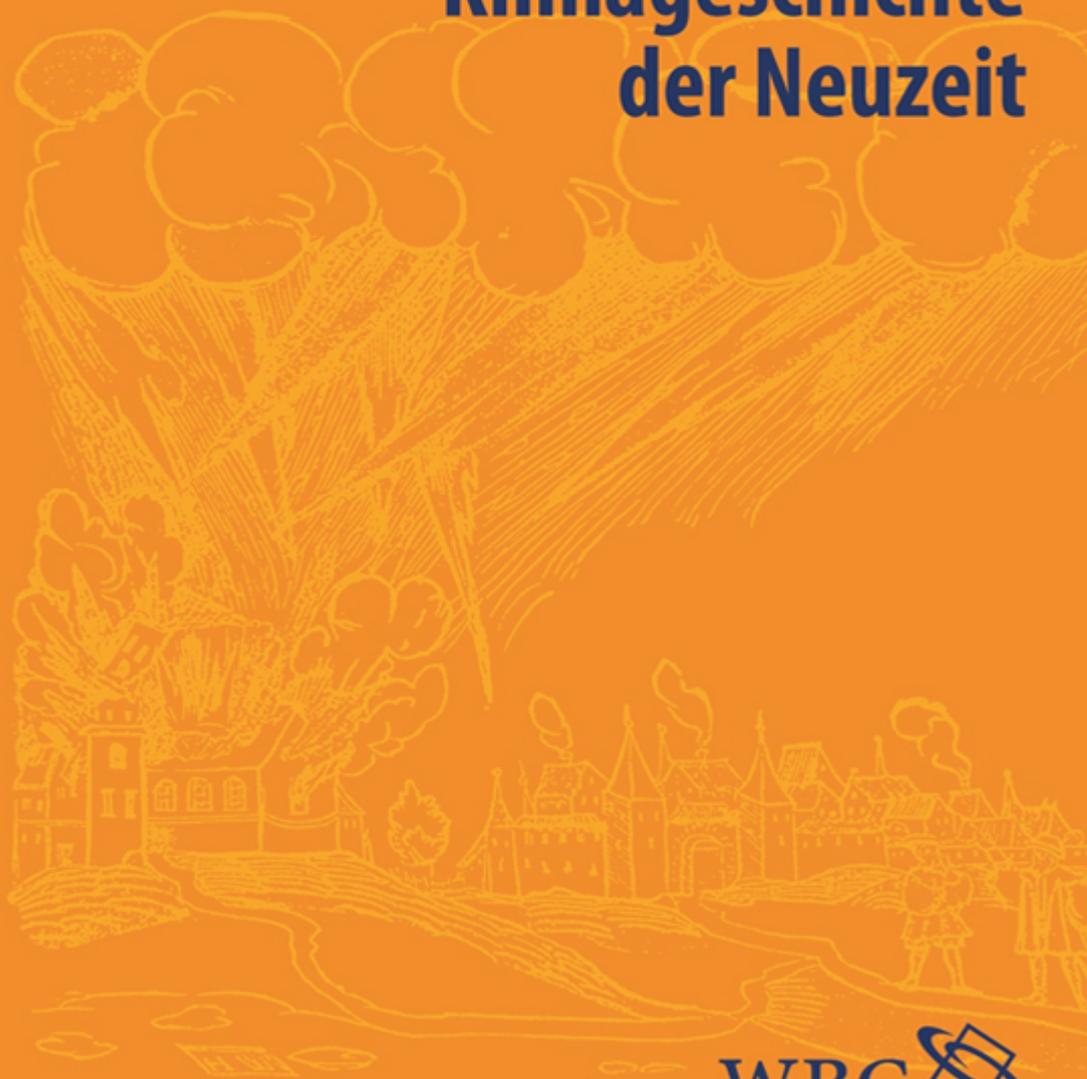


**GESCHICHTE
KOMPAKT**

Franz Mauelshagen

Klimageschichte der Neuzeit



WBG 
Wissen verbindet

Geschichte kompakt

Herausgegeben von

Kai Brodersen, Martin Kintzinger, Uwe Puschner, Volker Reinhardt

Herausgeber für den Bereich *19./20. Jahrhundert*:

Uwe Puschner

Berater für den Bereich *19./20. Jahrhundert*:

Walter Demel, Merith Niehuss, Hagen Schulze

Franz Mauelshagen

Klimageschichte der Neuzeit

1500–1900

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig.
Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen,
Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in
und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

© 2010 by WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt
Die Herausgabe des Werkes wurde durch
die Vereinsmitglieder der WBG ermöglicht.
Gedruckt auf säurefreiem und alterungsbeständigem Papier
Einbandgestaltung: schreiberVIS, Seeheim
Satz: Lichtsatz Michael Glaese GmbH, Hemsbach
Redaktion: Kristine Althöhn, Mainz
Printed in Germany

Besuchen Sie uns im Internet: www.wbg-wissenverbindet.de

ISBN 978-3-534-21024-4

Inhaltsverzeichnis

Geschichte kompakt	VII
Einleitung	1
I. Klimatologische Grundlagen	6
1. Durchschnittliches Wetter und Klimavariabilität	6
Wetter und Klima	6
Klimavariabilität	9
2. Klimasystem	10
3. Antriebsfaktoren für Klimawandel	12
Sonnenaktivität	13
Veränderungen der Erdbahnparameter	14
Vulkanismus	14
II. Historische Klimatologie heute	16
1. Was ist Historische Klimatologie?	16
Klimadaten aus Schriftzeugnissen	16
Forschungsfelder	19
2. Zur Geschichte der Historischen Klimatologie	20
Die Überwindung des Klimadeterminismus	21
Historisierung des Klimas	23
Schriftliche Quellen und das Klima der letzten 1000 Jahre	26
3. Ein schwieriges Verhältnis: Historische Klimatologie und Geschichtswissenschaft	28
Umweltgeschichte und Historische Klimatologie	28
Die Kleine Eiszeit in der Frühneuzeitforschung	29
Sozialgeschichte, Historische Anthropologie und <i>Cultural Turn</i>	32
III. Klimarekonstruktion: Quellen und Methoden der „Wetternachhersage“	36
1. Das Spektrum der Daten	36
Daten für die Paläoklimatologie	36
Daten aus den Archiven der Gesellschaft	40
2. Das Spektrum der Zeugnisse	42
Chroniken, Annalen und andere Quellen	42
Wetterjournale	45
Logbücher als klimahistorische Quellen	48
3. Instrumentelle Messungen	49
4. Methoden: Von den Proxydaten zur Rekonstruktion	52
Regressionsanalyse	53
„Pfister-Indizes“	55
Rekonstruktionen in räumlicher Auflösung	57
5. Ausblick	58
IV. Das rekonstruierte Klima 1500–1900	60
1. Gletscher auf dem Vormarsch	61

2. Das europäische Klima von 1500 bis 1900 im Überblick . . .	63
Datenbasis	63
Klimaschwankungen über die Jahrhunderte	65
Jahreszeitliche Schwankungen	69
3. Antriebsfaktoren	76
Sonnenaktivität	78
Vulkane	81
Resümee	84
V. Zur Sozioökonomie der Kleinen Eiszeit	85
1. Agrarwirtschaft und biophysikalische „Impacts“	85
2. Die Spur des Klimas in der Preisgeschichte	88
Klima, Ernte- und Preisschwankungen	89
Preisrevolution	91
3. Hungersnöte	92
Hunger durch Nahrungsknappheit	92
Hunger als Problem der Verteilung	95
Hunger und soziale Verwundbarkeit	96
VI. Natürliche Ressourcen und sozialer Konflikt	98
1. Bauernrevolten	98
2. Globale Krise im 17. Jahrhundert	101
3. Wetterzauber und Hexenverfolgung	105
Überblick: Hexenverfolgung in Europa	106
Diskussion der „Behringer-These“	110
VII. Klimawandel und „Naturkatastrophen“	114
1. Katastrophen als „kurzfristige Schocks“	114
2. Ansätze und Bedeutung der historischen Katastrophenforschung	116
3. Historische Hydrologie	119
4. Stadtbrände	124
VIII. Ausblick	131
Wichtige Abkürzungen	133
Glossar	134
Literatur	135
Namensregister	141
Geographisches Register	142
Sachregister	143

Geschichte kompakt

*In der Geschichte, wie auch sonst,
dürfen Ursachen nicht postuliert werden,
man muss sie suchen.* (Marc Bloch)

Das Interesse an Geschichte wächst in der Gesellschaft unserer Zeit. Historische Themen in Literatur, Ausstellungen und Filmen finden breiten Zuspruch. Immer mehr junge Menschen entschließen sich zu einem Studium der Geschichte, und auch für Erfahrene bietet die Begegnung mit der Geschichte stets vielfältige, neue Anreize. Die Fülle dessen, was wir über die Vergangenheit wissen, wächst allerdings ebenfalls: Neue Entdeckungen kommen hinzu, veränderte Fragestellungen führen zu neuen Interpretationen bereits bekannter Sachverhalte. Geschichte wird heute nicht mehr nur als Ereignisfolge verstanden, Herrschaft und Politik stehen nicht mehr allein im Mittelpunkt, und die Konzentration auf eine Nationalgeschichte ist zugunsten offenerer, vergleichender Perspektiven überwunden.

Interessierte, Lehrende und Lernende fragen deshalb nach verlässlicher Information, die komplexe und komplizierte Inhalte konzentriert, übersichtlich konzipiert und gut lesbar darstellt. Die Bände der Reihe „Geschichte kompakt“ bieten solche Information. Sie stellen Ereignisse und Zusammenhänge der historischen Epochen der Antike, des Mittelalters, der Neuzeit und der Globalgeschichte verständlich und auf dem Kenntnisstand der heutigen Forschung vor. Hauptthemen des universitären Studiums wie der schulischen Oberstufen und zentrale Themenfelder der Wissenschaft zur deutschen und europäischen Geschichte werden in Einzelbänden erschlossen. Beigefügte Erläuterungen, Register sowie Literatur- und Quellenangaben zum Weiterlesen ergänzen den Text. Die Lektüre eines Bandes erlaubt, sich mit dem behandelten Gegenstand umfassend vertraut zu machen. „Geschichte kompakt“ ist daher ebenso für eine erste Begegnung mit dem Thema wie für eine Prüfungsvorbereitung geeignet, als Arbeitsgrundlage für Lehrende und Studierende ebenso wie als anregende Lektüre für historisch Interessierte.

Die Autorinnen und Autoren sind in Forschung und Lehre erfahrene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Jeder Band ist, trotz der allen gemeinsamen Absicht, ein abgeschlossenes, eigenständiges Werk. Die Reihe „Geschichte kompakt“ soll durch ihre Einzelbände insgesamt den heutigen Wissenstand zur deutschen und europäischen Geschichte repräsentieren. Sie ist in der thematischen Akzentuierung wie in der Anzahl der Bände nicht festgelegt und wird künftig um weitere Themen der aktuellen historischen Arbeit erweitert werden.

Kai Brodersen
Martin Kintzinger
Uwe Puschner
Volker Reinhardt

Einleitung

Die Klimageschichte ist für Fachhistoriker eine Herausforderung, vielleicht sogar immer noch eine Provokation. Um Wissenschaft zu werden, hat sich die Geschichte im Laufe des 18. Jahrhunderts von der Naturgeschichte getrennt. Zwar haben Urväter der modernen Geschichtswissenschaft wie Jules Michelet (1798–1874) und Universalhistoriker wie Arnold J. Toynbee (1889–1975) natürlichen, gesellschaftsexternen Faktoren wie dem Klima in ihren Darstellungen der Menschheitsentwicklung immer wieder eine gewisse Beachtung geschenkt. Die Neuprofilierung der Geschichte als historischer Sozialwissenschaft im 20. Jahrhundert ging jedoch mit einer nahezu vollständigen Eliminierung solcher Faktoren einher. Gegenläufige Trends, vor allem in der Umweltgeschichte, stoßen auf Widerstand, der es den Subdisziplinen der Geschichtswissenschaft an der Grenze zwischen Sozial- und Naturwissenschaften schwer macht, sich zu etablieren. Die Skepsis ist selbst historisch durch die Ausdifferenzierung der modernen Wissenschaft zu erklären, die sich auf die Unterscheidung zwischen zwei grundlegend verschiedenen Ursachenmodellen für sozialen Wandel einerseits und natürliche Prozesse andererseits festgelegt hat.

Die Pioniere der Historischen Klimatologie, Hubert Horace Lamb (1913–1997), Emmanuel Le Roy Ladurie (*1929) und Christian Pfister (*1944), waren in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts vorrangig mit der Rekonstruktion des Klimas der letzten tausend Jahre befasst. Ihre Ergebnisse mussten sie vor allem auf dem Feld der Paläoklimatologie behaupten, das von naturwissenschaftlichen Methoden dominiert wird. Seitdem zuverlässige Rekonstruktionen vorliegen, die ältere Mutmaßungen über ein wärmeres Klima im Mittelalter und ein vergleichsweise kühleres in der frühen Neuzeit bestätigen und präzisieren konnten, d.h. etwa seit Beginn der 1990er Jahre, kehrt die Frage nach dem Verhältnis von Klima und Geschichte zurück auf die Tagesordnung. Sie ist durch die globale Klimaerwärmung zu einer drängenden Gegenwartsfrage geworden. Historiker sollten ihre Beantwortung nicht länger anderen Disziplinen überlassen, weil sie qua ihrer Profession Adressaten der Frage sind. Historiker generieren Wissen über die politische, soziale und wirtschaftliche Geschichte und machen dieses Wissen für andere verfügbar. Bei ihnen liegt es daher, die historische Bedeutung von Klimawandel mit der notwendigen Komplexität zu untersuchen. Dies aber erfordert letztlich eine neue Methodendebatte innerhalb der Geschichtswissenschaft, die auf eine Theorie der Wechselbeziehung zwischen Gesellschaft und natürlicher Umwelt (darunter des Klimas) hinauslaufen muss. In jedem Falle bedarf es operationalisierbarer Verfahren, die zu empirisch fundierten Aussagen führen.

Dieses Buch möchte dafür Denkanstöße geben und versteht sich keineswegs nur als Überblick über die Klimageschichte zwischen 1500 und 1900. Für die Wahl des Zeitraums sprechen verschiedene Gründe: Es handelt sich um die Hochphase der Kleinen Eiszeit, die durch historische Zeugnisse sehr gut dokumentiert ist. Für sie liegen heute ausgezeichnete Klimarekonstruktionen vor. Und Historiker der frühen Neuzeit haben bereitwilliger als Ver-

Trennung von Natur und Geschichte

Aktualität der Frage nach Klima und Geschichte

die Kleine Eiszeit

treter anderer historischer Epochen Ergebnisse der Klimageschichte in ihre Überlegungen einbezogen. Die Frühneuzeitforschung hat innerhalb der Geschichtswissenschaft noch die meisten Erfahrungen im Umgang mit der Klimageschichte gesammelt. Die Historische Klimatologie ihrerseits erkannte zu Recht in der frühen Neuzeit die Epoche der vorinstrumentellen Periode, die aufgrund der Dichte der schriftlichen Überlieferung die besten Aussichten für eine erfolgreiche Rekonstruktion der Klimageschichte versprach. Man kann ohne Übertreibung sagen, dass die Methoden der Historischen Klimatologie aus der Arbeit mit frühneuzeitlichen Quellen entwickelt wurden.

Zeitlicher Rahmen
der Abhandlung

Wie gerade bemerkt, fällt die Zeit zwischen 1500 und 1900 in die sogenannte Kleine Eiszeit. Diese Epoche der Klimageschichte wird heute mit den Rahmendaten 1300 bis 1900 verbunden. Die Datierung überschreitet an beiden Enden gewöhnliche Epocheneinteilungen der Geschichtswissenschaft, einerseits die Grenze zwischen Spätmittelalter und früher Neuzeit, andererseits die zwischen früher Neuzeit und neuerer Geschichte. Wenn für dieses Buch der Zeitraum 1500 bis 1900 gewählt wurde, so hat dies mit pragmatischen Entscheidungen zu tun. Die Klimageschichte des Mittelalters ist weniger gut erforscht als ihr Verlauf seit dem 16. Jahrhundert. Der Beginn lässt sich weiter dadurch rechtfertigen, dass die Kleine Eiszeit keine Periode konstant sinkender oder (im Vergleich zum 20. Jahrhundert) niedrigerer Temperaturen war. Vielmehr schwankte das Klima zwischen wärmeren und kälteren Perioden. Kurz nach 1550 setzte eine besonders prägnante Kaltphase ein, nachdem vor allem im späten 15. und in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts mildere Verhältnisse vorgeherrscht hatten. Die anschließend einsetzende Verschlechterung entging der Wahrnehmung der Zeitgenossen nicht. Sie hat viele Spuren in schriftlichen Zeugnissen hinterlassen und die demographisch wie räumlich (Kolonialismus) expandierenden Agrargesellschaften Europas, die gleichzeitig in religiöse und zahlreiche militärische Auseinandersetzungen verwickelt waren, vor besondere Herausforderungen gestellt.

Epochenschwelle:
Industrialisierung als
Klimaantrieb

Die Jahreszahl 1900 stimmt mit dem Ende der Kleinen Eiszeit und dem Beginn des „warmen 20. Jahrhunderts“ überein. Gesellschaftsgeschichtlich macht eine Epochengrenze „1900“ freilich wenig Sinn, weil die Industrialisierung in Europa zu so grundlegenden ökonomischen und sozialen Veränderungen führte, dass seitdem das Verhältnis von Gesellschaft und Klima eine neue Qualität angenommen hat. Das hat unter anderem mit der rapide sinkenden Bedeutung des Agrarsektors in den europäischen Wirtschaftssystemen und dessen gleichzeitiger Revolutionierung zu tun. Aber noch in anderer Hinsicht bedeutet die Industrialisierung einen epochalen Einschnitt im Verhältnis von Menschen- und Klimageschichte: Angetrieben von Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum hat der exorbitant gestiegene Energiebedarf und dessen Deckung durch Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas) die industrialisierte Gesellschaft zum Antriebsfaktor im Klimasystem gemacht. Die anthropogene Emission von Treibhausgasen, insbesondere CO₂, hat heute solche Ausmaße angenommen, dass bei Fortsetzung des industriellen Energieparadigmas zum Ende des 21. Jahrhunderts mit einem Anstieg der Temperaturen um 3,4°C oder mehr im Vergleich zu den Durchschnittswerten für 1980–1999 zu rechnen ist. Die Erwärmung im

20. Jahrhundert ist mit großer Gewissheit bereits Folge der Industrialisierung. Pointiert könnte man sagen, der Mensch habe die Kleine Eiszeit beendet und, freilich ohne dies zu beabsichtigen, ein neues Klimaregime „installiert“.

Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, hat Paul J. Crutzen vor einigen Jahren den Begriff *Anthropozän* vorgeschlagen und den Beginn dieser neuen Epoche der Klima- wie überhaupt der Erdgeschichte im 19. Jahrhundert angesetzt (Crutzen u. a. 2000). Ich halte diesen Vorschlag auch umwelt-historisch für tragfähig und bin der Meinung, dass eine Darstellung, die nicht nur die klimatischen Veränderungen der Kleinen Eiszeit, sondern auch ihre Auswirkungen auf die Gesellschaften Europas im Blick hat, dieser Zäsur Rechnung tragen sollte. Damit ist dieses Buch zugleich von einer umfassenden und komplexen Darstellung des industriellen Paradigmas und seiner Folgen entlastet. Sie bleibt der bisher ungeschriebenen Klimageschichte des 19. und 20. Jahrhunderts vorbehalten. Das Enddatum 1900 betrifft also in erster Linie die Rekonstruktion des Klimas der Kleinen Eiszeit. Einige Aspekte der Klimafolgen im kalten 19. Jahrhundert werden in den späteren Kapiteln des Buches dann noch berührt, jedoch nicht unter dem Gesichtspunkt des epochalen Einschnitts der Industrialisierung. Es handelt sich entweder um Beispiele oder Fallstudien („Jahr ohne Sommer“ 1816) aus einer Übergangphase oder um Vergleiche. Das 19. Jahrhundert wird hier aber nicht in seinem Eigencharakter zur parallelen Klimageschichte ins Verhältnis gesetzt.

„Anthropozän“

Der Aufbau dieses Buches geht von der Definition der Historischen Klimatologie und ihrer Untersuchungsgebiete aus: der Klimarekonstruktion, der Klimafolgenforschung und der Wissensgeschichte des Klimas. Die Wissensgeschichte kann dabei nicht systematisch abgehandelt werden. Vielmehr fließen einige ihrer Aspekte in verschiedene Kapitel der Darstellung ein. Definition und Geschichte der Historischen Klimatologie werden im zweiten Kapitel diskutiert. Hier ist auch der Ort, die Historische Klimatologie ins weitere Spektrum der Paläoklimatologie einzuordnen, ihre geschichtliche Entwicklung und ihre eher marginale Rolle innerhalb der Geschichtswissenschaft nachzuzeichnen. Hier wie im gesamten Buch werden sowohl der interdisziplinäre Kontext wie die fachhistorische Seite berücksichtigt.

Aufbau der Darstellung – Kapitel II

Das erste Kapitel bietet eine Einführung in Grundlagen der Klimatologie. Dort werden Begriffe wie „Wetter“ und „Klima“ erläutert, mögliche Ursachen für Klimawandel angesprochen und das Klimasystem knapp dargestellt. Funktion dieses Kapitels ist es, Historiker mit Denkweisen der systemischen Klimatologie wenigstens ansatzweise vertraut zu machen.

Kapitel I

Das dritte Kapitel widmet sich der Klimarekonstruktion auf der Basis schriftlicher und bildlicher Quellen. Eine kritische Diskussion über den Informationswert bestimmter Proxydaten, indirekte Hinweise auf die historische Klimaentwicklung wie Baumringe oder Eisbohrkerne also, die sich in diesen Zeugnissen finden, ist Ausgangspunkt für eine kurze Quellenkunde. Es folgt ein Überblick über grundlegende Methoden der Verarbeitung von Klimaproxydaten, deren Ziel es ist, Temperatur- und Niederschlagswerte zu rekonstruieren und eine kartographische Darstellung ihrer räumlichen Verteilung zu ermöglichen. Die Quellen- und Methodenlehre dieses Kapitels

Kapitel III

ist alleine auf die *Klimarekonstruktion* ausgerichtet. Das entspricht bisherigen Gepflogenheiten. Die Frage, ob für die historische Klimafolgenforschung und für die Wissensgeschichte des Klimas nicht eine je eigene Quellenkunde nötig wäre, ist naheliegend und berechtigt. Bisher hat man sich mit einer Art Standardantwort zufriedengegeben: Demnach sind für beide Bereiche die allgemeine Quellen- und Methodenlehre der Geschichtswissenschaft bzw. die bestimmter Teildisziplinen hinreichend. Für die Erforschung wirtschaftlicher Impacts etwa genügen Kenntnisse aus dem Bereich der Wirtschaftsgeschichte. Die Wissensgeschichte des Klimas arbeitet mit ähnlichen Quellen wie die heutige Wissenschaftsgeschichte. Es spricht gleichwohl vieles dafür, dass in Zukunft, wenn die historische Klimafolgenforschung und die Wissensgeschichte des Klimas einen anderen Stand erreicht haben werden als heute, eine Darstellung der Historischen Klimatologie nicht mehr auf eine eigene Quellen- und Methodenlehre für diese Forschungsgebiete verzichten kann.

Kapitel IV–VII

Das rekonstruierte Klima der Kleinen Eiszeit ist Gegenstand des vierten Kapitels. Mit dem fünften Kapitel geht dieses Buch zur historischen Klimafolgenforschung über, wobei zunächst die sozioökonomischen Aspekte im Mittelpunkt stehen. Schon dort wird es um Fragen der Ressourcenknappheit gehen. „Natürliche Ressourcen und sozialer Konflikt“ ist das Thema des sechsten Kapitels. Die frühneuzeitliche Konfliktforschung hat bisher nur selten den Klimawandel der Kleinen Eiszeit in ihre Überlegungen einbezogen. Das Kapitel betritt insofern Neuland und möchte Anstoß für weitere Untersuchungen dazu geben. In Kapitel sieben schließlich wird auf „Klimawandel und ‚Naturkatastrophen‘“ eingegangen. Klimatisch-meteorologisch bedingte Katastrophen werden heute allgemein zu den wichtigsten Auswirkungen der globalen Klimaerwärmung gerechnet. Die Historische Klimatologie hat sich diesem Problem ebenfalls in den letzten Jahren verstärkt zugewandt. Aus der neueren historischen Katastrophenforschung sind wichtige Impulse dazugekommen.

Vieles von dem, was in den letzten drei Kapiteln zur historischen Klimafolgenforschung gesagt wird, hat programmatischen Charakter. Empirische Studien zur Epoche der Kleinen Eiszeit liegen für die dort angesprochenen Aspekte zwar vor, stehen aber zum Teil erst am Anfang und geben ein uneinheitliches Bild. Das völlig neu formierte und sich weiter neu formierende Feld der historischen Klimafolgenforschung steht überdies in engem Zusammenhang mit der Frage nach den Folgen des aktuellen Klimawandels. Diese Verbindung sichtbar zu machen war ein zentrales Anliegen. Die Relevanz historischer Arbeiten sollte dadurch aufgezeigt werden, auch wenn auf diese Weise eher ein Entwurf möglicher Zukunft als ein Bild des gegenwärtigen Forschungsstandes entstanden ist.

Historische
Klimatologie und
Geschichtswissenschaft

Die Historische Klimatologie hat bis heute Mühe, sich als Teildisziplin oder Spezialisierung im Fach Geschichte an Universitäten oder Forschungseinrichtungen zu etablieren. Das hat viele Gründe, auf die in Kapitel zwei im Zusammenhang der Forschungsgeschichte eingegangen wird. Vor solchem Hintergrund ist dieses Buch, das in einer Reihe erscheinen kann, die in erster Linie Historiker und solche Leser anspricht, die an Geschichte interessiert sind, vielleicht Zeichen für eine Trendwende. Den Reihenherausgebern und dem Verlag gebührt Dank für Offenheit und Mut. Jürg Luterba-

cher, Professor am Institut für Geographie der Universität Gießen, hat dem Verfasser die rekonstruierten Temperatur- und Niederschlagsdaten für die Darstellung des Klimas der Kleinen Eiszeit in Kapitel IV zur Verfügung gestellt. Auch dafür sei an dieser Stelle gedankt. Es wäre zu wünschen, dass die Historische Klimatologie einen festen Platz innerhalb der Geschichtswissenschaft findet und in Zukunft mehr Fachhistoriker als bisher bereit sind, sich auf dieses anspruchsvolle Feld einzulassen. Auch die Geschichtswissenschaft als Disziplin könnte davon profitieren – mindestens ebenso, wie die an der Erforschung des Klimas beteiligten Disziplinen davon profitieren könnten, wenn Historiker mehr als bisher ihr Wissen, ihre Fragestellungen und ihre Ansätze einbringen. Das Feld ist, wie dieses Buch hoffentlich zu zeigen vermag, wahrlich breit genug, um solche Hoffnungen zu schüren.

Die institutionelle Zukunft der Historischen Klimatologie innerhalb der Geschichtswissenschaft hängt unter anderem von der Anerkennung ihrer Leistungen während der letzten 30 Jahre ab, in denen die Rekonstruktion der Klimaverhältnisse des letzten Jahrtausends im Vordergrund stand und enorme Fortschritte gemacht hat. Die Zukunft der Historischen Klimatologie an den heutigen Universitäten und Forschungseinrichtungen liegt im Rahmen fächerübergreifender Forschungs- und Studienprogramme. Solche Studienprogramme existieren bereits im Bereich der Umweltwissenschaften. Interdisziplinäre *Climate-Studies*-Programme befinden sich an verschiedenen Universitäten des deutschsprachigen Raumes im Aufbau. Es ist zu hoffen, dass die Klimageschichte der letzten 1000 bis 2000 Jahre dabei die ihr gebührende Beachtung findet und dass sie von Wissenschaftlern gelehrt wird, die mit Methoden und Fragestellungen der Geschichtswissenschaft vertraut sind. Historiker, die sich auf das Wagnis einer interdisziplinären Kooperation einlassen, die auch die Grenze zu den Naturwissenschaften überschreitet, können in Zukunft dazu beitragen, dass die Sozial- und Kulturwissenschaften in der Forschung zu Ursachen und Folgen des aktuellen Klimawandels anders wahrgenommen werden als bisher. Die herausragende Bedeutung weit in die Vergangenheit zurückreichender Klimadaten für die Klimatologie ist seit Langem unbestritten. Unser Wissen über die Zukunft des Klimas und die Folgen des Klimawandels stützt sich auf unser Wissen über seine Vergangenheit. Es ist darum auch nur so gut wie dieses Wissen.

institutionelle
Stellung

I. Klimatologische Grundlagen

Klimawissenschaft heute	Die heutige Klimawissenschaft ist eine interdisziplinäre Synthese unzähliger wissenschaftlicher Ergebnisse, die über einen langen Zeitraum zusammengetragen und falsifiziert oder verifiziert wurden. Klimaforschung wird heute von einer ganzen Reihe naturwissenschaftlicher Disziplinen und Teildisziplinen betrieben. An erster Stelle sind Klimatologie und Meteorologie, im Weiteren aber vor allem die Geographie zu nennen. Die Geographie steht mit vielen ihrer Fragestellungen an der Nahtstelle zwischen Natur- und Sozialwissenschaften.
Klimageschichte und Klimamodelle	<p>Innerhalb des weiten Spektrums der Klimaforschung bildet die Untersuchung historischer Klimaverhältnisse ein Spezialgebiet mit immer noch wachsender Bedeutung. Fragen kurz- und mittelfristigen Klimawandels und seiner Folgen für Flora und Fauna, für Gesellschaften und ihre natürliche Umwelt lassen sich nur beantworten, wenn es gelingt, zuverlässiges Wissen über die Vergangenheit des Klimas zu gewinnen. Möglichst weit zurückreichende Datenreihen werden für die Kalibrierung von Klimamodellen benötigt, mit deren Hilfe heute Aussagen über die Folgen der gegenwärtigen weltweiten Klimaerwärmung gemacht werden. Und Klimamodelle werden heute unter anderem daran geprüft, wie gut sie vergangene Klimaverhältnisse abbilden können.</p> <p>Wir werden in Kapitel drei sehen, auf welchem Weg man zu quantitativen Daten für eine historische Epoche – die frühe Neuzeit – gelangen kann, in der keine oder nur wenige zuverlässige Temperatur- und Niederschlagsmessungen durchgeführt wurden. Hier ist es zunächst wichtig zu verstehen, an welchem Begriff des Klimas sich Klimahistoriker lange Zeit orientiert haben, und zu reflektieren, dass dieser Begriff inzwischen einen signifikanten Wandel durchgemacht hat.</p>

1. Durchschnittliches Wetter und Klimavariabilität

Wetter und Klima	<p>Wetter und Klima</p> <p>Grundlegend für den Begriff des Klimas ist zunächst die Unterscheidung von Wetter und Klima. <i>Wetter</i> ist der „augenblickliche [...] Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort“ (Häckel 2005, S. 315). Sonnenschein, Bewölkung, Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Wind (Richtung und Geschwindigkeit) sind wichtige meteorologische Größen, die das Wetter bestimmen. Das Wetter ändert sich täglich, oft sogar stündlich – vom heißen Sommertag zum Gewitter- und Hagelsturm. Wer nur das Wetter im Blick hat, kann jedoch kaum Aussagen über typische oder durchschnittliche meteorologische Verhältnisse an einem Ort machen. Solche Aussagen erfordern einen längeren Beobachtungszeitraum.</p> <p><i>Klima</i> ist dasjenige Konzept, das Antwort auf solche Fragen verspricht: Aus der Wettervielfalt an einem Ort wird mit statistischen Mitteln eine be-</p>
------------------	--

stimmte Menge an Kenngrößen ermittelt, die dann zu den typischen Merkmalen des Klimas an einem bestimmten Ort gehören: mittlere Temperaturen und Niederschlagswerte, Standardabweichungen, Maxima und Minima, Häufigkeitsverteilungen, mittlere und extreme Tages- und Jahresabläufe usw. Eine klassische Handbuchdefinition des Klimas lautet: „Unter Klima verstehen wir die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgend einer Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen.“ (Hann 1883, S. 1)

Klima

Das Wort Klima stammt aus dem Griechischen. Es wurde bereits von Eudoxos von Knidos (5./4. Jh. v. Chr.) verwendet. „klíma“ bedeutet „Neigung“. Gemeint war damit der je unterschiedliche Einfallswinkel der Sonnenstrahlung an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche. Dieser Winkel variiert mit der geographischen Breite. Die Griechen unterschieden eine Reihe von Klimazonen, wobei sie die Bedeutung der Kugelgestalt der Erde und die heliozentrische Ordnung unseres Sonnensystems noch nicht erkannt hatten. Die griechischen Naturphilosophen und Aristoteles entwickelten ein weitgehend statisches Verständnis des Klimas, das vor allem geographisch variierte. Zeitlich kannte man nur periodische Schwankungen, die Jahreszeiten.

Die Unterscheidung von Wetter und Klima lässt sich an einem Beispiel illustrieren: Eine Spätfrostnacht, durch die die Obstblüte erfriert, ist ein Witterungsphänomen. Wenn aber in der betreffenden Gegend in 80% aller Jahre während der Blüte ein solches Spätfrostereignis auftritt, so ist dies ein Charakteristikum des Klimas, das offenkundig für den Obstanbau wenig geeignet ist. Mit Klimawandel ändern sich Wachstumsbedingungen und Wirtschaftlichkeit bestimmter Nutzpflanzen. Ein gutes Beispiel bietet der Weinbau in der Kleinen Eiszeit: Im Vergleich zur mittelalterlichen Warmperiode verschob sich, wesentlich bedingt durch eine Klimaabkühlung, die Weinbaugrenze in Europa deutlich nach Süden.

Klima kann als *das durchschnittliche Wetter* definiert werden. Damit ist bereits eine Beziehung zwischen Wetter und Klima hergestellt, die etwa erwarten lässt, dass Klimawandel auch eine Änderung des Wetters mit sich bringt. Ein beim Klimawandel beobachteter Trend, z. B. eine Abkühlung der durchschnittlichen Bodentemperaturen an einem bestimmten Ort, muss aber keineswegs auf der Ebene des täglichen, monatlichen oder jahreszeitlichen Wetters erfahrbar sein. Die Unterschiede können so fein sein, dass sie sich, ohne Unterstützung von Messinstrumenten, der Wahrnehmung entziehen. Oder sie können so extrem sein, dass die Volatilität (die statistische Schwankungsbreite) des Klimas verwirrt. Langfristige Veränderungen des Klimas verlaufen nie kontinuierlich. Dies aber ist eine Quelle verbreiteter Missverständnisse. Eine durchschnittliche Klimaabkühlung über einen Zeitraum von mehreren Jahrhunderten wie während der Kleinen Eiszeit (ca. 1300–1900) bedeutete nicht, dass es in dieser Epoche keine außergewöhnlich warmen Sommer oder Winter gab. Bezeichnend für das Klima der Kleinen Eiszeit war jedoch eine Zunahme der monatlichen oder jahreszeitlichen Kaltanomalien, im Vergleich zur mittelalterlichen Warmzeit oder zum Klima des 20. Jahrhunderts, und ihr Übergewicht im Verhältnis zu den Warmanomalien. Einzelne Hitzesommer sprechen also nicht gegen die

E

Witterungsschwankungen und Klimaänderung

These einer Kleinen Eiszeit – so wenig, wie ein einzelner kalter Winter (wie 2008/09 in Europa) heute als Evidenz gegen die globale Klimaerwärmung gelten kann. Dennoch werden Extreme in der Öffentlichkeit häufig so wahrgenommen. Der natürlichen Variabilität des Wetters werden klimatische Ursachen unterlegt. Indikatoren für Klimawandel sind aber nicht einzelne Extreme, sondern ihre Häufigkeit oder Frequenz. Hier kommt ein wichtiger Unterschied zwischen Klima und Wetter zur Geltung, der in der Weise ihrer empirischen Ermittlung wurzelt: Das Wetter wird *gemessen*, das Klima hingegen *statistisch errechnet*. Hans von Storch, Stefan Güss und Martin Heimann haben das Klima pointiert als „Statistik des Wetters“ bezeichnet (Storch u. a. 1999, S. 4). Nach einer Festlegung der Weltorganisation für Meteorologie müssen meteorologische Faktoren mindestens über einen Zeitraum von 30 Jahren hinweg durch regelmäßige Messungen erfasst worden sein, um auf dieser Basis Klimateigenschaften ableiten zu können.

Wetter- und
Klimavorhersage

Ein anderes verbreitetes Missverständnis betrifft die Vorhersagbarkeit von Wetter und Klima. Zweifel an der Vorhersagbarkeit des Klimawandels werden manchmal mit dem Argument genährt, Meteorologen gelinge es ja nicht einmal, das Wetter für mehr als einige wenige Tage zuverlässig vorherzusagen. Tatsächlich ist das Wetter aufgrund seines chaotischen Charakters längerfristig schwer absehbar. Das liegt an bestimmten dynamischen Eigenschaften der Atmosphäre, die als Schmetterlingseffekt bezeichnet und mit den mathematischen Methoden der Chaostheorie untersucht werden. Seit den 1960er Jahren sind sich Meteorologen bewusst, dass schon minimale Abweichungen von den ursprünglichen (oder angenommenen) atmosphärischen Bedingungen zu völlig anderen Vorhersagen führen. Die Bedingungen, die dieses sensible System beeinflussen, sind zudem niemals vollständig bekannt. Dagegen ist die Diagnose eines Klimawandels aufgrund von Änderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre (z. B. durch Zunahme von Treibhausgasen) oder anderer Faktoren sehr viel eher zu bewerkstelligen, weil dabei von Mittelwerten ausgegangen werden kann. Die Unterschiede in der Vorhersagbarkeit von Wetter- und Klimawandel lassen sich an einem analogen Beispiel illustrieren: Während sich statistisch die durchschnittliche Lebenserwartung von Männern in Industrienationen ziemlich genau mit 75 Jahren angeben lässt, kann das Alter, in dem ein bestimmtes männliches Mitglied dieser Gesellschaften verstirbt, auf dieser Basis nicht vorhergesagt werden. Weiter gleicht die Vorhersage zukünftiger Klimaentwicklung dem Versuch, aufgrund bestimmter demographischer und sozialer Strukturen mögliche Veränderungen im Durchschnittsalter einer Bevölkerung zu prognostizieren.

von der deskriptiven
zur kausalen
Klimaforschung

Die Vorhersage eines Klimawandels lässt sich nicht alleine mit der Ermittlung durchschnittlicher Temperatur- und Niederschlagswerte bewerkstelligen. Solche Daten können Evidenz für eine Feststellung von Klimawandel bieten oder ihn beschreiben. Eine zuverlässige Prognose hingegen benötigt Kausalmodelle, die den Klimawandel erklären. Hier liegt die Wurzel für einen Wandel des Klimabegriffs, der sich im Wesentlichen während der letzten 30 Jahre vollzogen hat: vom durchschnittlichen Wetter zum Klimasystem. Treibende Kraft war und ist die immer stärker ausgeweitete und