



Reaktion terrestrischer Ökosysteme im östlich mediterranen Raum auf die extremen und abrupten Dansgaard-Oeschger-Ereignisse in MIS 2–4: Hochauflösende palynologische Untersuchungen und absolute Datierungen an einem neuen Kern von Tenaghi Philippon

ULRICH C. MÜLLER*), JÖRG PROSS*), ULRICH KOTTHOFF*), GERHARD SCHMIEDL**), MELANIE SIERRALTA***), KIMON CHRISTANIS****) & CHRONIS TZEDAKIS*****)

Griechenland
Dansgaard-Oeschger-Ereignis
Klimageschichte
Pollenanalyse

Inhalt

Zusammenfassung	203
Abstract	203
1. Untersuchungsgebiet	204
2. Material und Methoden	204
3. Fragestellung	204
4. Ergebnisse und Interpretation	204
Dank	205
Literatur	205

Zusammenfassung

Um die Reaktion terrestrischer Ökosysteme im östlich mediterranen Raum auf die abrupten Dansgaard-Oeschger-(D-O-)Klimaereignisse in MIS 2, MIS 3 und MIS 4 zu rekonstruieren, wurden an einem neuen Bohrkern von Tenaghi Philippon im Drama-Becken (NE-Griechenland) hochauflösende palynologische Untersuchungen und absolute ^{14}C - und $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Datierungen durchgeführt. Die Untersuchungen zeigen, dass der Mangel an Niederschlägen im östlich mediterranen Raum unter glazialen Bedingungen stärker ausgeprägt war als im Holozän. Wärmemangel war hingegen selbst unter hoch-glazialen Bedingungen kaum der limitierende Faktor. Alle D-O-Ereignisse (selbst die mit einer Dauer von unter 200 Jahren) führten im östlich mediterranen Raum kurzzeitig zu einer starken Ausbreitung der Baum- und Gehölzvegetation, was auf eine kurzzeitige Zunahme der Niederschläge schließen lässt. Der Kurvenverlauf der Baumpollen-Häufigkeit im Profil Tenaghi Philippon zeigt eine bestechende Übereinstimmung mit den grönländischen $\delta^{18}\text{O}$ -Kurven, so dass zwischen dem nordatlantischen Klimasystem und den mediterranen Subtropen eine enge Kopplung auch im Verlauf der extremen und abrupten D-O-Ereignisse anzunehmen ist.

Response of Terrestrial Ecosystems in the Eastern Mediterranean to Abrupt Dansgaard-Oeschger Events during MIS 2–4: High-Resolution Palynological Analysis and Absolute Dating at a New Core Taken from Tenaghi Philippon

Abstract

To reconstruct the response of terrestrial ecosystems in the Eastern Mediterranean to abrupt Dansgaard-Oeschger (D-O) events during MIS 2, 3, and 4, we performed high-resolution palynological analysis and absolute ^{14}C - und $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -dating at a new core taken from Tenaghi Philippon in the Drama Basin, NE Greece. The investigations show that the lack of precipitation in the eastern Mediterranean was even stronger under glacial boundary conditions than during the Holocene. Temperature was rather not the limiting factor even during full glacial conditions. All D-O events (including those with duration below 200 years) were associated with a temporary strong spread of tree taxa in the Eastern Mediterranean. This suggests a short-term increase of precipitation during D-O events. The total tree pollen record of Tenaghi Philippon shows an impressive agreement with the $\delta^{18}\text{O}$ -records known from Greenland. Therefore a strong coupling between the North Atlantic climate system and the subtropical Mediterranean is indicated for the course of extreme and abrupt D-O events.

*) ULRICH C. MÜLLER, JÖRG PROSS, ULRICH KOTTHOFF, Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Geowissenschaften, Altenhöferallee 1, D 60438 Frankfurt. ulrich.mueller@em.uni-frankfurt.de.

**) GERHARD SCHMIEDL, Universität Hamburg, Geologisch-Paläontologisches Institut, Bundesstraße 55, D 20146 Hamburg.

***) MELANIE SIERRALTA, Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben, Stilleweg 2, D 30655 Hannover.

****) KIMON CHRISTANIS, University of Patras, Department of Geology, Rio-Patras, Hellas GR 265 00, Griechenland.

*****) CHRONIS TZEDAKIS, University of Leeds, School of Geography, Earth and Biosphere Institute, LS2 9JT, UK.

1. Untersuchungsgebiet

Tenaghi Philippon (41°10'N, 24°20'E, 40 m NN) liegt im Drama-Becken 20 km westlich der Stadt Kavala in der griechischen Region Makedonien. Das Ost–West-verlaufende intra-montane Becken misst ca. 50 km Länge und 10 km Breite und wird von den griechischen Rhodopen umfasst: im Süden vom Pangaion-Gebirge (bis zu 1956 m NN), im Osten vom Lakani-Gebirge (bis 1300 m NN) und im Norden vom Falakro-Gebirge (bis zu 2231 m NN). Es entwässert durch ein sich westlich anschließendes Becken über den Strimon östlich von Chalkidiki in die nördliche Ägäis. Das Untersuchungsgebiet liegt heute alternierend zwischen dem winterlichen Einfluss der niederschlagsreichen Westwinddrift und dem sommerlichen Einfluss der Etesien als Teil der trockenen Monsunwinde. Die an sommerliche Trockenheit angepasste Hartlaubvegetation wird dadurch begünstigt.

Das tektonisch absinkende Drama-Becken birgt eine über 200 m mächtige Quartärabfolge aus Niedermoortorfen, Torfmudden und Mudden, wie aufgrund von Bohrungen aus den 60er Jahren bekannt wurde. Die an diesen Bohrkernen durchgeführten pollenanalytischen Untersuchungen (WIJMSTRA, 1969; WIJMSTRA & SMIT, 1976; VAN DER WEIL & WIJMSTRA, 1987a, 1987b) zeigen eine kontinuierliche Abfolge der Interglazial/Glazial-Zyklen der letzten 980 ka (MOMMERSTEEG et al., 1995). Paläomagnetische Untersuchungen belegten die Umkehr zwischen der Brunhes- und der Matuyama-Epoche bei einer Teufe von 134 m (MOMMERSTEEG et al., 1995). Die in der Region häufig auftretenden Aschelagen wurden damals leider nicht bearbeitet. Nach einer erneuten Evaluation der alten palynologischen Daten reicht das kontinuierliche Archiv sogar bis 1300 ka zurück (TZEDAKIS et al., 2006). Demzufolge birgt das Drama-Becken ein für das terrestrische Europa einzigartiges Quartär-Archiv.

Die vor 40 Jahren durchgeführten Arbeiten beschränkten sich jedoch auf pollenanalytische Untersuchungen mit einer für heutige Begriffe zu geringen Auflösung (Probenabstand: 20 cm im überwiegenden Teil, 10 cm in den oberen 20 m). Durch eine erneute Forschungsbohrung bot sich die Möglichkeit, an diesem einzigartigen Archiv aktuelle Fragestellungen, wie z.B. die Auswirkung kurzfristiger Klimaänderungen auf terrestrische Ökosysteme mit entsprechend hoher zeitlicher Auflösung und absoluten Datierungen zu untersuchen.

2. Material und Methoden

Die von der Wilhelm-Schuler-Stiftung (Tübingen), von den Berufungsmitteln PROSS (Frankfurt) und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierte und in 2005 von der Fa. Stölben (Zell a. d. Mosel) niedergebrachte Forschungsbohrung erbrachte einen 60-m-Bohrkern von ausgezeichneter Qualität (Kerngewinn über 98%). Diese Qualität war nur durch den Einsatz von Rammkernverfahren möglich, während hingegen die zunächst eingesetzten drehenden Verfahren kein befriedigendes Ergebnis erzielten.

Nach ersten palynostratigraphischen und lithologischen Untersuchungen sowie absoluten Datierungen umfasst der neue Tenaghi-Philippon-Kern eine lückenlose Abfolge der letzten 280 ka (MIS 1 bis 8) mit 10 Tephra-Lagen. Die Untersuchungen an diesem Archiv werden von den Arbeitsgruppen PROSS (Frankfurt), CHRISTANIS (Patras) und TZEDAKIS (Leeds) in Kooperation mit den AGs FRECHEN (Hannover), GROOTES (Kiel) und WULF (Austin, Texas) durchgeführt.

Im Beitrag zur DEUQUA 2008 werden die hochauflösenden palynologischen Untersuchungen und die Ergebnisse der absoluten ¹⁴C- und ²³⁰Th/U-Datierungen für das Inter-

vall von 7 bis 70 ka BP (entspricht 4-19 m unter GOK) präsentiert. Das Intervall 70 bis 130 ka BP wird derzeit von der AG TZEDAKIS bearbeitet. Im Intervall 7 bis 70 ka BP wurden 450 Pollenproben mit einer durchschnittlichen Zählsumme von 452 Pollenkörnern pro Probe (Min.: 302, Max.: 789) und einem Probenabstand von 1,3 bis 5 cm (durchschnittlicher Probenabstand 3,33 cm) untersucht. Dies entspricht einer zeitlichen Auflösung von durchschnittlich 140 Jahren.

Die bisher erzielten Ergebnisse der AG FRECHEN belegen, dass die Niedermoortorfe von Tenaghi Philippon für ²³⁰Th/U-Datierungen geeignet sind, wodurch eine absolute Zeitkontrolle auch jenseits der Radiokohlenstoff-Methode möglich ist.

3. Fragestellung

Im vorliegenden Beitrag wird der Frage nachgegangen, wie terrestrische Ökosysteme im östlich mediterranen Raum auf die extremen und abrupten Dansgaard-Oeschger-(D-O-)Ereignisse in MIS 2 bis 4 reagieren. Die Untersuchungen wurden gezielt am neuen Tenaghi-Philippon-Kern durchgeführt, da dieser ein kontinuierliches Sedi-mentarchiv des fraglichen Intervalls bietet. Zudem liegt das Untersuchungsgebiet innerhalb oder nahe glazialer Vegetationsrefugien (GLIEMEROTH, 1999; TZEDAKIS et al., 2002). Dies hat den Vorteil, dass die Vegetation ohne zeitliche Verzögerung durch Migration auf abrupte klimatische Erwärmungen, wie sie bei den D-O-Ereignissen die Regel sind, reagieren kann. Im Gegensatz dazu kann die Vegetationsdynamik in Mitteleuropa nur die D-O-Ereignisse widerspiegeln, die für eine Einwanderung um die alpine Gebirgsbarriere hinreichend lange Dauer besitzen (MÜLLER et al., 2003).

4. Ergebnisse und Interpretation

Im DEUQUA-Tagungsbeitrag 2008 werden die am neuen Tenaghi-Philippon-Kern für das Intervall von 7 bis 70 ka BP durchgeführten hochauflösenden palynologischen Untersuchungen in Kombination mit den Ergebnissen der absoluten ¹⁴C-, ²³⁰Th/U-Datierungen präsentiert. Diese Daten lassen durch die starke Dominanz der Stepenelemente *Artemisia*, *Chenopodiaceae* und *Gramineae* erkennen, dass der Mangel an Niederschlägen im östlich mediterranen Raum unter glazialen Rahmenbedingungen noch stärker ausgeprägt war als im Holozän. Das geringfügige, doch regelmäßige Auftreten wärmeliebender Baumarten (z.B. verschiedene *Quercus*-Arten, *Ostrya*, *Corylus*, *Ulmus*, *Tilia* und *Fagus*) lässt hingegen erkennen, dass Wärmemangel im östlich mediterranen Raum selbst unter hoch-glazialen Bedingungen kaum der limitierende Faktor war. Dieser palynologische Befund deutet auf eine im Vergleich zum Holozän stark verkürzte Regenzeit im Vorfrühjahr hin. Offenbar erreichte der winterliche Einfluss der feuchten Westwindzone den östlich mediterranen Raum unter glazialen Rahmenbedingungen wesentlich kürzer und/oder weniger stark als im Holozän. Für die hoch-glazialen Phasen in MIS 2 und 4 könnte dies durch die geringe Obliquität und die daraus resultierende geringe Saisonalität erklärt werden. In Phasen geringer Obliquität müsste die jahreszeitliche Nord-Süd-Verlagerung der Westwinddrift um einige Breitengrade eingeengt werden, so dass sie den östlich mediterranen Raum im N-Winter kaum noch erreicht.

Die am neuen Tenaghi-Philippon-Kern durchgeführten Untersuchungen lassen jedoch auch erkennen, dass im untersuchten Intervall sämtliche D-O-Ereignisse, d.h. die Ereignisse # 1 bis # 19, durch ein Signal mit hoher Amplitude zum Ausdruck kamen. Alle D-O-Ereignisse führen im östlich mediterranen Raum zu einer starken Ausbreitung

der Baum- und Gehölzvegetation einschließlich verschiedener *Quercus*-Arten, *Ulmus*, *Tilia* und *Corylus*. Selbst D-O-Ereignisse mit einer Dauer von unter 200 Jahren, wie z.B. die Ereignisse mit der #2, 3, 4 oder 18, führten im östlich mediterranen Raum zur starken Ausbreitung der Baum- und Gehölzvegetation. Dies belegt, dass aufgrund der Lage von Tenaghi Philippon in den glazialen Refugien die Reaktion der Vegetation auf abrupte klimatische Ereignisse ohne Verzögerung durch Migration stattfindet.

Die D-O-Ereignisse mit der #8, 12 und 14 traten in ihrer Intensität hinsichtlich der Ausbreitung feuchte- und wärme liebender Baum- und Gehölzvegetation besonders hervor. Der palynologische Befund lässt für alle D-O-Ereignisse eine abrupte und kurzzeitige Zunahme der Niederschläge erkennen. Diese Zunahme hängt wahrscheinlich mit einem während der D-O-Ereignisse kurzzeitig verstärkten winterlichen Einfluss der Westwinddrift auf den östlich mediterranen Raum zusammen. Die zwischengeschalteten Stadiale wurden wiederum von einer an sehr trockene Bedingungen angepassten Steppenvegetation dominiert, in der mitunter erste Halbwüstenvertreter erkennbar sind.

Der Kurvenverlauf der Baumpollen-Häufigkeit im Profil Tenaghi Philippon zeigt eine bestechende Übereinstimmung mit den grönländischen $\delta^{18}\text{O}$ -Kurven, so dass zwischen dem nordatlantischen Klimasystem und den mediterranen Subtropen eine enge Kopplung auch im Verlauf der extremen und abrupten D-O-Ereignisse anzunehmen ist. Demnach hatten die für die Erklärung der grönländischen D-O-Ereignisse herangezogenen abrupten Reorganisationen der thermohalinen Zirkulation im Nord-Atlantik (vgl. BROECKER, 1997; RAHMSTORF, 2002; ALLEY et al., 2003) auch direkte Auswirkungen auf den Feuchtigkeitshaushalt im östlich mediterranen Raum.

Dank

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (PR 651/3-2) und der Wilhelm-Schuler-Stiftung (Tübingen) für die Förderung der Forschungsbohrung und der Bearbeitung des neuen Kerns Tenaghi Philippon.

Literatur

- ALLEY, R.B., MAROTZKE, J., NORDHAUS, W.D., OVERPECK, J.T., PETEET, D.M., PIELKE, R.A.JR., PIERREHUMBERT, R.T., RHINES, P.B., STOCKER, T.F., TALLEY, L.D. & WALLACE, J.M.: Abrupt climate change. – *Science*, **299**, 2005–2010, 2003.
- BROECKER, W.S.: Thermohaline circulation, the achilles heel of our climate system: will man-made CO₂ upset the current balance? – *Science*, **278**, 1582–1588, 1997.
- GLIEMEROTH, A.K.: Der weite Weg der europäischen Waldbäume. – *Biologie in unserer Zeit*, **29**, 12–17, 1999.
- MOMMERSTEEG, H.J.P.M., LOUTRE, M.F., YOUNG, R., WIJMSTRA, T.A. & HOOGHIEMSTRA, H.: Orbital forced frequencies in the 975 000 year pollen record from Tenaghi Philippon (Greece). – *Climate Dynamics*, **11**, 4–24, 1995.
- MÜLLER, U.C., PROSS, J. & BIBUS, E.: Vegetation response to rapid climate change in Central Europe during the past 140,000 yr based on evidence from the Füramoos pollen record. – *Quaternary Research*, **59**, 235–245, 2003.
- RAHMSTORF, S.: Ocean circulation and climate during the past 120,000 years. – *Nature*, **419**, 207–214, 2002.
- TZEDAKIS, P.C., LAWSON, I.T., FROGLEY, M.R., HEWITT, G.M. & PREECE, R.C.: Buffered tree population changes in a Quaternary refugium: Evolutionary implications. – *Science*, **297**, 2044–2047, 2002.
- TZEDAKIS, P.C., HOOGHIEMSTRA, H. & PÄLIKE, H.: The last 1.35 million years at Tenaghi Philippon: revised chronostratigraphy and long-term vegetation trends. – *Quaternary Science Reviews*, **25**, 3416–3430, 2006.
- VAN DER WIEL, A.M. & WIJMSTRA, T.A.: Palynology of the 112.8–197.8 m interval of the core Tenaghi Philippon III, middle Pleistocene of Macedonia. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **52**, 89–117, 1987a.
- VAN DER WIEL, A.M. & WIJMSTRA, T.A.: Palynology of the lower part (78–120 m) of the core Tenaghi Philippon II, middle Pleistocene of Macedonia, Greece. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, **52**, 73–88, 1987b.
- WIJMSTRA, T.A. & SMIT, A.: Palynology of the middle part (30–78 metres) of the 120 m deep section in northern Greece (Macedonia). – *Acta Botanica Neerl.*, **25**, 297–312, 1976.
- WIJMSTRA, T.A.: Palynology of the first 30 metres of a 120 m deep section in northern Greece. – *Acta Botanica Neerl.*, **18**, 511–527, 1969.