

Klaus-Dieter Jäger

Klimawandel im Holozän – Problemanalyse am Beispiel Mitteleuropa

Die Tatsache einer aktuell ablaufenden Klimaveränderung ist im Schrifttum unbestritten, da durch Beobachtungen und Messungen gut belegt, sowohl im regionalen Rahmen Mitteleuropas wie auch weltweit, in globalem Maßstab (zusammenfassend aktuell u. a. J. Rapp 2000; P. Hupfer & W. Kuttler 2005, S. 285–294).

Strittig ist jedoch der anthropogene Anteil, d. h. inwieweit überhaupt gesellschaftliche bzw. technische Maßnahmen beteiligt sind.

Eine solche Frage ist nahe liegend, weil Klimaänderungen und Klimaschwankungen den gesamten Gang der Erdgeschichte begleitet haben (M. Schwarzbach 1950). In den letzten zwei Jahrmillionen der jüngeren Erdgeschichte haben sie besonders extreme Ausmaße angenommen, die mit dem Begriff des Eiszeitalters angedeutet werden.

Vielfältige Zeugnisse dieser Klimaschwankungen wurden vor allem im letztvergangenen Jahrhundert durch geowissenschaftliche Disziplinen, wie Quartärgeologie, Geomorphologie, Quartärpaläontologie (Wirbeltierpaläontologie und Paläomalakologie; Pollenanalyse und Untersuchung pflanzlicher Großreste) nachgewiesen, detailliert erforscht und mit Publikationen dokumentiert (beispielhaft zusammenfassend im deutschsprachigen Schrifttum besonders P. Woldstedt 1955, 1958; B. Frenzel 1967; H.-D. Kahlke 1981 sowie U. Berner & H.-J. Streif 2000).

Belegt ist nach diesen Untersuchungen, dass jahrtausendelange Kaltphasen mehrfach zu Vergletscherungen gegenwärtig eisfreier Gebiete und entsprechender Flächenverlagerung und -vergrößerung eisnaher Bereiche führten, welche mit Warmphasen in vergleichbarer zeitlicher Größenordnung wechselten, in deren Ergebnis sich ausgedehnte Regionen im Vergleich zur Gegenwart langfristig höherer Mitteltemperaturen erfreuten.

Analoge langfristige Klimaschwankungen von vergleichbarer zeitlicher Größenordnung lassen sich aus paläobotanischen Untersuchungen für das

vorausgehende Erdzeitalter des Neogens (Jungtertiär), etwa am Beispiel des pflanzlichen Fossilinhaltes in den miozänen Schichtenfolgen der Lausitzer Braunkohlentagebaue ablesen (D. H. Mai 1967, bes. S. 61) und mit Hilfe der Pollenanalyse noch weiter in das Paläogen (Alttertiär) zurückverfolgen (W. Krutzsch 1967).

Belegbar ist, dass diese aus dem Verlauf der Erdgeschichte bekannten Klimaschwankungen und insbesondere die für Verlauf und Zeugnisse des Eiszeitalters insgesamt verantwortlichen auf natürliche Ursachen zurückgehen, deren Mechanismus vorrangig auf periodisch wechselnde astronomische Positionen des Planeten Erde zur Sonne zurückzuführen ist. Im Detail sind die dafür maßgeblichen Gestirnbewegungen sowie deren Folgewirkungen für Einstrahlungsgewinn und -verteilung auf der Oberfläche des Planeten Erde seit den grundlegenden Forschungen des serbischen Gelehrten M. Milanković (1920; 1930; 1941) im Wesentlichen bekannt.

Dies gilt auch für die zugrunde liegenden Periodizitäten, was deren Heranziehung für eine kalendarische (sog. „absolute“) Chronologie (zu deren Problematik H. Jaeger 1981, S. 311) erdgeschichtlicher Ereignisse in den letzten beiden Jahrmillionen ermöglicht hat (J. Kukla 1969).

Nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen ist die Nordhemisphäre des Erdplaneten vor ca. 10.000 Jahren in eine Warmphase des Eiszeitalters eingetreten, die gegenwärtig noch andauert und die vorausgehende Kaltphase mit ihren nachgeordneten kurzzeitigeren Schwankungen beendet hat.

Extreme Ausschläge von Mittelwerten für Temperatur und Niederschlag sind in diesen Jahrtausenden ausgeblieben. W. S. Broecker (1966, S. 66) spricht dabei von einer „Ausnahmerecheinung in der jüngeren Klimageschichte unseres Planeten. Nie zuvor in den vergangenen 100.000 Jahren herrschten über so lange Zeiträume derart konstante und ausgeglichene Witterungsbedingungen ...“

Das bedeutet freilich nicht, dass die mittleren Beträge in dem gesamten Zeitraum absolut unveränderlich und stabil geblieben sind. Mit meteorologischen Messwerten sind indessen Veränderungen auch für kurze Beobachtungszeiträume nur in Bezug auf die letzten 3 bis 4 Jahrhunderte und überdies nur für den europäischen Kontinent erfassbar (H. v. Rudloff 1967; ferner F. Baur 1959; G. B. Wales-Smith 1971; G. Mánley 1974; J. Rapp 2000; R. Brázdil, H. Valašek, Zb. Sviták & J. Macková 2002).

Dieser Beobachtungszeitraum ist weder ausreichend für eine Beurteilung der in den letzten 10.000 Jahren insgesamt erreichten Schwankungsbreite me-

teorologischer Erscheinungen noch für die Abschätzung etwa wirksam gewordener bzw. noch wirksamer Änderungstendenzen.

Nur für die den frühesten Messreihen vorangehenden ersten und mittleren Jahrhunderte im zweiten Jahrtausend christlicher Zeitrechnung ist zumindest für Europa und den Nordatlantikraum, besonders aber für Mitteleuropa, eine teilweise Kompensation der fehlenden Messwerte anhand schriftlicher bzw. bildlicher Quellen überhaupt möglich, die allerdings in jüngster Vergangenheit, d. h. besonders in den letzten beiden Jahrzehnten, auch verstärkt genutzt worden sind (u. a. Chr. Pfister 1999; Chr. Pfister, R. Brázdil & R. Glaser 1999; R. Glaser 2000; ferner A. E. J. Ogilvie 1991 und 1998; Chr. Pfister, G. Schwarz-Zanetti, F. Hochstrasser & M. Wegmann 1998).

Für weiter zurückliegende Jahrtausende stehen lediglich Proxydaten (Näherungswerte, vgl. zu Begriffsbestimmung und Vielfalt Chr. Pfister 1999, S. 16–18) zur Verfügung, die im Wesentlichen von den Naturwissenschaften sowie ergänzend teilweise von der Archäologie bereitgestellt werden. Letztere trägt darüber hinaus gemeinsam mit physikalischen und botanischen Verfahren der Altersbestimmung (neuerdings G. A. Wagner 1995, 1998) zur Ereignischronologie bei, soweit diese nicht den Befunden für klimageschichtliche Aussagen inhärent ist, wie im Falle der Auswertung von Baumringfolgen durch die Dendroklimatologie (regional beispielhaft für Mainfranken und Nachbarregionen bei R. Glaser 1991) auf der Grundlage der Dendrochronologie, die jetzt – wenigstens für Mitteleuropa wiederum – immerhin auch für den Gesamtzeitraum des letzten Jahrzehntausends zur Verfügung steht (Spurk et al. 1998).

Ermittelte Proxydaten ermöglichen nicht nur eine detaillierte Kennzeichnung klimatischer Gegebenheiten für zurückliegende Zeiträume unabhängig von instrumentell gewonnenen Messwerten sowie schriftlich oder bildlich überlieferten Angaben über Klimazustände der Vergangenheit. Bei ausreichend genauer Datierbarkeit ergibt der Vergleich von Proxydaten unterschiedlicher zeitlicher Zuordnung Einblicke in Charakter, Verlauf und Ausmaß von Klimaänderungen der Vergangenheit.

Schriftlich überlieferte Witterungs- und Klimazustände der Vergangenheit sind mit Hilfe von Proxydaten häufig überprüfbar und diesbezügliche Angaben gelegentlich sogar korrigierbar. Für Zeiträume ohne schriftliche oder bildliche Zeugnisse zu Wetter und Klima der Vergangenheit bilden sie die alleinigen Quellen klimageschichtlicher Aussagemöglichkeiten. Mit ihrer Hilfe wird jedoch andererseits der gesamte zeitliche Rahmen der letzten Jahrtausende für klimageschichtliche Aussagen zugänglich. Feststellungen wie

die vorstehend wiedergegebene Aussage von W. S. Broecker (1966, S. 66) über Ausmaß und Grenzen klimatischer Veränderungen in den letzten 10.000 Jahren sind nur dank verfügbarer Proxydaten überhaupt möglich.

Allerdings sind nicht alle Besonderheiten vergangener Klimazustände und -veränderungen mit gleicher Genauigkeit anhand von Proxydaten erfassbar, freilich auch nicht in gleicher Detailliertheit von praktischem und prognostischem Interesse. Mit unterschiedlicher Quellenlage und Differenziertheit sind vorrangig Angaben über Temperatur und Wasserdargebot, letzteres in integrierten Aussagen zum Landschaftswasserhaushalt, verfügbar, wobei in letztere sowohl Niederschlagsangebot als auch indirekt (über Verdunstung einerseits und Frost andererseits) nochmals die Temperaturen eingehen. Unabhängig von noch erörterungsbedürftigen Details bleibt allerdings zunächst festzuhalten, dass mit Temperatur und Niederschlag für die Vergangenheit gerade solche Kenngrößen klimatischer Zustände erfassbar werden, die im Hinblick auf mögliche aktuelle Änderungstendenzen für Gegenwart und Zukunft von besonderem praktischen, technischen, sozialen und politischen Interesse sind, wobei die Temperatur an erster Stelle steht. Geeignete Aussagemöglichkeiten bieten vorrangig fossilführende Ablagerungen aus den letzten Jahrtausenden der jüngsten Erdgeschichte.

Methodische Grundlage solcher Aussagen bildet vor allem der Umstand, dass Fossilnachweise in derartigen Ablagerungen in der Regel auf Tier- und Pflanzenarten bezogen sind, die – sofern nicht sogar noch im Fundgebiet vorhanden – noch immer über ein rezentes Areal verfügen, dessen Kenntnis und Analyse aktualistische Auskünfte über die arteigenen Umweltansprüche auch hinsichtlich der Klimaverhältnisse gestattet.

Derlei Auskünfte vermittelt zu Wandlungen der Vegetationsdecke während der letzten Jahrtausende vorrangig die Methode der Pollenanalyse, während für klimageschichtliche Interpretationen anhand des Faunenwandels vor allem Nachweise fossiler Landmollusken Beiträge erbracht haben. Sowohl deren Untersuchung durch die paläontologische Spezialdisziplin der Paläomalakologie wie auch die Pollenanalyse stützen sich auf quantitative Analysen von Vergesellschaftungen ökologisch unterschiedlich aussagefähiger Einzeltaxa (vgl. mit Bezug auf Mitteleuropa zur Pollenanalyse u. a. F. Firbas 1949 sowie J. Iversen 1944 und 1964, zur Paläomalakologie vorrangig V. Ložek 1964).

Nach den dank solcher Untersuchungen verfügbaren Angaben erreichten positive Abweichungen von der aktuellen Jahrestemperatur im mittleren Europa (Referenzzeitraum 1961–1990 – vgl. P. Hupfer & W. Kuttler 2005, S.

285) während der letzten 10.000 Jahre gemäß Aussage holozäner Molluskenfaunen Beträge von 1 ... 3 °C bzw. 1 ... 3 K (vgl. V. Ložek 1964, Beil. III, 5. Kolumne, für das südöstliche Mitteleuropa; D. Mania 1973, S. 128, für Mitteleuropa – vgl. dazu Tab. 1).

	Gegenwärtiges Klima	Näherungswerte für das Atlantikum
Jahresmittel der Temperatur	+8 bis +9 °C	Etwa +9 bis +11 °C
Julimittel der Temperatur	+16 bis +18 °C	Etwa +18 bis +20 °C
Januarmittel der Temperatur	-3 bis -1 °C	Etwa -1 °C
Jahresmittel der Niederschläge	450 bis 650 mm	Etwa 550 bis 700 mm

Tab. 1: Näherungswerte für das Klima während des Atlantikums im Saale- und mittleren Elbegebiet außerhalb der Mittelgebirgslagen, rekonstruiert mit Hilfe von Molluskenanalysen, nach D. Mania 1973, S. 128

Analoge Werte ergeben sich auch dank pollenanalytischer Untersuchungen im mittleren Deutschland, etwa am Beispiel des Hohen Vogelsberges in Hessen (M. Schäfer 1996, S. 180) aufgrund palynologischer Nachweise von *Viscum*, *Hedera* und *Ilex* (zu deren Auswertbarkeit vgl. B. Frenzel 1967, S. 63). Nachweise von *Viscum* mit einem Anspruch an die mittlere Julitemperatur von mindestens +16 °C für ein Gebiet mit aktuellen Mittelwerten um +14 bis +15 °C ergeben für den Zeitraum zwischen 6.800 und 4.300 BP gegenüber heute eine positive Abweichung von 1–2 °C, und Nachweise von *Hedera* bezeugen für den Monat Januar Mittelwerte der Temperatur über -1,5 °C (J. Iversen 1944) für eine Region mit aktuellem Temperaturmittel für den Januar bei -2 bis -4 °C (M. Schäfer 1996, S. 16–17 und 180, sowie Walther & Lieth 1900), was ebenfalls für den Zeitraum vor 3.400 BP eine positive Abweichung von maximal 2,5 K ergibt.

Veränderungen im Niederschlagsangebot und insonderheit Oszillationen mit einem Auf und Ab der vieljährigen Mittelwerte sind anhand von Proxydaten methodisch schwerer erfassbar.

Geostratigraphische wie geomorphologische Beobachtungen mit gesicherter Datierung bieten Einblicke in das in einer gegebenen Landschaft verfügbare Wasserdargebot, das als Resultante das Zusammenspiel von Niederschlagsangebot und temperaturabhängiger Verdunstung integriert. Geostratigraphische Befunde reflektieren auch für die letzten 10.000 Jahre in Mitteleuropa und über diesen regionalen Rahmen hinaus einen mehrfachen Wechsel von Perioden mit erhöhtem sowie solchen mit defizitärem Wasser-

dargebot im Landschaftswasserhaushalt, so in feuchtebegünstigten Teilregionen etwa in Mooren mit einem Wechsel von Torfwachstum mit Rekurrenzflächen, in den eher benachteiligten und oft verkarsteten Kalkgebirgslandschaften der zentraleuropäischen Mittelgebirgszone mit einem Wechsel von Schichten subaquatisch sedimentierter Binnenwasserkalke (Dauche, Seekreide, Alm) mit subaerisch auf trocken gefallenem Absatzräumen entstandenen Humushorizonten (vgl. K.-D. Jäger 2006) begrabener Böden von Rendzina-Typ gemäß dessen Definition bei W. Kubiena (1953; vgl. auch AG Boden 1994, S. 182–183).

Solche Befunde widerspiegeln indessen zunächst zeitliche Veränderungen im Gesamtangebot der in der Landschaft verfügbaren Wassermenge (Jäger 2002 a, b) und werden in dieser Aussage auch durch andere Befunde, wie z. B. Wasserstandsschwankungen von Binnenseen, besonders in den Jungmoränenlandschaften im circumbaltischen wie im circualpinen Bereich Mitteleuropas unterstützt (zuletzt Jäger 2001). Sie sind aber nicht linear übersetzbar in wechselnde Niederschlagsangebote für verschiedene Zeiträume, da die verfügbare Wassermenge im Rahmen der Hydraturverhältnisse von den temperaturabhängigen Verdunstungsbeträgen beeinflusst wird (dazu im Einzelnen H. Gaussen 1954 und 1955 sowie Walther & Lieth 1960 in der Einführung).

Der Einfluss von Temperaturveränderungen (Erhöhung oder auch Minderung der Jahresmitteltemperaturen) ist sogar ein doppelter, denn, worauf etwa P. Hupfer & W. Kuttler (2005, S. 288–289) aufmerksam machen:

„Globale Zusammenfassungen der langzeitlichen Verläufe von Niederschlag und Verdunstung weisen darauf hin, dass beide Größen im Fall der globalen Temperaturzunahme ebenfalls zunehmen.“

In gewisser Weise zeigen deshalb Oszillationen im verfügbaren Wasserdargebot und die dafür aussagefähigen Befunde auch veränderliche langfristige Temperaturschwankungen in der Vergangenheit, im konkreten Fall während der letzten 10.000 Jahre an. Paläontologische Befunde über Mitteltemperaturen und deren Veränderlichkeit im gleichen Zeitraum werden so prinzipiell bestätigt und erhalten dabei sogar eine weitergehende zeitliche Auflösung.

Als Fazit ergibt sich, dass im Verlauf der erdgeschichtlich letzten Jahrtausende natürliche Veränderungen klimatischer Grunddaten und insbesondere der Temperaturverhältnisse nachweisbar sind. Dabei wurden im Vergleich zu gegenwärtigen Verhältnissen (Referenzperiode 1961–1990) Abweichungen um 1 ... 3 K (°C) erreicht, die sich in temporären Anhebungen der Jahresmit-

teltemperaturen ebenso deutlich manifestieren wie in deren zeitweiligen Absenkungen.

Die Anhebungen der Jahresmitteltemperaturen in dem instrumentell kontrollierbaren Zeitrahmen der letzten Jahrzehnte blieben bisher innerhalb dieser Größenordnung (J. Rapp 2000, S. 86), allerdings mit der Tendenz zu einer Beschleunigung, die allein für das letzte Jahrzehnt des 20. Jh. zu einem höheren Betrag führt als für das gesamte Jahrhundert von 1891 bis 1990 (J. Rapp 2000, S. 86). Der hierbei erkennbare gegenwärtige Trend bildet die Grundlage für die Befürchtung, dass dessen weitere Fortdauer kurzfristig über die Grenzen hinausführen könnte, die bisher im Verlauf der letzten 10.000 Jahre von positiven Abweichungen der Jahresmitteltemperatur in Mitteleuropa erreicht worden sind.

Literatur

- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl. (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe sowie Geologische Landesämter der Bundesrepublik Deutschland). 392 S. (Stuttgart: Schweizerbarth)
- Baur, Fr. (1959): Die Sommerniederschläge Mitteleuropas in den letzten 1 ½ Jahrhunderten und ihre Beziehungen zum Sonnenfleckenzyklus. 80 S. (Leipzig: Geest & Portig)
- Berner, U. & Streif, H.-J. (Hrsg, 2000): Klimafakten. Der Rückblick – Ein Schlüssel für die Zukunft. 238 S. (Stuttgart: E. Schweizerbarth)
- Brázdil, R.; Valášek, H.; Sviták, Zb. & Macková, J. (2002): History of Weather and Climate in the Czech Lands V: Instrumental Meteorological Measurements in Moravia up to the End of the Eighteenth Century. 250 S. (Brno: Masaryk University)
- Broecker, W. S. (1996): Plötzliche Klimawechsel. In: Spektrum der Wissenschaft. Dossier 5 (Klima und Energie). S. 66–72 (Heidelberg)
- Firbas, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, Bd. 1 (Allgemeine Waldgeschichte). VIII, 480 S. (Jena: Gustav Fischer)
- Frenzel, B. (1967): Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters (Die Wissenschaft, Bd. 129). XII, 296 S. (Braunschweig: Vieweg)
- Gaussen, H. (1954): Théorie et classification des climats et microclimats. In: 8eme Congrès International de Botanique, sect. 7 et 8, pp. 125–130 (Paris)
- Gaussen, H. (1955): Expression des milieux par des formules écologiques: leur représentation cartographique. In: Colloq. Internat. De Centre National de Recherche Scientifique 59, S. 257–269 (Paris)
- Glaser, R. (1991): Klimarekonstruktion für Mainfranken, Bauland und Odenwald anhand direkter und indirekter Witterungsdaten seit 1500 (Paläoklimaforschung, Bd. 5). 175 S. (Stuttgart u. New York: Gustav Fischer)

- Glaser, R. (2000): Klimageschichte Mitteleuropas. VIII, 227 S. (Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft)
- Hupfer, P. & Kuttler, W., (eds., 2005): Witterung und Klima – Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. XV, 554 S. (Stuttgart, Leipzig u. Wiesbaden: B. G. Teubner)
- Iversen, J. (1944): *Viscum, Hedera* and *Ilex* as climate indicators. In: Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar 66, S. 463–483 (Stockholm)
- Iversen, J. (1964): Plant indicators of climate, soil, and other factors during the Quaternary. In: J. Dylik (Hrsg.), Report on the Vth International Congress on Quaternary Warsaw 1961, vol. 2., S. 421–428 (Łódź: Państwowe Wydawnictwo Naukowe)
- Jaeger, H. (1981): Trends in stratigraphischer Methodik und Terminologie. In: Zeitschrift für Geologische Wissenschaften 9(3), S. 309–332 (Berlin)
- Jäger, K.-D. (2001): Zur zeitlichen Veränderlichkeit von Binnenseen mitteleuropäischer Jungmoränenlandschaften im Verlauf der letzten 10 Jahrtausende. In: S. Bussemer (Hrsg.), Das Erbe der Eiszeit (Festschrift zum 70. Geburtstag von Joachim Marcinek), S. 111–117 (Langenweißbach: Beier & Beran)
- Jäger, K.-D. (2002 a): Oscillations of the water balance during the Holocene in interior Central Europe – features, dating and consequences. In: Quaternary International 91, S. 33–37
- Jäger, K.-D. (2002 b): On the Holocene water balance in Central Europe and several historical consequences. In: G. Wefer, W. H. Berger, K.-E. Behre & Ey. Jansen (eds.): Climate Development and History of the North Atlantic Realm, S. 369–375 (Berlin, Heidelberg etc.: Springer)
- Jäger, K.-D. (2006): Klimawandel und Besiedlungsgeschichte in Mitteleuropa während der Nacheiszeit. In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät (im Druck)
- Kahlke, H.-D. (1981): Das Eiszeitalter. 192 S. (Leipzig/Jena/Berlin: Urania)
- Krutzsch, W. (1967): Der Florenwechsel im Alttertiär Mitteleuropas aufgrund von sporenpaläontologischen Untersuchungen. In: K. Schmidt, R. Daber & M. Barthel (Hrsg.), Klimaänderungen im Tertiär aus paläobotanischer Sicht (Abhandlungen des Zentralen Geologischen Instituts, 10), S. 17–37 (Berlin: ZGI)
- Kubiena, W. (1953): Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. 392 S. (Stuttgart: Ferdinand Enke)
- Kukla, J. (ed., 1969): Exkursionsführer durch die Lösslokalitäten in der Tschechoslowakei, VIII, S. 172 (Brno: Geograph. Inst. d. Tschechoslow. Ak. d. Wiss.)
- Ložek, V. (1964): Quartärmollusken der Tschechoslowakei (Rozprawy Ústředního ústavu geologického, 31). 375 S., 32 Taf., 4 Beil. (Praha: Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften)
- Mania, D. (1973): Paläoökologie, Faunenentwicklung und Stratigraphie des Eiszeitalters im mittleren Elbe-Saalegebiet auf Grund von Molluskengesellschaften (Geologie, Beiheft 78/79). 175 S. (Berlin: Akademie-Verlag)

- Mai, D. H. (1967): Die Florenzonen, der Florenwechsel und die Vorstellungen über den Klimaablauf im Jungtertiär der Deutschen Demokratischen Republik. In: K. Schmidt, R. Daber & M. Barthel (Hrsg.), *Klimaänderungen im Tertiär aus paläobotanischer Sicht* (Abhandlungen des Zentralen Geologischen Instituts, 10), S. 55–81 (Berlin: ZGI)
- Manley, G. (1974): Central England temperatures: monthly means 1659 to 1973. In: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 100, S. 389–405
- Milanković, M. (1920): *Theorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire* (Paris)
- Milanković, M. (1930): Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen. In: W. Köppen & R. Geiger (eds.), *Handbuch der Klimatologie I* (A). S. 1–176 (Berlin: Gebr. Borntraeger)
- Milanković, M. (1941): *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*. Königlich Serbische Akademie Belgrad, Special Publication N 133, 633 S. (Belgrad)
- Ogilvie, A. E. J. (1991): Climatic changes in Iceland A. D. c. 865 to 1598. In: G. F. Bigelow (Hrsg.), *The Norse of the North Atlantic* (Acta Archaeologica 61/1990), S. 233–251 (København: Munksgaard)
- Ogilvie, A. E. J. (1998): Historical accounts of weather events, sea ice and related matters in Iceland and Greenland, A. D. c. 1250 to 1430. In: *Paläoklimaforschung* 23, S. 23–43 (Stuttgart etc.: Gustav Fischer)
- Pfister, Chr. (1999): *Wetternachhersage – 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen*. 304 S. (Bern, Stuttgart u. Wien: Paul Haupt)
- Pfister, Chr.; Brázdil, R. & Glaser, R., (eds., 1999): *Climatic Variability in Sixteenth-Century Europe and Its Social Dimension* (= *Climatic Change* 43/1), 351 S. (Dordrecht, Boston u. London: Kluwer)
- Pfister, Chr.; Schwarz-Zanetti, G.; Hochstrasser, F. & Wegmann, M. (1998): The most severe winters of the fourteenth century in Central Europe compared to some analogues in the more recent past. In: *Paläoklimaforschung* 23, S. 45–61 (Stuttgart etc.: Gustav Fischer)
- Rapp, J. (2000): *Konzeption, Problematik und Ergebnisse klimatologischer Trendanalysen für Europa und Deutschland* (Berichte des Deutschen Wetterdienstes 212), 145 S. (Offenbach/Main: Deutscher Wetterdienst)
- v. Rudloff, H. (1967): *Die Schwankungen und Pendelungen des Klimas in Europa seit dem Beginn der regelmäßigen Instrumenten-Beobachtungen (1670)* [Die Wissenschaft, Bd. 122]. (Braunschweig: Vieweg)
- Schäfer, M. (1996): *Pollenanalysen an Mooren des Hohen Vogelsberges (Hessen) – Beiträge zur Vegetationsgeschichte und anthropogenen Nutzung eines Mittelgebirges* (Dissertationes Botanicae, Bd. 265). VIII, 280 S., 3 Faltteil. (Berlin u. Stuttgart: J. Cramer)
- Schwarzbach, M. (1950): *Das Klima der Vorzeit*. VIII, 211 S. (Stuttgart: Ferdinand Enke)

- Spurk, M.; Friedrich, M. et al. (1998): Revision and extension of the Hohenheim oak and pine chronologies: New evidence about the timing of the Younger Dryas/Preboreal transition. In: *Radiocarbon* 40 (3), S. 1107–1116
- Wagner, G. A. (1995): Altersbestimmung von jungen Gesteinen und Artefakten. X, 277 S. (Stuttgart: Ferdinand Enke)
- Wagner, G. A. (1998): Age Determination of Young Rocks and Artifacts. VIII, 466 S. (Berlin, Heidelberg etc.: Springer)
- Wales-Smith, G. B. (1971): Monthly and annual totals of rainfall representative of Kew., Surrey, for 1697 to 1970. In: *Meteorological Magazine* 100, S. 345–362
- Walther, H. & Lieth, H. (Hrsg. 1960 ff.): *Klimadiagramm-Weltatlas* (Jena: Gustav Fischer)
- Woldstedt, P. (1955, 1958): *Das Eiszeitalter – Grundlinien einer Geologie des Quartärs*. 2 Bde., 2. Aufl. (Stuttgart: Ferdinand Enke)