte der Vegetationsperiode im Sommerhalbjahr – Frühsommer; Hochsommer und Spätsommer – verwendet werden.¹⁰⁴

Jährlich wiederkehrende witterungsabhängige Ereignisse im Winterhalbjahr sind im Geschäftsschriftgut seltener dokumentiert. Meist handelt es sich um sogenannte »eis-phänologische« Daten¹⁰⁵, aus denen auf die Befahrbarkeit von Wasserwegen geschlossen werden kann.¹⁰⁶ In den Büchern der estnischen Stadt Tallinn ist Jahr für Jahr das Datum festgehalten worden, von dem an der Hafen nach dem Auftauen der Eisdecke im Frühjahr wieder von Schiffen angelaufen werden konnte.¹⁰⁷ Gerhard Koslowski und Rüdiger Glaser haben anhand einer Vielzahl von Dokumenten ermittelt, in welchem Umfang der westliche Teil der Ostsee zwischen 1501 und der Gegenwart zugefroren war.¹⁰⁸ In Island war ein erheblicher Teil der Bevölkerung schon früh des Lesens und Schreibens kundig. Viele Bauern begannen auf ihren einsamen Höfen Tagebücher zu führen und gewährten dabei den Witterungsnotizen erheblichen Raum. Astrid Ogilvie ist seit langem mit der Aufarbeitung dieses gewaltigen Materials beschäftigt. Zu ihren wichtigsten Ergebnissen gehören eine systematische Zusammenstellung der Beobachtungen von Treibeis an verschiedenen Teilen der Küste.¹⁰⁹ In Spanien sind Abrechnungen über die Organisation von Bittprozessionen (*rogativas*) und anderen religiösen Handlungen zur Bewältigung von klimatischen Stresssituationen zur Dokumentation von Anomalien verwendet worden. Bis weit ins 19. Jahrhundert veranstaltete die Kirche bei einer Gefährdung der Ernten durch Trockenheit, Nässe oder Kälte im Auftrag der Verwaltungen Bittprozessionen, um die zuständigen Heiligen um Abhilfe zu bitten. Für jede Art von Klimastress wurde ein besonderer Heiliger angerufen, und bei Dürre, der weitaus häufigsten Art von Klimastress, waren je nach Ausmaß sogar unterschiedliche religiöse Handlungen vorgesehen, von der Enthüllung eines Heiligenbildes bis hin zur Bittprozession ganzer Stadtbevölkerungen zu bekannten Wallfahrtsorten.¹¹⁰ Die *rogativas* sind zwar seit längerer Zeit bekannt, an ihrem Wert als Klimaindikatoren

bestanden aber erhebliche Zweifel. Es ist das Verdienst von Mariano Barriendos, diese ausgeräumt zu haben, indem er nachwies, dass das Prozedere bis in die Einzelheiten hinein durch den Vatikan standardisiert worden war und nur mit seiner Zustimmung verändert werden konnte.¹¹¹

Um die Größenordnung von Überschwemmungen intersubjektiv zu dokumentieren, bezogen sich manche Chronisten auf Merkpunkte wie Brücken, Mauern und Gebäude. Zur Erinnerung an denkwürdige Überschwemmungen wurden Hochwassermarken an öffentlichen und privaten Gebäuden angebracht.¹¹² Für das Großherzogtum Baden hat Kitiratschky 2500 Hochwassermarken katalogisiert, von denen ein wesentlicher Teil den Rhein und seine nördlichen Zuflüsse betreffen.¹¹³

2.2. Methoden

2.2.1. Die Umsetzung des Materials in Indexreihen für Temperatur und Niederschlag

Der anspruchsvollste Schritt auf dem Weg von den Quellen zur Schätzung von kontinuierlichen Temperatur- und Niederschlagswerten besteht in der Quantifizierung des gesamten, aus direkten und indirekten Elementen bestehenden Datenfeldes. Als erste haben Cornelius Easton und C. E. P. Brooks in der Zwischenkriegszeit Indizes aus Witterungsbeschreibungen hergeleitet, Easton für Wintertemperaturen, Brooks auch für Sommerniederschläge.¹¹⁴ Nach dem Vorbild von Brooks haben Hubert H. Lamb (1977) und Pierre Alexandre (1987) Indizes für Wintertemperaturen und Sommerniederschlag erstellt.¹¹⁵ Christian Pfister hat dieses Konzept 1984 verallgemeinert, indem er seine für die Schweiz gesammelten klimageschichtlichen Daten in monatliche ungewichtete und gewichtete Temperatur- und Niederschlagsindices umsetzte. Für die ersteren kam eine dreistufige¹¹⁶, für letztere eine siebenstufige Skala¹¹⁷ zur Anwendung, um der unterschiedlichen Aussagekraft der Daten Rechnung zu tragen.¹¹⁸ Dieses Konzept ist unter anderem von Rüdiger Glaser¹¹⁹, Rudolf Brázdil¹²⁰, Lajos Racz¹²¹, M. Y. Lyachov¹²², Gabriela Schwarz-Zanetti¹²³ und Yevgenii Borisenkov¹²⁴ übernommen worden und hat sich seither durchgesetzt.¹²⁵

Bei der Umsetzung eines heterogenen Datenmaterials in numerische Indizes handelt es sich um einen Prozess, der sich mathematisch nicht formalisieren lässt; denn er muss sich einem stets wechselnden Datenumfeld anpassen und dabei quellspezifische, ökologische und individuelle Gesichtspunkte berücksichtigen.¹²⁶ Eine intersubjektive Kontrolle ergibt sich dadurch, dass die Grunddaten offengelegt werden, sodass der Prozess nachvollzogen werden kann und der Kritik offen steht.¹²⁷ In den Augen der meisten Naturwissenschaftler muss die Validität der hergeleiteten »Zahlen« jedoch mit statistischen Methoden nachgewiesen werden. Lange Zeit scheiterte dies daran, dass die übliche Methode der statistischen Kalibration deshalb nicht angewendet werden konnte, weil viele Beobachter sich Messinstrumente, sobald solche im 18. Jahrhundert erschwinglich wurden, besorgten. Dadurch veränderte sich

die Natur ihrer Beobachtungen grundlegend, sodass sich Dokumentendaten und frühe Messreihen kaum überlappen. Manche Historiker bringen diesen Zahlen ein erhebliches Misstrauen entgegen, weil sie die Subjektivität der einschlägigen Informationen überschätzen und den Schritt zur Quantifizierung nicht ganz zu durchschauen vermögen. Dies führt dazu, dass mit oberflächlichen quellenkritischen Argumenten ein diffuses Unbehagen artikuliert wird.¹²⁸ Wer schlüssige Argumente vorbringen will, kommt jedoch nicht darum herum, sich vertieft mit der Materie auseinander zu setzen. Zur statistischen Überprüfung der Indizes wurde am Beispiel des 16. Jahrhunderts ein Verfahren entwickelt. Es setzt die Verfügbarkeit von mehreren Indexreihen aus angrenzenden Staaten voraus, im vorliegenden Fall von solchen aus Deutschland, Tschechien, der Schweiz und Ungarn. In einem ersten Schritt wurden lange instrumentelle Temperaturreihen aus diesen Ländern in siebenstufige Indizes überführt. Der damit verbundene Varianzverlust war mit 10 bis 15 Prozent gering. In einem nächsten Schritt wurden die auf instrumentellen Messungen basierenden Indexreihen aus diesen vier Staaten im Zeitraum 1901-1960 miteinander korreliert. Die daraus resultierenden »instrumentellen« Korrelationskoeffizienten (I) lieferten die Messlatte, die an die entsprechenden »vorinstrumentellen« Koeffizienten (V) angelegt wurde.¹²⁹

Messorte		Basel	Budapest	Frankfurt
Budapest	I	0,67		
	V	0,60		
Frankfurt	I	0,87	0,67	
	V	0,84	0,62	
Prag	I	0,77	0,83	0,96
	V	0,68	0,74	0,85

Tabelle 1: Vergleich der Korrelationskoeffizienten von Temperatur-Indizes für den Sommer (Mittel von Juni, Juli, August) aus der instrumentellen Periode 1901-1960 (I) mit jenen aus dem vorinstrumentellen 16. Jahrhundert (V).

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass die aus Dokumentendaten hergeleiteten Korrelationskoeffizienten für den Sommer der vorinstrumentellen Periode geringfügig unter jener von vergleichbaren, aus Messreihen hergeleiteten Werten in der instrumentellen Periode liegen. Die Vergleichspaare für die übrigen Jahreszeiten sowie für die Niederschläge liegen in einer vergleichbaren Größenordnung.¹³⁰ Damit steht fest, dass Temperatur- und Niederschlagsindizes, sofern sie auf quellenkritisch geprüften Daten fußen und sorgfältig interpretiert worden sind, nahe an die Qualität von Messdaten herankommen. Durch einen statistischen Vergleich von Indexreihen und Messreihen wurden in einem letzten Schritt Regressionsgleichungen hergeleitet, die zur Gewinnung von Schätzwerten für Temperatur und Niederschlag verwendet wurden.¹³¹

2.2.2. Schätzung der mittleren monatlichen Verteilung von Luftdruck und Temperatur

Hubert H. Lamb und sein Schüler John Kington haben in den siebziger und achtziger Jahren versucht, anhand der räumlichen Darstellung von Dokumentendaten und frühen Instrumentenmessungen auf die atmosphärischen Zirkulationsverhältnisse zu schließen.¹³² Verschiedene Studien haben gezeigt, dass wenige, räumlich gut verteilte Messreihen von Temperatur, Niederschlag und Luftdruck ausreichen, um das großräumige Feld des Luftdrucks auf Meeresniveau und damit die Lage und die Intensität der steuernden Hochdruck- und Tiefdruckgebiete in Europa mit erstaunlicher Präzision abzuschätzen. In Kenntnis dieses Sachverhalts hat der Berner Geograph Jürg Luterbacher für das Projekt ADVICE statistische Modelle entwickelt, mit denen er die klimahistorischen Zeitreihen – frühe instrumentelle Messungen, Temperatur- und Niederschlagsindizes – zu flächendeckenden Angaben für ganz Europa umgeformt hat.¹³³ Für Historiker mag es schwer verständlich sein, wie eine Isobarenkarte mit genauen Linien auf Grund einiger weniger, teilweise auf deskriptiven Daten basierender Zeitreihen erstellt werden kann, da dies auf höheren statistischen Methoden beruht, die entsprechende Sachkenntnisse voraussetzen. Auf der anderen Seite ist es für Geographen und Klimatologen oft schwierig, die quellenkritischen Überlegungen der Historiker nachzuvollziehen. Interdisziplinäre Zusammenarbeit verlangt Vertrauen in die Fachkompetenz der jeweils anderen Seite. Immerhin ist zu erwarten, dass die mittlere monatliche Luftdruckverteilung mit den Witterungsbeschreibungen übereinstimmen müsste, von denen die Geschichtswissenschaft ausgeht. Damit ist ein elementares Plausibilitätskriterium gegeben. Dabei werden die monatlichen und saisonalen Werte von Bodendruck, Temperatur und Niederschlag nicht für bestimmte Orte, sondern für sogenannte Gitternetzpunkte rekonstruiert, die den europäisch-nordatlantischen Raum von 30°W bis 40°E sowie von 30°N bis 70°N abdecken.¹³⁴

Das Verfahren lässt sich folgendermaßen beschreiben: In einem ersten Schritt wird anhand der sogenannten Kalibrationsperiode (1901-1960) ein mathematisch-statistischer Zusammenhang zwischen Messdaten von einzelnen Stationen und dem gegitterten Bodendruck über ganz Europa hergestellt, und zwar anhand derselben Orte, von denen auch für das LMM kontinuierliche Beobachtungen vorliegen. In einem zweiten Schritt werden die erhaltenen Beziehungen dann auf die Stationsdaten der Periode 1961-1990, der sogenannten Verifikationsperiode, übertragen, um die Druckverhältnisse an den jeweiligen Gitternetzpunkten zu rekonstruieren. Es zeigte sich, dass in Nordwest-, Zentral- und Osteuropa die Rekonstruktionen mit dem kombinierten Informationsgehalt der Stationen den Bodendruckverhältnissen nahe kommen. Weniger gut fallen die Resultate erwartungsgemäß für randliche Räume wie das nordöstliche Europa aus, von denen noch keine Daten vorliegen; doch sind die Rekonstruktionen selbst dort einigermaßen zufriedenstellend.¹³⁵ In einem dritten Schritt wird das Modell auf die Stationsdaten des LMM angewandt. Damit erhält man auf indirektem Weg geschätzte monatliche Druckfelder für diese

Periode. Ein ähnliches Verfahren wurde angewendet, um die monatlichen Druckfelder über dem östlichen Nordatlantik und Europa für die Periode 1780 bis 1900, die sogenannte frühe Instrumentenperiode (EIP), zu rekonstruieren.¹³⁶ Mittlere monatliche Bodendruckkarten vermögen die ihnen zugrundeliegenden Klimasituationen vor allem dann gut abzubilden, wenn der betreffende Monat unter dem Einfluss einer dominanten Wetterlage steht, wie dies bei Anomalien häufig der Fall ist. Steht er dagegen unter dem Einfluss zweier oder mehrerer sehr unterschiedlicher Wetterlagen, wird dies durch die Mittelbildung verwischt.¹³⁷

In ähnlicher Weise sind die mittlere Monatstemperatur und die monatlichen Niederschlagssummen für den Zeitraum 1659-1990 rekonstruiert worden. Die Ergebnisse für den Niederschlag sind aufgrund der großen Variabilität von Niederschlagsereignissen in Raum und Zeit allerdings als nicht sehr zuverlässig zu betrachten.

Mit der flächendeckenden Rekonstruktion von Temperatur und Luftdruck für ganz Europa verfügt die historische Klimawirkungsforschung für die letzten drei bis fünf Jahrhunderte über kontinuierliche Datenreihen, wie sie bisher nur für die Instrumentenperiode vorlagen, wenn auch die Zuverlässigkeit der Schätzdaten nicht mit jener von Messreihen zu vergleichen ist. Dennoch: Klimawirkungsforschung wird damit auch in jenen Räumen möglich, für welche historische Klimadaten nicht in ausreichender Dichte und Qualität verfügbar sind, die aber auf Grund von naturräumlichen, ökonomischen oder herrschaftlichen Besonderheiten oder auf Grund einer guten Quellenlage dazu besonders geeignet erscheinen. Ganz abgesehen davon, dass die neue Datenbasis zusammen mit der Datenbank EURO-CLIM-HIST (siehe den Beitrag von Dietrich in diesem Heft) auch für punktuelle Zugriffe im Rahmen von thematisch anders gelagerten Studien bedeutsam werden dürfte.

2.3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der klimahistorischen Untersuchungen, die für Europa aus den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts vorliegen, umfassen weit über tausend Druckseiten und eine ungezählte Menge von Tabellen, Grafiken und Karten. Es soll im vorliegenden Rahmen nicht der Versuch unternommen werden, dieses vielfältige Material zusammenzufassen. Dies bleibt einer noch zu schreibenden Klimageschichte Europas vorbehalten. Dagegen erscheint es sinnvoll und nötig, auf Grund dieser Ergebnisse die idealtypischen Topoi des Klimaverlaufs zu hinterfragen, die häufig etwas unreflektiert in historische Darstellungen einfließen, namentlich Hinweise auf die »Mittelalterliche Warmperiode« und die »Kleine Eiszeit«.

Zunächst sei eine grundlegende Bemerkung vorausgeschickt. Ähnlich wie in der Geschichte menschlicher Gesellschaften gilt es bei Rekonstruktionen des Klimas Prozesse auf drei verschiedenen Zeit-Ebenen zu unterscheiden: Der *courte durée* sind Ereignisse in der Dauer von Tagen, Wochen und Monaten, der *durée moyenne*

Variationen im Lauf von Jahrzehnten, der *longue durée* Verschiebungen in Jahrhunderten zuzuordnen. Für letztere hat sich der Begriff der »kleinen Zeitalter« eingebürgert.¹³⁸ Ihre genauere zeitliche Abgrenzung ist insofern umstritten, als sie keinen einheitlichen klimatischen Kriterien folgt und vom Untersuchungsraum abhängig ist. Der Begriff der »Kleinen Eiszeit« stiftet in der Literatur aus zwei Gründen Verwirrung: Erstens wird in der Regel nicht deutlich gemacht, ob er sich auf die Gletscher oder auf das Klima bezieht. Konsens besteht heute dahingehend, dass die »Kleine Eiszeit«, wenn wir von der Position der Gletscherzungen ausgehen, im Zeitraum zwischen dem späten 13. und dem frühen 14. Jahrhundert begann und im späten 19. Jahrhundert endete.¹³⁹ Zweitens erweckt er leicht die irri- ge Vorstellung einer homogenen Kaltperiode. Die vorgeschobenen Gletscherzungen lassen sich keinem einheitlichen Klima zuordnen. Das Sommerklima, das für die Alpengletscher am bedeutsamsten ist, gliedert sich innerhalb dieses Zeitraums in eine Vielzahl von kalten und warmen Schwankungen¹⁴⁰, ohne dass ein langfristiger Trend ersichtlich wird. Andererseits ist unbestritten, dass lange und kalte Winter zwischen 1300 und 1900 häufiger waren als in der Periode 1180 bis 1300 und im 20. Jahrhundert;¹⁴¹ doch lässt sich dieses Ergebnis nicht in einen kausalen Zusammenhang mit den Gletscherständen bringen. Global gesehen stimmen die kältesten Perioden in einer Region oft nicht mit jenen in anderen Regionen überein und das jahreszeitliche Zusammenspiel von Wärme und Kälte verändert sich mit der Zeit.¹⁴² Auch die »Mittelalterliche Warmzeit«, die Hubert H. Lamb mit den Eckdaten 900 bis 1300 definiert hat,¹⁴³ zeigt bei näherer Untersuchung (vom späten 11. Jahrhundert an) wenig einheitliche Züge,¹⁴⁴ mit Ausnahme der Seltenheit von kalten Wintern und häufigen warmen Sommern im Zeitraum von 1180 bis 1300.¹⁴⁵ Diese Periode kann – ähnlich wie das 20. Jahrhundert – als klimatische Gunstphase bezeichnet werden. Jede Periode oder Phase in der Geschichte des Klimas, dies haben Heinz Wanner und Ulrich Siegenthaler schon 1987 hervorgehoben, ist von vielfältigen Randbedingungen und *forcing factors* abhängig und zeigt deshalb eine individuelle Ausprägung.¹⁴⁶

Ein klimatisch stimmigeres und geschichtswissenschaftlich anschlussfähigeres Bild des Zusammenspiels von jahreszeitlichen Temperatur und Niederschlagsmustern lässt sich durch die vertiefte Untersuchung von Variationen mittlerer Dauer gewinnen: Hier liegen noch keine zuverlässigen durchgehenden Zeitreihen von Temperatur und Niederschlag für die letzten 900 Jahre vor. Erarbeitet sind erst eine Anzahl von Zeitfenstern: Im 16. Jahrhundert waren Winter und Frühjahrsperioden in Mitteleuropa fast durchwegs kälter als im 20. Jahrhundert, während sich das Sommerklima in drei Phasen von annähernd gleicher Länge gliedern lässt. Im ersten Jahrhundertdrittel hielten sich warme und kühle Sommer die Waage, im zweiten Jahrhundertdrittel waren die Sommer um 0,3° C wärmer und um 5 Prozent trockener, im letzten Jahrhundertdrittel dagegen, vermutlich unter dem Einfluss von vulkanischen Eruptionen in niederen Breiten, um 0,4° C kälter und um 5 Prozent feuchter als 1901-1960. Kalte und feuchte Sommer folgten zwischen 1568 und 1573 aufeinander, dann erneut zwischen 1585 und 1598, was den Rebbau nördlich

der Alpen arg in Mitleidenschaft zog und weitreichende Vorstöße der Gletscher auslöste. Südlich der Alpen sind diese Erscheinungen nicht nachgewiesen.¹⁴⁷

Im Rahmen des Projekts ADVICE ist der mittlere monatliche Luftdruck in Europa für das LMM (1675-1715) untersucht worden: Im Winter war er in Nordosteuropa signifikant höher, in Mitteleuropa und im westlichen Mittelmeerraum dagegen tiefer als im 20. Jahrhundert. Dies begünstigte Ausbrüche von kalt-trockener Polarluft nach Mitteleuropa, die mit gelegentlichen Schneefällen und Kälte bis nach Südportugal¹⁴⁸ und Kreta¹⁴⁹ drang. In den Frühjahrsperioden war der Luftdruck über Island und über der Nordsee höher als heute, arktische Luftmassen stießen daher häufiger nach Mitteleuropa vor, wodurch diese Jahreszeit generell kälter war als heute. Im Sommer dehnte sich das Azorenhoch seltener und schwächer nach Mitteleuropa aus. Die Polarfront und mit ihr die Bahn der Westwinde verlief südlicher als heute, was Mitteleuropa häufiger regnerische und böige Witterung bescherte. Im Herbst war der Luftdruck wie im Winter über Nordeuropa höher als heute. Generell dauerten winterliche Zirkulationsmuster mit Hochdruck in Nordeuropa im Winterhalbjahr länger an. Diese Verschiebungen der Zirkulation im LMM werden auf das Zusammenwirken einer schwächeren Sonnenaktivität mit häufigen vulkanischen Eruptionen in den Tropen und Veränderungen der Meeresströmungen im Nordatlantik zurückgeführt, die in ihrem Zusammenspiel noch näher untersucht werden müssen.¹⁵⁰

Dank grenzüberschreitender Zusammenarbeit ist es Forschungsgruppen aus nahezu allen europäischen Ländern gelungen, gemeinsame Standards zu definieren und Verfahren zu entwickeln, mit denen sich unterschiedliche Typen von Klimadaten aus verschiedenen Regionen Europas in räumliche Darstellungen umsetzen lassen.¹⁵¹ Auf Grund von laufenden Forschungen ist abzusehen, dass es in naher Zukunft möglich sein wird, die mittlere Lage der steuernden Hoch- und Tiefdruckgebiete und die Herkunft der Luftmassen über die letzten 340 Jahre hinweg Monat für Monat und bis 1500 zurück mit jahreszeitlicher Auflösung abzuschätzen.¹⁵² Auf dieser neuen Basis werden klimatische Einflüsse in ihrer Bedeutung für die Getreidepreise, die Konjunktur und die Bevölkerungsentwicklung im Zeitalter der Agrargesellschaften erstmals großräumig untersucht werden können.

3. Historische Klimawirkungsforschung

3.1. Ansätze

Die intensiven Forschungsbemühungen der neunziger Jahre haben die historische Klimawirkungsforschung auf eine neue empirische Grundlage gestellt. Während der frühe Determinismus weitreichende Schlüsse ohne hinreichendes empirisches Fundament zog, mangelt es nun an neuen Wirkungsforschungen, die sich die breitere Datenbasis zu Nutze machen. Die immer wieder aufgeworfene Frage nach der Beziehung zwischen »Klima« und »Geschichte« lässt sich nach den Spielregeln der

Wissenschaft damit allerdings nicht beantworten. »Klima« und »Geschichte« sind Begriffe, deren Abstraktionsgrad viel zu hoch ist, als dass sich generalisierungsfähige Zusammenhänge zwischen ihnen in einer wissenschaftlich akzeptablen Form nachweisen lassen könnten. Sinnvolle Fragen sind nur dann zu stellen, wenn wir auf eine tiefere Maßstabsebene wechseln und dazu die natürlichen und sozialen Prozesse genauer in den Blick nehmen. Je weiter wir ins Detail gehen, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, eine Beziehung zu finden.¹⁵³ Dafür haben spezifische Ergebnisse dieser Art primär nur innerhalb spezifischer Kontexte Gültigkeit. Sie lassen sich, wenn überhaupt, nur innerhalb ähnlich gelagerter Kontexte generalisieren.

Bei der Einschränkung auf Agrargesellschaften, mit denen sich die historische Klimawirkungsforschung bisher im wesentlichen befasst hat, stehen in erster Linie Biomasse (Nahrungs- und Futtermittel) sowie Energieverfügbarkeit (Wasserkraft, Windenergie), in zweiter Linie populationsdynamische Prozesse (v.a. Fruchtbarkeit und Sterblichkeit bei Menschen und Nutztieren) als Untersuchungsgebiete im Vordergrund. Im weitesten Sinne könnte man sagen, dass Witterung und Klima die Energie- und Ressourcenverfügbarkeit von Gruppen und Individuen in Agrargesellschaften verändert und damit deren Handlungsspielräume erweitert oder eingeschränkt haben. Welche klimatischen Konstellationen dabei von Bedeutung waren, ist kontextabhängig, und zwar in naturräumlicher, kulturräumlicher und zeitlicher Hinsicht. Unmittelbarer ist die ereignisstiftende Kraft von Naturkatastrophen und klimabedingten Notständen, die Menschenleben kosten und Infrastrukturanlagen zerstören. Sie setzen politische Systeme, Gruppen und Individuen unter Handlungs- und Entscheidungsdruck.¹⁵⁴

Während sich die gegenwarts- und zukunftsbezogene Klimawirkungsforschung unter dem Einfluss der Debatte um den Treibhauseffekt stürmisch entfaltet,¹⁵⁵ hat sich die Theorie der historischen Klimawirkung nicht wesentlich über die in dem von Robert Kates 1985 herausgegebenen Band *Climate Impact Assessment* hinaus entwickelt.¹⁵⁶ Klimawirkungen, die von der Agrarproduktion ausgehen, lassen sich entlang von Kausalketten darstellen: Die primären, unmittelbar klimabedingten Wirkungen auf die Qualität und Quantität der Produktion spiegeln sich im Preisgeschehen, das seinerseits demographische (Subsistenzkrisen) und politische (Teuerungsaufstände) Konsequenzen nach sich ziehen kann.

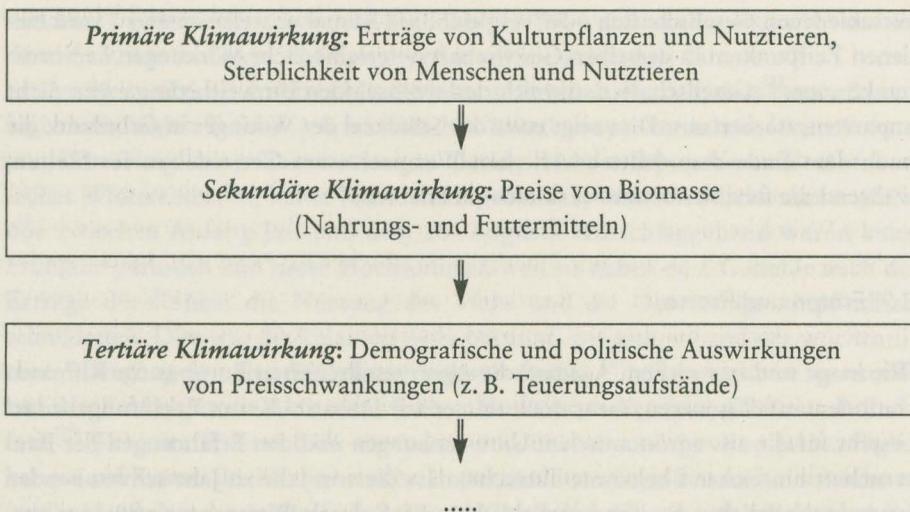


Abb. 3: Wirkungskette von Klimaeinflüssen auf die Gesellschaft¹⁵⁷

Je weiter wir uns entlang der Kausalkette von den primären Effekten weg bewegen, desto schwächer wird die Stringenz von Klimawirkungen, desto größer werden die Handlungsspielräume der Gesellschaft¹⁵⁸ und desto unmöglicher wird es, alle einschlägigen Untersuchungen vollständig zu erfassen. Vor allem nimmt der Komplexitätsgrad der Zusammenhänge zu. Primäre und sekundäre Wirkungen lassen sich bei guter Datenlage im Rahmen von Modellen quantifizieren, tertiäre Wirkungen allenfalls im Bereich der Demographie. Bei den politischen Ausstrahlungen von Teuerungen, etwa in Form von Hungerrevolten, ist dies kaum mehr möglich, da dort der situative Kontext dominiert.¹⁵⁹ Biophysische Wirkungsstudien bewegen sich entlang dieser Kausalkette: Zuerst steht die Klimawirkung im Vordergrund, dann geraten allmählich die an der Preisbildung beteiligten ökonomischen und institutionellen Einflüsse in den Blick, schließlich fällt der Blick auf soziale, demografische und allfällige politische Folgeerscheinungen.¹⁶⁰

Synchrone Untersuchungen stehen vor der zusätzlichen Schwierigkeit, dass Gesellschaften nicht statisch sind, sondern sich auf mannigfache Weise verändern. Bei der vorliegenden Thematik stehen jene Veränderungen im Vordergrund, die man als *Adaptation* bezeichnet.¹⁶¹ In der *Climatic Change* – Literatur sind zahlreiche Definitionen für diesen Begriff geläufig. Alle nehmen eine Anpassung an erfahrene oder erwartete klimatische Stimuli mit Blick auf eine Reduktion individueller und sozialer Belastbarkeit an. Nicht immer wird klar ausgedrückt, an welche Art von klimatischen Veränderungen die Anpassung erfolgt (Verschiebung von Mittelwerten und/oder der Amplituden), welches die Akteure sind (Angehörige bestimmte Sektoren oder Zweige der Wirtschaft, Institutionen, natürliche Systeme), und wie die Anpassung geschieht.¹⁶² Klimawirkungen sind stets das Ergebnis eines Zusammenwirkens von Klima und Gesellschaft, sodass ein und dieselbe Klimakonstellation in

verschiedenen Gesellschaften oder vergleichbare Klimakonstellationen zu verschiedenen Zeitpunkten in derselben Gesellschaft unterschiedliche Wirkungen hervorrufen können.¹⁶³ Gesellschaften, die sich den wechselnden Umweltbedingungen nicht anpassten, starben aus. Dies zeigt etwa das Schicksal der Wikinger in Grönland, die nach dem Ende der »Mittelalterlichen Warmzeit« am Getreidebau festhielten, während die flexibleren Inuit (Eskimos) überlebten.¹⁶⁴

3.2. Ernten und Preise

Wie lange und in welchem Ausmaß die Agrargesellschaften Europas für Klimavariationen anfällig waren, steht noch immer zur Debatte. Kaum Erklärungsbedarf besteht für die aus agronomischen Untersuchungen und den Erfahrungen der Bauernschaft hinreichend bekannte Tatsache, dass die von Jahr zu Jahr schwankenden landwirtschaftlichen Erträge in erheblichem Maß durch Witterungseinflüsse mitbestimmt werden.¹⁶⁵ Die Frage nach den Beziehungen zwischen Witterung und Ernten unter den institutionellen und technologischen Rahmenbedingungen der Agrargesellschaften hat bisher wenig Interesse gefunden. Emmanuel Le Roy Ladurie hat postuliert, zur Überprüfung der Klima-Hypothese müsse nach strengen wissenschaftlichen Kriterien aufgezeigt werden, dass alle Misserntejahre in einem Krisenzyklus aus denselben Ursachen entstanden und dass sie mit einer größeren Häufigkeit auftraten als im vorangehenden und im folgenden Zyklus.¹⁶⁶ Um dieser Forderung zu entsprechen, wären die Zusammenhänge zwischen Witterungseinflüssen und der Ertragsbildung der bedeutendsten Kulturpflanzen, wie dies in der Agronomie üblich ist, anhand von Zeitreihen mit statistischen Methoden zu untersuchen. Idealerweise sollte neben der Produktion von Getreide auch der Umfang der übrigen Nahrungsquellen, wie der Baumfrüchte (Obst, im Mittelmeerraum Oliven, allenfalls Kastanien) sowie der Molkenprodukte in die Untersuchung einbezogen werden, um die Substitutionseffekte zu berücksichtigen, die für die Schwankungen der Getreidepreise mit von Bedeutung waren. Auf Grund der Quellenlage kann jedoch in der Regel bestenfalls die Produktion der beiden *cash crops* Getreide und Wein abgeschätzt werden. Dazu müssen Untersuchungen fallspezifisch vorgenommen und auf einen bestimmten Raum und eine bestimmte Periode eingegrenzt werden, sodass verallgemeinernde Aussagen nur auf dem Weg eines Vergleichs mehrerer Fallstudien zu gewinnen sein werden.

Bei solchen Untersuchungen ist entsprechend den vorgängig skizzierten Überlegungen zusätzlich die Adaptation ins Spiel zu bringen. Produzenten, Konsumenten und obrigkeitliche Verwaltungen hatten bekanntlich eine Fülle von Strategien entwickelt, um die Auswirkungen von Ertragsschwankungen abzupuffern. Risikovermindernde Strategien waren darauf angelegt, durch eine möglichst breite Palette von Kulturpflanzen und einen auf verschiedene Böden und Höhenlagen verteilten Anbau das existenzbedrohende Risiko einer völligen Missernte möglichst zu ver-

meiden.¹⁶⁷ Krisenüberbrückende Maßnahmen (Vorratshaltung, Importe) zielten darauf ab, den Auftrieb der Getreidepreise vorübergehend zu dämpfen.¹⁶⁸

Am Beispiel des Schweizer Mittellandes ist ermittelt worden, dass den meteorologisch bedingten Teuerungen im südlichen Mitteleuropa eine relativ kleine Palette von Witterungskonstellationen zugrunde lag: Nasser September und Oktober, früher Wintereinbruch, kalter März und April und sehr nasser Hochsommer (Periode zwischen Anfang Juli und dem 10. August). Ausschlaggebend waren kalte Frühjahrsperioden und nasse Hochsommer, weil sie neben dem Getreide auch die Erträge der Reben, die Nutzung des Viehs und die Obsterträge empfindlich schmälerten. Dies war SpekulantInnen wohl bekannt, wie sich anhand der wöchentlichen Bewegung von Getreidepreisen nachweisen lässt.¹⁶⁹ »Getreidesäcke waren neben den Rebbergen die Aktien der Frühen Neuzeit«, stellt Ulrich-Christian Pallach fest.¹⁷⁰ Wer eine Hausse früh voraussah und über das nötige Kapital verfügte, konnte auf Kosten der Käufer aus den Unterschichten seinen Einsatz binnen Jahresfrist verdoppeln oder verdreifachen. Dem klimatischen Muster kaltes Frühjahr plus nasser Hochsommer entsprechen die Krisen von 1569-1574, 1586-1589, 1593-1597, 1627-1629, 1688-1694, 1769-1771, 1816-1817, 1853-1855.¹⁷¹ Inwieweit dieses Muster räumlich extrapoliert werden darf, ist anhand weiterer Fallstudien zu überprüfen. Für die Zeit nach 1659 könnten als empirische Klimaparameter die jetzt vorliegenden Karten der monatlichen Luftdruckverteilung in Europa herangezogen werden. Im Mittelmeerraum wurden Missernten dagegen in erster Linie durch anhaltende Dürre im Winterhalbjahr ausgelöst.¹⁷²

Die neuere wirtschaftsgeschichtliche Forschung nimmt an, dass Klimavariationen für die Schwankungen der Getreidepreise neben der Bevölkerungsgröße und dem Geldumlauf eine zu vernachlässigende Rolle spielten,¹⁷³ obschon dies zur Erfahrung der Zeitgenossen in völligem Widerspruch steht. Sie stützt sich unter anderem auf die Annahme von Jan de Vries, wonach der Stand der Marktintegration in der frühen Neuzeit ausreichend gewesen sei, um die angenommenen engen Beziehungen zwischen Klima und Ernten und zwischen den Ernten und der allgemeinen wirtschaftlichen Aktivität stark zu lockern.¹⁷⁴ De Vries stellt damit die Bedeutung des Erntezyklus selbst für die kurzfristigen Schwankungen der Getreidepreise grundsätzlich in Frage, die Wilhelm Abel für Deutschland und Ernest Labrousse für Frankreich in ihre heute gültige Form gegossen haben.¹⁷⁵ Für die Niederlande, die über billige Importmöglichkeiten auf dem Wasserweg verfügten, mag dies berechtigt sein. Für die Gebiete im Inneren des Kontinents steht diese Annahme jedoch im Widerspruch zu den empirischen Befunden.¹⁷⁶ Dazu kommt, dass die blockierenden Wetterlagen, die den misserntebedingten Teuerungen zugrunde liegen, die Ernten großräumig in Mitleidenschaft zogen. Am höchsten stiegen die Preise in Gebieten am Oberlauf von großen Flüssen, wo die Defizite durch den interregionalen Handel auf dem Landweg nicht ausgeglichen werden konnten.¹⁷⁷ Walter Bauernfeind gelangt in seiner umfassenden Untersuchung über die Preisentwicklung und die Agrarkonjunktur am Nürnberger Getreidemarkt zu folgendem Fazit: »Schaltet man

die monetären Verzerrungen von Rechengeldentwertung und Edelmetallkaufkraft aus, dann sind – neben dem Umfang der jährlichen Ernteerträge – plötzlich auftretende Übersterblichkeit [als Folge von Epidemien] und Klimaverschlechterungen die konstituierenden Momente der Getreidepreisbewegung.«¹⁷⁸ Modellrechnungen lassen für die Zeit seit 1500 eine langfristige Alternanz von klimatischen Gunstphasen (1525-1565, 1630-1678, 1721-1766) und Ungunstphasen (1566-1629, 1679-1720, 1767-1817) erkennen.¹⁷⁹ Für Südwestdeutschland kommt Wolfgang von Hippel zu folgendem Schluss: »Wechselfälle der Ernten unterwarfen den Produktionszuwachs immer wieder heftigen Schwankungen, und diese Schwankungen schlugen angesichts des großen Gewichts der Landwirtschaft für das Volkseinkommen und die Konsumsituation massiv auf das gesamte Wirtschaftsgeschehen und den Lebensstandard der breiten Bevölkerungsschichten durch. Wirtschaftskrisen blieben in Südwestdeutschland bis tief in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts in erster Linie Agrarkrisen.«¹⁸⁰

3.3. Demographie

Klimaeinflüsse können den Ausbruch von Epidemien unmittelbar fördern, indem sie deren Virulenz verändern. Allerdings ist nicht jede Infektionskrankheit klimasensitiv, und die klimasensitiven Krankheiten reagieren nicht alle auf dieselben Einflüsse.¹⁸¹ Patrick Galloway hat anhand eines Modells die demographische Bedeutung von Temperatureinflüssen in England, Frankreich, Preußen und Schweden von 1460 bis 1909 untersucht. Er ist zum Schluss gekommen, dass Temperaturverhältnisse signifikant auf die Sterblichkeit wirkten, und zwar auch unabhängig von ökonomischen Einflüssen.¹⁸²

Lange Zeit standen Subsistenzkrisen im Zentrum des Interesses, bei denen die Unterschichten nicht mehr über genügend Kaufkraft verfügten, um sich in Teuerungsperioden über die Märkte versorgen zu können.¹⁸³ Besonders instruktiv sind komparative Untersuchungen mehrerer Länder und Regionen.¹⁸⁴ Die meisten unterernährten Menschen erlagen nicht dem Hunger, sondern wurden Opfer einer Infektionskrankheit.¹⁸⁵ Dabei muss von einem sozialen und physiologischen Syndrom ausgegangen werden: Verzweifelte Menschen, die auf der Suche nach Nahrung durchs Land zogen, holten sich die todbringende Ansteckung, wenn sie sich um Essensplätze und Suppenküchen sammelten.¹⁸⁶ Das minderwertige Getreide, das ihnen zur Nahrung diente, war oft von Schimmelpilzen befallen. Mary Matossian postuliert, dass diese eine immuno-suppressive Wirkung hatten und die Sterblichkeit jener erhöhten, die von Epidemien befallen waren.¹⁸⁷ Dies würde erklären, warum Sterblichkeitskrisen vor allem nach nassen Hochsommern eintraten, wenn das Getreide feucht eingelagert werden musste (z. B. 1770, 1816), warum die Sterblichkeit der Unterschichten überproportional hoch war und warum sie gegenüber den Teuerungen verzögert erfolgte. Heute besteht Konsens darüber, dass die Bedeu-

tung der Subsistenzkrisen für die langfristige Bevölkerungsentwicklung nicht überschätzt werden darf.¹⁸⁸

Es wird allgemein angenommen, dass die Belastbarkeit der westeuropäischen Gesellschaften für Klimaeinwirkungen, soweit sie über Teuerungen und Bevölkerungskrisen fassbar wird, seit dem 18. Jahrhundert, also noch vor der Ankoppelung des Kontinents an das moderne Verkehrsnetz, erheblich zurückgegangen ist. Dabei wird stillschweigend vorausgesetzt, dass die den Krisen zugrundeliegenden Klimawirkungen vergleichbar sind. Mit den vorliegenden, gesamteuropäischen Klimadaten kann diese Hypothese erstmals stringent überprüft werden. Dabei wird es vielleicht möglich sein, neben technischen und ökonomischen Faktoren (z. B. Marktintegration) die Bedeutung sozialer und institutioneller Reformen herauszufinden, die auch bei der Bewältigung künftiger Klimabelastungen eine erhebliche Rolle spielen dürften.

3.4. Anomalien und Naturkatastrophen

Durch ihre Kosten an Menschenleben, Sachschäden und Desorganisation lassen sich Klima-anomalien und Naturkatastrophen als unvermittelte Schocks für ein Wirtschaftssystem verstehen. Ihre Wirkungen sind in einem hohen Maß durch die Belastbarkeit des betroffenen Wirtschafts- und Gesellschaftssystems, die Dichte und Lage der Siedlungen, das Einkommensniveau, die Tragfähigkeit der sozialen Netze sowie der Fähigkeit und Willigkeit des betreffenden politischen Systems zur Hilfeleistung mitbedingt. Die signifikante historische Wirkung von klimatischen Tendenzen, so die Kritik von Eric L. Jones an der älteren Klimawirkungsforschung, liege weniger auf der Ebene der langfristigen Veränderungen von Mittelwerten, an die sich die Gesellschaften anpassen könnten, als vielmehr in Veränderungen in Art, Größe, Periodizität und geographischer Verbreitung von Anomalien und Naturkatastrophen.¹⁸⁹ Jones und Anderson haben postuliert, dass die westeuropäischen Volkswirtschaften nicht nur weniger häufig und weniger gravierend von Katastrophen heimgesucht wurden als jene Indiens und Chinas, sondern dass sich die frühneuzeitlichen Staaten auch darum bemühten, die menschen- und kapitalvernichtenden Auswirkungen von Katastrophen zu mildern.¹⁹⁰ Bei der empirischen Prüfung dieser These steht die Forschung erst am Anfang.¹⁹¹ Dabei wären neben Veränderungen von Katastrophenmustern und Verbesserungen des Katastrophenmanagements die damit einhergehenden Diskurse zu thematisieren.¹⁹²

4. Fazit

Die Anfänge der historischen Klimatologie im frühen 20. Jahrhundert gehen auf wissenschaftliche Außenseiter zurück. Zwischen 1960 und 1990 hat ein verstärktes

Interesse der Geschichtswissenschaft an verlässlichen Klimarekonstruktionen das bedeutende Potential der Aufzeichnungen in historischen Dokumenten ins Blickfeld gerückt. Internationale Projekte haben in den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts eine Zusammenarbeit zwischen historischen Klimatologen über die Ländergrenzen hinweg angebahnt, was die Formulierung gemeinsamer Standards und Ansätze gefördert hat. Als Ergebnis sind quasi homogene, transnational vergleichbare Zeitreihen entstanden. Diese sind von Klimatologen zum Ausgangspunkt von flächendeckenden Rekonstruktionen von Luftdruck und Temperatur in Europa geworden, die einer grenzüberschreitenden, europäischen Klimawirkungsforschung bald zur Verfügung stehen werden. Auf Grund dieses umfassenden Materials wird es möglich sein, das Klima als Einflussgröße in eine Vielzahl von historischen Kontexten einzubeziehen. Freilich steht der Stellenwert des Faktors Klima für historische Prozesse nicht von Anfang an fest. Er ist vielmehr in jedem Kontext neu zu bestimmen.

Anmerkungen

- ¹ Zur Umweltgeschichte u. a. Verena Winiwarter, *Was ist Umweltgeschichte?*, Wien 1988 (IFF, Soziale Oekologie, Bd. 54). Im Jahre 2000 ist eine European Society für Environmental History (ESEH) gegründet worden. Siehe <http://www.eseh.org/> (28.6.2000).
- ² Rudolf Brázdil, *Historical climatology – definition, data, methods, results*, in: *Geograficky casopis* 52 (2000), 99-121. Bedeutende Publikationen: Astrid E. J. Ogilvie, *The past climate and sea-ice record from Iceland*, in: *Climatic Change* 6 (1984), 131-152; Christian Pfister, *Das Klima der Schweiz von 1525 bis 1863 und seine Bedeutung in der Geschichte von Bevölkerung und Landwirtschaft*, 2 Bde., Bern 1984; Pierre Alexandre, *Le climat en Europe au Moyen Age. Contribution à l'histoire des variations climatiques de 1000 à 1425 d'après les sources narratives de l'Europe occidentale*, Paris 1987; Dario Camuffo, *Freezing of the Venetian lagoon since the 9th century AD, in comparison to the climate of Western Europe and England*, in: *Climatic Change* 10 (1987) 43-66; Rüdiger Glaser, *Klimarekonstruktion für Mainfranken, Bauland und Odenwald anhand direkter und indirekter Witterungsdaten seit 1500*, Stuttgart 1991; Marcel Lachiver, *Les années de misère. La famine au temps du Grand Roi 1680-1720*, Paris 1991; Christof Dipper bezieht Betrachtungen über den Klimaverlauf in seine *Deutsche Geschichte 1648-1789*, Frankfurt am Main 1991, ein, ebenso Ilja Mieß in der Einleitung zum *Handbuch der europäischen Wirtschafts- und Sozialgeschichte*, Band 4, Stuttgart 1993, 35-41.
- ³ Ahasver von Brandt, *Werkzeug des Historikers*, 15. Aufl., Stuttgart 1998, 22 f., unterscheidet die drei Teilgebiete »Historische Landschaftskunde«, »Historische Siedlungskunde« und »Historisch-politische Geographie«. Das Klima als ein bedeutendes, sich veränderndes Element eines Raumes, müsste folgerichtig als viertes Teilgebiet hier eingeordnet werden.
- ⁴ Einen auf Deutschland zentrierten Forschungsbericht hat Stefan Miltzer, *Klima – Klimageschichte – Geschichte. Status und Perspektiven von Klimageschichte und Historischer Klimawirkungsforschung*, in: *Geschichte in Wissenschaft und Unterricht* 47 (1996), 71-88, vorgelegt
- ⁵ Emilio F. Moran, *Human adaptability. An introduction to ecological anthropology*, North Situate (Mass.) 1979, 24 f.

- ⁶ Geoffrey J. Martin, Ellsworth Huntington. His life and thought, Hamden (Conn.) 1973; James Rodger Fleming, Historical perspectives on climate change, New York 1998, 9 f.
- ⁷ Ebd., 16 f.
- ⁸ Nico Stehr u. Hans von Storch, Hg., Eduard Brückner – The sources and consequences of climate change and climate variability in historical times, Dordrecht 2000; Thomas Tooke u. Walter Newmarch, Die Geschichte und Bestimmung der Preise während der Jahre 1793-1857, Dresden 1862; William Stanley Jevons, On the study of periodic commercial fluctuations. Report of the British Association for the Advancement of Science, Cambridge 1863, 157-8. Zu Jevons siehe auch <http://home.tvd.be/cr27486/Jevons.html> (28.6.2000).
- ⁹ Richard H. Grove, Ecology, climate and empire. Colonialism and environmental history 1400-1940, Cambridge 1998, 124-146; Michael Williams, The relations of environmental history and historical geography, in: Journal of Historical Geography 20 (1994), 3-21; Anna Bramwell, Ecology in the twentieth century, New Haven 1989.
- ¹⁰ Ellsworth Huntington, The pulse of Asia, Boston 1907; ders., Civilization and climate, New Haven 1915.
- ¹¹ Bernhard Glaeser, Soziologie der Umwelt: Misere, Traditionen, Perspektive, in: Ernest Huib, Hg., Pathways to human ecology, From observation to commitment, Bern 1994, 115-132, hier 120.
- ¹² Nico Stehr u. Hans von Storch, Rückkehr des Klimadeterminismus?, in: Merkur 579 (1997), 560-562. Zu Huntington ausführlich Fleming, Perspectives, wie Anm. 6, 95-106.
- ¹³ Siehe jedoch Robert Claiborne, Entscheidungsfaktor Klima, Der Einfluss des Wetters auf Entwicklung und Geschichte der Menschheit, Wien 1973; Anton Lenk, Die Gezeiten der Geschichte. Wie das Klima unsere Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft beeinflusst, Düsseldorf 1974.
- ¹⁴ So gießt Norman Fuchsloch das Kind mit dem Bade aus, indem er die historische Klimatologie allein auf Grund des Buches von Hubert H. Lamb, Klima und Kulturgeschichte, Hamburg 1989, als deterministisch bezeichnet. Vgl. Norman Fuchsloch, Einführung in Methodenfragen der Umweltgeschichte, in: Günter Bayerl, Norman Fuchsloch u. Torsten Meyer, Hg., Umweltgeschichte – Methoden – Potentiale, München 1996, 6.
- ¹⁵ Den jüngsten Versuch hat der emeritierte ETH Geologe Kenneth Hsü vorgelegt: ders., Klima macht Geschichte, Zürich 2000.
- ¹⁶ Claudia Honegger, Hg., Marc Bloch, Fernand Braudel, Lucien Febvre u. a. Schrift und Materie der Geschichte, Vorschläge zur systematischen Aneignung historischer Prozesse, Frankfurt am Main 1977.
- ¹⁷ Fernand Braudel, Capitalism and Material Life, 1400-1800, New York 1973, 18.
- ¹⁸ Fernand Braudel, La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II, Paris 1949, 270.
- ¹⁹ Gustav Utterström, Some population problems in pre-industrial Sweden, in: The Scandinavian Economic History Review 2 (1954), 105-165.
- ²⁰ Emmanuel Le Roy Ladurie, Histoire du climat depuis l'an mil, Paris 1967, zitiert nach der überarbeiteten englischen Übersetzung: Times of feast, times of famine. A history of climate since the year 1000, New York 1972, 23-79; Emmanuel Le Roy Ladurie u. Micheline Baulant, Grape harvests from the fifteenth through the nineteenth centuries, in: Journal of Interdisciplinary History 10 (1980), 839-849. Zur Vorsicht bei der Interpretation mahnen Marcel Lachiver, Vins, vignes et vigneron. Histoire du vignoble français, Paris 1988; Alain Guerreau, Climat et vendanges. Révisions et compléments, in: Histoire et Mesure 10 (1995), 89-147.
- ²¹ Emmanuel Le Roy Ladurie, Times of feast, wie Anm. 20, 268 ff.
- ²² Ebd., 22.
- ²³ Ebd., 119.

- ²⁴ Ebd., 293.
- ²⁵ Raymond S. Bradley, *Paleoclimatology, Reconstructing climates of the Quaternary*, 2. Aufl., Orlando 1999. Einen Vergleich von Baumringdaten mit Dokumentendaten haben Ralph Bernd Vogel, Heinz Egger u. Fritz Hans Schweingruber, Interpretation extremer Jahringwerte in der Schweiz anhand von klima-historischen Aufzeichnungen zwischen 1525 und 1800 A.D., in: Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich 141 (1996), H. 2, 65-76, vorgekommen.
- ²⁶ Hans von Rudloff, *Die Schwankungen und Pendelungen des Klimas in Europa seit dem Beginn der regelmäßigen Instrumentenmessungen (1670)*, Braunschweig 1967.
- ²⁷ Gordon Manley, Central England temperatures: monthly means 1659 to 1973, in: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 100 (1974), 389-405; D. E. Parker, T. P. Legg u. C. K. Folland, A new daily Central England temperature series 1772-1991, in: *International Journal of Climatology* 12 (1992), 317-342; P. D. Jones u. M. Hulme, The changing temperature of Central England, in: M. Hulme u. E. Barrow, Hg., *Climate of the British Isles. Present, past and future*, London 1997, 36-57.
- ²⁸ Hubert H. Lamb, *Climate. Present, past and future*, Band 2: Climatic history and the future, London 1977.
- ²⁹ Gustav Hellmann, Die Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen in Deutschland von den ersten Anfängen bis zur Einrichtung staatlicher Beobachtungsnetze, in: *Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften, physikalisch-mathematische Klasse 1* (1926).
- ³⁰ Hermann Flohn »Short-term climatic fluctuations and their economic role, in: Tom L. Wigley, Martin J. Ingram u. Graham Farmer, Hg., *Climate and history. Studies in past climates and their impact on man*, Cambridge 1981, 310-318.
- ³¹ Hubert H. Lamb, *Climate history and the modern world*, London 1982, 301; ders., *Weather, climate and human affairs. A book of essays and other papers*, London 1988.
- ³² Wigley, Ingram u. Farmer, Hg., *Climate and history*, wie Anm. 30; Robert I. Rotberg u. Theodore K. Rabb, Hg., *Climate and history. Studies in interdisciplinary history*, Princeton 1981.
- ³³ Als Standardwerk der historischen Klimawirkungsforschung gilt bis heute Robert Kates, Jesse H. Ausubel u. Mimi Berberian, Hg., *Climate impact assessment, Studies on the interaction of climate and society*, Chichester 1985.
- ³⁴ Raymond S. Bradley u. Philip D. Jones, Hg., *Climate since A.D. 1500*, London 1992.
- ³⁵ 1988 kündigte der Wissenschaftler James Hansen dem US Kongress und der Welt an, die globale Erwärmung habe begonnen. *New York Times*, 24. Juni 1988, 1, zit. in Fleming, *Perspectives*, wie Anm. 6, 134.
- ³⁶ Einen hervorragenden, auch für Laien verständlichen Überblick über den aktuellen Forschungsstand liefern jetzt Heinz Wanner, Dimitrios Gyalistras, Jürg Luterbacher, Ralph Rickli, Esther Salvisberg u. Christoph Schmutz, *Klimawandel im Schweizer Alpenraum*, Zürich 2000.
- ³⁷ Bei der ESF gilt dies für das Projekt »European Palaeoclimate and Man since the last Ice Age«.
- ³⁸ Rudolf Brázdil, Reconstruction of the climate of Bohemia and Moravia in the last millennium – problems of data and methodology, in: Burkart Frenzel, Christian Pfister u. Birgit Gläser, Hg., *European climate reconstructed from documentary data. Methods and results*, Stuttgart 1992, 75-86; Lajos Racz, Variations of climate in Hungary (1540-1779), in: ebd., 125-136.
- ³⁹ Ergebnisse einer ersten ESF Tagung in Mainz ebd.
- ⁴⁰ Namengebend für die Periode war der englische Astronom Walter Maunder. Vgl. Nils-Axel Mörner, The Maunder Minimum, in: Burkart Frenzel, Christian Pfister u. Birgit Gläser, Hg., *Climatic trends and anomalies in Europe 1675-1715*, Stuttgart 1994, 1-8.
- ⁴¹ J.A. Eddy, The Maunder Minimum, in: *Science* 192 (1976), 1189-1202.
- ⁴² J. Lean u. D. Rind, Evaluating sun-climate relationships since the Little Ice Age, in: *Journal of Atmospheric, Solar und Terrestrial Physics* 61 (1999), 25-36.

- ⁴³ Andres Tarand u. Paavo Kuiv, The beginning of the rye harvest – a proxy indicator of summer climate in the Baltic area, in: Frenzel, Pfister u. Glaeser, Hg., Climatic trends, wie Anm. 40, 61-72; Astrid Ogilvie, Documentary records of climate from Iceland during the Late Maunder Minimum period A.D. 1675 to 1715 with reference to the isotopic record from Greenland, in: ebd., 9-22; Povl Frich u. Knud Frydendahl, The summer climate in the Oresund region of Denmark, A.D. 1675-1715, in: ebd., 33-42; Margarita Chernavskaya, The climate of the Russian plain according to the diary of Peter the Great, and the weather records of Czar Aleksey's court, in: ebd., 73-82.
- ⁴⁴ Christian Pfister, John Kington, Gudrun Kleinlogel, Hannes Schüle u. Erich Siffert, The creation of high resolution spatio-temporal reconstructions of past climate from direct meteorological observations and proxy data. Methodological considerations and results, in: Frenzel, Pfister u. Gläser, Hg., Climatic trends, wie Anm. 40, 329-376.
- ⁴⁵ Heinz Wanner u. a., Wintertime European circulation patterns during the Late Maunder Minimum (1675-1704) cooling period, in: Theoretical and Applied Climatology 51 (1995), 167-175.
- ⁴⁶ Dieses Akronym steht für »Annual and Decadal Variability of Climate in Europe«.
- ⁴⁷ Mariano Barriendos, Climatic variations in the Iberian Peninsula during the Late Maunder Minimum (AD 1675-1715): An analysis of data from rogation ceremonies, in: The Holocene 7 (1997), 105-111.
- ⁴⁸ Eleni Xoplaki, Panagiotis Maheras u. Jürg Luterbacher, Variability of climate in meridional Balkans during the periods 1675-1715 and 1780-1830 and its impact on human life, in: Climatic Change 48 (2000), 581-615.
- ⁴⁹ Maria Joao Alcoforado, Fatima Nunes, Maria de Garcia Joao Carlos Taborda u. Joao Paulo, Temperature and precipitation reconstruction in southern Portugal during the Late Maunder Minimum (AD 1675-1715), in: The Holocene 10 (2000), 333-341.
- ⁵⁰ Philip Jones u. a., Monthly mean pressure reconstruction for Europe 1780-1995, in: International Journal of Climatology, 19 (1999), 347-364.
- ⁵¹ Vgl. z. B. Jucundus Jacobeit u. Christoph Philipp Beck, Annual to decadal variability, in: Climate in Europe. Objectives and results of the German contribution to the European climate research project ADVICE, Würzburg 1998 (= Würzburger Geographische Manuskripte, Heft 43); Jürg Luterbacher u. a., Reconstruction of monthly mean sea level pressure over Europe for the Late Maunder Minimum period (1675-1715) based on canonical correlation analysis, in: International Journal of Climatology 20 (2000) (im Druck).
- ⁵² Vgl. z. B. Trausti Jonsson, Reconstructing the temperature in Iceland from early instrumental observations: Data availability and a status report, in: Burkhard Frenzel, Erik Wishman u. Mirjam M. Weiss, Hg., Documentary climatic evidence for 1750-1850 and the fourteenth century, Stuttgart 1998, 87-98.
- ⁵³ Akronym für »Improved understanding of past climate variability from early daily European instrumental sources«.
- ⁵⁴ Die Ergebnisse werden 2001 in einer Sondernummer von Climatic Change publiziert. Die Daten werden zu diesem Zeitpunkt auf CD-Rom freigegeben (Mitteilung von Dario Camuffo, Padova).
- ⁵⁵ Im Jahrring der Bäume ist Information über Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse im Sommerhalbjahr gespeichert. Vgl. Fritz H. Schweingruber, Jahrringe und Umwelt – Dendroökologie, Birnenstorf 1993.
- ⁵⁶ Christian Pfister, Rudolf Brázdil u. Rüdiger Glaser, Hg., Climatic variability in sixteenth century Europe and its social dimension, Dordrecht 1999.
- ⁵⁷ Gabriela Schwarz-Zanetti, Grundzüge der Klima- und Umweltgeschichte des Hoch- und Spätmittelalters in Mitteleuropa, Zürich 1998.

- ⁵⁸ Rudolf Brázdil u. Oldrich Kotyza, *History of weather and climate in the Czech lands*, Bd. 1: Period 1000-1500, Zürich 1995 (Zürcher Geographische Schriften 62); Bd. 2: *History of weather and climate in the Czech lands II. The earliest daily observations of the weather in the Czech lands*, Brno 1996; Bd. 3: *Daily weather records in the Czech lands in the sixteenth century*, Brno 1999; Bd. 4: *Utilisation of economic sources for the study of climate fluctuation in the Louny region in the fifteenth-seventeenth centuries*, Brno 2000; Lajos Racz, *Climate history of Hungary since the 16th century: Past, present and future*, Pecs 1999; Elisabeth Strömmer, *In diesem Jahr ein völliger Misswachs der Feldfrüchte. Studien zur Klimageschichte Ostösterreichs anhand historischer Quellen der Jahre 1700 bis 1830*, unveröffentlichte phil. Diss., Universität Wien 1999; Jan Buisman u. Aryan van Engelen, *Duizend Jaar weer, wind en water in de lage landen*, 1. Teil bis 1300, Franeker 1995; 2. Teil 1300-1450, Franeker 1996. 3. Teil 1450-1575, Franeker 1998.
- ⁵⁹ Christian Pfister, Gudrun Kleinlogel, Gabriela Schwarz-Zanetti u. Milène Wegmann, *Winters in Europe: The fourteenth century*, in: *Climatic Change* 34 (1996), 91-108; Christian Pfister, Jürg Luterbacher, Gabriela Schwarz-Zanetti u. Milène Wegmann, *Winter air temperature variations in Central Europe during the Early and High Middle Ages (A.D. 750 – 1300)*, in: *The Holocene* 8 (1998), 547-564; Ian Cantwell, *Climatic change and the Gaelic annals*, in: *Proceedings of the Association of Young Irish Archeologists*, Galway 1998, 1-9; Zhongwei Yan, Pierre Alexandre u. Gaston Demarée, *Narrative warm/cold variations in continental western Europe, AD 708-1426*, in: *Science in China* 40 (1997), 509-517.
- ⁶⁰ Martin Körner, Hg., *Destruction and reconstruction of towns*, Bd. 1, Bern 1999; Mathias Deutsch, »... so wusste auch kein Mensch allhier so ein großes Wasser...«. *Nachrichten zum Hochwasser der Unstrut im Februar 1799*, in: *Zeitschrift des Vereins für Heimatkunde, Geschichte und Schutz von Arten e.V. Aratora* 9 (1999), 14-19; Josef Nußbaumer u. Helmut Winkler, *Wird die Natur gewalttätig?*, Innsbruck 1996; Martina Lehner, »Und das Unglück ist von Gott gemacht...«. *Geschichte der Naturkatastrophen in Österreich*, Wien 1995; Manfred Jakobowksi-Tiessen, *Sturmflut 1717: Die Bewältigung einer Naturkatastrophe in der Frühen Neuzeit*, München 1992.
- ⁶¹ Arno Borst, *Barbaren, Ketzer und Artisten, Welten des Mittelalters*, München 1988. Ergänzend heranzuziehen sind Christian Pfister, *Variations in the spring-summer climate of Central Europe from the High Middle Ages to 1850*, in: Heinz Wanner u. Ulrich Siegenthaler, Hg., *Long and short term variability of climate*, Berlin 1988, 57 – 82; sowie Hans-Rudolf Bork u. a., *Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa, Wirkungen des Menschen auf Landschaften*, Gotha 1998.
- ⁶² Christian Pfister, *Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen 1496-1995*, Bern 1999; Rudolf Brázdil, Rüdiger Glaser, Christian Pfister, Petr Dobrovolny, Jean-Marc Antoine, Mariano Barriendos, Dario Camuffo, Matthias Deutsch, Silvia Enzi, Emilia Guidoboni, Oldrich Kotyza u. Fernando S. Rodrigo, *Flood events of selected rivers of Europe in the sixteenth century*, in: Pfister, Brázdil u. Glaser, *Climatic variability*, wie Anm. 56, 239-285; Karl-Heinz Pörtge u. Matthias Deutsch, *Hochwasser in Vergangenheit und Gegenwart*, in: *Rundgespräche der Kommission für Ökologie*, Bd. 18: *Entwicklung der Umwelt seit der letzten Eiszeit*, München 2000, 139-151.
- ⁶³ Adrie de Kraker, *A method to assess the impact of high tides, storms and storm surges as vital elements in climatic history. The case of stormy weather and dikes in the northern part of Flanders, 1499 to 1609*, in: Pfister, Brázdil u. Glaser, Hg., *Climatic variability*, wie Anm. 56, 287-302.
- ⁶⁴ Christian Pfister u. Daniel Brändli, *Rodungen im Gebirge, Überschwemmungen im Vorland: Ein Deutungsmuster macht Karriere*, in: Rolf Peter Sieferle u. Helga Breuning, Hg., *Natur-Bilder. Wahrnehmungen von Natur und Umwelt in der Geschichte*, Frankfurt am Main 1999, 297-324.

- ⁶⁵ Georg Iggers, Zur »linguistischen Wende« im Geschichtsdnken und in der Geschichtsschreibung, in: *Geschichte und Gesellschaft* 21 (1995), 557-570.
- ⁶⁶ Jörn Sieglerschmidt, Besprechung von Christian Pfister u. Hans-Rudolf Egli, Hg., *Historisch-Statistischer Atlas des Kantons Bern 1750-1995. Umwelt – Bevölkerung – Wirtschaft – Politik*, Bern 1998, in: H-SOZ-U-KULT@H-NET.MSU.EDU (17. 2. 2000).
- ⁶⁷ Im neuen Standardwerk von Jean-Pierre Bardet u. Jacques Dupâquier, *Histoire des populations de l'Europe*, 2 Bde., Paris 1997-98, wird die Wirkung von Subsistenzkrisen auf das Bevölkerungswachstum von einigen Autoren als vernachlässigbar betrachtet (z. B. Bd. 1, 187), während andererseits Veränderungen der Säuglingssterblichkeit und der Häufigkeit von Epidemien von gewissen Autoren (besonders Alfred Perrenoud) – ohne Kenntnis des neueren Forschungsstandes in der Historischen Klimatologie – mit Vorliebe auf »Klimaeinwirkungen« zurückgeführt werden (vgl. Bd. 1, 300; Bd. 2, 81 ff.). Vor allem überrascht, dass Neithard Bulst (Bd. 1, 173-176) bei seiner Erklärung des raschen Bevölkerungswachstums im 13. Jahrhundert die mittelalterliche Warmzeit mit keinem Wort erwähnt.
- ⁶⁸ Peter Schöttler, Wer hat Angst vor dem »liguistic turn«?, in: *Geschichte und Gesellschaft* 21 (1997), 99-114.
- ⁶⁹ Vgl. Martine Rebetez Beniston, *Perception du temps et du climat, Une analyse du climat de Suisse romande sur la base des dictons populaires*, Oron 1994 ; Stehr u. Von Storch, *Klimadeterminismus*, wie Anm. 12.
- ⁷⁰ Wolfgang Behringer, *Hexen*, München 1998.
- ⁷¹ Christian Pfister, Rudolf Brázdil, Rüdiger Glaser, Mariano Barriendos, Dario Camuffo, Matthias Deutsch, Peter Dobrovolny, Silvia Enzi, Emilia Guidoboni, Oldrich Kotyza, Stefan Militzer, Lajos Racz u. Fernando Rodrigo, *Documentary evidence on climate*, in: Pfister, Brázdil u. Glaser, Hg., *Climatic variability*, wie Anm. 56, 57. Der bisher gebräuchliche Ausdruck »Historische Daten« ist ambivalent geworden, indem er seit kurzem auch für ältere Messreihen verwendet wird. Vgl. z. B. L. Kaas, T. Tian-Shi u. T. Schmith, *Statistical hindcast of wind climatology in the North Atlantic and nordwestern European region*, in: *Climate Research* 7 (1996), 97-110.
- ⁷² J.J. Contreni, *The Carolingian renaissance: education and literary culture*, in: R. Mac Kitterick, Hg., *The New Cambridge Medieval History*, Bd. 2, Cambridge 1995, 709-757.
- ⁷³ W. Wattenbach u. R. Holtzmann, Hg., *Deutschlands Geschichtsquellen im Mittelalter*, Bd. 1/2, Weimar 1948.
- ⁷⁴ T. Gregory, *La nouvelle idée de nature et de savoir scientifique au XIIème siècle*, in: J. E. Murdoch u. E. D. Sylla, Hg., *The cultural context of medieval learning*, Boston 1975, 193-214.
- ⁷⁵ Für Deutschland vgl. Rudolf Hennig, *Katalog bemerkenswerter Witterungsereignisse von den ältesten Zeiten bis zum Jahre 1800*, Berlin 1904; Curt Weikinn, *Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitenwende bis zum Jahre 1850*, 4 Bände, Berlin 1958-1963. Für die Schweiz Bernhard Amberg, *Beiträge zur Chronik der Witterung und verwandter Naturerscheinungen mit besonderer Berücksichtigung auf das Gebiet der Reuss und der angrenzenden Gebiete der Aare und des Rheins*, in: *Jahresberichte der Höheren Lehranstalt Luzern* 1890, 1892, 1897. Für Österreich Anton Pilgram, *Untersuchungen über das Wahrscheinliche der Wetterkunde*, Wien 1788.
- ⁷⁶ Wendy Bell u. Astrid E. A. Ogilvie, *Weather compilations as a source of data for the reconstruction of European climate during the medieval period*, in: *Climatic Change* 1 (1978), 331-348.
- ⁷⁷ Werner Heisenberg, *Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik*, 2. Aufl., München 1976, 247.
- ⁷⁸ Militzer, *Klima*, wie Anm. 4.
- ⁷⁹ Racz, *Hungary*, wie Anm. 58; Xoplaki u. a., *Variability*, wie Anm. 48.

- ⁸⁰ Jean M. Grove u. Annalisa Conterio, The climate of Crete in the sixteenth and seventeenth centuries, in: *Climatic Change* 30 (1995), 223-247.
- ⁸¹ W. Knappich, *Geschichte der Astrologie*, 2. Aufl., Frankfurt am Main 1982, 218; H. Bepler u. T. Bürger, *Alte und neue Schreibkalender. Katalog zur Kabinettsausstellung in der Herzog August Bibliothek*, in: *Simpliciana. Schriften der Grimmelshausen-Gesellschaft* 16 (1994), 211-252.
- ⁸² Christian Pfister, Rudolf Brázdil, Rüdiger Glaser, Anita Bokwa, Franz Holawe, Danuta Limanowka, Oldrich Kotyza, Jan Munzar, Lajos Racz, Elisabeth Strömmer u. Gabriela Schwarz-Zanetti, Daily weather observations, in: Pfister, Brázdil u. Glaser, Hg., *Climatic variability*, wie Anm. 56, 111-150. Siehe auch Ioannis G. Telelis, The climate of Tübingen A.D. 1596-1605, on the Basis of Martin Crusius' Diarium, in: *Environment and History* 4 (1998), 53-74.
- ⁸³ Siehe z. B. Daniel Siegenthaler, Climatic trends and anomalies in England 1675 to 1715, in: Frenzel, Pfister u. Glaser, Hg., *Climatic trends*, wie Anm. 40, 133-150.
- ⁸⁴ Siehe z. B. Povl Frich u. Knud Frydendahl, The summer climate in the Oresund region of Denmark, in: ebd., 33-42. Tagebücher von Schiffen auf transozeanischen Routen werden von Michael Chenoweth, *Ships' logbooks and »The Year Without a Summer«*, in: *Bulletin of the American Meteorological Society* 77 (1996), 2077-2093, systematisch ausgewertet; ferner Michael Chenoweth, A new methodology for homogenization of 19th century marine air temperature data, in: *Journal of Geophysical Research* (im Druck).
- ⁸⁵ Dario Camuffo u. Silvia Enzi, Critical analysis of archive sources for historical sources for historical climatology of Northern Italy, in: Frenzel, Pfister u. Glaser, Hg., *European climate*, wie Anm. 38, 65-74.
- ⁸⁶ Vittorio Cantu, Alla ricerca di documenti sul clima passato. Le compilazioni di padre Boffito e le osservazioni sei-settecentesche di Vallombrosa, in: *Accademie e Biblioteche d'Italia* 53 (1985), H. 2, 103-110.
- ⁸⁷ Jean-Pierre Legrand u. Maxime Le Goff, *Les observations météorologiques de Louis Morin*, 2 Bde., Trappes 1992.
- ⁸⁸ Gustav Hellmann, Die Vorläufer der Societas Meteorologica Palatina. In: *Beiträge zur Geschichte der Meteorologie* 1 (1914), H. 2, 139-147. Die Beiträge wurden in der »Sammlung von Natur- und Medicin, wie auch hierzu gehörigen Kunst- und Literatur-Geschichten« von 1718 bis 1731 in Breslau publiziert.
- ⁸⁹ John Kington, *The weather of the 1780s over Europe*, Cambridge 1988.
- ⁹⁰ Fleming, *Perspectives*, wie Anm. 6, 33-44.
- ⁹¹ Martin L. Parry, The impact of climatic variations on agricultural margins, in: Kates u. a., Hg., *Climate impact assessment*, wie Anm. 33, 351-368.
- ⁹² Die Phänologie studiert das zeitliche Auftreten von periodisch wiederkehrenden, auffälligen Erscheinungen in der Pflanzen- und Tierwelt und die Ursachen ihres zeitlichen Auftretens. Vgl. Helmut Lieth, *Phenology and seasonality modelling*, New York 1974, 9.
- ⁹³ Pfister, *Wetternachhersage*, wie Anm. 62, 158.
- ⁹⁴ Pfister, *Klima der Schweiz* wie Anm. 2, Bd. 1, 84.
- ⁹⁵ Pfister, *Wetternachhersage*, wie Anm. 62, 38.
- ⁹⁶ Pfister, *Klima der Schweiz*, wie Anm. 2, Bd. 1, Tab. 1/23. Dario Camuffo u. Silvia Enzi, Reconstructing the climate of Northern Italy from archive sources, in: Bradley u. Jones, Hg., *Climate*, wie Anm. 34, 143-154.
- ⁹⁷ Pfister, *Klima der Schweiz*, wie Anm. 2, Bd. 1, 35.
- ⁹⁸ Christian Pfister, Getreide-Erntebeginn und Frühsommertemperaturen im schweizerischen Mittelland seit dem frühen 17. Jahrhundert, in: *Geographica Helvetica* 34 (1979), 23-25.

- ⁹⁹ Walter Bauernfeind, *Materielle Grundstrukturen im Spätmittelalter und der Frühen Neuzeit, Preisentwicklung und Agrarkonjunktur am Nürnberger Getreidemarkt von 1339 bis 1670*, Nürnberg 1993.
- ¹⁰⁰ Christoph Egger u. Herwig Weigl, *Text – Schrift – Codex*, München 2000 (Mitteilungen des Instituts für österreichische Geschichtsforschung, Ergänzungsband 35).
- ¹⁰¹ Tarand u. Kuiv, *Beginning of the rye harvest*, wie Anm. 43.
- ¹⁰² Brázdil u. Kotyza, *History of weather and climat*, Bd. 4, wie Anm. 58.
- ¹⁰³ Erich Landsteiner, *The crisis of wine production in late sixteenth-century Central Europe: Climatic causes and economic consequences*, in: Pfister, Brázdil u. Glaser, Hg., *Climatic variability*, wie Anm. 56, 323-334.
- ¹⁰⁴ Alain Guerreau, *Climat et vendanges*, wie Anm. 20, 89-147; Christian Pfister, *Die Fluktuationen der Weinmosterträge im Schweizerischen Weinland vom 16. bis ins frühe 19. Jahrhundert*, in: *Schweizer Zeitschrift für Geschichte* 31 (1981), 445-491; Wilhelm Lauer u. Peter Frankenberg, *Wein und Witterung in der Rheinpfalz und im Rheingau seit Mitte des 16. Jahrhunderts*, in: Georg Aymans u. Karl Boesler, Hg., *Beiträge zur empirischen Wirtschaftsgeographie. Festschrift für Helmuth Hahn zum 65. Geburtstag*, Bonn 1986, 99-112.
- ¹⁰⁵ Der Begriff Eisphänologie bezeichnet das jährlich wiederkehrende Überfrieren und Auftauen von Gewässern.
- ¹⁰⁶ H. M. van den Dool, H. J. Krijnen u. C. J. E. Schuurmans, *Average winter temperatures at De Bilt (Netherlands) 1634-1677*, in: *Climatic Change* 1 (1978), 319-30; Buisman u. Van Engelen *Duizend Jaar*, wie Anm. 58.
- ¹⁰⁷ Tarand u. Kuiv, *Beginning of the rye harvest*, wie Anm. 43.
- ¹⁰⁸ Gerhard Koslowski u. Rüdiger Glaser, *Variations in reconstructed ice winter severity in the western Baltic from 1501 to 1995, and their implications for the North Atlantic Oscillation*, in: *Climatic Change* 41 (1998), 175-191; A. Seinä, u. E. Palosuo, *The classification of the maximum annual extent of ice cover in the Baltic sea 1720-1992*, in: *Meri* 20 (1993), 5-20.
- ¹⁰⁹ Astrid E. J. Ogilvie, *Documentary evidence for changes in the climate of Iceland, A.D. 1500-1800*, in: Bradley u. Jones, Hg., *Climate*, wie Anm. 34, 92-117.
- ¹¹⁰ Barriendos, *Climatic variations*, wie Anm. 47; Jorge Olcina Cantos u. Javier Martín Vide, *La influencia del clima en la historia*, Madrid 1999.
- ¹¹¹ Javier Martín-Vide u. Mariano Barriendos Vallve, *The use of rogation ceremony records in climatic reconstruction: A case study from Catalonia (Spain)*, in: *Climatic Change* 30 (1995), 201-221.
- ¹¹² Mathias Deutsch, *Hochwassermarken an der Unstrut im Altkreis Artern*, in: *Zeitschrift des Vereins für Heimatkunde, Geschichte und Schutz der Arten e.V. Aratora* 7 (1997), 153-157; Pfister, *Wetternachhersage*, wie Anm. 62.
- ¹¹³ K. Kitiratschky, *Die Hochwassermarken im Großherzogtum Baden*, in: *Beiträge zur Hydrographie des Großherzogtums Baden* 13 (1911).
- ¹¹⁴ C. E. P. Brooks, *Climate through the ages*, London 1926; Cornelius Easton, *Les hivers dans l'Europe occidentale*, Leyden 1928.
- ¹¹⁵ Lamb, *Climate history*, wie Anm. 31; Alexandre, *Climat*, wie Anm. 2.
- ¹¹⁶ -1, 0, +1.
- ¹¹⁷ -3, -2, -1, 0 +1, +2, +3.
- ¹¹⁸ Pfister, *Klimageschichte*, Bd. 1, wie Anm. 2. Der neueste Stand der Schweizer Indices ist dokumentiert in: Christian Pfister, *Raum-zeitliche Rekonstruktion von Witterungsanomalien und Naturkatastrophen 1496-1995, Schlussbericht zum Projekt 4031-33198 des NFP 31*, Zürich 1998, Anhang.

- ¹¹⁹ Rüdiger Glaser, On the course of temperature in central Europe since the year 1000 AD, in: *Historical Social Research* 22 (1997), 59-87; Rüdiger Glaser, *Klimageschichte in Mitteleuropa seit dem Jahr 1000*, Darmstadt 2001.
- ¹²⁰ Rudolf Brázdil, Reconstruction of past climate from historical sources in the Czech Lands. In: Philip D. Jones, Raymond S. Bradley u. Jean Jouzel, Hg., *Climatic variations and forcing mechanisms of the last 2000 Years*, Berlin, 1996, 409-431; Brázdil u. Kotyza, *History of weather*, Bd. 3, wie Anm. 58.
- ¹²¹ Racz, Hungary, wie Anm. 58.
- ¹²² M. Y. Lyakhov, Gody s ekstremalnymi klimaticheskimi usloviyami, in: *Materialy meteorol. isled.* 13 (1987), 119-177.
- ¹²³ Schwarz-Zanetti, Grundzüge, wie Anm. 57.
- ¹²⁴ Y. P. Borisenkov, Documentary evidence from the U.S.S.R., in: Bradley u. Jones, Hg., *Climate*, wie Anm. 34, 171-183.
- ¹²⁵ Xoplaki u. a., Variability, wie Anm. 48, haben den Begriff der »Pfister Indices« geprägt.
- ¹²⁶ Rüdiger Glaser, Klimarekonstruktion, wie Anm. 2.
- ¹²⁷ Rüdiger Glaser u. Kotyza, *History of weather*, Bd. 3, wie Anm. 58; Rüdiger Glaser u. Stefan Militzer, *Wetter – Witterung – Umwelt. Aufzeichnungen und Daten aus Franken, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen 1500-1699*, Würzburg 1993; Christian Pfister u. Urs Dietrich, Hg., *Datenbank EURO-CLIMHIST*, <http://histserver.unibe.ch/euroclimhist/default.html> (25.5.2000). Siehe dazu auch den Beitrag von Urs Dietrich in diesem Heft.
- ¹²⁸ Besprechung von Pfister, *Wetternachhersage*, wie Anm. 62, durch Karin Hürlimann in: *Schweizer Zeitschrift für Forstwesen* 11 (1999), 445.
- ¹²⁹ Rüdiger Glaser, Rudolf Brázdil, Christian Pfister, Mariano Barriendos, Dario Camuffo, Mathias Deutsch, Petr Dobrovolny, Silvia Enzi, Emilia Guidoboni, Oldrich Kotyza, Stefan Militzer, Lajos Racz, Fernando S. Rodrigo, *Seasonal temperature and precipitation fluctuations in selected parts of Europe*, in: Pfister, Brázdil u. Glaser, Hg., *Climatic variability*, wie Anm. 56, 169-200.
- ¹³⁰ Ebd.
- ¹³¹ Christian Pfister u. Rudolf Brázdil, *Climatic variability in sixteenth-century Europe and its social dimension: A synthesis*, in: Pfister, Brázdil u. Glaser, Hg., *Climatic variability*, wie Anm. 56, 5-54. Vgl. auch die farbigen Diagramme der Temperatur- und Niederschlagsentwicklung für verschiedene Regionen der Schweiz seit 1496 in Pfister, *Wetternachhersage*, wie Anm. 62.
- ¹³² Lamb, *Climatic History*, wie Anm. 31.
- ¹³³ Jürg Luterbacher u. a., *Monthly pressure reconstruction for the Late Maunder Minimum*, in: *International Journal of Climatology* (in Druck).
- ¹³⁴ Die Niederschlags- und Temperaturfelder weisen eine räumliche Auflösung von 0.5° x 0.5° (geografische Länge bzw. geografische Breite) über Land, die Bodendruckfelder dagegen 1° x 1° über den gesamten Ausschnitt auf.
- ¹³⁵ Luterbacher u. a., *Monthly pressure*, wie Anm. 133; ders., *Azorenhoch und Islandtief. Rekonstruktion der mittleren monatlichen Bodendruckverteilung über dem nordatlantisch-europäischen Raum für die vorinstrumentelle Periode*, in: Pfister, *Wetternachhersage*, wie Anm. 62, 47-50.
- ¹³⁶ Jones u. a., *Monthly mean pressure*, wie Anm. 50.
- ¹³⁷ Luterbacher, *Azorenhoch*, wie Anm. 135, 49.
- ¹³⁸ S. R. O'Brien, P. A. Mayewski, L. D. Meeker, D. A. Meese, M. S. Twickler u. S. I. Whitlow, *Complexity of Holocene climate as reconstructed from a Greenland ice core*, in: *Science* 270 (1995), 1962-1964.

- ¹³⁹ Jean Grove, The initiation of the Little Ice Age in regions around the North Atlantic, in: P. D. Jones, T. D. Davies, A. E. J. Ogilvie, K. R. Briffa, Hg., *Climate and climatic impacts through the last 1000 years*, Norwich (in Druck).
- ¹⁴⁰ Pfister, Variations, wie Anm. 61; K. R. Briffa, T. S. Bartholin, D. Eckstein, P. D. Jones, W. Karlén, F. H. Schweingruber u. P. Zetterberg, A 1400-year tree-ring record of summer temperatures in Fennoscandia, in: *Nature* 346 (1990), Nr.6283, 434-439. Rüdiger Glaser, Course of temperature, wie Anm. 119.
- ¹⁴¹ Pfister u. a., Winters in Europe, wie Anm. 59; Pfister u. a., Winter air temperature, wie Anm. 59; Glaser, Course of temperature, wie Anm. 119.
- ¹⁴² Raymond S. Bradley u. Philip D. Jones, Climatic variations over the last 500 years, in: dies., Hg., *Climate*, wie Anm. 34, 649-665, hier 658 f.
- ¹⁴³ Lamb, *Climate history*, wie Anm. 31, 112; Kington, *Weather*, wie Anm. 89, hat für die Jahre 1780 bis 1785 auf der Basis von Messdaten des Luftdrucks auf Meereshöhe tägliche Wetterlagen rekonstruiert.
- ¹⁴⁴ Malcolm K. Hughes u. Henry F. Diaz, Was There a »Medieval Warm Period«, and if so, where and when?, in: *Climatic Change* 26 (1994), 109-142.
- ¹⁴⁵ Alexandre, *Climat*, wie Anm. 2; Pfister et al., Winter air temperature, wie Anm. 59.
- ¹⁴⁶ Wanner u. Siegenthaler, Hg., Long and short term variability, wie Anm. 61.
- ¹⁴⁷ Pfister u. Braázdil, A synthesis, wie Anm 131.
- ¹⁴⁸ Alcoforado u. a., Portugal, wie Anm. 49.
- ¹⁴⁹ Grove u. Conterio, Eastern Mediterranean, wie Anm. 80.
- ¹⁵⁰ Jürg Luterbacher, Ralph Rickli, Eleni Xoplaki, Chantal Tinguely, Christoph. Beck, Christian Pfister u. Heinz Wanner, The Late Maunder Minimum (1675-1715) – a key period for studying decadal scale climatic change in Europe, in: *Climatic Change* (in Druck).
- ¹⁵¹ Pfister u. a., High resolution spatio-temporal reconstructions, wie Anm. 44, 329-376.
- ¹⁵² Für die Zeiträume 1675-1715 und 1780-1860 ist dies die Zielsetzung des abgeschlossenen EU Projekts ADVICE (Annual and Decadal Variability of Climate in Europe).
- ¹⁵³ Roy Ellen, *Environment, subsistence and system. The ecology of small-scale social formations*, Cambridge 1982, 7.
- ¹⁵⁴ Vgl. Martin Hille, Vom Bauernkrieg zum Dreißigjährigen Krieg. Veränderungen in der ländlichen Gesellschaft des 16. und 17. Jahrhunderts, in: *Geschichte in Wissenschaft und Unterricht* 10 (2000), 576-597.
- ¹⁵⁵ Dem Thema »Integrated Assessment« ist der erste Teil des Sonderbands 34 (1996) H. 3-4, von *Climatic Change* gewidmet.
- ¹⁵⁶ Kates u. a., Hg., *Climate impact assessment*, wie Anm. 34. Unverzichtbar zum Einstieg in die Thematik ist namentlich der Artikel von Tom M. L. Wigley, Nick J. Huckstep, Astrid E. Ogilvie u. Martin J. Ingram, Historical climate impact assessment, 529-563. Die Autoren haben einen Kriterienkatalog entwickelt und nach diesem die ihnen bekannten Untersuchungen systematisch evaluiert.
- ¹⁵⁷ Nach Kates u. a., Hg., *Climate impact assessment*, wie Anm. 33.
- ¹⁵⁸ Beispiele von biophysischen Impact-Studien: Lachiver, Les années de misère, wie Anm. 2; Mariano Barriendos-Vallvé u. Andreas Dannecker, La sequía de 1812-1824 en la costa central catalana. Consideraciones climáticas e impacto social del evento, in: J. M. Raso u. J. Martín Vide, Hg., *La climatología española en los albores del siglo XXI*, Barcelona 1999, 53-62.
- ¹⁵⁹ Siehe z. B. Manfred Gailus u. Heinrich Volkmann, Hg., *Der Kampf um das tägliche Brot. Nahrungsmangel, Versorgungspolitik und Protest 1770-1990*, Opladen 1994.
- ¹⁶⁰ Robert W. Kates, The interaction of climate and society, in: Kates u. a., Hg., *Climate impact assessment*, wie Anm. 33, 3-36.

- ¹⁶¹ Vgl. den von Sally M. Kane und Gary W. Yohe herausgegebenen Sonderband 45 (2000), H. 1, von Climatic Change zum Thema »Societal adaptation to climate variability and change«.
- ¹⁶² Barry Smit, Ian Burton, Richard J.T. Klein u. J. Wandel, An anatomy of adaptation to climatic change and variability, in: Climatic Change 45 (2000), 223-251.
- ¹⁶³ Kates, Interaction, wie Anm. 160; Christian Pfister, Fluctuations climatiques et prix céréalières en Europe du XVIIe au XXe siècle, in: Annales ESC, 43 (1988), 25-53. Weniger explizit klimabezogen: Walter Bauernfeind, Materielle Grundstrukturen, wie Anm. 99.
- ¹⁶⁴ Grove, Little Ice Age, wie Anm. 139, 400 ff.
- ¹⁶⁵ J.M. Reilly, Climatic Change and Agriculture, The state of the scientific knowledge, in: Climatic Change 43 (1999), 645-650 (weitere einschlägige Papers in diesem Band).
- ¹⁶⁶ Le Roy Ladurie, Times of feast, wie Anm. 20, 10.
- ¹⁶⁷ Pfister, Klima der Schweiz wie Anm. 2, Bd. 2, 49-60. Zur Risikominimierung Dieter Groh, Strategien, Zeit und Ressourcen. Risikominimierung, Unterproduktivität und Mußpräferenz – die zentralen Kategorien von Subsistenzökonomien, in: ders., Anthropologische Dimensionen in der Geschichte, Frankfurt am Main 1992, 54-113.
- ¹⁶⁸ Gailus u. Volkmann, Kampf, wie Anm. 150; John Walter u. Roger Schofield, Hg., Famine, disease and the social order in early modern society, Cambridge 1989; Hans-Heinrich Bass, Hungerkrisen in Preußen während der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, St. Katharinen 1991; Monika Hagenmaier u. Sabine Holtz, Krisenbewusstsein und Krisenbewältigung in der Frühen Neuzeit – Crisis in Early Modern Europe, Frankfurt am Main 1992; John Burnett u. Derek J. Oddy, Hg., The origins and development of food policies in Europe, London 1993.
- ¹⁶⁹ Christian Pfister, Witterungstagebücher im frühen 16. Jahrhundert und ihre Bedeutung für die Geschichte der Agrarkonjunktur, dargestellt am Beispiel der Teuerung von 1529 bis 1531, in: Heinrich R. Schmidt, André Holenstein u. Andreas Würzler, Hg., Gemeinde, Reformation und Widerstand. Festschrift für Peter Blickle zum 60. Geburtstag, Tübingen 1998, 443-456.
- ¹⁷⁰ Christian Pallach, Hg., Hunger, Quellen zu einem Alltagsproblem in Europa und in der Dritten Welt 17. bis 20. Jahrhundert, München 1986, 13.
- ¹⁷¹ Pfister, Klima der Schweiz, wie Anm. 2, Bd. 2, 133.
- ¹⁷² Barriendos-Vallvé u. Dannecker, La sequía, wie Anm. 158; Xoplaki u. a., Variability, wie Anm. 48.
- ¹⁷³ Wilhelm Abel, Geschichte der deutschen Landwirtschaft vom frühen Mittelalter bis zum 19. Jahrhundert, 3. Aufl., Stuttgart 1978; Friedrich-Wilhelm Henning, Handbuch der Wirtschafts- und Sozialgeschichte Deutschlands, Bd.1, Paderborn 1991, 183, rückt das Bevölkerungswachstum als Ursache in den Vordergrund, obschon dieses zur Zeit des stärksten Auftriebs der Getreidepreise im späten 16. Jahrhundert rückläufig war. Siehe auch Franz Mathis, Die deutsche Wirtschaft im 16. Jahrhundert, München 1992, 98 f.
- ¹⁷⁴ Jan De Vries, Measuring the impact of climate on history: The search for appropriate methodologies, in: Journal of Interdisciplinary History, 10 (1980), 602.
- ¹⁷⁵ W. Abel, Agrarkrisen und Agrarkonjunktur, 3. Aufl. Berlin 1978; Fernand Braudel u. Ernest Labrousse, Hg., Histoire économique et sociale de la France, Bd. 2, Paris 1970. Zur Rezeption der Theorie der Agrarkrisen und – konjunkturen vgl. W. Achilles, Landwirtschaft in der frühen Neuzeit, München 1992, 63-90.
- ¹⁷⁶ E. A. Wrigley, Some reflections on corn yields and prices in preindustrial economies in: Walter u. Schofield, Hg., Famine, wie Anm. 168, 235-278. Für Deutschland Gailus u. Volkmann, Kampf, wie Anm. 150; für Frankreich Roger Price, The modernization of rural France. Communications networks and agricultural market structures in nineteenth century France, London 1983; für die Schweiz Pfister, Klima der Schweiz, wie Anm. 2, Bd. 1, sowie Pfister, Fluctuations, wie Anm. 163.

- ¹⁷⁷ Vgl. die Karten der Krisen von 1571-74 und 1770-73 bei Abel, Agrarkrisen, wie Anm. 175, 39, 47.
- ¹⁷⁸ Bauernfeind, Materielle Grundstrukturen, wie Anm. 99, 369.
- ¹⁷⁹ Pfister, Fluctuations, wie Anm. 163.
- ¹⁸⁰ Wolfgang von Hippel, Wirtschafts- und Sozialgeschichte 1800 bis 1918, in: Handbuch der baden-württembergischen Geschichte, Bd. 3, Stuttgart 1992, 517.
- ¹⁸¹ Grundlegend Robert I. Rotberg u. Theodore K. Rabb, Hg., Hunger and history. The impact of changing food production and consumption patterns on society, Cambridge 1986, bes. 305-308.
- ¹⁸² Patrick R. Galloway, Secular changes in the short-term preventive, positive, and temperature checks to population growth in Europe, 1460 to 1909, in: Climatic Change 26 (1994), 3-63. Vgl. auch Walter u. Schofield, Hg., Famine, wie Anm. 168; John Landers, Mortality, weather and prices in London 1675-1825: A study of short-term fluctuations, in: Journal of Historical Geography 12 (1986), 347-364.
- ¹⁸³ Vgl. Lucile Newman, Hg., Hunger in History, Food Shortage, Poverty and Deprivation, Oxford 1990.
- ¹⁸⁴ William Chester Jordan, The great famine. Northern Europe in the early fourteenth century, Princeton 1996; John D. Post, The last great subsistence crisis in the western world [1816/17], Baltimore 1977; ders., Food shortage, climatic variability, and epidemic disease in preindustrial Europe. The mortality peak in the early 1740's, Ithaca 1985; ders., The mortality crises of the early 1770s and European demographic trends, in: Journal of Interdisciplinary History 21 (1990), 29-62.
- ¹⁸⁵ Grundlegend Jacques Dupâquier, Demographic crises and subsistence crises in France, 1650-1725, in: Walter u. Schofield, Famine, wie Anm. 168, 189-200; sowie Alfred Perrenoud, La mortalité, in: Bardet u. Dupâquier, Hg., Histoire, wie Anm. 67, Bd.1, 308-316; Lachiver, Années de misère, wie Anm. 2; Bass, Hungerkrisen, wie Anm. 168.
- ¹⁸⁶ Post, Food Shortage, wie Anm. 184.
- ¹⁸⁷ Mary Matossian, Poisons of the past, New Haven 1989.
- ¹⁸⁸ Perrenoud, Mortalité, wie Anm. 185, 300
- ¹⁸⁹ Eric L. Jones, Das Wunder Europa, Umwelt, Wirtschaft und Geopolitik in der Geschichte Europas und Asiens, Tübingen 1991, 26.
- ¹⁹⁰ J. L. Anderson u. Eric L. Jones, Natural disasters and the historical response, In: Economic History Review 28 (1988), 3-20.
- ¹⁹¹ Im deutschen Sprachraum exemplarisch Jakobowski-Thiessen, Sturmflut 1717, wie Anm. 50. Vgl. auch Bartolomé Bennassar, Hg., Les catastrophes naturelles dans l'Europe médiévale et moderne, Toulouse 1996.
- ¹⁹² Behringer, Hexen, wie Anm. 70; Pfister u. Brändli, Rodungen im Gebirge, wie Anm. 54.