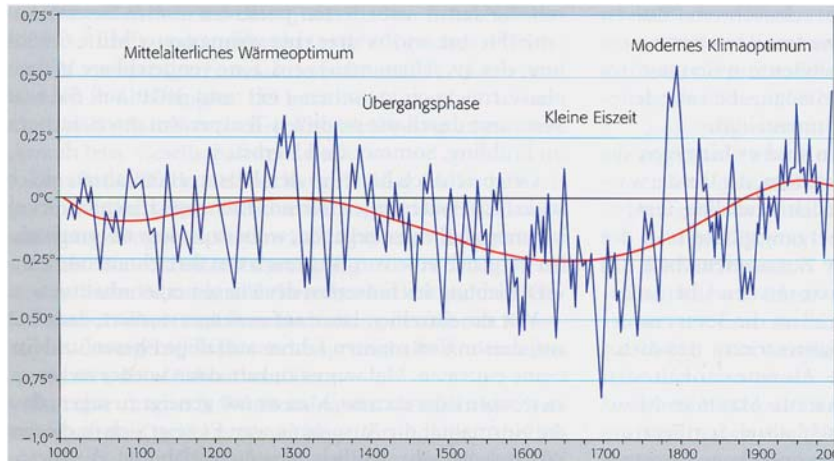


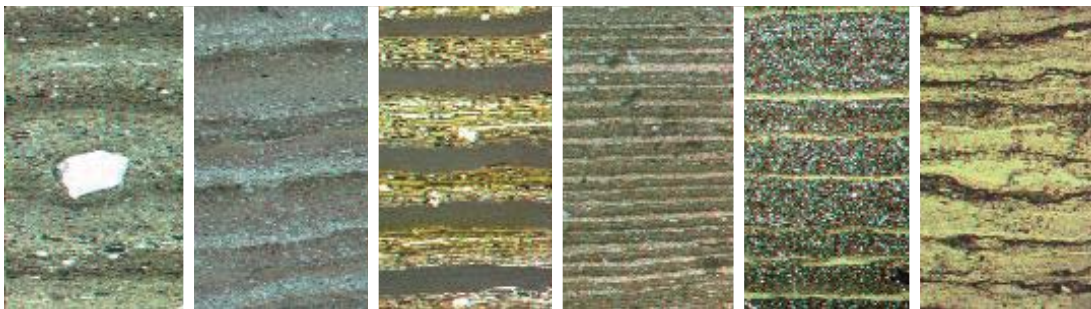
Schnelle Klimaschwankungen in klimatischen Übergangsphasen

Mehrere Forschungsprojekte kommen inzwischen unabhängig voneinander zu der Erkenntnis, dass die Übergänge von einer Kaltzeit zu einer Warmzeit sowie von einer Warmzeit in eine Kaltzeit durch schnelle Klimawechsel charakterisiert sind (1, 2, 3). Solche Schwankungen traten auch zu Beginn und zum Ende der Kleinen Eiszeit auf, und zwar vor allem in den Übergangsjahreszeiten (Bild 1, aus 4).



1 - Jahresgang von Temperatur und Niederschlag seit dem Jahr 1000 in Mitteleuropa. Die rote Kurve repräsentiert den mittelfristigen Verlauf, der aus den jährlichen Angaben über einen 31-jährigen Filter errechnet wurde (Quelle: Glaser 2001)

Für den Zeitabschnitt der Jüngeren Dryas (vor ca. 12.500 Jahren) sind bereits in Maarseen der Eifel abrupte Klimaschwankungen nachgewiesen worden. Die untersuchten Binnensee-Ablagerungen zeigten, dass dabei die atmosphärische Zirkulation in Verbindung mit der Ausbreitung von Meereis im Nordatlantik eine große Rolle gespielt hat (3). In einem See in Südwest-Norwegen fanden norwegische, schweizer und deutsche Wissenschaftler Zeugnisse für sehr schnelle Klimaänderungen am Ende der Jüngeren Dryas, d.h. vor dem Einsetzen der heutigen Warmzeit. Der Übergang von der stabilen Kaltphase verlief im Zeitraum etwa 12.150 bis 11.700 vor heute über sehr rasche Fluktuationen bis zu einem Temperatur-Schwellenwert, mit dem sich das aktuelle wärmere Klima einstellte (2).



2 - Anhand solcher geschichteter Seesedimente, so genannte Warven, können jahreszeitliche Sedimenteinträge unterschieden werden (Quelle: www.gfz-potsdam.de)

Bei der geochemischen Bestimmung von Titan im Sediment stellten die Forscher fest, dass der Eintrag dieses Elements in dem o.g. Zeitraum sehr kurzfristige Schwankungen aufwies. Sie führen das auf entsprechende Schwankungen in der Schmelzwasserbildung der Inlandgletscher zurück, die diesen See speisten. Solche starken Fluktuationen in der Gletscherschmelze wurden wahrscheinlich durch das stoßweise Vordringen des Golfstroms und den dadurch verursachten schrittweisen Rückgang der Meereisbedeckung vor Norwegen verursacht. Dieser Prozess ist eng mit einer ebenso hochfrequenten Änderung des Westwindsystems und dem damit zusammenhängenden Wärmetransport nach Europa gekoppelt (vgl. 3). Der See lag zu diesem Zeitpunkt wohl an einem sehr klimasensiblen Punkt, wo die Änderungen von Golfstrom und Meereisbedeckung stattfanden.

Ähnlich deutliche Klimaschwankungen gab es auch am Ende der letzten Warmzeit, des Eem, vor rund 115.000 Jahren (1). Der langsame Übergang von der Eem-Warmzeit zur folgenden Weichsel-Kaltzeit war in Mittel- und Osteuropa durch eine wachsende Instabilität in der Vegetationsentwicklung und wahrscheinlich durch mindestens zwei kurze Warmphasen gekennzeichnet. Deutsche und russische Klimaforscher haben dies durch die Auswertung von geochemischen und Pollenanalysen von Seesedimenten in Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Russland herausgefunden. Erkenntnisse über das Klima der Interglaziale (Warmzeiten zwischen Kaltzeiten) liefert die Analyse von Pollen und Sporen, mit denen die Vegetations- und Klimawechsel nachvollzogen werden können. Das Ende des Eem wird durch eine kurze Erwärmungsphase markiert, die den endgültigen Übergang zur Eiszeit darstellt, analysierten die Wissenschaftler.



2 - Der Tagebau Neumark-Nord im Geiseltal bei Merseburg war einer von vier inzwischen verlandeten Seen, aus deren Sedimenten das Klima in Mittel- und Osteuropa rekonstruiert wurde. Damals endete die letzte Warmzeit, auf die die so genannte Weichsel-Kaltzeit folgte, die erst vor etwa 15.000 Jahre endete (Foto: F.W. Junge/SAW, Quelle: www.ufz.de)

Das Eem war die letzte Warmzeit vor der heutigen, immer noch anhaltenden Warmzeit, dem Holozän. Sie begann vor etwa 126.000 Jahren, endete vor ca. 115.000 Jahren und ist nach dem Fluss Eem in den Niederlanden benannt. Vor etwa 21.000 Jahren, auf dem Höhepunkt der folgenden Weichsel-Kaltzeit, reichten die Gletscher bis südlich von Berlin. Diese bisher letzte Kaltzeit endete vor etwa 15.000 Jahren. Auch der Übergang von der Weichsel-Kaltzeit ins Holozän ist durch Klimaschwankungen charakterisiert, wie die o.g. Auswertungen von Seesedimenten zeigen (vgl. 2, 3, 5).

Solche Sedimente, die über lange Zeit am Boden von Gewässern abgelagert wurden, sind das beste Archiv zur Rekonstruktion der Klimageschichte. Im Laufe der Zeit verlandeten diese Seen (Bild 2). Heute dienen sie als Sand- und Kiesgruben, wie bei Bitterfeld, im Geiseltal bei Merseburg oder bei Cottbus sowie bei Ples am Oberlauf der Wolga, etwa 400 Kilometer nordöstlich von Moskau. Im ehemaligen Tagebau von Gröbern in Sachsen-Anhalt konnten nicht nur die Pollenkonzentrationen analysiert werden. Es war auch möglich, den Gehalt und die Verhältnisse stabiler Isotope von Kohlenstoff ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) und Sauerstoff ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) von Karbonaten und organischen Bestandteilen aus den unterschiedlich alten Sedimentschichten zu gewinnen. Diese erlauben Rückschlüsse auf die Entwicklung der Vegetation und des Klimas zur Zeit der Ablagerung.

Darauf weisen Arbeiten zum Einfluss von atmosphärischem Kohlendioxid (CO_2) auf die Vegetation hin (6). Wenn die Atmosphäre nur wenig CO_2 enthält, wie z.B. während einer Kaltzeit, ändert sich die Vegetation gegenüber Warmzeiten mit großem Angebot an Kohlendioxid. Wissenschaftler von der University of Bristol, UK haben diese Überlegungen in Dynamische globale Vegetationsmodelle (DGVM) integriert und festgestellt, dass dann die Klimabedingungen von Kaltzeiten sehr viel realistischer dargestellt werden. Ohne diese Information ist die errechnete Reduktion von Waldgebieten weniger als die Hälfte dessen, was aus den gefundenen Pollen zu erwarten wäre.

Rekonstruktionen der Klimageschichte aus Eis- und Sedimentbohrkernen haben gezeigt, dass Warmzeiten in der jüngeren Erdgeschichte nur etwa alle 100.000 Jahre auftraten und im Schnitt etwa 10.000 Jahre andauerten. Das Holozän dauert bereits mehr als 10.000 Jahre an und hatte seinen bisherigen Höhepunkt vor etwa 6000 Jahren. Aus klimageschichtlicher Sicht befinden wir uns heute also am Ende des Holozän. In wenigen Jahrtausenden wäre also eine Abkühlung zu erwarten.

Mehr Informationen:

- (1) www.ufz.de, Pressemitteilung vom 02.03.2010 „Waren kurze Warmphasen in vor-menschlicher Zeit typisch für den Übergang zu einer Kaltzeit? - Forscher werten Klimaschwankungen vor 115.000 Jahren aus“
Originalarbeit: Tatjana Boettger, Elena Yu. Novenko, Andrej A. Velichko, Olga K. Borisova, Konstantin V. Kremenetski, Stefan Knetsch, Frank W. Junge (2009) Instability of climate and vegetation dynamics in Central and Eastern Europe during the final stage of the Last Interglacial (Eemian, Mikulino) and Early Glaciation. Quaternary International 2007, 137-144. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2009.05.006>
- (2) www.gfz-potsdam.de, Pressemitteilung vom 15.02.2009 „Schnelle dekadische Klima-wechsel vor dem Beginn einer Warmzeit“
Originalarbeit: J. Bakke, Ø. Lie, E. Heegaard, T. Dokken, G. Haug, H. Birks, P. Dulski and T. Nielsen (2009) Rapid oceanic and atmospheric changes during the Younger Dryas cold period. Nature Geoscience, Advance Online Publikation, 15.02.2009, 18:00 London time
- (3) www.geo-aktuell.de; „Abrupte Klimaschwankungen“ 11.08.2008 (MH)
- (4) Rüdiger Glaser (2001) Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt
- (5) Der Geologische Kalender 2009, Deckblatt (hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften e.V. DGG; www.dgg.de)
- (6) EGU Journal Highlights November 2009 vom 12.11.2009 „Influence of atmospheric CO₂ on vegetation: evidence from past climates“
Originalarbeit: I.C. Prentice and S.P. Harrison (2009) Ecosystem effects of CO₂ concentration: evidence from past climates. <http://www.clim-past.net/5/297/2009/>

Monika Huch, Adelheidsdorf (12.03.2010)
www.geo-aktuell.de