UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386

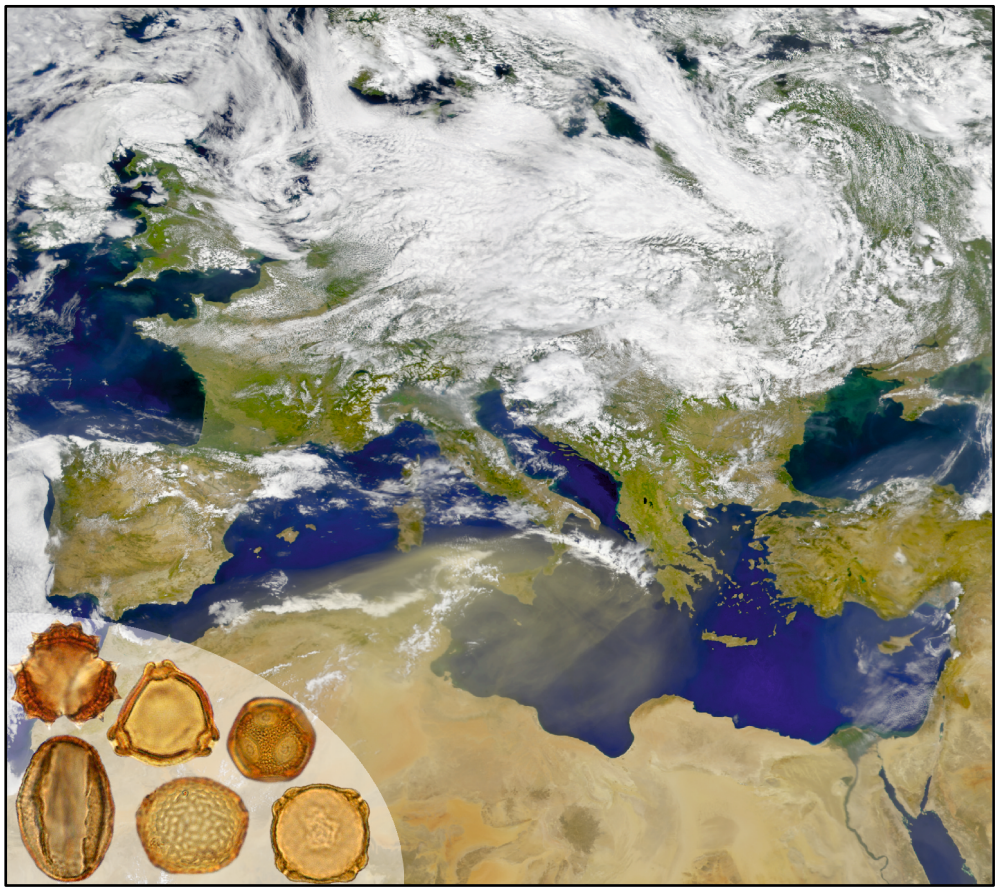
INSTITUT FÜR
GEOWISSENSCHAFTEN
GEOW

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Naturwissenschaftlich-Mathematischen Gesamtfakultät
der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Tobias Fischer

Klima- und Vegetationsdynamik während des Marinen Isotopenstadiums 19 in Tenaghi Philippon (nordöstliches Griechenland)



– 2018 –



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386

INSTITUT FÜR
GEOWISSENSCHAFTEN

GEOW

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Naturwissenschaftlich-Mathematischen Gesamtfakultät
der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Klima- und Vegetationsdynamik während des Marinen Isotopenstadiums 19 in Tenaghi Philippon (nordöstliches Griechenland)

Climate and vegetation dynamics during Marine Isotope Stage 19 in Tenaghi Philippon (Northeastern Greece)

vorgelegt von
M. Sc. Tobias Fischer
aus Münster

Erstgutachter: Prof. Dr. Jörg Pross
Zweitgutachter: Prof. Dr. Oliver Friedrich
Tag der Disputation: 08. Juni 2018

„Many aspects of climate change and associated impacts will continue for centuries, even if anthropogenic emissions of greenhouse gases are stopped. The risks of abrupt or irreversible changes increase as the magnitude of the warming increases.“

IPCC, 2014. Climate Change 2014. Synthesis Report. Summary for Policymakers.

Titelbild: Satellitenaufnahme Europas, Nordafrikas und des Mittelmeerraums während eines Sandsturmereignisses am 18.07.2000 (Quelle: NASA). Die abgebildeten Pollen wurden im untersuchten Intervall dieser Arbeit im TP-2009-Kern von Tenaghi Philippon identifiziert.

This manuscript is produced only for the purpose of examination as a doctoral dissertation and is not intended as a permanent scientific record. Presented data should therefore only be cited with the author's explicit written approval.

Kurzfassung

Seit der Intensivierung der Glazial-Interglazial-Zyklizität ab dem späten Pliozän reagierte das Klimasystem sehr sensibel auf Veränderungen in der Atmo-, Kryo- und Ozeanosphäre. Diese führten nicht nur zu ausgeprägten Klimaschwankungen über orbitalskalige Zeitintervalle, sondern resultierten auch in massiver kurzfristiger (d.h. jahrhundert- bis jahrtausendskaliger) Klimavariabilität. In Anbetracht des erheblichen Einflusses des Menschen auf das Klimasystem ist ein Verständnis dieser kurzzeitigen Klimavariabilität dringend erforderlich.

Zeitlich hochauflösende Analysen des 1,35 Myr umfassenden Klima- und Vegetationsarchivs von Tenaghi Philippon (NE-Griechenland, NE Mittelmeerraum) können einen wichtigen Beitrag zu einem verbesserten Verständnis kurzzeitiger Klimavariabilität leisten. Das Marine Isotopenstadium 19 (MIS 19; 790–761 ka) ist hierbei von besonderem Interesse, da es als bestes orbitales Analogon des heutigen Holozän-Interglazials gilt. Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Pollen- und Röntgenpulverdiffraktometrieanalysen des MIS-19-Interglazials von Tenaghi Philippon dokumentieren eine massive kurzzeitige Klimavariabilität. Die zeitliche Einordnung der Vegetationsveränderungen wurde durch magnetostratigraphische Methoden ermöglicht. Klimawechsel hin zu einem kalttrockenen Klima während zum Teil vollinterglazialer Bedingungen führten fünf Mal zu einer Kontraktion temperater Wälder und der Ausbreitung von Kältesteppen innerhalb weniger Jahrzehnte bis Jahrhunderte. Die Erholung der Wälder mit der Rückkehr warmgemäßigter Bedingungen erfolgte ähnlich abrupt.

Ein Vergleich der Klima- und Vegetationsdynamik von Tenaghi Philippon mit Klimaveränderungen im Nordatlantik zeigt, dass die insolationsgetriebenen Temperatur- und Eisschild-Veränderungen der hohen nördlichen Breiten und des Nordatlantiks sowie Verschiebungen der Innertropischen Konvergenzzone die Klimavariabilität im nordöstlichen Mittelmeerraum steuerten. Die genannten Faktoren beeinflussten über die Klimasysteme des Nordatlantiks und der hohen nördlichen Breiten indirekt die Vegetation in Tenaghi Philippon. Bei einer starken „*bipolar seesaw*“ im Atlantik gelangten warmfeuchte Luftmassen über die Westwinde in den Mittelmeerraum und führten zu warmgemäßigten Phasen in Tenaghi Philippon. Demgegenüber sind „*ice-rafted debris events*“ im Nordatlantik synchron mit kalttrockenen Events in Tenaghi Philippon, da südliche Ausbrüche des Sibirienhochs gleichzeitig kalttrockene Luftmassen in die Mittelmeerregion leiteten. Eine Ausnahme repräsentiert das kalttrockene Event CDE-19/1, das als massives intra-interglaziales Event in Tenaghi Philippon während des MIS-19c-Interglazials nur ein schwach ausgeprägtes Analogon im Nordatlantik und im Mittelmeerraum besitzt. Die abnehmende boreale Sommerinsolation führte in diesem Zeitintervall zur Ausdehnung des Meereises und des Polarwirbels der hohen nördlichen Breiten. Während der Nordatlantik und der westliche Mittelmeerraum jedoch nur eine geringfügige Abkühlung verzeichneten, führten intensive Ausbrüche des Sibirienhochs zu kälteren und trockeneren Bedingungen in Tenaghi Philippon.

In einer Gegenüberstellung der Pollendaten von MIS 19 und dem Holozän von Tenaghi Philippon wird deutlich, dass sich im derzeitigen Interglazial temperate Wälder deutlich stärker ausdehnten als während MIS 19. Dies spricht für lokal warmgemäßigtere Bedingungen und somit eine stärkere Intensität des Holozäns gegenüber MIS 19. Zudem unterscheidet sich das heutige Interglazial von MIS 19 durch das Fehlen von Analoga zum intra-interglazialen kalttrockenen Events CDE-19/1 während MIS 19c und zum kalttrockenen Event CDE-19/2, wie es das Ende von MIS 19c in Tenaghi Philippon markiert.

Hätte das Holozän ein weniger warmgemäßigteres Klima ähnlich dem des MIS-19c-Interglazials charakterisiert, dann wäre bei einer Übereinanderlegung der Präzessions-Kurvenverläufe beider Zeitintervalle ein Äquivalent zum kalttrockenen Event CDE-19/2 vor ca. 1.600 Jahren eingetreten. Eine Ursache für das im Holozän humidere Klima und die deutlich schwächere kurzzeitige Klimavariabilität könnten die im Vergleich zu MIS 19 deutlich kleineren nördlichen Eisschilde des heutigen Interglazials sein, die möglicherweise aufgrund von Veränderungen in der Glazial-Interglazial-Zyklizität im Zuge der Mittelpleistozänen Übergangsphase und dem *„Mid-Brunhes Event“* nicht die Größe des älteren Analogons erreichten. Abgesehen von den kleineren Eisschilden verhinderte auch die spätholozän ansteigende atmosphärische CO_2-Konzentration das Kippen des Klimasystems und das Eintreten abrupter Klimavariabilität.

Abstract

Since the intensification of the glacial-interglacial cyclicity since the late Pliocene, the Earth's climate system has responded extremely sensitively to changes in the atmo-, cryo- and oceanosphere. These changes have resulted not only in long-term, orbital-scale climate change, but also in centennial- to millennial-scale climate variability. In light of the massive anthropogenic influence on the present-day climate system, a mechanistic understanding of this short-term climate variability is required.

High-resolution analysis of the 1.35-Myr-long climate and vegetation archive of Tenaghi Philippon (NE Greece, NE Mediterranean region) can contribute to an improved understanding of abrupt climate variability. In this context, Marine Isotope Stage 19 (MIS 19; 790–761 ka) is of particular interest because it represents the closest orbital analogue for the present Holocene interglacial. Pollen and X-ray powder diffraction analysis of the interval corresponding to MIS 19 in drill cores from Tenaghi Philippon document massive short-term climate variability. A chronological framework for the reconstruction of these changes has been generated through magnetostratigraphic methods. Repeated decadal- to centennial-scale change from a warm humid to a cold, dry climate that occurred partially during full interglacial conditions resulted in five temperate forest contractions and expansions of cold steppe vegetation. The recovery of the forest vegetation after this events occurred on similarly short time scales.

Comparison of the vegetation and climate dynamics at Tenaghi Philippon with climate change in the North Atlantic shows a strong coupling of both regions. Climate variability in the northeastern Mediterranean region as documented in Tenaghi Philippon was connected to summer insolation, temperature and ice-sheet changes in the high northern latitudes and in the North Atlantic, and to shifts in the Intertropical Convergence Zone. The former factors indirectly influenced the vegetation and climate at Tenaghi Philippon via the climate systems of the North Atlantic and the high northern latitudes. During times of a strong Atlantic bipolar seesaw, warm and moist westerly winds reached the Mediterranean region, giving rise to warm and humid conditions at Tenaghi Philippon. In contrast, ice-rafting events in the North Atlantic occurred simultaneously with cold dry events in Tenaghi Philippon; the latter are connected to southward outbreaks of polar air masses from the Siberian High. One exception from this pattern is the cold dry event CDE-19/1. Despite its strong expression as an intra-interglacial event during MIS 19c at Tenaghi Philippon, it is only a weakly expressed in the North Atlantic and Mediterranean regions. The trigger for this event was likely a reduction in boreal summer insolation that resulted in the expansion of sea ice and the polar vortex in the high northern latitudes. While the North Atlantic and the Western Mediterranean experienced only a slight cooling, intense outbreaks from the Siberian High caused severe cold and dry conditions in Tenaghi Philippon at that time.

When comparing the vegetation records for MIS 19 and the Holocene at Tenaghi Philippon, it becomes clear that temperate forests have dominated the vegetation during the present interglacial more strongly than during MIS 19; this indicates locally warmer and more humid interglacial conditions for the Holocene compared to MIS 19. In addition, the present interglacial differs from MIS 19 through the absence of analogues for the intra-interglacial cold dry event CDE-19/1 during MIS 19c and the cold dry event CDE-19/2 that marked the end of the MIS 19c interglacial. If the Holocene had been characterized by a less warm and less humid climate similar to that prevailing during MIS 19c and the same trend in orbital precession, a cold dry event analogous to CDE-19/2 should have occurred c. 1,600 years ago. A potential reason for the warmer, more humid climate and the much

weaker abrupt climate variability during the Holocene than during MIS 19c could be the much smaller ice sheets. The Holocene ice sheets of the Northern hemisphere may not have reached the size of its older equivalent because of changes in the glacial-interglacial cyclicity during the Mid-Pleistocene Transition and the Mid-Brunhes Event. In addition to the smaller ice sheets, increasing atmospheric CO_2 concentrations during the Late Holocene may have further prevented the Holocene climate system from crossing a threshold and inhibited abrupt climate variability.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Fragestellung 11
1.1 *Ziel der Arbeit* 11
1.2 *Stand der Forschung* 12
1.2.1 Variationen in den orbitalen Parametern der Erde 13
1.2.2 Glazial-Interglazial-Zyklen der vergangenen 800 kyr 14
1.2.2.1 *Entstehung der Glazial-Interglazial-Zyklizität und Veränderungen in ihrem Rhythmus* 14
1.2.2.2 *Charakteristika der Glaziale und Interglaziale der vergangenen 800 kyr* 16
1.2.3 Marines Isotopenstadium (MIS) 19 16
1.2.3.1 *Charakteristika von MIS 19* 16
1.2.3.2 *Kurzzeitige Klimavariabilität und Klimaevents während MIS 19* 20
1.2.3.3 *MIS 19 als potenzielles Klimaanalogon für das Holozän* 21
1.2.4 Klimasituation im Mittelmeerraum 25

2 Untersuchungsgebiet: Das Becken von Tenaghi Philippon 26
2.1 *Lage* 27
2.2 *Bildung des Archivs* 28
2.3 *Lokales Klima* 29
2.4 *Heutige Vegetation* 29
2.5 *Forschungsgeschichte* 30
2.5.1 Pionierarbeit zur Rekonstruktion langzeitlicher Vegetationsdynamik 30
2.5.2 Neue Bohrungen für hochauflösende Pollenanalysen 32

3 Material und Methoden 33
3.1 *Kerngewinn und Lithologie* 35
3.2 *Röntgenpulverdiffraktometrie* 35
3.2.1 Aufbereitung und Messung der XRD-Proben 35
3.2.2 Auswertung der XRD-Messungen 36
3.3 *Kryptotephrochronologie und Bestimmung des Glühverlusts* 36
3.3.1 Kryptotephra-Probenaufbereitung und Bestimmung des Glühverlusts 36
3.4 *Magnetostratigraphie* 39
3.4.1 Probennahme und Messung der Paläomagnetikproben 39
3.4.2 Auswertung der paläomagnetischen Messungen 40
3.5 *Palynologie* 42
3.5.1 Aufbereitung der palynologischen Proben 42
3.5.2 Auswertung der palynologischen Proben 44
3.6 *Identifikation von Klimazyklen* 46

4 Ergebnisse 47
4.1 *Lithofazies* 47
4.1.1 Sedimenttypen 47
4.1.2 Wassergehalt und Glühverlust 47
4.1.3 Röntgenpulverdiffraktometrie 48
4.2 *Kryptotephrochronologie* 50
4.3 *Magnetostratigraphie* 51
4.4 *Palynologie* 54
4.4.1 Vegetationsdynamik 54
4.4.1.1 *Biostratigraphische Korrelation mit dem TF III-Kern* 54
4.4.1.2 *Pollenzone 38 (128,50–127,30 m)* 55
4.4.1.3 *Pollenzone 37 (127,30–123,92 m)* 58

4.4.1.4 *Pollenzone 36 (123,92–120,96 m)* 60
4.4.1.5 *Pollenzone 35 (120,96–118,16 m)* 63

5 Klima- und Vegetationsdynamik des MIS-19-Interglazials in Tenaghi Philippon 63
5.1 *Chronologie des Tiefenintervalls 130–115 m des TP-2009-Kerns* 63
5.1.1 Fehlen von Tephragläsern 64
5.1.2 Lage der Matuyama/Brunhes-Umkehr 65
5.1.3 Altersmodell 66
5.1.3.1 *Identifikation eines geeigneten Archivs zur Entwicklung des Altersmodells* .. 66
5.1.3.2 *Korrelation von TP-2009 und ODP Sites 967/968* 68
5.1.3.3 *Sedimentationsrate* 70
5.2 *Vegetationsdynamik* 71
5.2.1 Interpretation von Pollendaten 71
5.2.1.1 *AP/NAP-Verhältnis* 71
5.2.1.2 *Pollenkonzentrationen* 72
5.2.1.3 *Index der Waldzusammensetzung I_{AC}* 72
5.2.1.4 *Index der Aridität I_{AR}* 73
5.2.1.5 *Rate der Waldveränderung $ROFC_{Age}$* 74
5.2.1.6 *Index der lokalen Wassertiefe I_{WD}* 74
5.2.2 Langzeitige Vegetationsdynamik in Tenaghi Philippon 75
5.2.2.1 *Übergang von glazialen Bedingungen während MIS 20 zum MIS-19c-Interglazial* 77
5.2.2.2 *Baumpollen-dominierte warmgemäßigte Phasen und kalttrockene Events während MIS 19* 79
5.2.2.3 *Stadiale und -Interstadiale während MIS 18* 80
5.2.3 Abrupte Klimaevents und intra-interglaziale Klimavariabilität 81
5.2.3.1 *Intra-interglaziales kalttrockenes Event CDE-19/1* 82
5.2.3.2 *Kalttrockenes Event CDE-19/2 und Ende des eu-mediterranen Vegetationsstadiums* 83
5.2.3.3 *Kalttrockenes Event CDE-19/3 während MIS 19b* 85
5.2.3.4 *Kalttrockenes Event CDE-19/4 und Übergang zum MIS-18-Glazial* 85
5.2.3.5 *Kalttrockenes Event CDE-18/1 (MIS 18c)* 85
5.2.4 Umweltdynamik telmatischer und lakustriner Milieus 87
5.2.4.1 *Milieutypen im Philippi-Becken während MIS 20c bis 18a* 87
5.2.4.2 *Klimatische Rückschlüsse aus der Mineralzusammensetzung* 87
5.2.4.3 *Telmatische Bedingungen im Philippi-Becken während MIS 20c bis 18a* 89
5.2.4.4 *Lakustrine Bedingungen im TP-2009-Kern während MIS 19b und 18e* 92
5.3 *Zyklische Klimaschwankungen in Tenaghi Philippon* 94
5.4 *Umweltveränderungen in Tenaghi Philippon im überregionalen Kontext* 96
5.4.1 Prä-interglaziale Erwärmung in Tenaghi Philippon 97
5.4.2 Klimaveränderungen während des MIS-19c-Interglazials in Tenaghi Philippon 101
5.4.2.1 *Warmgemäßigte Phase WHP-19/1 und interglaziales Maximum in Tenaghi Philippon* 101
5.4.2.2 *Intra-interglaziales kalttrockenes Event CDE-19/1 in Tenaghi Philippon* 103
5.4.2.3 *Abgeschwächte warmgemäßigte Bedingungen in Tenaghi Philippon (WHP-19/2)* 104
5.4.3 Kurzzeitige Klimavariabilität nach MIS 19c 105
5.4.3.1 *Kalttrockenes Event CDE-19/2 in Tenaghi Philippon* 105
5.4.3.2 *Ursache der Rückkehr zu warmen Bedingungen und des hohen lokalen Wasserspiegels in Tenaghi Philippon (WHP-19/3)* 106
5.4.3.3 *Übergang zu glazialen Bedingungen ab dem kalttrockenen Event CDE-19/3 in Tenaghi Philippon* 107
5.4.3.4 *Feuchtkaltes Klima in Tenaghi Philippon zum Ende von MIS 19a* 108

5.4.3.5 *Kalttrockene Bedingungen und Ursache des hohen lokalen Wasserspiegels im MIS-18e-Stadial von Tenaghi Philippon* 109
5.4.3.6 *Interstadiale von MIS 18 und das kalttrockene Event CDE-18/1 in Tenaghi Philippon* 109
5.5 *Vergleich von MIS 19 mit dem Holozän in Tenaghi Philippon* 110
5.5.1 Vergleich der Vegetationsdynamik zwischen MIS 19 und 1 in Tenaghi Philippon 112
5.5.2 Ursache der vegetationsdynamischen Unterschiede zwischen MIS 19 und 1 in Tenaghi Philippon 113
5.5.2.1 *Auswirkungen der unterschiedlichen Eisschildgröße und atmosphärischen CO_2-Konzentration beider Interglaziale auf den Einfluss der Klimasysteme in Tenaghi Philippon* 114
5.5.2.2 *Stufenweise Zunahme in der Interglazialintensität von Tenaghi Philippon über die vergangenen 800 kyr* 115

6 Zusammenfassung 116

7 Literaturverzeichnis 118

8 Danksagung 137

9 Appendix 139
9.1 *Abkürzungen* 139
9.2 *Röntgenpulverdiffraktometrie* 141
9.3 *Kryptotephrochronologie* 148
9.4 *Magnetostratigraphie* 153
9.5 *Palynologische Analyse* 185
9.6 *Fossilium Catalogus Palynomorphae* 185

Eidesstattliche Versicherung 239

1 Einleitung und Fragestellung

1.1 Ziel der Arbeit

Kurzzeitige, „abrupte“ Klimavariabilität (jahrzehnte- bis jahrhundertelanger Klimawandel, Alley et al. 2003) wirkte sich mit drastischen Konsequenzen auf das Klima im Glazial-Interglazial-System der vergangenen 3,4 Ma aus (Weirauch et al. 2008, Barker et al. 2011, Naafs et al. 2013). Derartige abrupte Events hängen mit einer Abschwächung der Atlantischen Meridionalen Umwälzzirkulation („*Atlantic Meridional Overturning Circulation“*, AMOC) zusammen und führten zu Abkühlungsphasen auf der Nordhemisphäre (Broecker et al. 1992, Alley & Ágústsdóttir 2005). Ferner trugen sie wahrscheinlich zu jeder glazialen Termination der vergangenen 800 ka bei (Sima et al. 2004, Tzedakis et al. 2004b, Broecker et al. 2010).

Heute ist der anthropogene Einfluss auf klimarelevante Prozesse deutlich ausgeprägt (IPCC 2013, 2014). So hat sich die atmosphärische Konzentration des Treibhausgases CO_2 seit der industriellen Revolution (1845 AD) um den Faktor 1,5 erhöht (408,35 ppm, Stand: Februar 2018; McGee 2018); ein Novum in der jüngeren Erdgeschichte. Vor dem Hintergrund der abrupten Klimavariabilität ist jedoch noch unklar, inwiefern der massive anthropogene Einfluss das Klimasystem an einen Schwellenwert führt, zum Kippen bringt und abrupte Klimaevents auslöst (Alley et al. 2003, Oldfield 2005). Um zukünftige kurzzeitige Klimaveränderungen und damit verbundene Risiken für die Menschheit frühzeitig zu erkennen, ist ein verbessertes Verständnis kurzzeitiger Klimavariabilität erforderlich.

Die beste Möglichkeit hierfür ist ein Vergleich des derzeitigen Interglazials, des Holozäns (Marines Isotopenstadium 1, 11,7–0 ka, Pillans & Gibbard 2012), mit vergangenen Intervallen der jüngeren Erdgeschichte, für die mit dem Holozän vergleichbare Klimaverhältnisse angenommen werden können. Aufgrund ähnlicher Orbitalkonfiguration sowie vergleichbarer atmosphärischer CO_2- und CH_4-Konzentrationen zeichnen sich die beiden Marinen Isotopenstadien (MIS) 11 (424–374 ka; Lisiecki & Raymo 2005) und 19 (790–761 ka; Lisiecki & Raymo 2005) als besonders gute Analoga aus. Ein Vergleich von Klimasignalen, die kurzzeitige Klimavariabilität während MIS 19 und im Holozän reflektieren, wurde bisher kaum verfolgt (Tzedakis et al. 2012a, Giaccio et al. 2015). Daher ist nicht klar, ob eine kurzzeitige Klimavariabilität beide Interglaziale in ähnlicher Weise charakterisierte bzw. wie eine solche Variabilität den zukünftigen Verlauf des Holozäns beeinflussen wird.

Vor diesem Hintergrund soll die vorliegende Arbeit einen Beitrag zum Verständnis abrupter Klimavariabilität während MIS 19 leisten. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt auf der hochauflösenden Analyse von Palynomorphen, aus der sich Veränderungen in der Zusammensetzung von Pflanzenpopulationen ableiten lassen. Vegetation reagiert hoch sensibel auf Klimawandel, sodass sich Pollen hervorragend für Klimarekonstruktionen eignen (z. B. Godwin 1956). Untersuchungsgegenstand ist das terrestrische Klimaarchiv von Tenaghi Philippon, NE-Griechenland (van der Hammen et al. 1965, Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976, van der Wiel & Wijmstra 1987a, b, Pross et al. 2015). Das dort erbohrte Klimaarchiv umfasst lückenlos telmatische und lakustrine Sedimente der vergangenen 1,35 Myr (Pross et al. 2007, Pross et al. 2015). Zudem ist die Lage von Tenaghi Philippon im nordöstlichen Mittelmeerraum hervorragend geeignet, um die Wechselwirkungen von Klimaeinflüssen des Nordatlantiks, der hohen nördlichen Breiten sowie der Monsunsysteme der niederen Breiten

zu entschlüsseln (z. B. Hurrell 1995, Rohling 2002a, b, Alpert et al. 2006, Trigo et al. 2006). Dabei stehen die folgenden Aspekte im Vordergrund:

(1) Charakterisierung der lang- und kurzzeitigen Vegetationsdynamik und Klimavariabilität im östlichen Mittelmeerraum während des MIS-19-Interglazials.
(2) Rekonstruktion der Reaktion des lokalen Ökosystems von Tenaghi Philippon auf die klimatischen Oszillationen.
(3) Vergleich der Klimadynamik mariner Archive im Nordatlantik, des westlichen Mittelmeerraums und antarktischer Eisbohrkerne mit potenziellen Events in Tenaghi Philippon während MIS 19.
(4) Identifikation der Rahmenbedingungen, die eine mögliche kurzzeitige Klimavariabilität während MIS 19 in Tenaghi Philippon begünstigen.
(5) Vergleich der möglichen abrupten Klimavariabilität während MIS 19 mit derjenigen des Holozäns.

1.2 Stand der Forschung

Das Klimasystem der jüngeren Erdgeschichte unterliegt zyklischen Veränderungen – dem Wechsel von Glazialen und Interglazialen. Diese wurden auf der Grundlage der Pionierarbeit von Cesare Emiliani in den 1950er Jahren (Emiliani 1955) anhand der Sauerstoffisotopenstratigraphie von Tiefseekernen in Marine Isotopenstadien (MIS, gerade Zahlen für Glaziale und ungerade Zahlen für Interglaziale) kategorisiert (z. B. Shackleton & Opdyke 1973). Im Rahmen des ersten multidisziplinären Großprojekts zum Verständnis quartärer Eiszeiten CLIMAP (*Climate: Long-Range Investigation, Mapping, and Prediction*, siehe Tab. A1 für einen Überblick der angewendeten Abkürzungen im Text) verknüpften Hays et al. (1976) die Glazial-Interglazialzyklen mit der Orbitaltheorie von Milanković (1920, 1941). In den 1980er Jahren wurden die orbitalen Variationen durch das Projekt SPECMAP (*Spectral Climate Mapping Project*) als Initiator der quartären Klimaschwankungen bestätigt und erstmals tiefmarine Isotopendaten und andere Klimasignale mit der astronomischen Zeitskala kalibriert (Imbrie & Imbrie 1980, Imbrie et al. 1984). Diese Arbeiten resultierten u. a. in einem zusammengefassten Datensatz von Sauerstoffisotopenkurven aus sieben Tiefseekernen (SPECMAP *stack*; Pisias et al. 1984, Martinson et al. 1987). Diese erste isotopenbasierte Referenzkurve ermöglichte die Erforschung orbitaler Klimadynamik und die Korrelation zu anderen marinen oder terrestrischen Archiven (Imbrie et al. 1984, Martinson et al. 1987). Ein Meilenstein der jüngeren Forschungsgeschichte wurde mit dem globalen Datensatz benthischer Sauerstoffisotopen für die vergangenen 5 Ma erreicht (LR04 *global stack;* Lisiecki & Raymo 2005; Abb. 2). Dieser Datensatz von 57 Tiefseesedimentkernen umfasst 200 Marine Isotopenstadien und wird heute als Referenz für die Korrelation von Umwelt-Archiven verwendet.

Das Kapitel 1.2.1 diskutiert den Einfluss der orbitalen Parameter der Erde über die Sonneneinstrahlung auf das Klimasystem. Die daraus resultierende Entwicklung zu den Glazial-Interglazial-Zyklen der vergangenen 800 ka wird in Kapitel 1.2.2 erläutert. Innerhalb dieses Zeitabschnitts liegt der Interessenschwerpunkt der vorliegenden Arbeit auf dem MIS-19-Interglazial (790–761 ka; Lisiecki & Raymo 2005). Daher geht Kapitel 1.2.3 auf die Charakteristika und die bisher bekannte Klimaentwicklung dieses Interglazials ein. Kapitel 1.2.4 diskutiert die heutige Klimasituation im Mittelmeerraum.

1.2.1 Variationen in den orbitalen Parametern der Erde

Die Sonneneinstrahlung nimmt über Rückkopplungseffekte im System Erde einen großen Einfluss auf das globale Klima. Veränderungen in der Intensität solarer Strahlung führen zu Klimaschwankungen und damit auch zur Glazial-Interglazial-Zyklizität seit dem späten Pliozän (Berger 1978, Berger & Loutre 1991; Abb. 2, 3). Diesbezüglich ist die Sommerinsolation zwischen 60°N und 70°N entscheidend, da ansteigende oder sinkende Insolation in diesen Breiten zum Abschmelzen oder Aufbau der kontinentalen Eisschilde der Nordhemisphäre führt (z. B. Bradley 2015). Zudem wirkt sich Insolation sekundär auf viele Prozesse aus, z. B. Monsunintensität, Ozeanzirkulation und atmosphärische Konzentrationen von Treibhausgasen. Veränderungen in der Insolation sind Folge von (quasi-)periodischen zyklischen Schwankungen in den orbitalen Parametern der Erde: Exzentrizität, Obliquität und Präzession (Milanković 1920, 1941, Berger 1977, 1988).

Die Exzentrizität ist das Maß für die Abweichung der Erdumlaufbahn von einem Kreis (Abb. 1). Veränderungen dieser wirken sich zusammen mit Variationen in der Präzession über die Insolation auf die Intensität der Jahreszeiten aus. Aufgrund der Wechselwirkung von Jupiter und Venus variierte die Exzentrizität in den vergangenen 5 Myr mit einer durchschnittlichen Periodenlänge von ca. 95,8 kyr und separaten Perioden bei ca. 95 kyr und ca. 123 kyr (z. B. Hinnov & Hilgen 2012). Des Weiteren existieren mehrere längere Exzentrizitätszyklen, unter denen die Zyklen mit den Periodenlängen von 412 kyr sowie ca. 2,4 Myr klimatisch von Bedeutung sind (Imbrie et al. 1993, Beaufort 1994, Pälike et al. 2006).

Die Obliquität entspricht der Veränderung des Neigungswinkels der Erdrotationsachse relativ zur Senkrechten dieser auf der Orbitalebene (Abb. 1). Der Winkel beträgt heute 23,5°, fluktuierte in der Erdgeschichte jedoch zwischen 21,8° und 24,4° mit einer durchschnittlichen Periodenlänge von 41 kyr sowie einer weiteren Periode bei ca. 1,2 Myr (Pälike et al. 2006). Durch diese Schwankungen bestimmt die Obliquität die Breitengrade der Polar- und Wendekreise und beeinflusst die Insolation (Abb. 1). Da der Neigungswinkel der Erdachse in beiden Hemisphären identisch ist, sind die Auswirkungen der Obliquität auf die Insolation in der nördlichen und südlichen Hemisphäre gleich. Jedoch ist der Einfluss der Obliquität in den niederen Breiten gering und erhöht sich zu den Polen.

Variationen in der Präzession bewirken ein Taumeln der Erde und weisen im Durchschnitt eine Periode von 21,7 kyr auf (Abb. 1). Dieser Durchschnittswert ergibt sich als Konsequenz eines variableren Zeitbereichs, in dem zwei Perioden von ca. 19 kyr und ca. 23 kyr von Bedeutung sind (Hays et al. 1976). Das Taumeln der Erde entsteht durch die Gravitationskräfte von Sonne und Mond und beeinflusst das saisonale Timing von Perihel und Aphel. Heute ist die Erde ca. zwei Wochen nach der Dezember-Sonnenwende der Sonne am nächsten (3. Januar, Perihel) und ca. zwei Wochen nach der Juni-Sonnenwende von der Sonne am weitesten entfernt (5. Juli, Aphel; Abb. 1). Des Weiteren bestimmt die Präzession das zeitliche Auftreten der Sonnenwenden und Äquinoktien relativ zur Position der Erde auf ihrer elliptischen Umlaufbahn (Präzession der Äquinoktien). Beispielsweise trat das Perihel vor 11 ka nicht Anfang Januar, sondern Mitte Juni auf (Berger 1979). Der Einfluss der Präzession auf die Insolation ist in der nördlichen und südlichen Hemisphäre jeweils entgegengesetzt und wird von den Variationen in der Exzentrizität moduliert. Während die hohen Breiten von Obliquitätsveränderungen dominiert werden, beeinflussen Exzentrizität und Präzession primär die niederen Breiten.

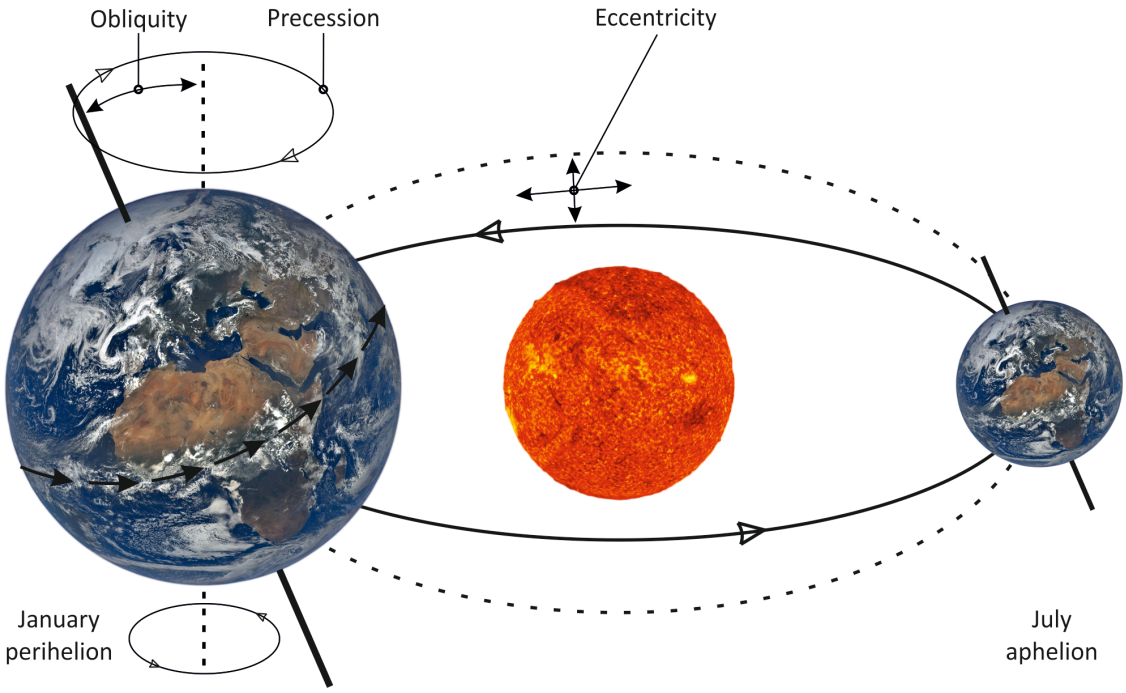


Abb. 1: Die orbitalen Parameter der Erde. Variationen treten in der Orbitform (Exzentrizität), in der Veränderung des Neigungswinkels der Erdrotationsachse (Obliquität) und im Taumeln der Erde auf (Präzession). Infolge der Fluktuationen der orbitalen Parameter verändert sich das jahreszeitliche Auftreten der Sonnenwenden und Äquinoktien. Heute treten das Perihel am 3. Januar und das Aphel am 5. Juli ein (nach Imbrie & Imbrie 1979, Satellitenbilder der Erde und Sonne von NASA DSCOVR und NASA SDO).

1.2.2 Glazial-Interglazial-Zyklen der vergangenen 800 kyr

1.2.2.1 Entstehung der Glazial-Interglazial-Zyklizität und Veränderungen in ihrem Rhythmus

Die Glazial-Interglazial-Zyklen der vergangenen 800 kyr stellen den bisherigen Schlusspunkt einer ca. 50 Myr währenden quasi-kontinuierlichen Abkühlung dar (Zachos et al. 2001, 2008). Im Känozoikum ermöglichten die Öffnung der Drake-Passage und der Tasmanien-Straße die Bildung des Antarktischen Zirkumpolarstroms und somit im Zusammenhang mit fallenden CO_2-Konzentrationen die Formation von Eisschilden in der Antarktis ab ca. 34 Ma (Kennett 1977, DeConto & Pollard 2003). Trotz des anhaltenden Abkühlungstrends expandierten kontinentale Vereisungen auf der Nordhemisphäre erst ab dem späten Pliozän (Shackleton et al. 1984, Meyers & Hinnov 2010; Abb. 2).

Das Übertreten eines Schwellenwertes, der sich infolge positiver Rückkopplungen wie einem Rückgang der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre und der Verlangsamung der AMOC ergab, verursachte vermutlich die Abkühlung der hohen Breiten (Raymo 1994). Infolgedessen etablierte sich seit dem späten Pliozän eine Wechselfolge von Glazialen und Interglazialen, geprägt durch den Rhythmus der orbitalen Zyklen (Hays et al. 1976, Ruddiman et al. 1986). Zunehmend höhere Amplituden und steigende Werte benthischer Sauerstoffisotope (Shackleton & Opdyke 1976, Lisiecki & Raymo 2005; Abb. 2) sowie ein erhöhtes Auftreten von *ice-rafted debris* im Nordatlantik (IRD; Shackleton et al. 1984, Kleiven et al. 2002) dokumentieren seither die Intensivierung der Glazial-Interglazial-Zyklen.

Anfangs durch die Zyklen der 41-kyr-Obliquität getaktet, änderte sich der Rhythmus der Glazial-Interglazial-Zyklen während der Mittelpleistozänen Übergangsphase (*„Mid-Pleistocene Transition“*,

MPT) zwischen 1,25 Ma und 700 ka (Clark et al. 2006; Abb. 2): In der „41-kyr-Welt“ gingen die jeweiligen Insolationsanstiege in der Südhemisphäre der Nordhemisphäre voraus. Seit der MPT überlappen sich die Insolationsanstiege beider Erdhalbkugeln und verändern sich simultan „im Kanon“ (*„insolation canon hypothesis“*; Schulz & Zeebe 2006). Diese Überlappung liegt im Wechsel der Dominanz von 41-kyr-Obliquität hin zu 100-kyr-Exzentrizität begründet (Imbrie et al. 1993). Aufgrund dieser Reorganisation des globalen Klimarhythmus sind Glaziale in der „100-kyr-Welt“ intensiver und dauern länger an (Pisias & Moore 1981; Abb. 2). Seitdem ist eine deutlich größere Menge an solarer Strahlung nötig, um Eisschilde abzuschmelzen und eine glaziale Termination einzuleiten (Tzedakis et al. 2017). Auch die Termination IX (790 ka), der Beginn des MIS-19-Interglazials und die erste Termination der Glazial-Interglazial-Zyklen der vergangenen 800 ka, wird bereits durch die 100-kyr-Zyklen geprägt.

Die Ursache der MPT ist bis heute noch nicht vollständig verstanden. Die drei gängigsten Hypothesen sehen mächtigere Eisschilde infolge der Erosion ihres Regolith-Unterlagers (Clark & Pollard 1998, Huybers & Tziperman 2008), die Expansion von Meereis vor der östlichen Antarktis (Raymo et al. 2006) oder ein erhöhtes Eisschildwachstum aufgrund des kühleren MIS-23-Interglazials und besonders intensiven MIS-22-Glazials als Gründe an (Elderfield et al. 2012).

Vermutlich änderte sich der Rhythmus der Glazial-Interglazial-Zyklen vor ca. 430 ka (Termination V, MIS-12/11-Übergang) infolge von Variationen in den orbitalen Parametern ein weiteres Mal. Seit diesem *„Mid-Brunhes Event“* (MBE; Jansen et al. 1986) scheinen Interglaziale in den hohen südlichen Breiten und im LR04 *global stack* deutlich wärmer zu sein (EPICA-Projektmitglieder 2004, Lisiecki & Raymo 2005, Jouzel et al. 2007; Abb. 2, 3). Als mögliche Ursache könnten Veränderungen in der Exzentrizität und Obliquität die jeweilige Insolation der australen Winter- und Sommermonate beeinflusst und den Insolationsgradienten zwischen den hohen und niederen Breiten der Südhalbkugel reduziert haben (Yin 2013). Daraus könnten Umstellungen in der Ozeanzirkulation gefolgt sein. Jedoch wird nicht nur die Ursache des MBE kontrovers diskutiert, sondern sogar die Existenz des Events stark angezweifelt (Candy et al. 2010, Past Interglacial Working Group of PAGES 2016).

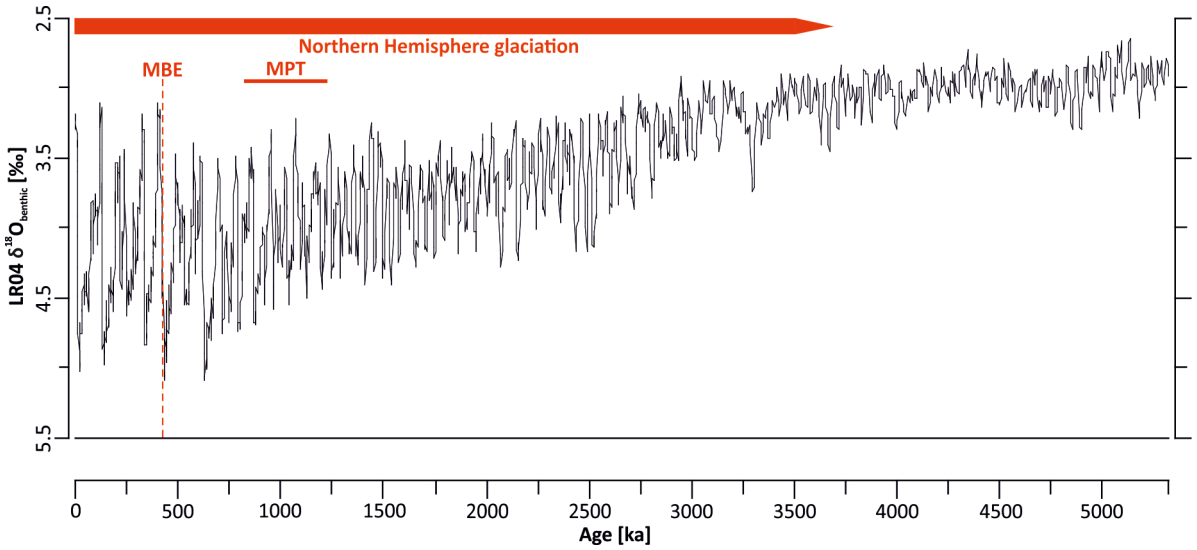


Abb. 2: LR04 *global stack* benthischer Sauerstoffisotopendaten der vergangenen 5 Myr (Lisiecki & Raymo 2005). Die Sauerstoffisotopendaten benthischer Foraminiferen repräsentieren eine Kombination von Veränderungen in der Temperatur der Tiefsee und in der Sauerstoffisotopie des Meerwassers, die sich wiederum aus dem Eisschildvolumen der hohen Breiten ergibt. Gekennzeichnet sind der Beginn der Vereisung der Nordhemisphäre seit dem späten Pliozän (Shackleton et al. 1984, Meyers & Hinnov 2010) sowie die Intensivierung der Zyklen infolge der *Mid-Pleistocene Transition* (MPT) und des *Mid-Brunhes Events* (MBE) (Jansen et al. 1986, Clark et al. 2006).

1.2.2.2 Charakteristika der Glaziale und Interglaziale der vergangenen 800 kyr

Alle Interglaziale der vergangenen 800 kyr kennzeichnet ein typisches Sägezahn-Muster in den Klimasignalen. Dieses ergibt sich durch den plötzlichen Übergang von Glazial zu Interglazial (Termination) und dem langsamer, gradueller verlaufenden Ende eines Interglazials (Einsetzen glazialer Eisschildbildung; Abb. 3). Folgende Parameter steuern den Verlauf eines jeden Glazial-Interglazial-Zyklus:

Ein Interglazialmaximum tritt immer mit dem Präzessionsminimum und mit dem borealen Sommerinsolationsmaximum der Nordhemisphäre (in der Darstellung der Insolation für den 21. Juni bei 65°N) ein (Abb. 3). Intensität und Dauer eines Interglazials werden durch das Timing von Präzessionsminimum und Obliquitätsmaximum (Jouzel et al. 2007) sowie durch die Höhe von Insolation und atmosphärischer CO_2-Konzentration bestimmt (Vettoretti & Peltier 2004, Yin & Berger 2010, 2012). Der Beginn glazialer Eisschildbildung repräsentiert die erste Abkühlungsphase eines Interglazials und erfolgt ca. 10 kyr nach dem Maximum vollinterglazialer Bedingungen mit abnehmender Obliquität, jedoch nie nach dem Obliquitätsminimum (Jouzel et al. 2007, Lüthi et al. 2008, Tzedakis et al. 2012b). Für diese Phase ist das erste Auftreten von IRD in nordatlantischen Sedimentkernen charakteristisch (Tzedakis et al. 2012b). Der Beginn eines Glazials wird durch die Abnahme der borealen Sommerinsolation hervorgerufen (Milanković 1941, Hays et al. 1976). Dagegen werden Geschwindigkeit und Rate des Eisvolumenabbaus am Ende eines Glazials von der Höhe des Insolationsanstiegs und der Menge an glazialem Eisvolumen bestimmt (Parrenin & Paillard 2003).

Durch diese Rahmenbedingungen abgegrenzt, werden Interglaziale als solche gemäß der Past Interglacial Working Group of PAGES (2016) anhand von Schwellenwerten im LR04-Datensatz (<3,73 ‰; Lisiecki & Raymo 2005) und in der CO_2-Konzentration der Antarktis (>250 ppmv; Lüthi et al. 2008) definiert.

1.2.3 Marines Isotopenstadium (MIS) 19

1.2.3.1 Charakteristika von MIS 19

MIS 19 ist das erste Interglazial des mittleren Pleistozäns und entspricht im LR04 *global stack* dem Zeitraum von 790 ka bis 761 ka (Lisiecki & Raymo 2005). Gemäß der Klassifikation der Marinen Isotopenstadien nach Railsback et al. (2015) wird es – von stratigraphisch jung zu alt – in die drei Unterstadien MIS 19a, 19b und 19c unterteilt, wobei nur MIS 19c dem Interglazial *sensu stricto* entspricht (Lang & Wolff 2011, Past Interglacial Working Group of PAGES 2016; Abb. 4). Die letzte Hauptumkehr der magnetischen Polarität, die Matuyama/Brunhes-Umkehr (M/B)[1], ist ein wichtiges stratigraphisches Merkmal innerhalb MIS 19 (z. B. Shackleton & Opdyke 1973). Sie hat ein Alter von 781 ka und fand während MIS 19c statt (Lourens et al. 2004, Ogg 2012, Pillans & Gibbard 2012; Kapitel 3.2).

[1] In älterer Literatur wird der Polsprung oftmals als Brunhes/Matuyama-Umkehr (B/M) bezeichnet. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff im stratigraphisch aufsteigenden Kontext (Matuyama/Brunhes-Umkehr, M/B) genutzt und entspricht somit den Vorgaben der *„International Comission of Stratigraphy"* (Pillans & Gibbard 2012).

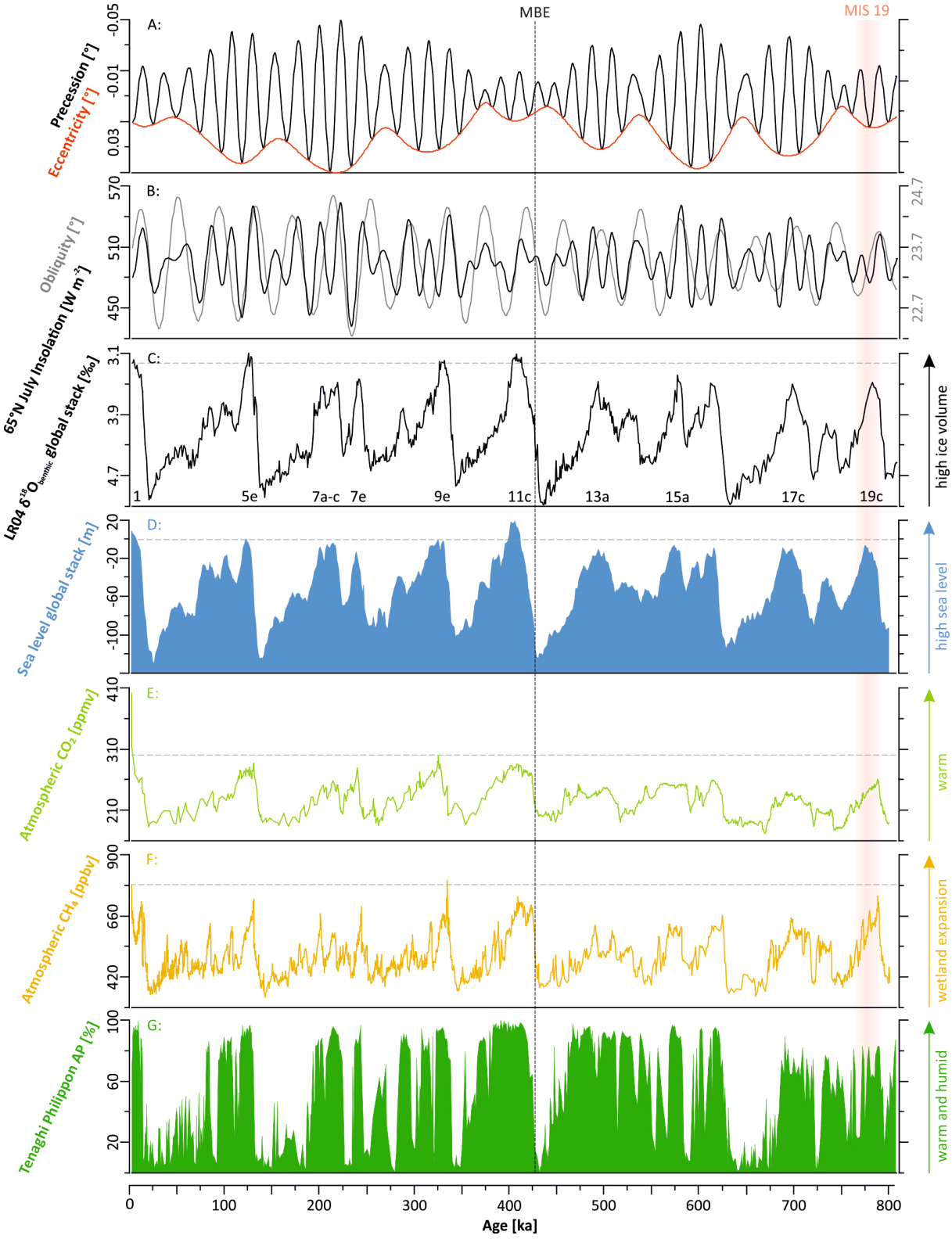
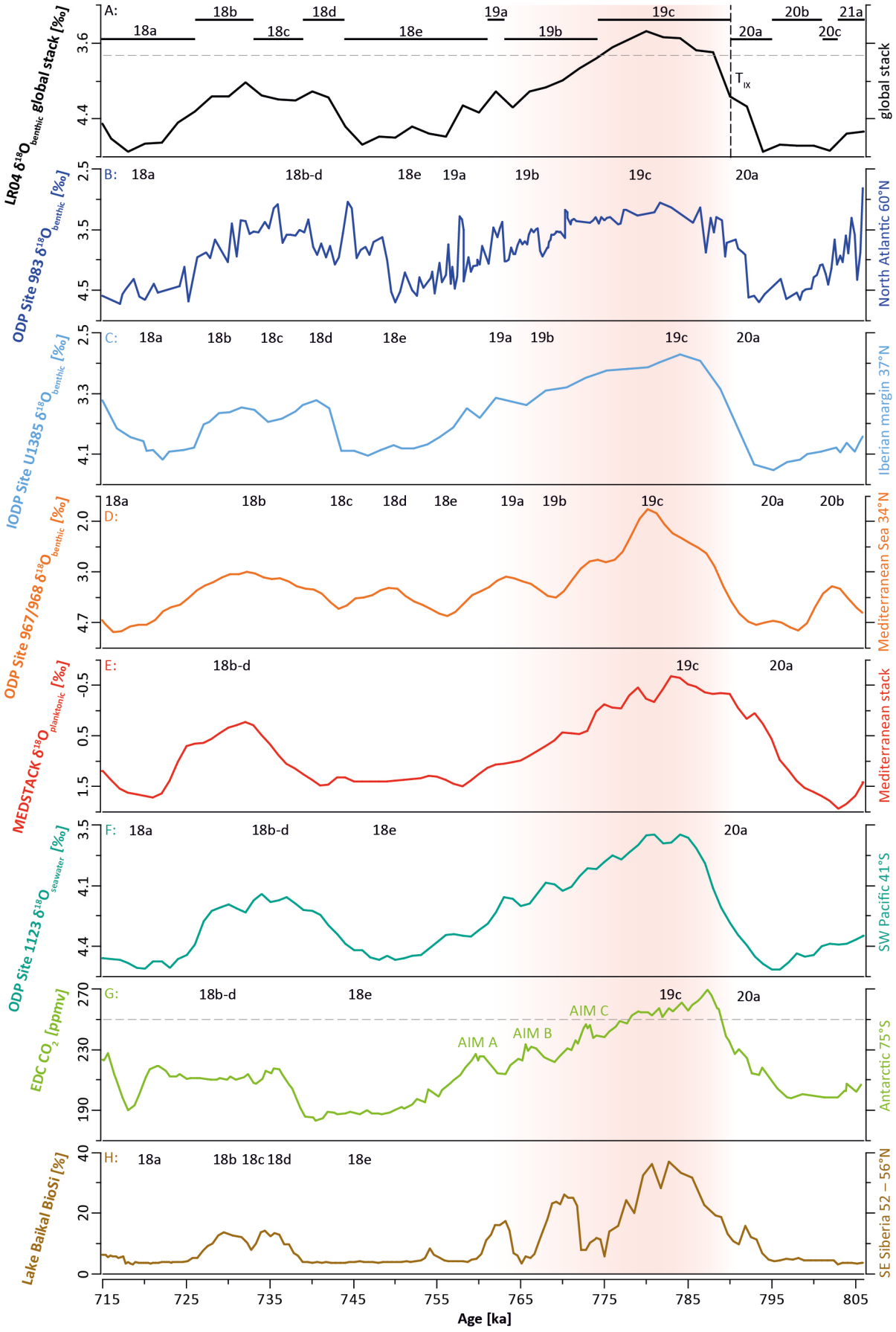


Abb. 3: Glazial-Interglazial-Dynamik der vergangenen 800 kyr. A–B: Orbitalzyklen aus Laskar et al. (2004); C: LR04 *global stack* von Sauerstoffisotopendaten benthischer Foraminiferen (Lisiecki & Raymo 2005); D: globale Meeresspiegelkurve (Spratt & Lisiecki 2016); E: atmosphärische CO_2-Konzentrationen der antarktischen Eisbohrkerne von Vostok (Petit et al. 1999) und EDC (Siegenthaler et al. 2005, Lüthi et al. 2008) sowie postindustrielle Werte von McGee (2018); F: CH_4-Konzentration des antarktischen EDC-Archivs (Loulergue et al. 2008); G: Baumpollen-Prozentwerte („*arboreal pollen*“, AP) von Tenaghi Philippon (Tzedakis et al. 2006, Daten aus Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976, van der Wiel & Wijmstra 1987a, b). Darstellung der jeweiligen Archive auf ihrer eigenen Zeitachse. Terminologie der MIS-Interglaziale 19c–1 im LR04 *global stack* nach Railsback et al. (2015). Lage von MIS 19 (rote Schattierung) nach Lisiecki & Raymo (2005) und des MBE nach Candy et al. (2014). Grau-gestrichelte Linien entsprechen den präindustriellen Werten des jeweiligen Proxies.

Marine und terrestrische Klimasignale zeigen, dass MIS 19 infolge der rapiden Termination des MIS-20-Glazials (Termination IX) beginnt (Abb. 4). Im Vergleich zu den anderen Interglazialen der „100-kyr-Welt“ ist das MIS-19c-Interglazial durchschnittlich warm (Abb. 3); es stellt im LR04 *global stack* und in den Eisbohrkernen der Antarktis das wärmste Interglazial vor dem MBE dar (Lisiecki & Raymo 2005, Jouzel et al. 2007, Masson-Delmotte et al. 2010). Die maximale atmosphärische CO_2-Konzentration betrug 260 ppmv (Lüthi et al. 2008) und der Meeresspiegelhochstand lag im globalen Durchschnitt ca. 6,3 m unterhalb heutiger Werte (Spratt & Lisiecki 2016; Abb. 6). Gemäß einer Dauer von 12,5–10,5 kyr (Tzedakis et al. 2012a, Giaccio et al. 2015, Maiorano et al. 2016) ist MIS 19c ein vergleichsweise kurzes Interglazial, in etwa einem halben Präzessions-Zyklus entsprechend, und unterscheidet sich somit von langzeitigen Interglazialen (Ø 28 ± 2 kyr, z. B. MIS 11c, Tzedakis et al. 2012b). Im Gegensatz zu langen Interglazialen tritt das Insolationsmaximum von MIS 19c zeitnah zum Obliquitätsmaximum auf (Laskar et al. 2004, Jouzel et al. 2007, Tzedakis et al. 2012b). Während MIS 19c etablierten sich im Nordatlantikraum durchschnittlich warme Bedingungen (Kleiven et al. 2011, Emanuele et al. 2015, Ferretti et al. 2015) und ließen durch warmfeuchte Luftmassen der Westwinde temperate und mediterrane Wälder in der mediterranen Region entstehen (Bertini et al. 2015, Sánchez Goñi et al. 2016; Abb. 6).

Das Einsetzen glazialer Eisschildbildung auf der Nordhemisphäre nach MIS 19c erfolgte abhängig vom Altersmodell des jeweiligen Klimaarchivs zwischen ca. 779 ka und ca. 774 ka (ODP Site 983 und EDC-Eiskerne, Tzedakis et al. 2012b; IODP Site U1385, Sánchez Goñi et al. 2016; IODP Site U1313, Ferretti et al. 2015). Grundsätzlich charakterisiert der Übergang von MIS 19c zu 18 eine graduelle, kontinuierliche Abkühlung, die eine stratigraphische Abgrenzung der beiden Marinen Isotopenstadien erschwert (z. B. Nordatlantik, Ruddiman et al. 1989; Chinesisches Lössplateau, Sun & An 2005, Sun et al. 2006). Dieser kontinuierliche Übergang wird durch einen Stadial-Interstadial-Wechsel überprägt, der den Unterstadien MIS 19b und 19a entspricht (Abb. 4).

Abb. 4 (folgende Seite): Klimasignale aus Klimaarchiven des Intervalls MIS 20–18. A: LR04 *global stack* von Sauerstoffisotopendaten benthischer Foraminiferen und Lage der Termination IX nach Lisiecki & Raymo (2005); Sauerstoffisotopendaten benthischer Foraminiferen von B: ODP Site 983 (Channell & Kleiven 2000), C: IODP Site U1385 (Hodell et al. 2015) und D: ODP Site 967/968 (Konijnendijk et al. 2015); E: *stack* von planktonischen Isotopendaten des Mittelmeerraums (Wang et al. 2010); F: Sauerstoffisotopie benthischer Foraminiferen von ODP Site 1123 (Elderfield et al. 2012); G: atmosphärische CO_2-Konzentration des antarktischen EDC-Eisbohrkerns (Bereiter et al. (2015), Klassifikation der Analoga Antarktischer Isotopenmaxima (AIM) nach Lüthi et al. (2008); H: Prozentwerte biogener Kieselsäure des Baikalsees (Prokopenko et al. 2006). Darstellung der jeweiligen Archive auf ihrer eigenen Zeitachse. Grau-gestrichelte Linien im LR04 *global stack* und in der CO_2-Konzentration entsprechen den durch die Past Interglacial Working Group of PAGES (2016) festgelegten Schwellenwerten von <3,73 ‰ und >250 ppmv zur Definition eines Interglazials. Terminologie der Marinen Isotopenstadien im LR04 *global stack*, ODP Site 1123, EDC-Eiskern und Baikalsee-Datensatz nach Railsback et al. (2015) und im ODP Site 967/968-Splice nach Konijnendijk et al. (2015). Klassifikation von MIS 19 im Verlauf benthischer Sauerstoffisotopendaten von ODP Site 983 nach Tzedakis et al. (2012a). Weitere Marine Isotopenunterstadien wurden dem LR04 *global stack* entsprechend klassifiziert. Die rötliche Schattierung markiert die Lage von MIS 19 nach Lisiecki & Raymo (2005). Die rechte Spalte stellt die Herkunft und geographische Lage des jeweiligen Archivs dar.


A:
18a
18b
18c
18d
18e
19a
19b
19c
20a
20b
20c
21a
T_{IX}
LR04 $\delta^{18}O_{benthic}$ global stack [‰]
global stack
B:
ODP Site 983 $\delta^{18}O_{benthic}$ [‰]
North Atlantic 60°N
C:
IODP Site U1385 $\delta^{18}O_{benthic}$ [‰]
Iberian margin 37°N
D:
ODP Site 967/968 $\delta^{18}O_{benthic}$ [‰]
Mediterranean Sea 34°N
E:
MEDSTACK $\delta^{18}O_{planktonic}$ [‰]
Mediterranean stack
F:
ODP Site 1123 $\delta^{18}O_{seawater}$ [‰]
SW Pacific 41°S
G:
EDC CO_2 [ppmv]
AIM A
AIM B
AIM C
Antarctic 75°S
H:
Lake Baikal BioSi [%]
SE Siberia 52 – 56°N
Age [ka]

1.2.3.2 Kurzzeitige Klimavariabilität und Klimaevents während MIS 19

Bisher konnte kurzzeitige Klimavariabilität während MIS 19 in hochauflösenden Klimadaten des Nordatlantiks, des Mittelmeerraums, der Antarktis und des Baikalsees nachgewiesen werden (Abb. 4–6). Auf ein Kälteevent an der Termination IX deuten im Nordatlantik das letzte Auftreten von IRD vor MIS 19 und ansteigende Alkenonwerte infolge der Ankunft kalter, wenig saliner Wassermassen südlich des IRD-Gürtels (maximaler Vorstoß von Eisbergen bis 50–40°N; Broecker et al. 1992, Hemming 2004) hin (Wright & Flower 2002, Kleiven et al. 2011, Emanuele et al. 2015; Abb. 5). Dieses Kälteevent ist der Jüngeren Dryas (*„Younger Dryas“*, YD) ähnlich und folgte vermutlich aus einem Gletscherseeausbruch von den nördlichen Eisschilden, welcher die AMOC verlangsamte (Dansgaard et al. 1989, Alley et al. 1993, Emanuele et al. 2015, Giaccio et al. 2015). Auch einige terrestrische Archive des Mittelmeerraums zeigen klimatische Veränderungen infolge dieses Events (Giaccio et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Sánchez Goñi et al. 2016; Abb. 6); es kann jedoch nicht in jedem Archiv nachvollzogen werden (Jouzel et al. 2007, Loulergue et al. 2008, Lüthi et al. 2008, Capraro et al. 2017; Abb. 4, 6).

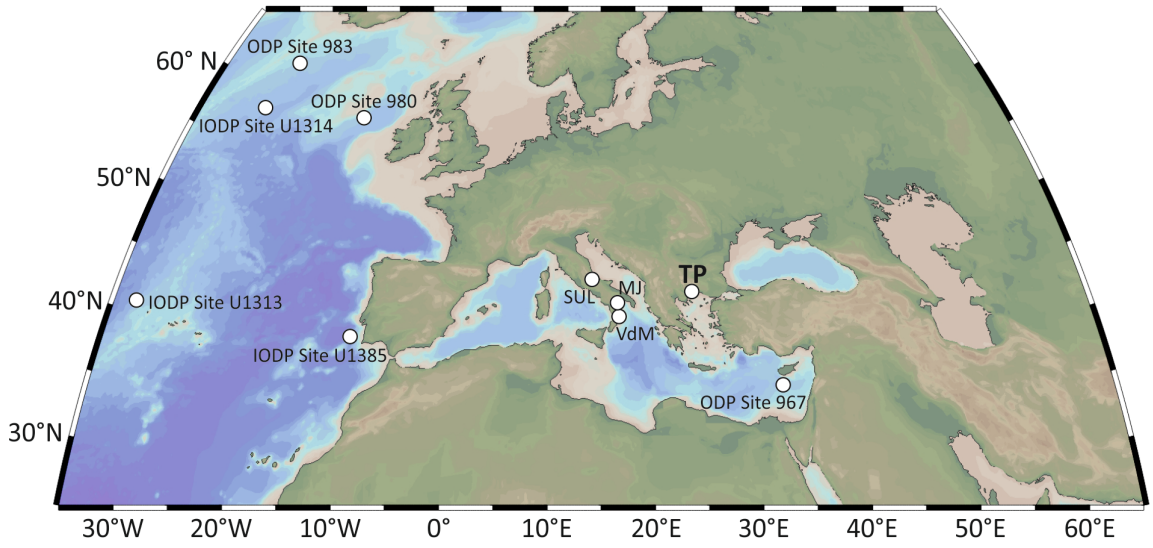


Abb. 5: Geographische Lage von Lokalitäten im Nordatlantik und Mittelmeerraum, für die kurzzeitige Klimavariabilität während MIS 19 dokumentiert ist: ODP Site 967 (Konijnendijk et al. 2014, 2015), ODP Site 980 (Wright & Flower 2002), ODP Site 983 (Kleiven et al. 2011, Tzedakis et al. 2012a), IODP Site U1313 (Emanuele et al. 2015, Ferretti et al. 2015), IODP Site U1314 (Alonso-Garcia et al. 2011a, b), IODP Site U1385 (Sánchez Goñi et al. 2016). MJ = Montalbano-Jonico-Abfolge (Bertini et al. 2015, Maiorano et al. 2016), TP = Tenaghi Philippon, SUL = Sulmona-Becken (Giaccio et al. 2015), VdM = Valle di Manche (Capraro et al. 2005, 2017, Massari et al. 2007). Karte von Ocean Data View (Schlitzer 2002).

Im Anschluss an MIS 19c trat hochfrequente Klimavariabilität mit Beginn glazialer Eisschildbildung auf, die mit Dansgaard-Oeschger-Events (DO-Event; Dansgaard et al. 1993) und Heinrich-Ereignissen (Heinrich 1988) vergleichbar ist (Tzedakis et al. 2012a, Giaccio et al. 2015; Abb. 4, 6). IRD-Ablagerungen und die Ankunft kalter, geringer saliner Wassermassen im südlichen Nordatlantik sprechen für massive Kälteevents im Zusammenhang mit dieser Variabilität (Kleiven et al. 2011, Naafs et al. 2011, 2013, Sánchez Goñi et al. 2016; Abb. 6). Die Kälteevents im Nordatlantik führten zu kühleren und trockeneren Bedingungen im Mittelmeerraum, sodass dort Wälder kontrahierten (Iberische Halbinsel, Sánchez Goñi et al. 2016; Süditalien, Bertini et al. 2015, Maiorano et al. 2016; Abb. 6).

Synchron zu den Kälteevents der Nordhemisphäre zeigen Treibhausgaskonzentrationen und die Deuteriumisotopie Anstiege in den Eisbohrkernen der Antarktis (Jouzel et al. 2007, Loulergue et al. 2008,

Lüthi et al. 2008, Tzedakis et al. 2012a; Abb. 4, 6). Diese Äquivalente zu Antarktischen Isotopenmaximumevents (AIM-Events; Loulergue et al. 2008, Lüthi et al. 2008, Pol et al. 2010) signalisieren eine Erwärmung der Südhemisphäre, die aus einer Wärmestauung im Südozean infolge der reduzierten Bildung Nordatlantischen Tiefenwassers („*North Atlantic deep water*", NADW) und damit einer Verlangsamung der AMOC resultierte (Ruddiman & McIntyre 1981, Broecker 1998, Pol et al. 2010). Aufgrund des *„thermal-bipolar-seesaw"*-Prinzips folgte mit Wiedererstarken der AMOC jedem AIM-ähnlichen Event während MIS 19b und 19a eine Abkühlung der Südhemisphäre und ein DO-ähnliches Wärmeevent auf der Nordhalbkugel (Stocker 1998, Pol et al. 2010, Barker et al. 2011, Tzedakis et al. 2012a; Abb. 4, 6).

Hinweise auf intra-interglaziale Klimavariabilität während MIS 19c sind bisher nicht eindeutig vorhanden. Periodische hochfrequente Oszillationen in einer Spektralanalyse von Coccolithenkonzentrationen bei IODP Site U1313 sollen durch Veränderungen in der Intensität der Eddies ausgelöst worden sein (Emanuele et al. 2015). Auf der Iberischen Halbinsel erfolgten zwei Waldrückgänge, die durch Variationen in der Nordatlantischen Oszillation (NAO; Kapitel 1.2.4) erklärt werden (Sánchez Goñi et al. 2016; Abb. 6). Auch zwei abrupte Waldrückgänge in Italien und damit korrelierende Temperaturabnahmen des Oberflächenwassers im Mittelmeer (Montalbano-Jonico-Abfolge, Bertini et al. 2015, Marino et al. 2015, Maiorano et al. 2016) sollen sich angeblich nicht von hydrologischen Veränderungen im Nordatlantik ableiten lassen; die Autoren begründen diese Schwankungen vielmehr mit der Neuorganisation des geomagnetischen Felds während des M/B-Übergangs (Bertini et al. 2015, Marino et al. 2015). Demzufolge sind die Ursachen intra-interglazialer Klimavariabilität während MIS 19c noch unzureichend verstanden; insbesondere herrscht noch Unklarheit darüber, ob die kurzzeitigen Veränderungen global oder nur regional auftraten.

1.2.3.3 MIS 19 als potenzielles Klimaanalogon für das Holozän

Die beste Möglichkeit, die Zukunft, Dauer und klimatische Entwicklung des Holozäns zu bewerten, ist der Vergleich zu einem Referenzintervall der jüngeren Erdgeschichte. Als Voraussetzung sollte dieses potenzielle Analogon mit dem Holozän übereinstimmende Verläufe in den orbitalen Parametern aufweisen, da diese Veränderungen im Eisvolumen und Klimawechsel zur Folge haben (Loutre & Berger 2000, 2003, Müller & Pross 2007, Tzedakis et al. 2010).

MIS 19 und 11 gelten aufgrund ihrer niedrigen Exzentrizität und Präzession unter den Warmzeiten der vergangenen 800 kyr als die besten astronomischen Analoga für das Holozän (Loutre & Berger 2003, Tzedakis 2010, Yin & Berger 2012; Abb. 7); sie sind jedoch beide keine perfekten orbitalen Äquivalente (Pol et al. 2010, Tzedakis et al. 2017). Im Gegensatz zu MIS 11 ist insbesondere die Phasenlage zwischen Obliquität und Präzession von MIS 19 und 1 synchroner (Tzedakis 2010). Daraus folgt eine bessere Analogie in der borealen Sommerinsolation (Tzedakis 2010, Ferretti et al. 2015; Abb. 7). Trotz der Unterschiede in der Exzentrizität und Obliquität (Berger et al. 1998b, Loutre & Berger 2003, Herold et al. 2012; Abb. 7), gilt daher MIS 19 als besseres orbitales Analogon zum Holozän (Pol et al. 2010, Tzedakis et al. 2010, Ganopolski et al. 2016).

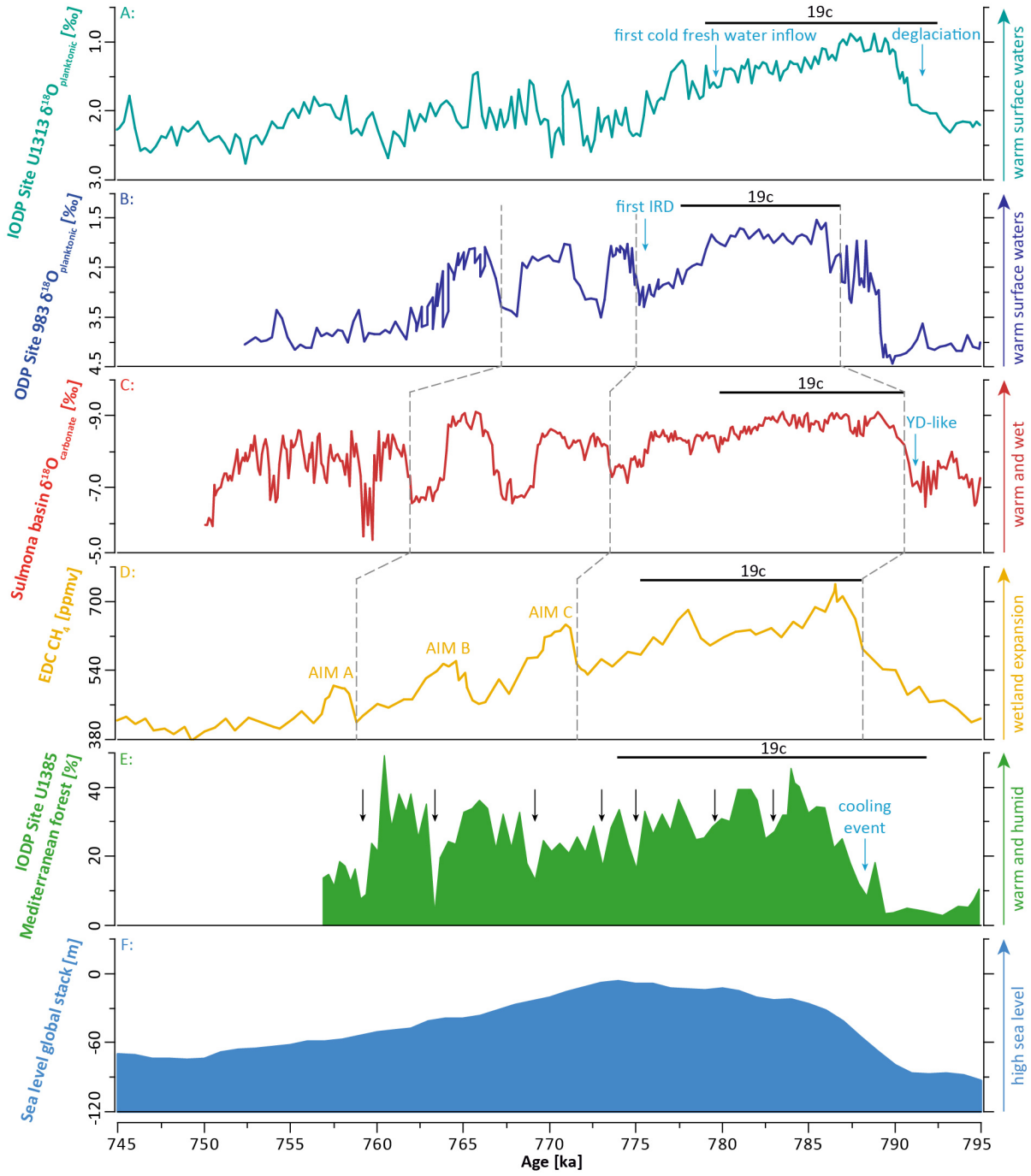


Abb. 6: Kurzzeitige Klimavariabilität während MIS 19. A: Sauerstoffisotopen planktonischer Foraminiferen und erste Ankunft kalter Wassermassen (basierend auf $C_{37:4}$-Alkenone) bei IODP Site U1313 (Ferretti et al. 2015), Phase des Gletscherabbaus und Lage von MIS 19c nach Emanuele et al. (2015); B: Sauerstoffisotopen planktonischer Foraminiferen von ODP Site 983 (Channell & Kleiven 2000), Zeitskala und Einsetzen des ersten IRD-Events nach Kleiven et al. (2011), Lage von MIS 19c nach Tzedakis et al. (2012a); C: Sauerstoffisotopen von Karbonaten des Sulmona-Beckens, Position des YD-ähnlichen Events sowie Lage von MIS 19c nach Giaccio et al. (2015); D: CH_4-Konzentration des antarktischen EDC-Archivs (Loulergue et al. 2008), Klassifikation der AIM-Analoga nach Lüthi et al. (2008), Lage von MIS 19c nach Tzedakis et al. (2012a) und Giaccio et al. (2015); E: Prozentwerte mediterraner Waldvegetation, Positionen des Kälteevents zum Anfang des Interglazials, Events von Waldrückgängen (schwarze Pfeile) und Lage von MIS 19c in IODP Site U1385 nach Sánchez Goñi et al. (2016); F: globale Meeresspiegelkurve (Spratt & Lisiecki 2016). Darstellung der jeweiligen Archive auf ihrer eigenen Zeitachse. Korrelation von ODP Site 983, des Sulmona-Beckens und des EDC-Eisbohrkerns (grau-gestrichelte Linien) nach Channell et al. (2010), Tzedakis et al. (2012a) und Giaccio et al. (2015). Zur geographischen Lage der Lokalitäten im Nordatlantik und Mittelmeerraum siehe Abb. 5.

Das Übereinanderlegen der Kurvenverläufe orbitaler Parameter ermöglicht die Korrelation von MIS 19, 11 und 1 und somit auch den direkten Vergleich klimatischer Signale. Für diese Kalibrierung eignet sich die Präzession am besten. Präzessionszyklen dominieren den Kurvenverlauf der borealen Sommerinsolation und lassen sich aufgrund ihrer höheren Frequenz besser als Exzentrizität und Obliquität korrelieren (Loutre & Berger 2000, 2003, Tzedakis et al. 2010; Abb. 7).

In Bezug auf den LR04 *global stack* war das Eisvolumen an den Polen während MIS 19 größer als im Holozän (Lisiecki & Raymo 2005, Hodell et al. 2008, Emanuele et al. 2015). Dementsprechend war der Meeresspiegel niedriger (Rohling et al. 2009, 2014, Spratt & Lisiecki 2016), und die wärmsten Bedingungen lagen in der Deuterium-Isotopie der Antarktis entsprechend ca. 0,5 °C unter dem Wert für das vergangene Jahrtausend (Lisiecki & Raymo 2005, Jouzel et al. 2007). Die subpolare Front befand sich auf der Nordhemisphäre während MIS 19 deutlich südlicher (Alonso-Garcia et al. 2011a, Emanuele et al. 2015, Ferretti et al. 2015).

Die CO_2-Konzentration von MIS 19 und 1 stimmt in ihrem Verlauf insbesondere zum Anfang beider Interglaziale gut überein (Abb. 7). Während MIS 19 erreicht sie maximal ca. 260 ppmv und entspricht somit dem Maximalwert im Frühholozän (Lüthi et al. 2008). Demgegenüber kennzeichnet MIS 11 eine konstant hohe CO_2-Konzentration von bis zu 286 ppmv; dieser Wert wird im Holozän erst mit der Industriellen Revolution erreicht (Yin & Berger 2010, 2012; Abb. 7). An der Termination IX existiert im CH_4-Datensatz der Antarktis kein Äquivalent zur Bølling-Allerød/YD-Klimaoszillation der Termination I, jedoch ist das Auftreten von CH_4-Maxima zwischen MIS 19 und 1 analog (Loulergue et al. 2008, Tzedakis et al. 2012a; Abb. 7).

Zusammengefasst stellt MIS 19 aufgrund der im Vergleich zu MIS 11 niedrigeren Temperaturen, der niedrigeren CO_2-Konzentrationen, des höheren Eisvolumens sowie der kürzeren Dauer das bessere Äquivalent für den präindustriellen Zeitraum des Holozäns dar (Yin & Berger 2015). MIS 11 ist aufgrund deutlich wärmerer Bedingungen, höherer CO_2-Konzentrationen und der doppelten Länge ein besseres Analogon für die anthropogen beeinflusste, langanhaltend warme Zukunft des derzeitigen Interglazials (Loutre & Berger 2000, Berger & Loutre 2002, Ganopolski et al. 2016).

Anhand von Vergleichen klimatischer Parameter zwischen MIS 19 und 1 lässt sich nicht nur die Länge des Holozäns und Dauer bis zum Beginn der nächsten Eisschildbildung abschätzen; diese Vergleiche sagen auch viel über die Auswirkungen von Prozessen aus, die zur klimatischen Entwicklung des Holozäns geführt haben (Berger & Loutre 2002, IPCC 2013, Ganopolski et al. 2016). Diesbezüglich lässt sich auch der Einfluss eines Parameters (z. B. Treibhausgaskonzentrationen) auf das Klima beurteilen (Tzedakis et al. 2012a, b) und in welchem Ausmaß die Menschheit heute Klimaveränderungen bewirkt. Vor diesem Hintergrund ist es erstaunlich, dass bisher kaum Vergleiche der intra-interglazialen Klimavariabilität zwischen MIS 19 und 1 vorgenommen wurden (Tzedakis et al. 2012a, Giaccio et al. 2015). Dies liegt zum Teil an der geringen Verfügbarkeit hochauflösender Datensätze von Archiven, die sowohl MIS 19 als auch das Holozän umfassen.

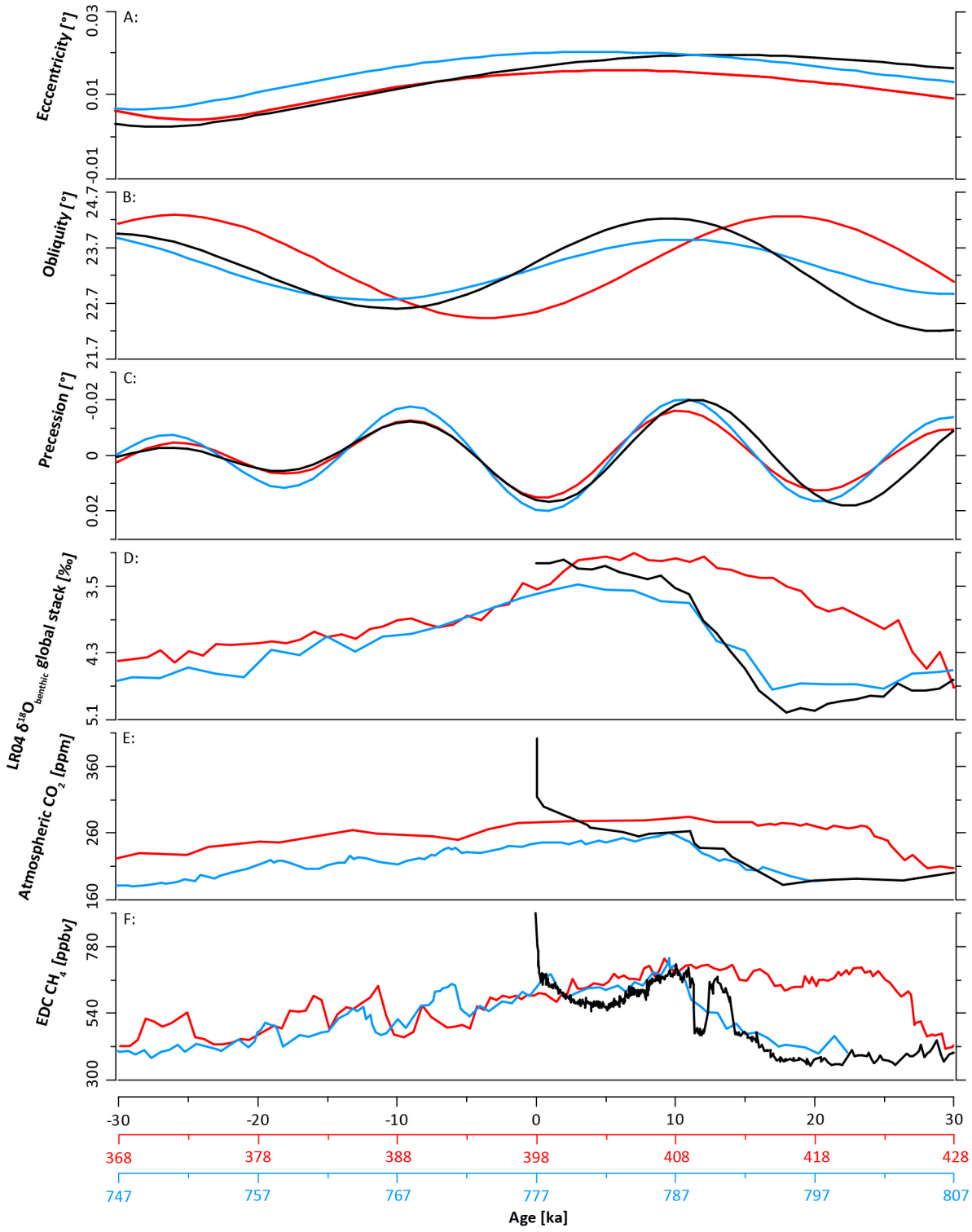


Abb. 7: Vergleich orbitaler Parameter und Klimasignale über 60-kyr-Intervalle, welche MIS 1 (schwarz), MIS 11 (rot) und MIS 19 (blau) umfassen. Die Intervalle wurden anhand des Kurvenverlaufs der Präzession synchronisiert. A–C: Exzentrizität, Obliquität und Präzession (Laskar et al. 2004), für 30 kyr in die Zukunft projiziert; D: LR04 *global stack* von Sauerstoffisotopendaten benthischer Foraminiferen (Lisiecki & Raymo 2005); E: atmosphärische CO_2-Konzentrationen der antarktischen Eisbohrkerne von Vostok (Petit et al. 1999) und EDC (Siegenthaler et al. 2005, Lüthi et al. 2008) sowie postindustrielle Werte von McGee (2018), F: CH_4-Konzentration des antarktischen EDC-Archivs (Loulergue et al. 2008).

1.2.4 Klimasituation im Mittelmeerraum

Der Mittelmeerraum ist aufgrund seiner geographischen Lage von besonderem Interesse, weil hier die Klimasysteme der mittleren und hohen Breiten sowie der Tropen zusammentreffen (Alpert et al. 2006, Trigo et al. 2006; Abb. 8). Durch die Nordatlantische Westwinddrift (NWD) gelangt warmes und feuchtes Klima über den Nordatlantik in den Mittelmeerraum und bestimmt den heute sommertrockenen-winterfeuchten Klimarhythmus (Abb. 8). Veränderungen in der Nordatlantikströmung beeinflussen die Stärke des subtropischen Antizyklongürtels im südlichen Nordatlantik (Azorenhoch, AH) und der nördlichen Zyklogenese bei Island (Islandtief, IL), wodurch sich die NWD im Abstand von wenigen Jahrzehnten bis Jahrtausenden nach Norden oder Süden verlagert (Rodwell et al. 1999, Brandimarte et al. 2011, Olsen et al. 2012, Goudeau et al. 2015). Diese Fluktuationen werden unter dem Begriff Nordatlantische Oszillation (NAO) zusammengefasst (z. B. Rodwell et al. 1999, Trigo et al. 2006). Nördliche/südliche Verschiebungen der NWD entsprechen einer positiven/negativen NAO-Phase (NAO+/NAO-) und führen zu kühleren/wärmeren und trockeneren/feuchteren Wintern im mediterranen Raum (Hurrell 1995, Cullen et al. 2002, Dünkeloh & Jacobeit 2003, Trigo et al. 2006; Abb. 8). Zudem kann das Azorenhoch an sich Ursache äußerst warmer und von einer langen Sommertrockenheit geprägter Zeitintervalle im Mittelmeerraum sein (Xoplaki et al. 2003).

Von den hohen nördlichen Breiten aus gelangen Ausbrüche polarer Luftmassen über den Nordatlantik oder den Osten Europas in die Mittelmeerregion und führen zu einem kalttrockenen Klima (Leroux 1993, Hurrell 1995, Rohling et al. 2002b). Diese mobilen Polarhochs brechen hauptsächlich im Winter nach Süden aus, wenn der Polarwirbel verstärkt ist (Leroux 1993). In Phasen einer verlangsamten AMOC intensivierte und verlagerte sich der Polarwirbel derart südlich, dass Ausbrüche mobiler Polarhochs über mehrere Jahrzehnte bis Jahrtausende im Mittelmeerraum zu sehr kalttrockenen Wintern führten (Rohling et al. 2002b, Sánchez Goñi et al. 2002, Kotthoff et al. 2008b, Pross et al. 2009).

Das Afrikanische Monsunsystem moduliert das Klima im südlichen Mittelmeerraum (Rossignol-Strick 1983, Rohling et al. 2002a). Aufgrund der nördlichen Verschiebung der Innertropischen Konvergenzzone (ITCZ) im Nordsommer heizt sich der nordafrikanische Kontinent auf, wodurch der Monsun viel Feuchtigkeit vom Atlantik aufnimmt und zu viel Niederschlag im südlichen Mittelmeerraum führt (z. B. Alpert et al. 2006, Lafore et al. 2010; Abb. 8). Im erdgeschichtlichen Verlauf steuerten Variationen in den Orbitalzyklen die Position der ITCZ und somit die Intensität des Afrikanischen Monsuns (Rossignol-Strick 1983, Hilgen 1991). Während einer Überschneidung von Präzessionsminimum und Obliquitätsmaximum dehnte sich die ITCZ weit nördlich aus, was zu einem besonders starken Monsunsystem und intensiven Niederschlägen auf dem nordafrikanischen Kontinent führte (Lourens et al. 1996, 2001, Tuenter et al. 2003). Der daraus folgende erhöhte Süßwassereintrag in das Mittelmeer vom Nil und anderer nordafrikanischer Flusssysteme reduzierte die Tiefenwasserzirkulation und veränderte die Ozeanzirkulationsmuster (Rossignol-Strick et al. 1982). Dies ermöglichte die Ablagerung von Sapropelen im Mittelmeer und beeinflusste regionale Wettersysteme (Rossignol-Strick 1983, Rohling et al. 2002a, Gogou et al. 2007, Kotthoff et al. 2008a, b).

Weitere Klimasysteme wirken sich indirekt auf den Mittelmeerraum aus. Ein intensivierter Indischer Sommermonsun könnte in Phasen borealer Insolationsmaxima die Jetströmung zu Rossby-Wellen verformt haben (Alpert et al. 2006; Abb. 8). Dies führte vermutlich zu erhöhter Sommeraridität im Osten des Mittelmeerraums (Ziv et al. 2004, Alpert et al. 2006). Auch die *„El Niño Southern Oscillati-*

on" (ENSO) kann eine Rossby-Wellen-Kette auslösen, die als intra-annuale Sequenz mit dem mediterranen Raum verknüpft ist (Alpert et al. 2006, Seubert 2010, Ulbrich et al. 2012).

Der nordöstliche Mittelmeerraum unterscheidet sich vom durchschnittlichen mediterranen sommertrockenen-winterfeuchten Klima durch einen stärkeren kontinentalen Einfluss. In der Winterzeit gelangen von den Balkaniden orographisch kanalisierte Ausbrüche des Sibirienhochs häufiger in den Nordosten als in andere Regionen des Mittelmeerraums (Saaroni et al. 1996). Grundsätzlich sind sommerliche Niederschläge im östlichen Mittelmeerraum höher als in zentralen und westlichen mediterranen Regionen (Peyron et al. 2011, 2017). Jedoch reduzieren die Balkaniden und das Pindosgebirge den Feuchtigkeitstransport vom Mittelmeer in östlich der Gebirge gelegene Regionen wie Tenaghi Philippon (Panagiotopoulos 2013).

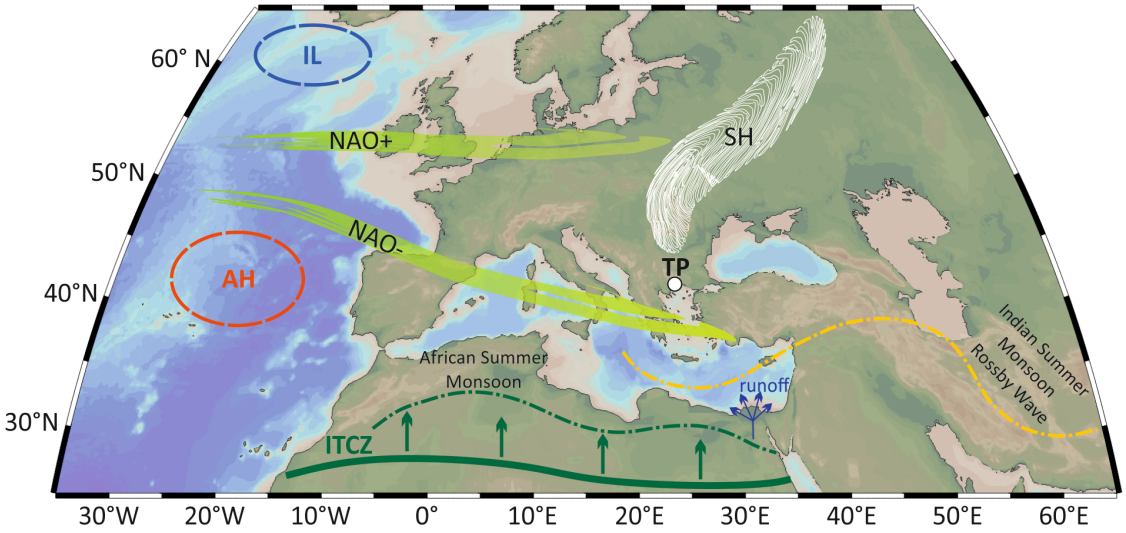


Abb. 8: Schematische Darstellung der wichtigsten Klimasysteme, die das Klima in Europa bestimmen. AH = Azorenhoch, IL = Islandtief, NAO = Nordatlantische Oszillation, SH = Sibirienhoch, ITCZ = Innertropische Konvergenzzone, TP = Lage von Tenaghi Philippon. Die gelb-gestrichelte Linie entspricht der Lage des Indischen Sommermonsunsystems in einem Rossby-Wellen-Muster. Die grüne gestrichelte Linie entspricht der nördlichen Verlagerung des Afrikanischen Sommermonsuns durch die ITCZ während Präzessionsminima und Obliquitätsmaxima. Positionen der Klimasysteme nach Cullen et al. (2002), Lafore et al. (2010), Morley et al. (2014) und Goudeau et al. (2015). Karte von Ocean Data View (Schlitzer 2002).

2 Untersuchungsgebiet: Das Becken von Tenaghi Philippon

Tenaghi Philippon repräsentiert eine 200 m mächtige Torflagerstätte, die aus der Philippi-Moorlandschaft im intramontanen Philippi-Teilbecken hervorging (Kapitel 2.1, 2.2). Auf das heute kontinental geprägte, mediterrane Klima in der Region geht Kapitel 2.3 ein. Das Kapitel 2.4 beschreibt die lokale Vegetation im Philippi-Becken und der umliegenden Gebirgszüge. Seit den 1960er Jahren besteht ein Interesse für palynologische und sedimentäre Untersuchungen der Lagerstätte (Kapitel 2.5). Die in dieser Arbeit durchgeführten Analysen fanden an einer neuen Bohrung statt (TP-2009; Pross et al. 2015).

2.1 Lage

Die Torf-Lagerstätte Tenaghi Philippon im Nordosten Griechenlands (40° 57’ 39.5’’ N, 24° 16’ 03.1’’ E, 40 m NN) erstreckt sich als ca. 55 km^2 großes Teilbecken im Südosten des intramontanen Drama-Beckens, einer Nordwest-Südost-streichenden Grabenstruktur im Westen der griechischen Rhodopen (Christanis 1983, Pross et al. 2015; Abb. 9). Mit 700 km^2 Fläche, ca. 40 m NN bis ca. 200 m NN Höhe, 53 km Länge und einer durchschnittlichen Breite von ca. 13 km ist das Becken von Drama die größte tiefliegende Beckenstruktur in den Balkaniden. Geographisch wird es durch ca. 2000 m hohe Gebirgszüge begrenzt, wobei das Phalakron-Massiv im Norden das Becken am höchsten überragt (2232 m NN). Der Menikion-Gebirgszug im Westen (1963 m NN) sowie das Pangaeon-Gebirge im Südwesten (1956 m NN) trennen die Drama-Ebene vom westlichen Strymon/Serres-Becken. Südlich grenzt eine 477 m hohe Schwelle, das Symvolon-Gebirge, das Philippi-Teilbecken vom Ägäischen Meer ab. Die östliche Umrandung ist durch den Lekani-Gebirgszug (1150 m NN) gegeben. Das Einzugsgebiet erstreckt sich über ca. 2200 km^2 und versorgt die Tiefebene über Grundwässer und Wasserläufe der umliegenden Gebirge (Christanis 1983). Der einzige Abfluss erfolgt über den Angitis, der das Drama-Becken im Westen verlässt und in die Struma (Strymónas) mündet.

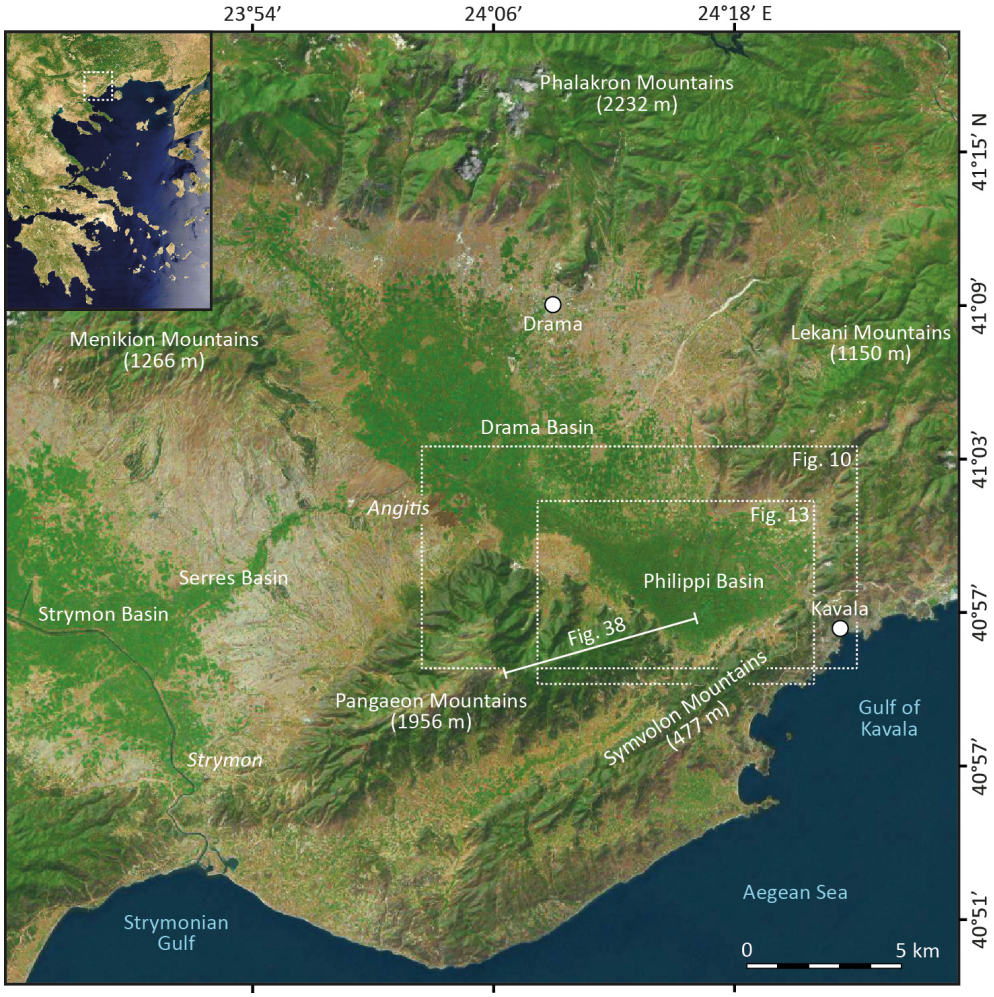


Abb. 9: Satellitenbild des Drama-Beckens und Umgebung (Quelle: Apple Maps). Der gepunktete Kasten im kleinen Übersichtsbild Griechenlands (Quelle: NASA) entspricht dem Ausschnitt der Nahaufnahme. Die gepunkteten Kästen in der Nahaufnahme entsprechen der geologischen Karte des Philippi-Teilbeckens (Abb. 10) und dem Satellitenbild mit den Bohrungen von Tenaghi Philippon (Abb. 12). Die weiße Linie entspricht dem Höhenprofil in Abb. 38.

2.2 Bildung des Archivs

Das Drama-Becken senkte sich in kretazische und eozäne Metasedimente und -basite. Diese überdecken die oberkarbonischen bis permischen Orthogneise des metamorphen Grundgebirgskomplexes der Rhodopen (Sklavounos 1981, Eleftheriadis & Lippolt 1984, Del Moro et al. 1990; Abb. 10). In diesen Komplex intrudierten während des späten Oligozäns bis mittleren Miozäns der „Granodiorit von Symvolon“ sowie der „Granitoid von Philippi“ (Dinter et al. 1995, Tranos 2009). Ab dem Tortonium senkte sich das nordägäische Beckensystem ab (Dinter & Royden 1993, Brun & Sokoutis 2007). Audiomagnetotellurische Tiefensondierungen weisen auf eine Tiefe der Beckenstruktur von ca. 500 m hin (Gurk et al. 2015).

Vor der tektonischen Dehnung vom mittleren Miozän bis ins frühe Pliozän wurde die Region von Drama durch ein fluvioterrestrisches Milieu dominiert (Bornovas & Rondogianni-Tsiambaou 1983, Erki et al. 1984, Dinter & Royden 1993). Die neogenen Sedimente erreichen zusammen mit den quartären Ablagerungen des Drama-Beckens eine Mächtigkeit von ca. 2000 m (Christanis et al. 1998). Im Gelasium und Calabrium wurde das Drama-Becken durch tektonische Bewegungen von den anderen Strukturen im Grabensystem isoliert (Filippidis et al. 1996).

Ab dem Pleistozän verflachte das fluvioterrestrische Milieu und wich zunehmend einem Moorland mit dem Charakter eines Niedermoors (Abb. 10). Daher lagerten sich ab dem Calabrium Torfe, Gyttja und ton- bzw. kalkreiche Sedimente ab (Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976, van der Wiel and Wijmstra 1987a, b, Tzedakis et al. 2006, Pross et al. 2015). Aufgrund stärkerer Inkohlung entsprechen die beckentiefsten Torfabfolgen dem Braunkohlegrad (Teichmüller 1968). Schwemmfächer, die insbesondere während tektonisch aktiver Phasen klastisches Material aus den angrenzenden Gebirgsregionen ins Becken eintrugen, unterbrechen diese lithologische Sequenz und teilen sie in drei Teilabschnitte (Kaouras et al. 1991, Filippidis et al. 1996). Während das Niedermoor im zentralen Drama-Becken nach dem letzten Interglazial (Eem-Warmzeit) verlandete, blieben limnotelmatische Bedingungen im südöstlich gelegenen Teilbecken von Philippi bis ins Holozän bestehen; sie bedecken heute eine Fläche von 150 km^2 (Christanis et al. 1998, Pross et al. 2015). Seit den 1930er Jahren ist die Torfbildung aufgrund anthropogener Entwässerung des Beckens zur landwirtschaftlichen Nutzung unterbrochen (Wijmstra 1969, Christanis 1983).

Bohrkerne aus der Philippi-Torflandschaft dokumentieren Mächtigkeiten limnotelmatischer Sedimente von bis zu 200 m, was einem maximalen Alter von ca. 1,35 Ma entspricht (van der Wiel and Wijmstra 1987b, Tzedakis et al. 2006, Pross et al. 2015). Der Torf nimmt ein Trockenvolumen von ca. 1 Gt ein, sodass Tenaghi Philippon das mächtigste Torfvorkommen der Erde und die größte Lagerstätte fossiler Energieträger des Balkans darstellt (Melidonis 1967, 1981, Christanis 1987).

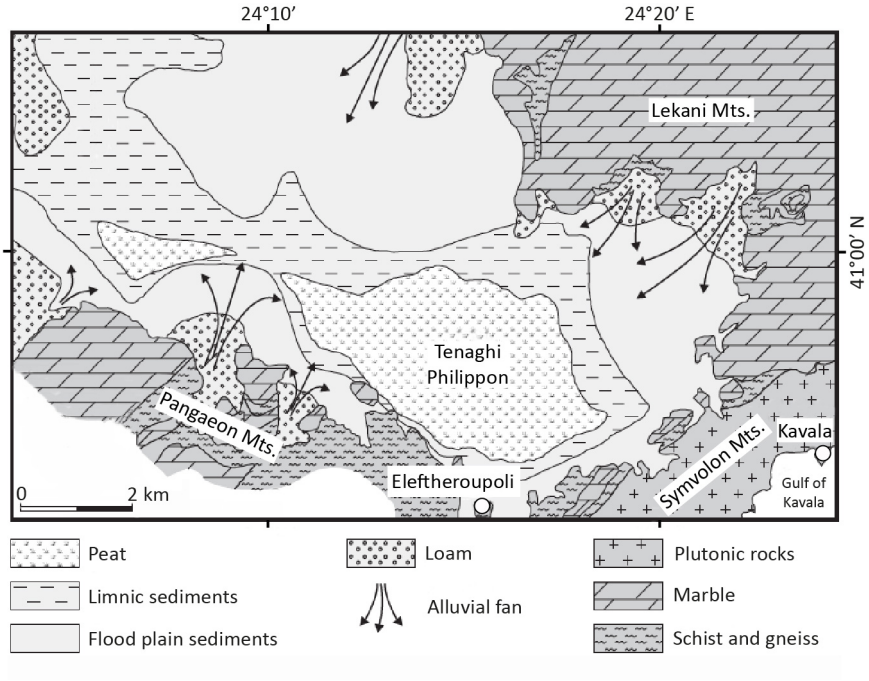


Abb. 10: Vereinfachte geologische Karte des Philippi-Teilbeckens (verändert nach Kalaitzidis & Christanis 2003).

2.3 Lokales Klima

Durch seine Lage im nordöstlichen Mittelmeerraum wird das Lokalklima im Philippi-Teilbecken in höherem Ausmaß durch kontinentales als durch mediterranes Klima beeinflusst. Im Sommer herrschen feuchtere Bedingungen, die zentraleuropäischem Wetter ähneln (Xoplaki et al. 2003). Polare Ausbrüche des Sibirischen Hochs verursachen kalte, trockene und windige Episoden im Winter und werden häufig von Frost begleitet (Saaroni et al. 1996). Zudem erzeugen die hohe Topographie der umliegenden Gebirgszüge katabatische Fallwinde, die ein deutlich kälteres Klima erzeugen. Diese Umstände verursachen im Drama-Becken die niedrigsten Minimumtemperaturen im Vergleich zu anderen griechischen Lokalitäten (Flocas & Angouridakis 1979). Die durchschnittliche Januar-Temperatur liegt bei 5,4 °C, die durchschnittliche Juli-Temperatur bei 25,4 °C. Im Durchschnitt der Jahre 1975 bis 2004 war der September der trockenste (18 mm), der Dezember der feuchteste Monat (55 mm, Pross et al. 2015).

2.4 Heutige Vegetation

Das Philippi-Becken und die angrenzenden Bergketten werden heute durch Weideviehhaltung und Ackerbau stark anthropogen überprägt (Karagiannakidou & Kokkini 1987). Weizen und Tabak stellen die typischen Kulturpflanzen im Becken dar. Olivenbäume sind aufgrund der Lage des Drama-Beckens außerhalb der Grenzen des mediterranen Klimas *sensu stricto* nicht anzutreffen (Turner & Greig 1975). Moorige Tümpel existieren heute nur noch am Rand des Beckens (Wijmstra 1969). Die ursprüngliche Vegetation konnte anhand natürlich-belassener Weiher rekonstruiert werden (Wijmstra 1969): Während *Nymphaea alba* und *Polygonum amphibium* das Sublitoral dominieren, gedeihen telmatische krautige Pflanzen wie *Iris pseudacorus* und *Typha angustifolia* sowie Poaceae (*Phragmites communis*) an der Uferzone. *Alnus, Betula pendula, Populus* und *Salix* wachsen in der

Baumzone weiter außerhalb. Cyperaceae (*Carex* spp., *Cladium mariscus*) sind Hauptbildner des Torfs. Der Nährstoffreichtum verleiht dem Moor den Charakter eines Niedermoors (Christanis 1983).

Die Flora der Gebirgszüge um das Philippi-Becken ist abhängig von der Höhen- und Hanglage. Strauchige Vegetation (*Arbutus unedo, Calicotome villosa, Cistus,* Ericaceae*, Juniperus, Paliurus aculeate, Pistacia terebinthus*) und immergrüne Eichen (*Quercus ilex*) dominieren die niedrigen Höhen und werden ab 300 m NN durch Buschland, bestehend aus *Carpinus orientalis* und *Quercus coccifera*, ergänzt. Ziegenhaltung formte die niedrigen Hangzonen zu einer Macchie (Wijmstra 1969). Erste kleinwüchsige Bäume von *Carpinus orientalis* und *Quercus coccifera* sowie andere Baumtaxa wie *Castanea, Vitis sylvestris* und *Lonicera* bewalden die Gebirgshänge ab 450 m NN. Mit steigender Höhenlage dominieren größere Bäume wie *Acer, Cornus mas, Corylus avellana, Crataegus monogyna, Ostrya carpinifolia* und sommergrüne Eichen (u. a. *Quercus frainetto, Q. petraea, Q. pubescens*). Ab 580 m NN erscheinen mit *Pinus nigra* die ersten Koniferen, gelegentlich vergesellschaftet mit *Abies alba* und *Abies borissii-regis* (Wijmstra 1969, Karagiannakidou & Kokkini 1987). In höheren Hanglagen kommt *Pinus* zunehmend häufiger vor (Wijmstra 1969). Der Waldgrenze bei 1600 m NN folgt eine subalpine und alpine Wiesenlandschaft. *Fagus* existiert zwischen ca. 450 m NN und 1600 m NN, ist allerdings nur in östlich ausgerichteten Wäldern häufig (Karagiannakidou & Kokkini 1987). Im Pangaeon-Gebirgszug und den Rhodopen sind die südlichsten Vorkommen von *Betula pendula* und *Picea abies* des Balkans zu finden (Dafis et al. 1997).

2.5 Forschungsgeschichte

Nachdem das Philippi-Moor in den 1930er Jahren zur landwirtschaftlichen Nutzung entwässert wurde, stieg auch das Interesse der griechischen Regierung an einer kommerziellen Verwendung des Torfs. Das Landwirtschaftsministerium ließ 1946/47 mehrere flache Bohrungen abteufen, um die Qualität des organischen Brennstoffs zu ermitteln (Christanis 1983; Abb. 12). Nach weiteren Bohrungen in den 1960er und frühen 1970er Jahren fiel der Entschluss zum industriellen Abbau des Torfs. Die Pläne scheiterten an den Protesten der regional ansässigen Bauern 1972/73, sodass von diesem Vorhaben bis heute Abstand genommen wurde (Christanis 1983).

2.5.1 Pionierarbeit zur Rekonstruktion langzeitlicher Vegetationsdynamik

Das enorme Potential für paläoklimatische Rekonstruktionen wurde bei einer Bohrung im Jahr 1960 festgestellt, die durch ein niederländisches Unternehmen (Fa. Grontmij Ltd.) im Auftrag der griechischen Regierung durchgeführt und das Problem der Sackung der Torfoberfläche erörtern sollte (van der Hammen et al. 1965, Christanis 1983). Auf der Basis dieser Ergebnisse wurde der 120 m lange Bohrkern Tenaghi Philippon TF II aus dem Zentrum des Teilbeckens abgeteuft (van der Hammen et al. 1965, Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976, van der Wiel & Wijmstra 1987a; Abb. 12). Auch wenn die palynologischen Analysen nur gering aufgelöst sind, zeigen sie eindeutig klimatisch bedingte Vegetationswechsel zwischen Eichenwäldern in Interglazialen und offener Vegetation bzw. Steppe in Glazialen (Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976, van der Wiel & Wijmstra 1987a, Wijmstra et al. 1990). Mitte der 1970er Jahre wurde ein zweiter Kern ca. 1 km westlich der TF II-Bohrstelle abgeteuft (Pross et al. 2015; Abb. 12). Der TF III-Bohrkern reicht 280 m tief, wobei nur die obersten 197,5 m des Beckens torfdominiert sind (van der Wiel & Wijmstra 1987b). Der untere Teil repräsentiert eine tie-

ferliegende lakustrine Einheit bestehend aus Palynomorphen-freien Tonen und Sanden. Die limnotelmatische Fazies wurde von 197,8 m bis 112,8 m in 30-cm-Abständen beprobt, es sei denn größere Schichtlücken, wie sie gehäuft ab 143,30 m auftreten, verhinderten dies. Die palynologischen Ergebnisse spiegeln die gleichen vegetationsdynamischen Veränderungen wider, wie sie schon für den stratigraphisch jüngeren TF II-Kern festgestellt wurden (van der Wiel & Wijmstra 1987b).

Durch ^{14}C-Datierungen am jüngeren Teil des TF II-Kerns (Wijmstra & Smit 1976) und der Feststellung der M/B-Grenze in 134 m Tiefe im TF III-Bohrkern (Wijmstra & Groenhart 1983) konnte ein erster zeitlicher Rahmen für das Tenaghi Philippon-Klimaarchiv gespannt werden. Auf dieser Grundlage wurde Tenaghi Philippon anhand der prozentualen Verhältnisse von Baumpollen (*„arboreal pollen“,* AP) und Pollen krautiger Pflanzen (*„non-arboreal pollen“,* NAP) mit den Sauerstoffisotopendaten des Tiefseekerns V28-239 aus dem östlichen Pazifik (Shackleton & Opdyke 1976) korreliert (Wijmstra & Groenhart 1983). Dadurch konnte der Tenaghi-Philippon-Datensatz erstmals Marinen Isotopenstadien zugeordnet werden (Wijmstra & Groenhart 1983).

Die Vegetation wurde in Tenaghi Philippon während Glazialen von *Artemisia*-Chenopodiaceae-Kältesteppen dominiert. Während Interglazialen expandierten frostsensitive Hartlaubgewächse und niederschlagsabhängige Laubbäume temperierter Zonen (van der Hammen et al. 1965, Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976). Auf dieser Grundlage konnte unter Berücksichtigung der Vegetationsdynamik anderer Klimaarchive ein für den südeuropäischen Raum idealisierter Glazial-Interglazial-Zyklus der Vegetationsstadien rekonstruiert werden (van der Hammen et al. 1971, Wijmstra et al. 1990, Wijmstra & Young 1992, Tzedakis 2007, de Beaulieu et al. 2013; Abb. 11).

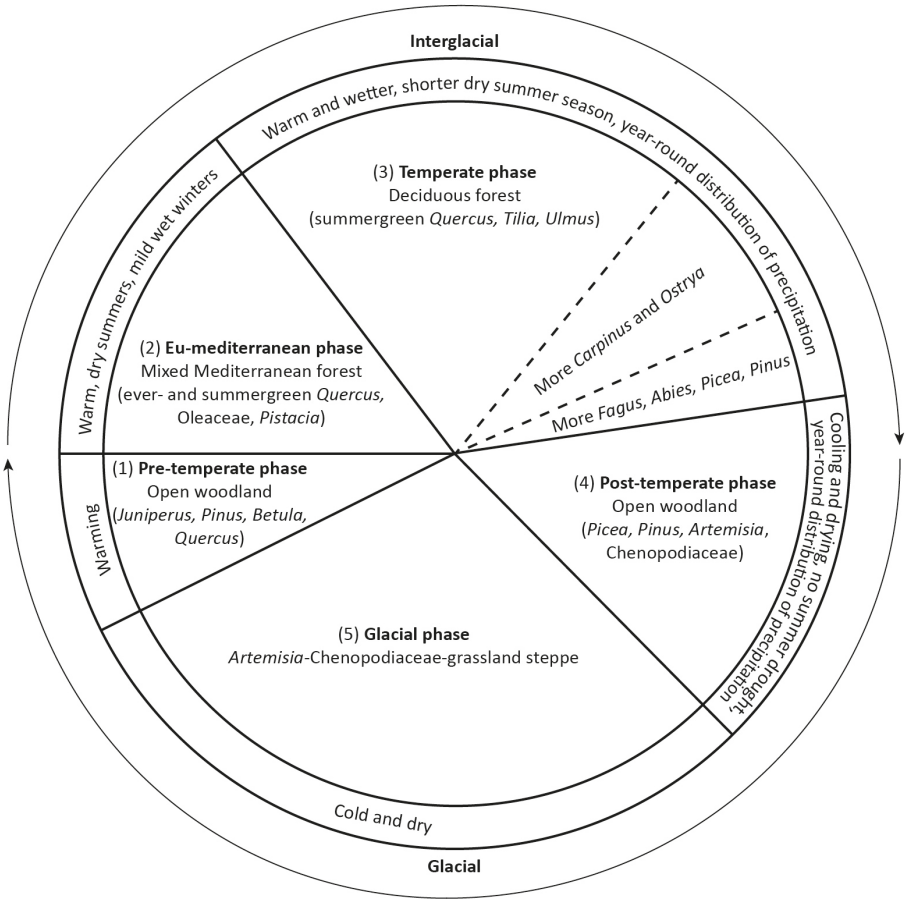


Abb. 11: Idealisierte Vegetationsstadien Südeuropas in einem Glazial-Interglazial-Zyklus des mittleren Pleistozäns. Verändert nach Wijmstra et al. (1990), Wijmstra & Young (1992), de Beaulieu (2006, 2013) und Tzedakis et al. (2007).

Der Pollendatensatz von Tenaghi Philippon wurde um den älteren Teil des TF II-Kerns und um den TF III-Kern vervollständigt (van der Wiel & Wijmstra 1987a, b) und um die Lage des Jaramillo-Subchrons zwischen 210 m und 195 m Tiefe im Kern TF III ergänzt. So konnte das Alter der zusammengefügten Kerne TF II und TF III von ca. 700 ka (Wijmstra & Groenhart 1983) auf ca. 900 ka (van der Wiel & Wijmstra 1987b) erweitert und in einem späteren Schritt auf ca. 975 ka (Mommersteeg et al. 1995) korrigiert werden. Eine astronomische Kalibrierung verbesserte nochmals das Altersmodell, sodass sich der älteste Torf vor ca. 1,35 Ma gebildet haben muss (Tzedakis et al. 2006). Dies macht Tenaghi Philippon neben dem Ohridsee (1,2–1,9 Ma, Sadori et al. 2016, Wagner et al. 2017), Baikalsee (2,5 Ma, Prokopenko et al. 2006), El'gygytgynsee (2,8 Ma, Melles et al. 2012) und dem Chinesischen Lössplateau (3,6 Ma, Sun & An 2005, Sun et al. 2006) zu einem der erdgeschichtlich am weitesten zurückreichenden bisher untersuchten terrestrischen Paläoumwelt-Archive. Neben den Tiefenbohrungen existieren mehrere flachere Bohrungen, die sich mit der Vegetationsdynamik (Greig & Turner 1974, Turner & Greig 1975), der Faziesrekonstruktion und Genese des Niedermoores (Christanis 1983, Christanis et al. 1998) sowie der Spurenelementverteilung (Kalaitzidis & Christanis 2002, Kalaitzidis et al. 2002, Kalaitzidis 2007) im Holozän und Spätglazial von Tenaghi Philippon befasst haben.

2.5.2 Neue Bohrungen für hochauflösende Pollenanalysen

In den 1990er und 2000er Jahren bewiesen paläoklimatische Rekonstruktionen die Existenz kurzzeitiger Klimaschwankungen und ihre Bedeutung für unser Klimasystem (z. B. Heinrich 1988, Dansgaard et al. 1993, Bond et al. 1997, 2001, Allen et al. 1999, EPICA-Projektmitglieder 2006, Brauer et al. 2007a). Dies veranlasste zur Durchführung hochauflösender palynologischer Untersuchungen in Tenaghi Philippon. Weil sich das alte Kernmaterial nicht mehr für weitere Untersuchungen eignete, wurden zwei neue Bohrungen im Philippi-Becken durchgeführt (Pross et al. 2007, 2015). Die erste Bohrung (TP-2005) erschloss im Jahr 2005 die obersten 60 m aus dem Westen der Torflandschaft. Eine zweite Bohrung (TP-2009) erfolgte 4,4 km östlich von TP-2005 im Jahr 2009 und erschloss Sediment aus einer Tiefe zwischen 200 und 50 m (Abb. 12). Das angewendete Bohrverfahren mit einem pneumatischen Hammersystem ermöglichte kontinuierliche Sequenzen ohne Lücken und mit hohen Kerngewinnen von 97,8 % (TP-2005) und 99,0 % (TP-2009, Pross et al. 2015). Die Pollendaten der neuen Bohrkerne beziehen alle Marinen Isotopenstadien bis mindestens MIS 35 ein. Die Korrelation von TP-2005 und TP-2009 basiert bisher auf der Kalibrierung des Verlaufs der Baumpollen-Prozentwerte zu den Marinen Isotopenstadien (Pross et al. 2015).

Hochaufgelöste palynologische Untersuchungen liegen bisher für MIS 9–1 des TP-2005-Kerns vor (Kotthoff 2008, Pross et al. 2009, Müller et al. 2011, Milner et al. 2012, 2013, 2016, Fletcher et al. 2013). Zum Zeitpunkt der vorliegenden Arbeit ist eine detaillierte Pollenanalyse von MIS 12–10 des TP-2009-Kerns in Bearbeitung (Koutsodendris, in Vorbereitung). Die Alterseinstufung der TP-2005-Sedimente erfolgte zunächst anhand von Radiokarbondatierungen und tephrochronologischer Untersuchungen an sichtbaren Vulkanaschen und Kryptotephren zwischen dem Holozän und MIS 4 (Müller et al. 2011, Lowe et al. 2012, Albert et al. 2015, Pross et al. 2015). Daher beruht die Datierung der Sedimente älter als ca. 50 ka bisher auf der Kalibrierung zu Pollenkurven mariner Archive des Iberischen Kontinentalrands (Milner et al. 2012, Fletcher et al. 2013, Pross et al. 2015). Derzeit werden kryptotephrochronologische Untersuchungen für das Zeitintervall MIS 12–1 durchgeführt, die das Altersmodell verbessern und eine detailliertere Korrelation der beiden Kerne TP-2005 und TP-2009 ermöglichen sollen (Vakhrameeva et al., in Vorbereitung, Wulf et al. 2018).

Die vorliegende Arbeit analysiert das Zeitintervall MIS 20–18 im TP-2009-Kern palynologisch, wobei die Untersuchungen durch Analysen von Kryptotephren, Paläomagnetik, Glühverlust und Röntgendiffraktometrie ergänzt wurden (vgl. Kapitel 4).

3 Material und Methoden

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten palynologischen und sedimentologischen Untersuchungen wurden an dem im Jahr 2009 gewonnenen Bohrkern TP-2009 durchgeführt (40°57'39.5''N, 24°16'03.1''E, 40 m NN; Pross et al. 2015; Abb. 12). Die Untersuchungen konzentrieren sich auf das Intervall von 130 m bis 115 m Tiefe, welches annähernd mit einer Zeitspanne von MIS 21b bis MIS 17c äquivalent ist (Kapitel 5.1). Der Schwerpunkt lag auf palynologischen Analysen des Intervalls MIS 18–20 (127,99–117,98 m; Kapitel 3.5), die durch Kryptotephraanalysen (130,00–115,00 m; Kapitel 3.3) und paläomagnetische Messungen (129,90–121,00 m; Kapitel 3.4) für die unabhängige Datierung ergänzt wurden. Des Weiteren wurden Glühverlust- und stichpunktartige Röntgenpulverdiffraktometrieanalysen zur Charakterisierung der Sedimente durchgeführt (Kapitel 3.2). Die Probennahmen fanden an der Arbeitshälfte des Kerns statt.

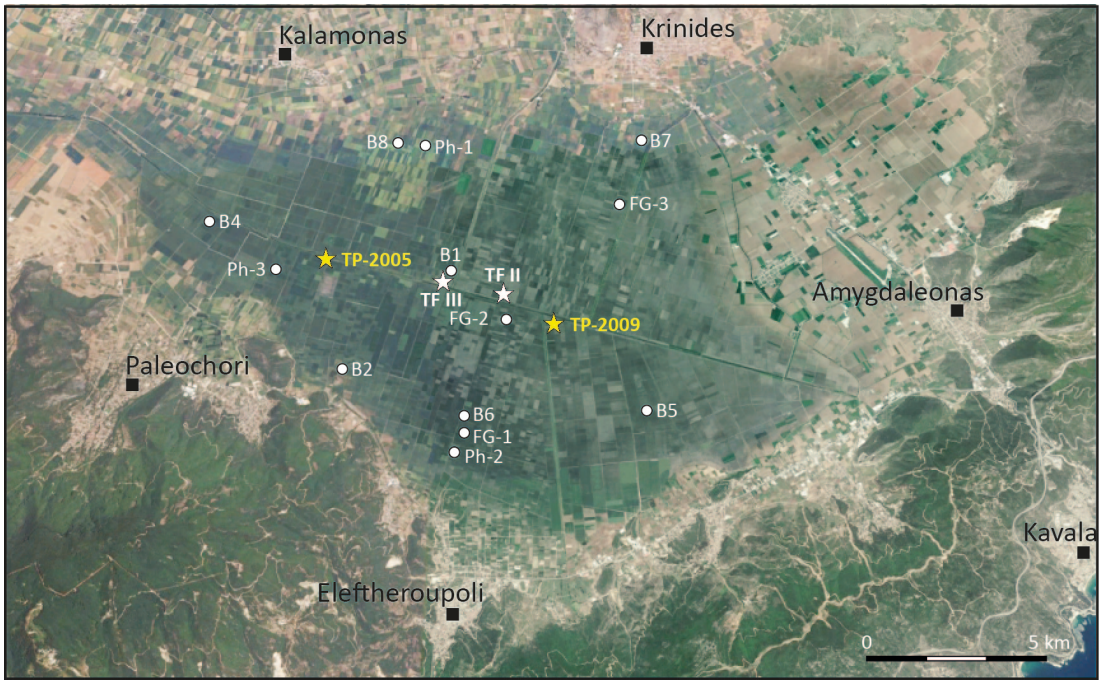


Abb. 12: Satellitenbild des Philippi-Beckens und der Lokalitäten der bisher existierenden Bohrungen (verändert nach Pross et al. 2015). Weiße Punkte markieren Flachbohrungen (bis 12 m) von Christanis (1983) und Kalaitzidis (2007). Weiße Sterne entsprechen den Positionen der TF II- und TF III-Kerne in Wijmstra (1969), Wijmstra & Smit (1976) und van der Wiel & Wijmstra (1987a, b). Gelbe Sterne entsprechen der Bohrlokation von TP-2005 und dem hier bearbeiteten Kern TP-2009 (Pross et al. 2007, 2015).

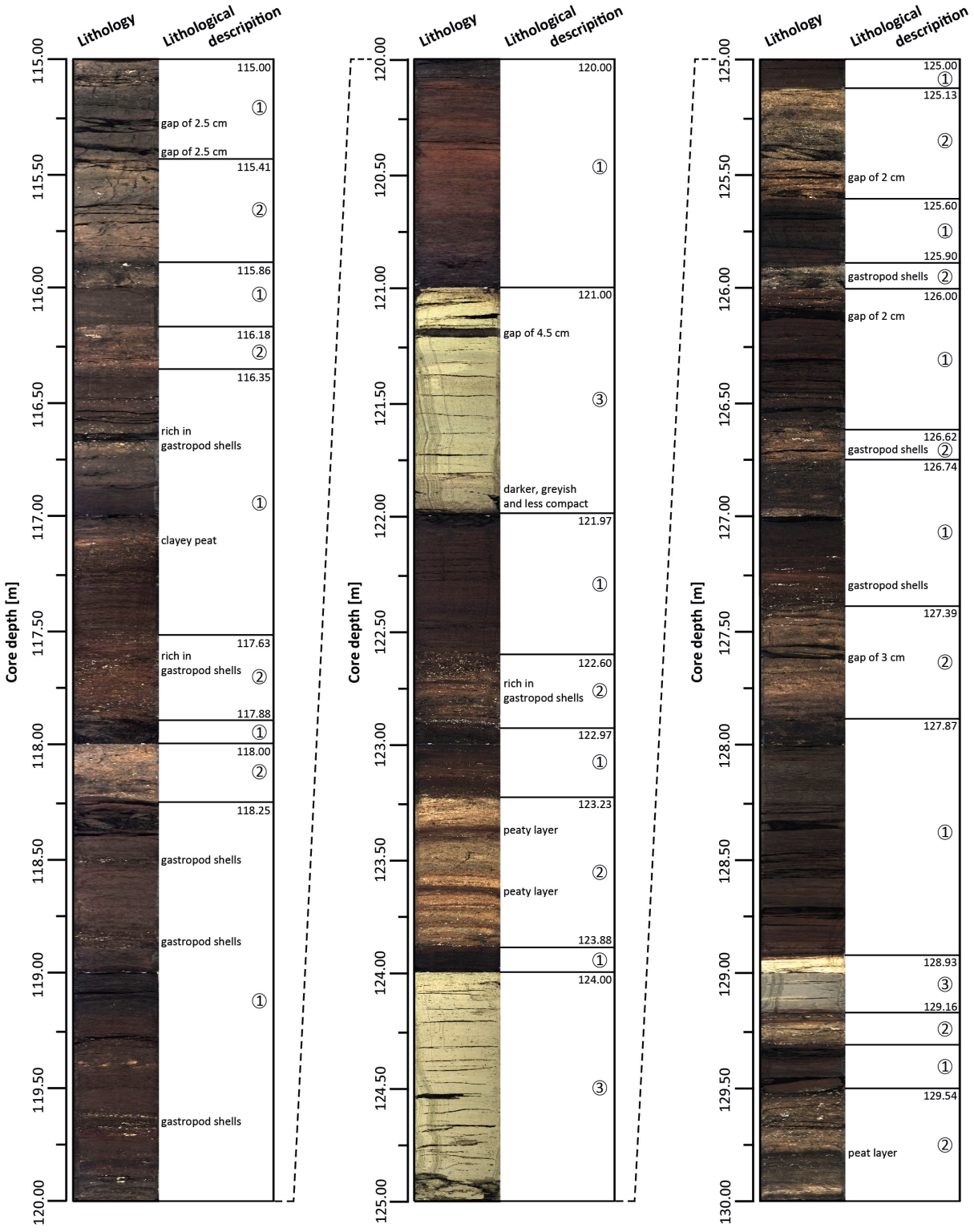


Abb. 13: Lithologie des untersuchten Intervalls von 130 bis 115 m im TP-2009-Kern. Die Kernfotos sind zur besseren Veranschaulichung horizontal gestreckt. Zahlen entsprechen den Lithologien (1) Torf, (2) torfige, organikreiche tonige Sedimente mit grobkörnigen Klastika und (3) Feinkalkmudde.

3.1 Kerngewinn und Lithologie

Der TP-2009-Kern wurde durch die Firma GEOMECHANIK (Wohringen, Deutschland) abgeteuft. Der Bohrflüssigkeit wurden Bentonit, Natriumkarbonat und Carboxymethylcellulose beigemengt (Pross et al. 2015). Der TP-2009-Kern umfasst ca. 150 m limnotelmatische Sedimente (ca. 200 m bis 50 m Tiefe) und zeichnet sich durch einen Kerngewinn von 99,0 % aus (Pross et al. 2015). Die Arbeitshälfte lagert derzeit tiefgekühlt im Senckenberg-Forschungsinstitut Frankfurt. Die Archivhälfte wird im Tiefkühlraum des Instituts für Geowissenschaften der Universität Heidelberg bei ca. -15 °C aufbewahrt.

Das Intervall 130–115 m besteht überwiegend aus dunkelbraunem Torf, in dem sich gelegentlich torfige, organikreiche, ockerfarbene tonige Sedimente mit grobkörnigen Klastika einschalten (Abb. 13). Einzelne Lagen in beiden Sedimenttypen sind reich an Gastropodengehäusen. Drei Abschnitte (129,16–128,93 m, 125,00–124,00 m, 121,97–121,00 m Tiefe) kennzeichnen das Auftreten von gelblich-grüner bis hellgrauer, feinkörniger Kalkmudde. Während die Sedimentwechsel von Torf zu organikreichem Ton fließend sind, sind die Übergänge von Kalkmudde zu den anderen Sedimenttypen scharf begrenzt. Die Sedimente in der Tiefe 130–115 m sind stärker konsolidiert als im oberen (jüngeren) Abschnitt des Kerns. Generell sind jedoch die Festigkeiten des eher porenreichen, schwammartigen Torfs und der Kalkmudde gering. Trocknungsbedingte Schrumpfungslücken treten mit einer Gesamtlänge von 16,5 cm in der untersuchten Sequenz auf (Abb. 13). Demnach entsprechen Tiefenangaben zu den jeweiligen Proben in Kapitel 4 der absoluten Kerntiefe.

3.2 Röntgenpulverdiffraktometrie

Die Röntgenpulverdiffraktometrie (XRD) ermöglicht die Darstellung der in den limnotelmatischen Sedimenten enthaltenen Mineralphasen im Röntgenbeugungsdiagramm (z. B. Kämpfe & Hunger 1983, Moore & Reynolds Jr. 1997). Dieses Diffraktogramm zeichnet die Ergebnisse eines Beugungsexperiments graphisch auf und kann Indizien über die Mineralphasen im Sediment geben (Rügner 2000).

3.2.1 Aufbereitung und Messung der XRD-Proben

Zehn Sedimentproben wurden stichpunktartig aus Intervallen verschiedener klimatischer Gegebenheiten (hohe oder niedrige Baumpollen-Prozentwerte) und Lithologien (Torf, organikreiche tonige Sedimente, Feinkalkmudde) entnommen (Abb. 18). Für eine qualitativ hochwertige XRD-Analyse waren mindestens 1 mg Probe notwendig. Dazu wurden die Proben zunächst gefriergetrocknet und zu einem sehr feinen Pulver (1–10 µm Korngröße) gemörsert. Dieses Korngrößenfenster ist von Bedeutung, da zu grobe Kornverteilungen oder zu feines Material vom Detektor nicht erkannt werden können. Auf maschinelles oder chemisches Zerkleinern wurde verzichtet, weil durch die Erwärmung der Probe oder mögliche chemische Reaktionen die mineralogische Zusammensetzung hätte verändert werden können (Allmann 2003). Die Pulverpräparate wurde glattgestrichen (Fläche = ca. 20 mm^2), ortsfest auf einen bezüglich der Messung reflexarmen Siliziumträger überführt und im parafokussierenden Bragg-Brentano-Diffraktometer Bruker® D8 ADVANCE ECO des Instituts für Geowissenschaften der Universität Heidelberg gemessen. Die Röntgenröhre dieses Diffraktometers basiert auf einer Kupferanode. Ein Detektor des Typs SSD160 registriert den ausfallenden Strahl. Betriebsparameter der durchgeführten XRD-Messungen waren 25 mA Stromstärke und 40 kV Anregungsspannung. Zur

Unterdrückung der Bremsstrahlung und des Kβ-Anteils ist ein Nickelfilter im Diffraktometer implementiert. Die Messung wurde im Winkelbereich des Beugungswinkels 2θ = 5° bis 70° in definierten Schritten abgefahren (Schrittweite = 0,02° in 2θ). Die Divergenzblende wurde auf 0,6 mm Weite eingestellt, während die Sollerblende zur Einschränkung der Divergenz auf 2,5° eingeschränkt wurde. Da es sich bei dem Detektor um einen Mehrliniendetektor handelt, verfügt das Gerät über keine Detektorblende. Diskriminatoren, welche die Impulshöhe begrenzen, wurden auf 0,19 V (unterer) und 0,25 V (oberer) eingestellt. Der Radius des Goniometerkreises betrug 250 mm. Eine Probe wurde für fünf Sekunden pro Schritt mit insgesamt 160 Messpunkten analysiert.

3.2.2 Auswertung der XRD-Messungen

Die Steuerung und Verwaltung des Diffraktionssystems erfolgte über die Software Bruker® DIFFRAC.COMMANDER, während die Auswertung der Diffraktogramme anhand der XRD-Software Bruker® DIFFRAC.EVA vorgenommen wurde. Jede Mineralphase hat charakteristische Zählraten bei einem bestimmten Wert von 2θ. Diese Reflexe wurden mit einer Datenbank, der Reflexliste des International Centre for Diffraction Data (ICDD, 1999. Powder Diffraction File. Data Sets 1-49 plus 70-86 PDF. ICDD, Pennsylvania, USA), abgeglichen und bestimmt. Da es sich hierbei um ein semiquantitatives Verfahren handelt, sind die Zählraten einer Mineralphase äquivalent mit dem relativen Gehalt. Ein höherer Untergrund bei niedrigen 2θ-Werten wurde in DIFFRAC.EVA mit 0,02° Krümmung angepasst, indem Parabeln mit wählbarer Krümmung an das Diagramm herangeschoben wurden.

3.3 Kryptotephrochronologie und Bestimmung des Glühverlusts

Bei einer explosiven Vulkaneruption zutage gefördertes Material lagert sich als Aschelage (Tephra) ab. Tephra setzt sich überwiegend aus vulkanischen Gläsern zusammen und kann sich je nach Distanz zum Ursprungsvulkan und abhängig von den Eigenschaften des Ablagerungsraums als makroskopisch sichtbare Lage akkumulieren oder nur mit vereinzelten Komponenten in Sedimenten auftreten (Kryptotephra; Lowe 2011, Davies 2015). Kryptotephren eignen sich durch die Verlinkung zur vulkanischen Quelle gut zur Datierung und Synchronisation von Sedimentarchiven (Lowe 2011). Letzteres erfolgt entweder über die absolute Datierung der vulkanischen Gläser (z. B. $^{40}Ar/^{39}Ar$-Alter oder ^{14}C-Datierung von angrenzendem Sediment) oder über einen Vergleich des geochemischen Fingerabdrucks einer Kryptotephra mit gut datierten proximalen oder distalen Tephra-Äquivalenten (Davies 2015).

3.3.1 Kryptotephra-Probenaufbereitung und Bestimmung des Glühverlusts

Der kryptotephrochronologische Ansatz wurde in der vorliegenden Arbeit anhand von 160 Sedimentproben aus dem Tiefenbereich 130–115 m (ca. MIS 21b–17c) des TP-2009-Kerns verfolgt. Die Aufbereitung und Analyse der Sedimentproben erfolgte am Institut für Geowissenschaften der Universität Heidelberg. Die Sedimentkerne wurden zunächst kontinuierlich in 10-cm-Intervallen (Blöcke von 10 × 2 × 2 cm) beprobt und das Material auf vulkanische Gläser voruntersucht (Abb. 14). Im Falle des Nachweises von potentiellen vulkanischen Gläsern erfolgte eine Nachbeprobung in 1-cm-

Intervallen, um die genaue Position der Kryptotephra zu bestimmen. In einem ersten Schritt wurden die feuchten Sedimentproben in Porzellantiegeln gewogen, bei 105 °C für 24 Stunden im Trockenschrank getrocknet und das Trockengewicht der Proben bestimmt. Dieses ist für die Ermittlung der Konzentration vulkanischer Gläser im Sediment relevant (Anzahl an vulkanischen Gläsern pro 1 g Trockengewicht). Des Weiteren können aus dem Trockengewicht Aussagen zum Wassergehalt des Sediments gemacht werden (Abb. 18). Nach der Trocknung wurden die Proben in einem Keramikofen bei 550 °C für 4 Stunden verglüht, um organisches Material zu entfernen. Durch Wiegen der verglühten Proben konnten Glühverlustwerte (*„loss on ignition“*, LOI_{550}) bestimmt werden. LOI-Werte bei 550 °C (Abb. 18) sind äquivalent mit dem doppelten Gehalt des gesamten organischen Kohlenstoffs (*„total organic carbon“*, TOC; Dean 1974), da organisches Material für gewöhnlich zu ca. 50 % aus Kohlenstoff und ca. 50 % aus anderen Komponenten besteht (z. B. Wasser, Stickstoff, Schwefel; Heiri et al. 2001, Meyers & Teranes 2001). Der LOI_{550}-Wert ermöglicht somit eine Abschätzung des Gehalts an organischem Material und kann wie folgt aus den Trockengewichten der Proben nach der Trocknung bei 105 °C und Veraschung bei 550 °C berechnet werden (Dean 1974, Heiri et al. 2001; Gleichung 1):

$$(1) \qquad LOI_{550}\,[\%] = \frac{(\text{Trockengewicht 105 °C [g]} - \text{Trockengewicht 550 °C [g]})}{\text{Trockengewicht 105 °C [g]}} * 100$$

Probengewichte, Prozentwerte für Wassergehalt und LOI_{550} sowie Bemerkungen zur Probenaufbereitung können der Probenaufbereitungsliste im Appendix (Kapitel 9.3, Tab. A3) entnommen werden. Das weitere Verfahren zur Aufbereitung der Sedimentproben für die Kryptotephra-Analyse umfasste eine chemische Behandlung. Nach vollständiger Lösung von Karbonaten durch 7,5 %-ige Salzsäure (HCl) wurden die Proben für ca. 15 Stunden in 15 %-igem Wasserstoffperoxid (H_2O_2) belassen. Durch diese Prozedur konnten letzte organische Reste entfernt sowie grobe Sedimentkörner aufgespalten werden. Die Rückstände wurden gesiebt und nur zwei Fraktionen, 20–100 µm und >100 µm Korngröße, zurückbehalten. Die Korngrößenfraktion 20–100 µm wurde anschließend einer Dichtetrennung nach der Methode von Blockley et al. (2005) unterzogen, um die leichteren vulkanischen Gläser (2,0–2,55 g cm^{-3}) von schwereren Mineralen (>2,55 g cm^{-3}) zu separieren. Die Dichtetrennung erfolgte unter Anwendung einer Natriumpolywolframat-Lösung (SPT, 3 $Na_2Wo_4 \cdot 9\ Wo_3 \cdot H_2O$). Nach gründlicher Reinigung wurden beide Schwerefraktionen in flache Plastikprobenschalen überführt und unter einem Durchlichtmikroskop (100-fache Vergrößerung) auf vulkanische Gläser hin untersucht. Vermeintliche Vulkangläser wurden mit einem Einhaarpinsel gepickt und in einen mit Klebeband fixierten Aluminiumring überführt. Nach der Einbettung in Epofix™-Harz wurden die Proben durch Anschleifen und Polieren für die Rasterelektronenmikroskopie (REM) vorbereitet. Unter dem REM werden die Gläser zunächst kartiert und fotografiert, bevor eine vollquantitative geochemische Analyse in der Mikrosonde erfolgt.

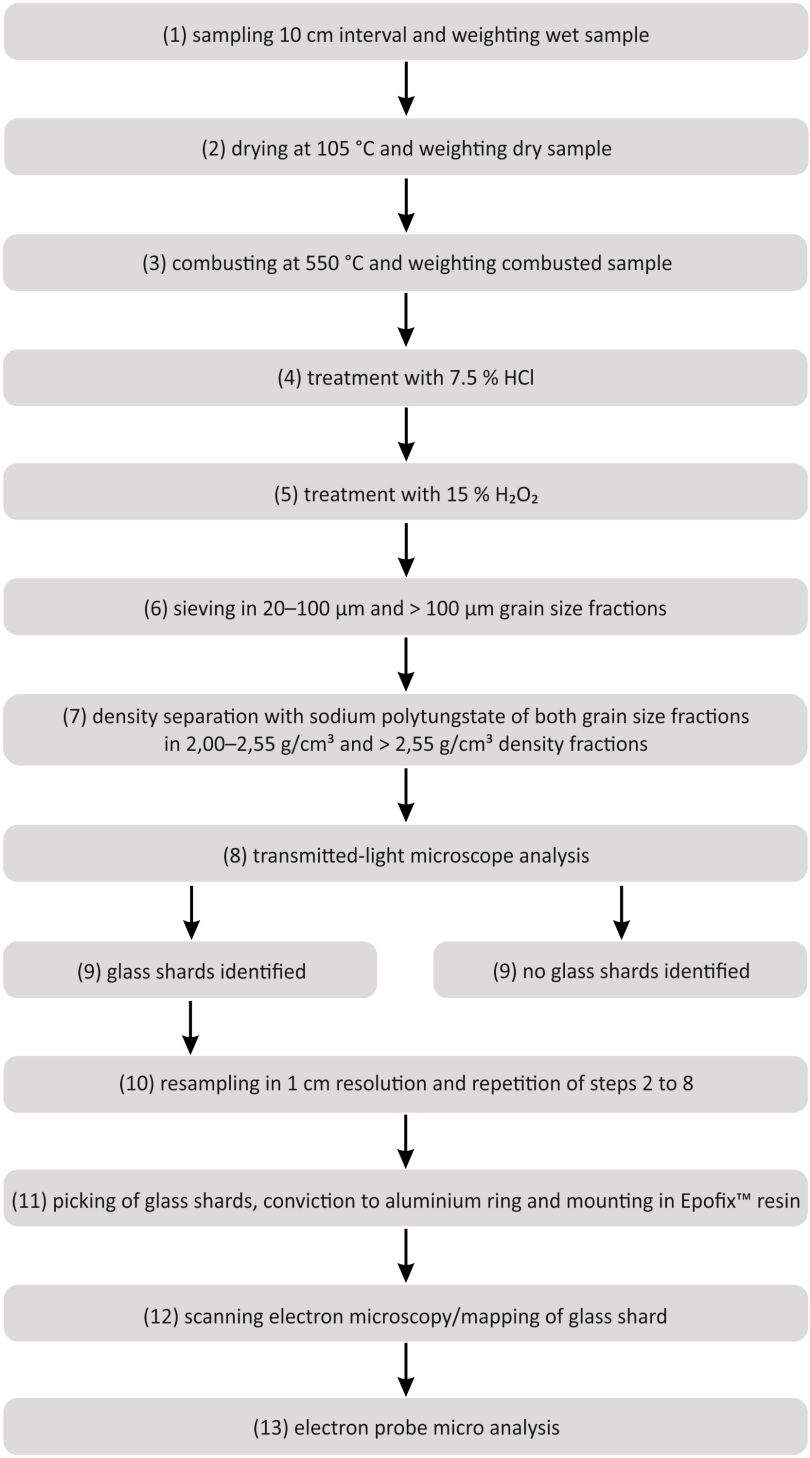


Abb. 14: Flussdiagramm zur Aufbereitung tephrochronologischer Proben.

3.4 Magnetostratigraphie

Eine Rekonstruktion der ursprünglichen, natürlichen Magnetisierung (NRM) von Sedimenten ermittelt paläomagnetische Wechsel in der Intensität und Richtung des Erdmagnetfelds (Opdyke & Channel 1996, Lowrie 2007). Die Polarität des Dipolmagnetfelds der Erde kehrt sich zu unregelmäßigen Zeitpunkten über eine wenige Jahrhunderte andauernde, chaotische Phase der Störung um. Diese Polsprünge sind gute stratigraphische Anzeiger und ermöglichen Aussagen zum absoluten Alter eines Sediments (Opdyke & Channel 1996, Lowrie 2007). Die letzte Hauptumkehr von inverser (Matuyama-Chron) zur heutigen normalen Polarität (Brunhes-Chron), die Matuyama/Brunhes-Umkehr (M/B), fand vor 781 ka während MIS 19 statt (Lourens et al. 2004, Ogg 2012, Pillans & Gibbard 2012).

3.4.1 Probennahme und Messung der Paläomagnetikproben

Sedimentproben aus dem Tiefenintervall 129,90–121,00 m des TP-2009-Kerns wurden in 10-cm-Abständen mit für die Messung im Magnetometer kompatiblen Probendöschen genommen. Zwischen 125,00 m und 121,00 m wurden die Proben stichpunktartig gemessen, sodass insgesamt 61 Proben analysiert wurden. Das Sediment wurde entlang einer mittigen Transversalen entnommen. Die Kernsegmenträndern hätten durch das Bohrverfahren leichte Verschiebungen im Sediment aufweisen können, wodurch die Lage der ferromagnetischen Minerale gestört worden wäre. Darüber hinaus wurde auf Verfahren verzichtet, die die Orientierung der Probe hätte stören können (z. B. Trocknung). Die Richtung und Intensität der NRM der Proben wurde mit einem Magnetometer des Typs 2G Enterprises® DC-4K Modell 755-1.65 UC im Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen ermittelt. Das Magnetometer arbeitet mit einem Pulsröhrenkryokühler ohne flüssiges Helium und mit einem wassergekühlten Kompressor. Gleichstrom-supraleitende Quanteninterferenz-Sensoren (*„direct current superconducting quantum interference device“*, DC-SQUID) ermöglichen hochgenaue Messungen extrem geringer Magnetfeldänderungen und sind durch ein geringes Rauschen des magnetischen Dipolmoments ($<1 \times 10^{-9}$ EMU) gekennzeichnet.

Aufgrund des angewendeten getrennten Messungsmodus wurden die Proben mit Richtung z (mit Top der Probe entgegen z-Richtung; Abb. 15) auf den Tray des Magnetometers platziert. Die Orientierung in diesem entspricht dem kartesischen Koordinatensystem (x-, y-, und z-Komponente) mit x = Norden, y = Osten und z = Unten. In lakustrinen und telmatischen Sedimenten ist grundsätzlich detritischer Magnetit Primärträger der NRM (Stober & Thompson 1977, Turner & Thompson 1979), sodass sich nur anhand der Werte dieses Minerals die ursprüngliche Richtung des Erdmagnetfelds in Tenaghi Philippon rekonstruieren lässt. Wie jedes Sediment enthalten jedoch auch die Sedimente von Tenaghi Philippon remagnetisierte Minerale, die sekundär lange nach der Ablagerung durch Diagenese, Deformation, Hebung oder Verwitterung ihre Lage im Festkörper veränderten (Opdyke & Channel 1996). Durch Wechselfeldentmagnetisierung (*„alternating field* (AF) *demagnetization“*) wurde die Feldstärke in einer Probe schrittweise erhöht (14 Schritte von 4 mT bis 100 mT), sodass ausschließlich die NRM des Magnetits verblieb und die ursprüngliche Richtung des Erdmagnetfelds rekonstruiert werden konnte. Auf die Anwendung von thermischer Entmagnetisierung wurde aufgrund grundsätzlich niedriger Gehalte an Hämatit und Goethit in Torfen verzichtet, die ansonsten aufgrund der hohen Sättigungsmagnetisierung dieser Minerale notwendig gewesen wäre (Stober & Thompson 1977, Turner & Thompson 1979).

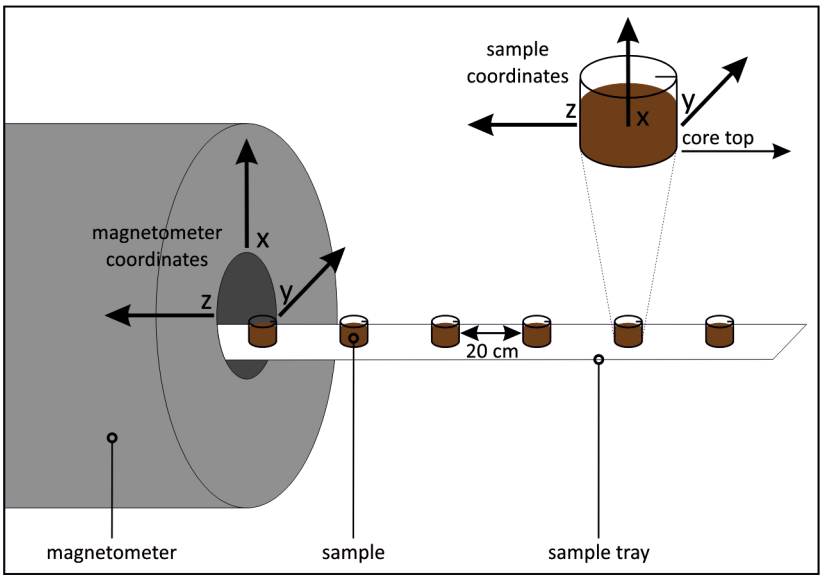


Abb. 15: Idealisierte Darstellung der Beladung des Probenträgers im Magnetometer. Die Proben werden im getrennten Messungsmodus mit Richtung z (stratigraphisches „Unten" fährt zuerst ins Magnetometer) in 20-cm-Abständen auf dem Probenträger befestigt. Dies unterscheidet diese schrittweise Messmethode für Einzelproben zum fortlaufenden Messungsverfahren, in welchem ein ganzes Kernsegment mit Richtung -z (stratigraphisches „Oben" fährt zuerst ins Magnetometer) kontinuierlich gemessen wird.

3.4.2 Auswertung der paläomagnetischen Messungen

Während die eigentliche Messung mit der Software 2G Long Core V3.4 vorgenommen wurde, fand die Auswertung mit dem Programm Agico Remasoft 3.0 statt. Die Werte wurden in der Lambert'schen Azimutalprojektion dargestellt, ein in der Paläomagnetik üblicherweise verwendetes Stereogramm, das visuelle Verzerrungen in den Streuungen von Richtungen verhindert. Die schrittweise Entmagnetisierung wurde im Vektor-Entmagnetisierungsdiagramm (orthogonale Projektion) nach Zijderveld (1967) wiedergegeben (Abb. 16).

Die Daten wurden zur Auswertung der Magnetit-Signale einer Hauptkomponentenanalyse (*„principal component analysis"*, PCA) unterzogen. Eine PCA ist ein multivariates Verfahren, das der Strukturierung der Datensätze dient (Kirschvink 1980). Durch die Auswahl einer Linearkombination, die Hauptkomponente, wird eine Näherung der Variablen ermöglicht. In der hier durchgeführten PCA wurden aus den NRM-Entmagnetisierungsdaten fünf Schritte von 10 mT bis 30 mT ausgewählt und daraus die charakteristische Remanentmagnetisierung (ChRM) definiert. Dieser Wertebereich entspricht der Entmagnetisierung des weichmagnetischen Minerals Magnetit, der als primärer Signalträger in lakustrinen Milieus gilt (Stober & Thompson 1977, Turner & Thompson 1979). Hartmagnetische Komponenten wie Hämatit wurden zum einen sekundär gebildet, sodass sie nicht die ursprüngliche natürliche Magnetisierung des Sediments wiedergeben. Zum anderen sind sie in Torfen und lakustrinen Sedimenten in nur sehr geringem Maß vorhanden, sodass andere ferromagnetische Komponenten als Magnetit in der Auswertung der Daten nicht weiter berücksichtigt werden müssen (Stober & Thompson 1977, Turner & Thompson 1979). Aus diesem Grund fand in der Auswertung keine Beachtung des Ursprungs im Vektor-Entmagnetisierungsdiagramm statt, und auf die Verankerung zum Ursprung oder zum letzten Schrittpunkt wurde verzichtet (Kirschvink 1980).

Für die paläomagnetische Auswertung ist ausschließlich die Inklination (Winkel, unter dem der magnetische Vektor unter die Horizontale einfällt; Lowrie 2007) von Bedeutung. Eine positive Inklination

spricht für normale (hier Brunhes-Chron), eine negative für inverse Polarität (hier Matuyama-Chron). Die Deklination (Winkel zwischen dem magnetischen und dem geographischen Meridian) konnte nicht ermittelt werden, da die geomagnetischen Kardinalspunkte des Kerns unbekannt sind. Die maximale Winkelabweichung (*„maximal angular deviation“*, MAD) repräsentiert die Größe des Messfehlers. Werte <10 % wurden als qualitativ hochwertig und Werte >20 % als minderwertig beurteilt. Große Messfehler liegen in der schwachen maximalen Intensität des Magnetfelds der Probe begründet. Des Weiteren wurden nur Proben gewertet, die durch eine klare ChRM-Inklination im Zijderveld-Diagramm sowie einen typischen, mit steigenden Entmagnetisierungsschritten abflachenden Kurvenverlauf der Entmagnetisierung charakterisiert wurden (Abb. 16). Die Werte der NRM, ChRM-Inklination und MAD (Tab. A4) sowie die einzelnen Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramme der Proben (Abb. A13) werden im Kapitel 9.4 dargestellt.

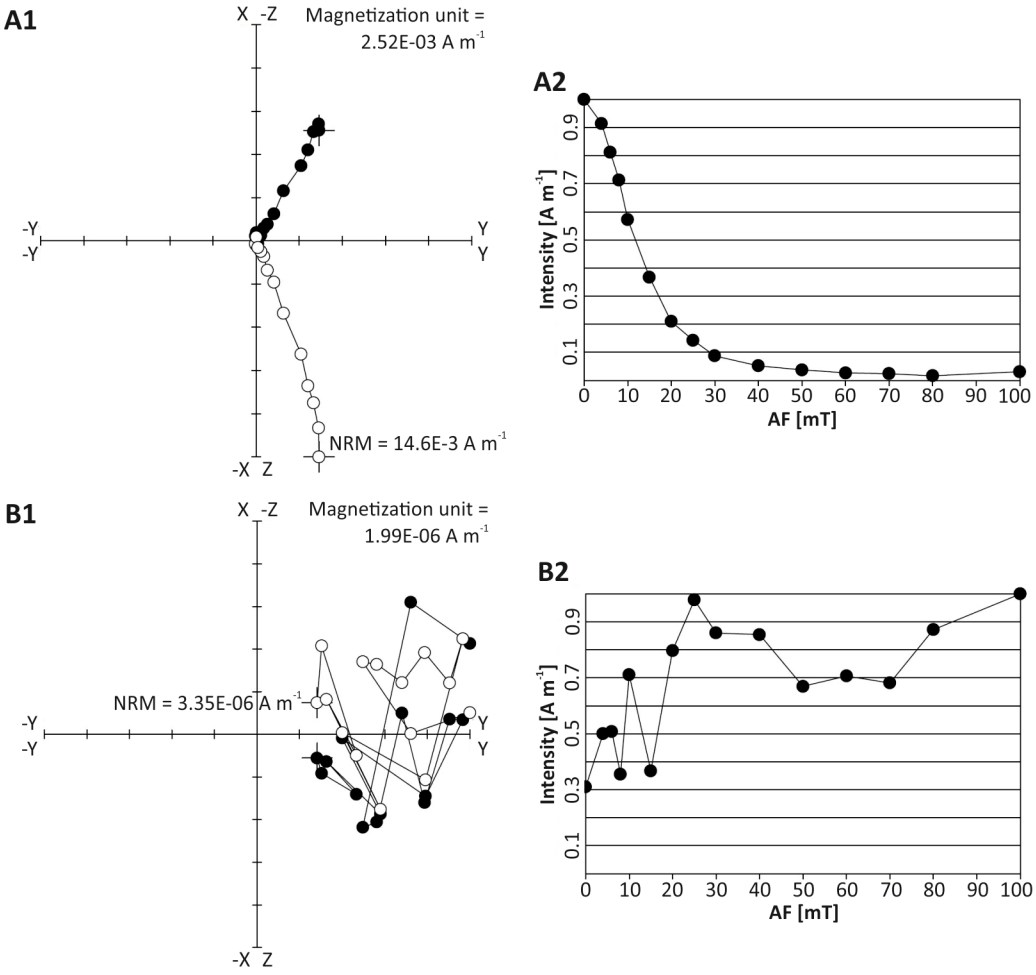


Abb. 16: Vergleich der Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramme zwischen den Proben (A) 124,30 m und (B) 127,90 m. A1, B1: Darstellung der Werte im Zijderveld-Entmagnetisierungsdiagramm. Punkte projizieren Endpunkte des Magnetisierungsvektors (gefüllt = Projektion auf der horizontalen Fläche, leer = Projektion auf der vertikalen Fläche). X = Norden, Y = Osten und Z = Unten im mathematischen Rechtssystem. A2, B2: Abnahme der Intensität (Y-Achse) des Wechselfelds (X-Achse). Während sich das Zijderveld-Diagramm der Probe 124,30 m eindeutig als positive Inklination (A1) bei einem typisch abflachenden Kurvenverlauf der schrittweisen Entmagnetisierung (A2) interpretieren lässt, können die Diagramme der Probe 127,90 m aufgrund chaotisch anmutender Kurvenverläufe der Inklination (B1) und Entmagnetisierungsschritte (B2) nicht zur Rekonstruktion der Polarität gewertet werden.

3.5 Palynologie

In der palynologischen Analyse werden Pollen und andere Palynomorphe taxonomisch kategorisiert und statistisch erfasst. Sie ermöglicht Aussagen über die Zusammensetzung einer Pflanzenpopulation, aus der sich sowohl die Paläoökologie eines Ablagerungsraums als auch das überregionale Paläoklima rekonstruieren lassen. Diese Methode kann angewendet werden, weil Palynomorphe (1) morphologisch charakteristisch für eine taxonomische Gruppe sind, (2) in großen Mengen produziert und insbesondere Pollen über große Distanzen transportiert werden, (3) fossil gut erhaltungsfähig sind und (4) die natürliche Vegetation zum Zeitpunkt der Ablagerung reflektieren (z. B. Bradley 2015).

3.5.1 Aufbereitung der palynologischen Proben

Das Intervall 127,99–116,50 m des TP-2009-Kerns wurde palynologisch bearbeitet, wobei in der vorliegenden Arbeit nur das Intervall 127,99–117,98 m diskutiert wird (MIS 20c bis MIS 18a). Insgesamt wurden 297 Proben in 4 cm Auflösung oder, in Phasen abrupter vegetationsdynamischer Wechsel, in 2 cm Auflösung analysiert. Dies entspricht einer fünf- bis 15-fachen Erhöhung der Auflösung gegenüber Untersuchungen im äquivalenten Intervall des TF-III-Kerns (van der Wiel & Wijmstra 1987b) und eine um 12,5- bis 25-fach höhere Auflösung im Vergleich zur Übersichtsstudie des TP-2009-Kerns von Pross et al. (2015). Basierend auf dem in Kapitel 5.1.3.2 diskutierten Altersmodell entspricht dies einer durchschnittlichen Auflösung von 313 Jahren (Minimum: 145 Jahre, Maximum: 922 Jahre).

Die Probenaufbereitung wurde nach konventionellen Methoden (Eisele et al. 1994) in der Fachgruppe Allgemeine Botanik am Institut für Botanik der Universität Hohenheim durchgeführt. Ungefähr 1–3 cm^3 Sediment wurden zunächst mit zwei *Lycopodium*-Sporen-Tabletten als Standard versetzt (Stockmarr 1971, 1973) und bis zur vollständigen Lösung von Karbonaten mit 10 %-iger Salzsäure (HCl) behandelt. War kein Karbonat in den Proben vorhanden, wurden zunächst nur die *Lycpodium*-Sporen-Tabletten in HCl aufgelöst und ausgewaschen, bevor sie zur Probe gegeben wurden. Anschließend wurden die Proben in 10 %-iger Natronlauge (NaOH) in einem Porzellantiegel langsam erhitzt, bis alle Huminsäuren entfernt waren und eine homogene Suspension vorlag (Abb. 17). Diese wurde zunächst durch ein Metallsieb (0,5 mm Maschenweite) gesiebt und mit einem Glasstab auf den Anteil an Klastika geprüft. Fiel diese „Knirsch-Probe“ positiv aus, wurde die Suspension im Zuge der Schweretrennung im Verhältnis 1:1 mit SPT versetzt (Dichte eingestellt auf 2,05 g cm^{-3}). Die leichtere, an schweren Mineralen arme Fraktion wurde mit 40–45 %-iger Flusssäure (HF) für ca. 15 Stunden von minerogenen Bestandteilen befreit. Der verbliebene organische Rückstand wurde für weitere ca. 15 Stunden mit 98 %-iger Essigsäure (Eisessig, $C_2H_4O_2$) ausgewaschen und für die Acetolyse vorbereitet. Mit einem tropfenweise zugegebenen Acetolysegemisch (9 Teile Essigsäureanhydrid, $C_4H_6O_3$, auf 1 Teil konzentrierte Schwefelsäure, H_2SO_4) wurden die organischen Komponenten voneinander getrennt und anschließend erneut mit Essigsäure ausgewaschen. Daran angeschlossen wurden die Proben mit Mikrosieben (Gaze mit 7 µm Maschenweite) im Ultraschallbad gesiebt. Die palynologischen Proben wurden mit Glyzerin konserviert und lagern in Probenröhrchen am Institut für Geowissenschaften der Universität Heidelberg.

Die Zählung der Palynomorphen wurde mit einem Carl Zeiss® Axio Scope.A1-Durchlichtmikroskop unter 400-facher Vergrößerung durchgeführt. Ein Objektiv mit 200-facher Vergrößerung wurden zum Überblicken sowie Objektive mit 630- und 1000-facher Vergrößerung für detailliertere Betrachtungen von Palynomorphen genutzt. Aufgrund der Verwendung von Ölimmersionsobjektiven, unter de-

nen sich die Pollenkörner bei Verwendung von Glyzerin ansonsten chaotisch im Objektträger bewegt hätten, wurde das Probenmaterial in handelsüblicher Glyzerin-Gelatine auf Objektträgern eingebettet. Weil sich diese Glyzerin-Gelatine aufgrund des hohen Wasseranteils nicht für die ständige Aufbewahrung der Pollenkörner eignet (S. Liner, pers. Mitt.), wurden keine Dauerpräparate im eigentlichen Sinne erstellt. Fotografien von Palynomorphen wurden mit einer Carl Zeiss® Axiocam 105-Digitalkamera und der Software Carl Zeiss® ZEN 2 lite durchgeführt.

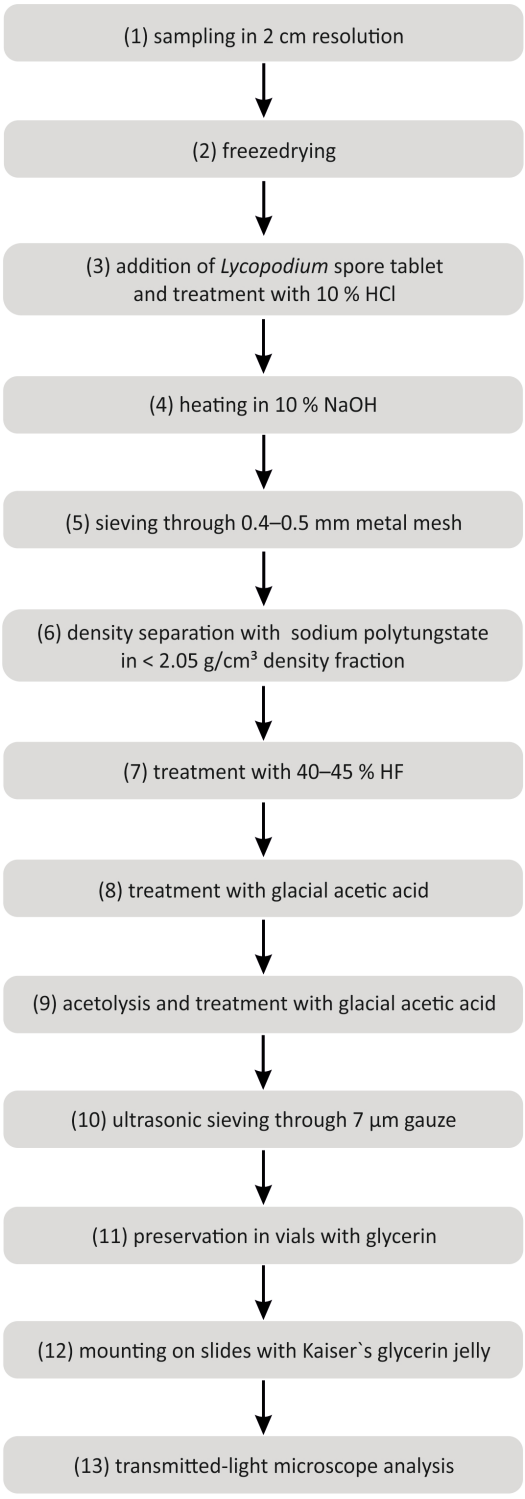


Abb. 17: Flussdiagramm zur Aufbereitung palynologischer Proben.

3.5.2 Auswertung der palynologischen Proben

Die palynologische Analyse basierte auf der Zählung der Palynomorphen. Die Bestimmung der Pollen erfolgte nach Reille (1999), Chester & Raine (2001) und Beug (2004), diejenige der Sporen nach Reille (1999). Die Algen wurden nach van Geel (1978), van Geel & van der Hammen (1978) und Komárek & Jankovská (2001) sowie die Ascomycota nach van Geel & Aptroot (2006) bestimmt. Die Pollen-Taxa wurden ihrer Morphologie entsprechend in Arten, Gattungen, Familien oder Typen (z. B. *Quercus ilex*-Typ beinhaltet die Arten *Q. ilex* und *Q. coccifera*) nach Beug (2004) klassifiziert. Zur Rekonstruktion des überregionalen Paläoklimas, der Vegetationsdynamik und der Paläoökologie im Becken wurden diese morphologischen Taxa in Gruppen gleicher ökologischer Rahmenbedingungen (*„plant functional type“*, PFT; Prentice et al. 1992a, 1996) zusammengefasst und anschließend über das Verhältnis zu anderen Gruppen oder zur Gesamtzahl der Palynomorphen prozentual oder logarithmisch dargestellt.

Für die Erfassung überregionaler klimatischer Veränderungen sind Gruppen entscheidend, dessen Palynomorphe überwiegend von den Bergketten außerhalb in das Philippi-Becken eingetragen wurden (z. B. Wijmstra 1969). In erster Linie entsprechen diese Gruppen von Wind eingetragene Pollen baumartiger (*„arboreal pollen“*, AP) und krautig wachsender Pflanzen (*„non-arboreal pollen“*, NAP; vgl. Kapitel 2.4). Mindestens 300 Pollenkörner dieser beiden Gruppen wurden pro Probe gezählt, um eine qualitativ hochwertige Rekonstruktion der Vegetationsdynamik zu gewährleisten (Maher Jr. 1981).

Innerhalb der AP und NAP wurden weitere Pollenvergesellschaftungstypen unterschieden, die Taxa mit ähnlichen klimatischen Ansprüchen umfassen. Zu diesen Gruppen zählen temperate Baumtaxa (*Acer, Buxus, Carpinus, Celtis, Cornus, Corylus, Fagus, Fraxinus, Hedera, Ostrya, Pterocarya, Quercus cerris*-Typ, *Quercus robur/pubescens*-Typ*, Rhamnus, Taxus, Tilia, Ulmus, Zelkova*), mediterrane Taxa (*Quercus ilex*-Typ, *Phillyrea, Pistacia*) und Taxa einer Kältesteppe (*Artemisia*, Chenopodiaceae).

Die Prozentwerte sommergrüner Eichen beinhalten Vertreter der *Quercus cerris*- und *Quercus robur/pubescens*-Typen, jedoch nicht die Werte des immergrünen *Quercus ilex*-Typs. Der *Quercus cerris*-Typ umfasst ebenfalls immergrüne Arten (Beug 2004, Cavender-Bares et al. 2005), sie lassen sich jedoch aufgrund fließender morphologischer Übergänge nicht von den Pollen sommergrüner Arten des *Quercus cerris*-Typs unterscheiden. Aus den gleichen Gründen wurde *Zelkova* im *Ulmus*-Typ belassen. Einige quadratische Exemplare >35 µm Größe sollten nach Beug (2004) zu *Zelkova* gestellt werden; bei diesen Pollenkörnern kann es sich allerdings auch um größere Varianten von *Ulmus* handeln. Der *Carpinus orientalis/Ostrya carpinifolia*-Typ wurde aufgrund gleicher ökologischer Anforderungen zusammen mit *Carpinus betulus* in der Gattung *Carpinus* zusammengefasst. Nicht genauer zu bestimmende Pollenkörner der Gruppe krautiger Pflanzen wurden in den Varia NAP zusammengefasst.

Autochthone Elemente wurden aus der gezählten Mindestmenge der Pollen ausgeschlossen, da sie nicht nur durch klimatische Veränderungen, sondern vor allem durch lokale ökologische Gegebenheiten im Niedermoor von Tenaghi Philippon geprägt werden (z. B. Nährstoffangebot, Wasserstand). Unter den Spermatophyten betrifft dies Cyperaceae, die Hauptbildner des Torfs sind (Christanis 1983) und aquatische Pflanzen. Poaceae werden ebenfalls ausgeschlossen, da sich Pollenkörner von im Becken wachsenden Arten morphologisch nicht von außerhalb ins Becken eingetragenen Pollen unterscheiden lassen. Weiterhin zählen Sporen von Bryophyten und Pteridophyten, Coenobien und

Zygosporen von Algen sowie Ascosporen der Ascomycota zu den im Becken gebildeten Palynomorphen.

Die Sporenpflanzen wurden bis auf einige Gattungen in monolete und trilete Sporen aufgeteilt. Die Algen-Taxa verteilen sich auf die Gattungen *Botryococcus, Coelastrum* und *Pediastrum* sowie auf die Familie der Zygnemataceae. Innerhalb von *Pediastrum* wurden unterschiedliche Arten differenziert. Da *Pediastrum* kein monophyletisches Taxon darstellt (Buchheim et al. 2005), wurden diese Arten unter ihren aktuellen Gattungsnamen aufgeführt (*Monactinus simplex*, *Pediastrum duplex*-Typ, *Pseudopediastrum boryanum*-Typ, *Pseudopediastrum kawraiskyi*). Wird im Folgenden von der Gesamtheit dieser Arten ausgegangen, findet jedoch weiterhin der Gattungsname *Pediastrum* Anwendung, da dieser in noch vielen vegetationsdynamischen Untersuchungen Anwendung findet (z. B. Weckström et al. 2010, Turner et al. 2014). In den Ascosporen wurde auf die Differenzierung verschiedener Typen verzichtet. Die Prozentwerte der aquatischen Pollen und non-Pollen-Palynomorphen wurden anhand der Summe aller terrestrischen Pollen berechnet. Weiterhin wurden unbestimmbare, schlecht erhaltene Pollenkörner in der Gruppe der Indeterminata zusammengefasst und ebenfalls von der Kalkulation zur Paläoklimarekonstruktion ausgeschlossen.

Ferner lassen sich die Vegetationsgruppen in Indizes ausdrücken, an denen sich Veränderungen in den klimatischen Gegebenheiten messen lassen. Der Index der Waldzusammensetzung (*„index of arboreal composition“*, I_{AC}; Gleichung 2) basiert auf dem Vergleich der Prozentwerte wärmeliebender zu kältetoleranter Baumtaxa (Fletcher et al. 2013).

$$(2) \qquad I_{AC} = \frac{(\text{Temperate Baumtaxa [\%]} + \text{Mediterrane Taxa [\%]})}{(\textit{Betula}\ [\%] + \textit{Picea}\ [\%] + \textit{Pinus}\ [\%])}$$

Der semiquantitative Index der Aridität (I_{AR}; Gleichung 3) vergleicht die Taxa der Kältesteppe (*Artemisia* und Chenopodiaceae) mit einer Poaceae-dominierten Form der Steppe, welche ein höheres Bodenfeuchtigkeitsangebot zur Expansion benötigt. Werte >5 zeigen sehr aride Bedingungen an, während Werte <5 weniger trockene Bedingungen repräsentieren (Fowell et al. 2003).

$$(3) \qquad I_{AR} = \frac{(\textit{Artemisia}\ [\%] + \text{Chenopodiaceae [\%]})}{\text{Poaceae [\%]}}$$

Die Rate der Veränderung identifiziert abrupte Variabilität (Matyasovszky 2011). Abrupte Expansionen und Rückgänge von Wäldern können in der Rate der Waldveränderung (*„rate of forest change*“, ROFC; Gleichung 4, 5) dargestellt werden. In der ROFC entsprechen AP-Prozentwertveränderungen von 10–20 % Ratenveränderungen zweiter Ordnung, während AP-Prozentanstiege oder -rückgänge mehr als 20 % Ratenveränderungen erster Ordnung entsprechen (Fletcher et al. 2013, Milner et al. 2016). Ersteres ist äquivalent mit Wertebereichen von 250–500 % m^{-1} und -250 – -500 % m^{-1} in der $ROFC_{Depth}$ sowie 50–100 % ka^{-1} und -50 – -100 % ka^{-1} in der $ROFC_{Age}$. Events erster Ordnung entsprechen Werten >500 % m^{-1} oder <-500 % m^{-1} in der $ROFC_{Depth}$ sowie >100 % ka^{-1} und <-100 % ka^{-1} in der $ROFC_{Age}$.

$$(4) \qquad ROFC_{Depth}\ [\%\ m^{-1}] = \frac{\text{Differenz AP [\%]}}{\text{Differenz zum Tiefen-Mittelwert [m]}}$$

$$(5) \qquad ROFC_{Age}\ [\%\ m^{-1}] = \frac{\text{Differenz AP [\%]}}{\text{Differenz zum Alters-Mittelwert [ka]}}$$

Durch den Index der lokalen Wassertiefe (I_{WD}) lässt sich über das Verhältnis der lokal wachsenden, lakustrinen Vegetation der Stehgewässer im Becken und der das Ufer- und die Moorlandschaft bewohnenden Flora der Wasserstand im Becken rekonstruieren (Gleichung 6; Fletcher et al. 2013).

$$(6) \qquad I_{WD} = \frac{(\textit{Myriophyllum}\ [\%] + \textit{Nymphaea}\ [\%] + \textit{Ranunculus acris}\text{-Typ}\ [\%])}{(\text{Cyperaceae}\ [\%] + \textit{Sparganium}\ [\%] + \textit{Typha latifolia}\text{-Typ}\ [\%])}$$

Für die Erstellung der beiden Parameter Ariditätsindex und Index der lokalen Wassertiefe wurde eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchgeführt. Die PCA gruppiert die Prozentwerte von Pollentaxa anhand ihrer Information über Veränderungen ihrer Umwelt in Komponenten (z. B. Hammer & Harper 2006). Diese Komponenten geben jeweils einen bestimmten ökologischen Faktor wieder. In der PCA wurden alle NAP-Gruppen – Cyperaceae und Poaceae eingeschlossen – sowie die lokal vorkommenden aquatischen Spermatophyten berücksichtigt. Innerhalb der NAP wurden ausgewählte Taxa in Übergruppen zusammengefasst, sodass die PCA insgesamt 58 Pollengruppen einbezog (Tab. A7).

Weiterhin wurde jede Probe mit zwei standardisierten *Lycopodium*-Sporen-Tabletten versetzt (Universität Lund, Fertigungsnummer 483216 mit 18.583 ± 1.708 *Lycopodium*-Sporen pro Tablette sowie Fertigungsnummer 1031 mit 20.848 ± 1.546 *Lycopodium*-Sporen pro Tablette). Die *Lycopodium*-Sporen wurden mitgezählt und dienen als Standard zur Schätzung von Pollenkonzentrationen, die wie folgt berechnet werden (Gleichung 7; Stockmarr 1971, 1973):

$$(7) \qquad \text{Pollenkonzentration [Anzahl g}^{-1}\text{]} = \frac{\left(\left(\frac{\text{Anzahl Pollenkörner}}{\text{Anzahl } \textit{Lycopodium}\text{-Sporen Probe}}\right) * \text{Anzahl } \textit{Lycopodium}\text{-Sporen in Tabletten}\right)}{\text{Trockengewicht Probe [g]}}$$

3.6 Identifikation von Klimazyklen

Zur Feststellung zyklischer Klimaschwankungen in Tenaghi Philippon wurden die Pollengruppen einer Spektralanalyse unterzogen. Dazu wurden die einzelnen Taxa über ein Intervall von 800,52 ka bis 741,92 ka und mit einer der Auflösung entsprechenden Schrittweite von 0,313 kyr mit dem Programm AnalySeries (Paillard et al. 1996) stückweise linear interpoliert. Mit der Software PAST3 (Hammer et al. 2001) wurden die Daten zunächst trendbereinigt und anschließend mit dem implementierten Softwarepaket REDFIT die Spektralanalyse durchgeführt (Schulz & Mudelsee 2002). REDFIT testet die Signifikanz eines Signalmaximums anhand einer Monte-Carlo-Simulation im Spektrum einer Zeitreihe mit ungleichen Abständen. Diese Methodik berücksichtigt den „*red noise background*“, ein Hintergrundrauschen in paläoklimatischen Daten (Schulz & Mudelsee 2002). Die REDFIT-Analyse wurde mit dem Welch-Fenster ausgeführt. Die Konfidenzintervalle der Monte-Carlo-Simulation liegen bei 80 %, 90 % und 95 %. Mit der Software R und dem dafür entwickelten Softwarepaket Astrochron (Meyers 2014) wurde ein Taner-Bandpassfilter über die definierten Spektralmaxima gelegt. Dieser lässt nur Signale eines Frequenzbands passieren und ermittelt auf diese Weise signifikante strukturelle Variationen.

4 Ergebnisse

4.1 Lithofazies

4.1.1 Sedimenttypen

Im untersuchten Kernabschnitt zwischen 130,00 m und 115,00 m treten drei Sedimenttypen auf – Torf, organikreicher Ton und Kalkmudde (Kapitel 3.1). Der dunkelbraune, feine Torf dominiert in der untersuchten Abfolge, wird jedoch in einigen Intervallen durch die beiden anderen Sedimenttypen unterbrochen. Mit fließenden Übergängen zum Torf schalten sich in 128,93–125,00 m, 124,00–121,97 m und 118,25–115,00 m Tiefe ockerfarbene und organikreiche tonige Sedimente mit grobkörnigen Klastika ein (Abb. 13, 18).

Die gelblich-grünen bis hellgrauen Kalkmuddesequenzen treten in 129,16–128,93 m, 125,00–124,00 m, 121,97–121,00 m Tiefe auf. Schichtgrenzen zwischen diesem Sediment und Torf sind deutlich. Der hohe Anteil an kalkigem Material in der Kalkmudde wird durch die Röntgenfeinstrukturanalyse belegt (Kapitel 4.1.3, Abb. 20, 21). Da organische Reste sehr fein (<0,6 mm) sowie grober, nur schwach zersetzter Detritus abwesend ist, entspricht das Sediment einer Feinkalkmudde (Meier-Uhlherr et al. 2015).

4.1.2 Wassergehalt und Glühverlust

Aus den Trocknungsprozessen der Probenaufbereitung für die Tephraanalyse ergeben sich die Wasser- und Organikgehalte (Glühverlust, LOI_{550}). Schwankungen im Wassergehalt und Glühverlust stimmen mit lithologischen Wechseln überein, sodass die Kurven beider Proxies synchron verlaufen (Abb. 18). Die Torf- und organikreichen Tonsedimente sind mit durchschnittlich 68 % bzw. 61 % am stärksten wassergesättigt, während die Feinkalkmudde nur einen Wassergehalt von durchschnittlich 39 % aufweist. Fluktuationen im Wassergehalt innerhalb der Lithologien sind gering.

Die höchsten LOI_{550}-Werte von bis zu 89 % erreicht Torf (durchschnittlich 56 %). Organikreiche Tonsedimente und Feinkalkmudde enthalten mit durchschnittlich 24 % und 10 % deutlich weniger organisches Material. Die Werte in Intervallen organikreicher Tonsedimente und Feinkalkmudden schwanken nur geringfügig. Demgegenüber treten in den Torfsequenzen Fluktuationen in Höhe von 28 % bis 54 % auf (128,40–128,00 m, 127,00–126,60 m, 120,00–119,90 m, 115,40–115,00 m), die nicht mit lithologischen Wechseln zusammenhängen.

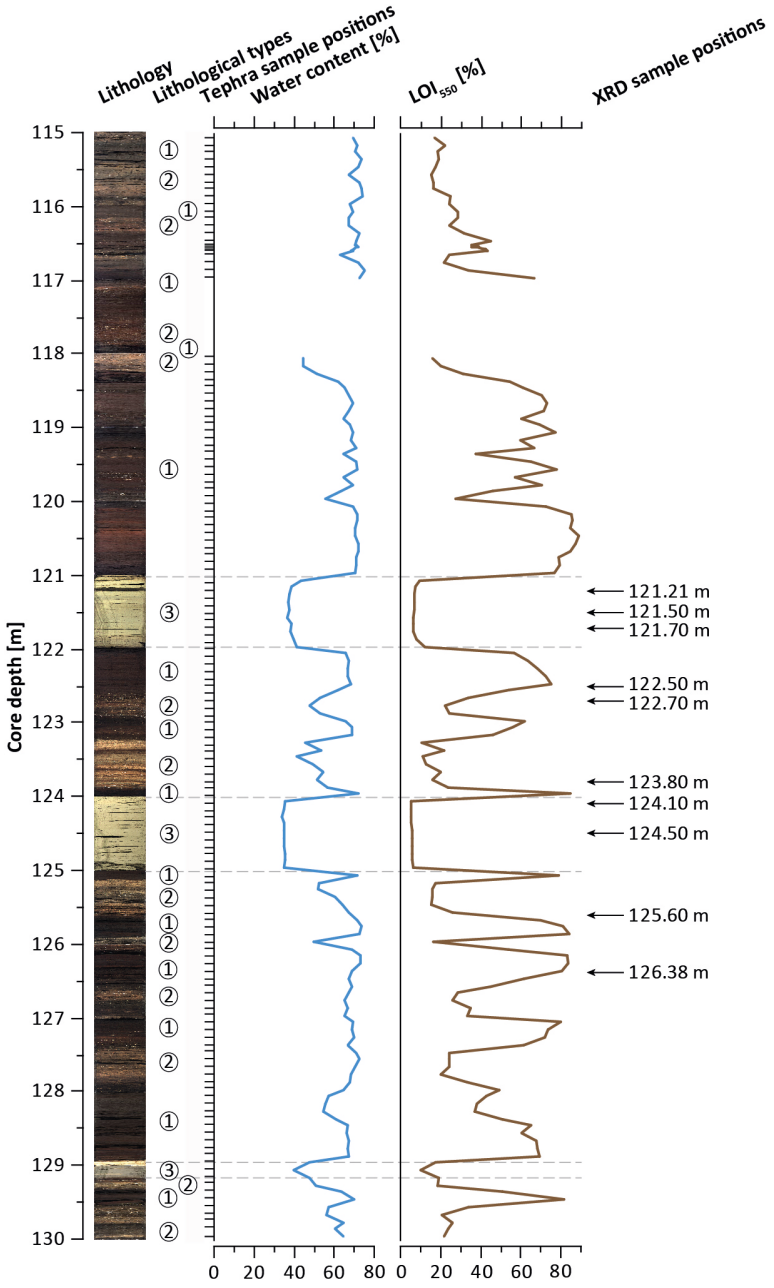


Abb. 18: Lithologie, Wassergehalt und Anteil an organischem Material (Glühverlustwerte, LOI_{550}) des Tiefenintervalls 130–115 m des TP-2009-Kerns. Die Kernfotos sind zur besseren Veranschaulichung der Lithologie horizontal gestreckt. In der rechten Spalte werden die Probenpositionen der XRD-Analyse dargestellt. Zahlen der Sedimenttypen entsprechen den Lithologien (1) Torf, (2) torfige, organikreiche tonige Sedimente mit grobkörnigen Klastika und (3) Feinkalkmudde. Gestrichelte horizontale Linien markieren die Grenzen der Feinkalkmudde.

4.1.3 Röntgenpulverdiffraktometrie

Alle zehn untersuchten Stichproben (Abb. 18) zeichnen sich in der Röntgenfeinstrukturanalyse durch hohe Zählraten von Quarz und Kalzit aus. Weitere enthaltene Mineralphasen sind Anorthit, Aragonit, Chlorit, Gips, Goethit, Illit, Kaolinit, Lepidokrokit, Muskovit und Pyrit (Tab. A2, Abb. 19, 20, A1–A12). Die Torfproben werden im Vergleich zur Feinkalkmudde von einem deutlich stärkeren statistischen Rauschen charakterisiert. Dieses wird durch einen höheren Untergrund bei niedrigen 2θ deutlich, der entsprechend angepasst wurde (Kapitel 3.2.2).

Die Gehalte der Mineralphasen lassen sich entsprechend ihres Anteils an Baumpollen oder ihrer Lithologie kategorisieren. Proben mit einem geringen Anteil an Baumpollen von weniger als 11 % (121,21 m, 121,50 m, 121,70 m) sowie Probe 122,50 m mit einem intermediären AP-Prozentwert von 35 % werden von höheren Gehalten der Tonminerale Chlorit, Illit, Kaolinit und Muskovit geprägt (Abb. 19). Proben mit hohen AP-Prozentwerten höher als 69 % (124,10 m, 124,50 m, 125,60 m, 126,38 m) sowie Probe 122,70 m mit einem intermediären AP-Wert von 42 % weisen deutlich geringere Gehalte in den Mineralphasen Chlorit, Illit, Kaolinit und Muskovit auf (Abb. 19). Mit Ausnahme von Probe 126,38 m tritt auch Gips nur in Proben niedriger AP-Prozentwerte als Reflex auf (121,21 m, 121,50 m, 123,80 m). Unter den Eisenhydroxiden erreicht ausschließlich Goethit in Proben mit niedrigem Anteil an Baumpollen (121,21 m, 121,50 m, 121,70 m) höhere Gehalte. Lepidokrokit tritt in zwei Proben auf (122,50 m, 124,50 m), welche sich weder anhand ihres Baumpollenanteils noch anhand ihrer Lithologie einordnen lassen.

Bezüglich der Lithologie lassen sich nur die Kalzitreflexe gruppieren. Proben aus den Feinkalkmudde-Intervallen (121,21 m, 121,50 m, 121,70 m, 124,10 m, 124,50 m) haben hohe Kalzit-Gehalte, während organikreiche tonige Sedimente und Torfe durch geringe bis nicht nachweisbare Kalzit-Gehalte charakterisiert werden (Abb. 20). Quarz ist in allen Sedimenttypen und unabhängig vom Baumpollenanteil gleichermaßen häufig.

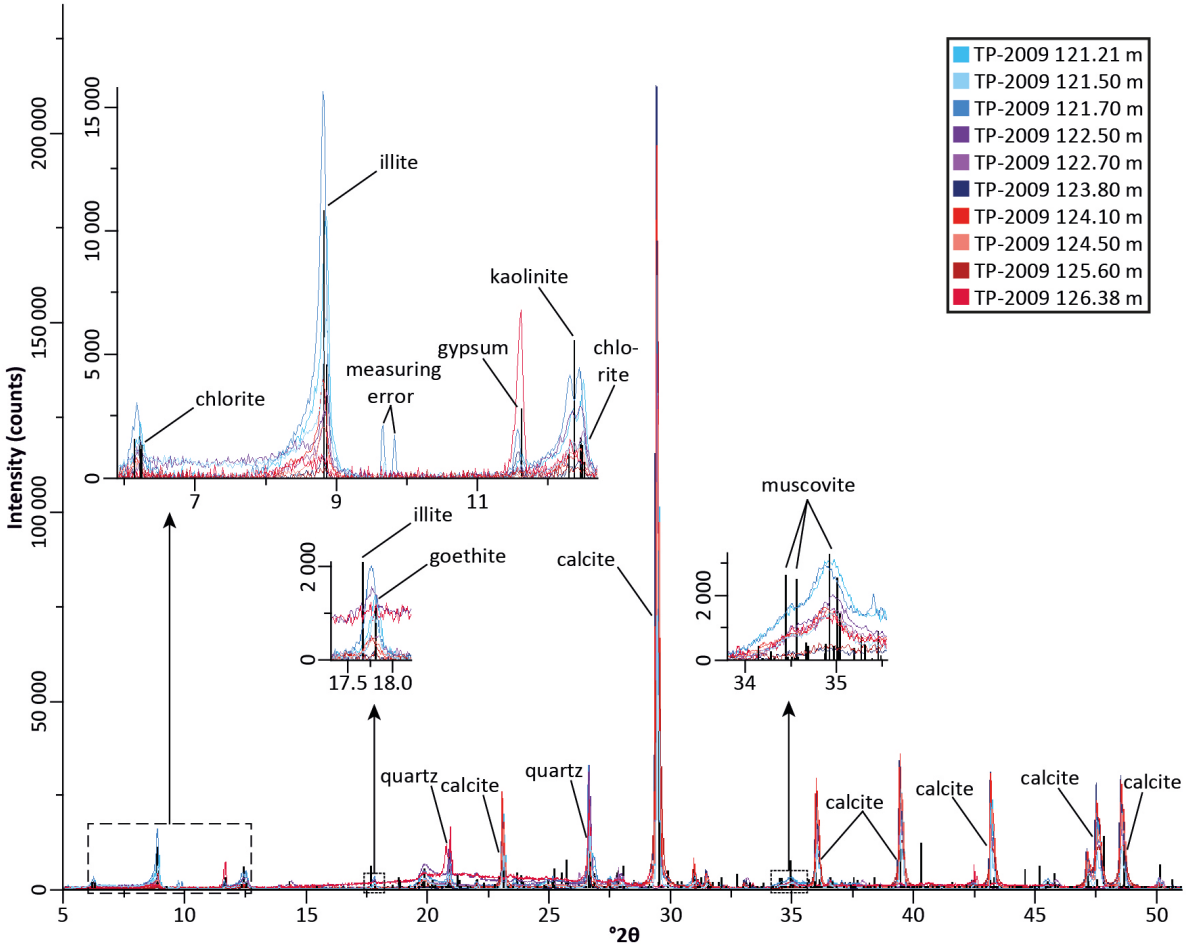


Abb. 19: Diffraktogramm der zehn untersuchten Proben, farblich gekennzeichnet anhand ihres Prozentanteils an Baumpollen: blau = <11 % AP, violett = 26–43 % AP, rot = >69 % AP. Für größere Darstellungen der jeweiligen Zählraten siehe Appendix (Kapitel 9.2, Abb. A1-12).

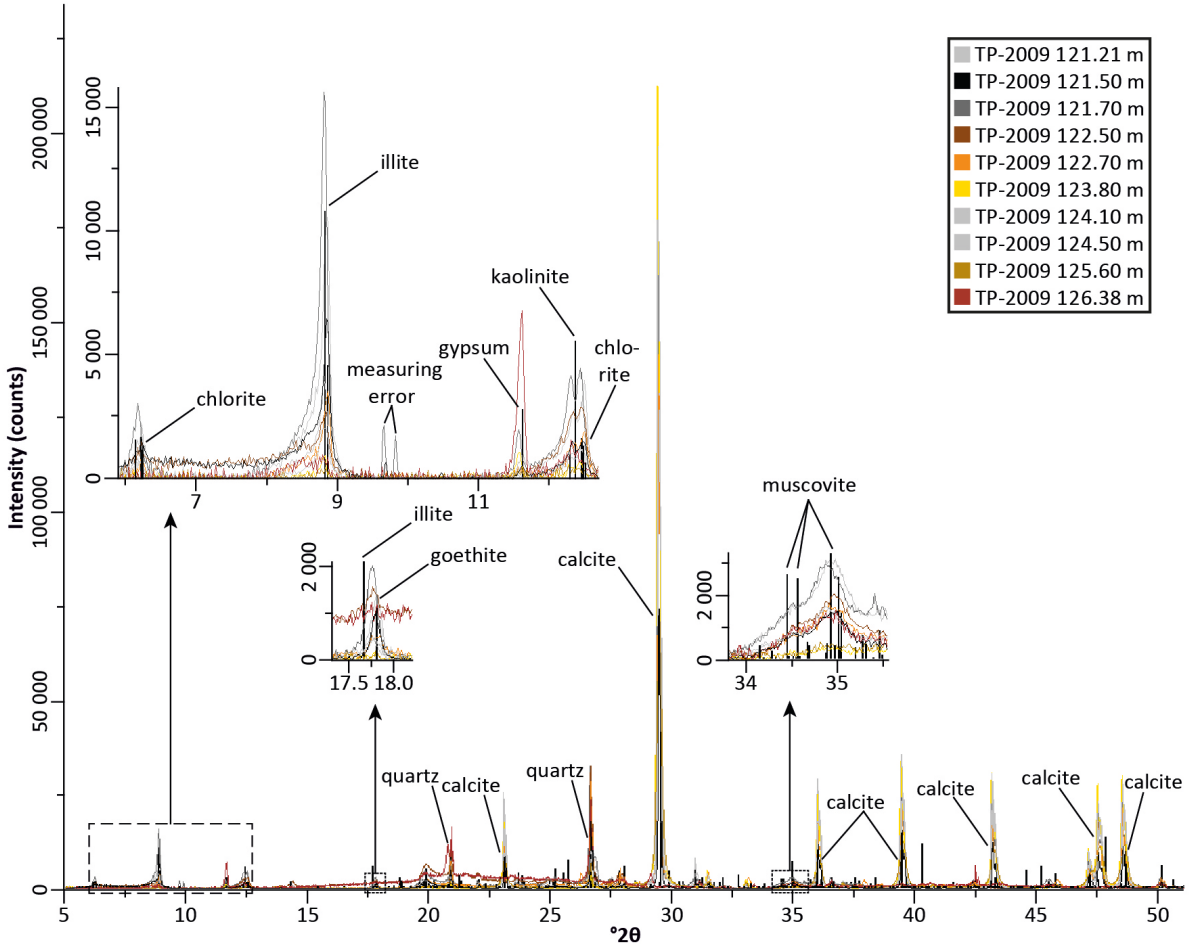


Abb. 20: Diffraktogramm der zehn untersuchten Proben, farblich gekennzeichnet anhand ihrer Lithologie: Grautöne = Feinkalkmudde, gelb und orange = organikreiche tonige Sedimente, Brauntöne = Torf. Für größere bildliche Auflösungen der jeweiligen Zählraten siehe Appendix (Kapitel 9.2, Abb. A1-12).

4.2 Kryptotephrochronologie

Aus dem Tiefenintervall 130–115 m konnten nur vereinzelt ein bis zwei potenzielle Tephragläser pro Probe identifiziert werden (Tab. A3). Potenzielle Tephragläser bezeichnen an dieser Stelle Fragmente, die sich durch eine abgeflachte oder bimssteinartige Morphologie auszeichnen, häufig blasen- oder gangartige Gaseinschlüsse aufweisen und sich unter polarisiertem Licht durch ihre Isotropie charakterisieren lassen (Lowe 2011). Die meisten Tephraglas-Kandidaten bestanden aus biogen gebildetem silikatischem Material (S. Wulf, pers. Mitt.). Nur ein potenzielles Glas im Probenintervall 116,60–116,50 m war vermutlich vulkanischen Ursprungs (Abb. 21), ging jedoch im Rasterelektronenmikroskop verloren und konnte keiner geochemischen Messung unterzogen werden. Eine Nachbeprobung dieses Intervalls in 1 cm Auflösung ergab keine weiteren vulkanischen Gläser.



Abb. 21: Potenzielles Tephraglas aus dem Tiefenintervall 116,60–116,50 m des TP-2009-Kerns.

4.3 Magnetostratigraphie

Alle untersuchten Proben aus dem Tiefenintervall 129,90–121,00 m zeichnen sich durch geringe NRM (9,8 × 10^{-6} mT bis 14,6 × 10^{-3} mT) infolge einer schwachen Suszeptibilität aus. Auch wenn Proben mit einem Magnitudensignal von ≥1 × 10^{-7} mT noch ausgewertet werden können, stellt dies die Aussagekraft der Daten in Frage (E. Appel, pers. Mitt.). Aus diesem Grund gelten im Folgenden nur Proben mit einer Intensität von mindestens 100 × 10^{-6} mT, einer geringen MAD sowie niedrigvariabler Vektor-Entmagnetisierungsdiagramme (Kapitel 3.4.3, Abb. 22, A13) als statistisch ausschlaggebend. Von diesen stellen wiederum nur Proben mit einer NRM größer als 1,2 × 10^{-3} A m^{-1} bzw. mit einer sehr geringen MAD geringer als 10° gesicherte Anzeiger der Polarität dar (Abb. 23). Proben aus der Feinkalkmudde weisen eine deutlich höhere NRM als die Torfproben auf und ermöglichen daher bessere Messergebnisse (Abb. 23).

Im unteren Teil der untersuchten Sequenz charakterisieren diese aussagekräftigen Proben in den Tiefenintervallen 129,90–129,60 m und 129,52–129,00 m eine negative ChRM-Inklination von -68° bis -36° und zwischen 129,60 m und 129,52 m eine positive ChRM-Inklination von 17° bis 61° (Tab. A4, Abb. 22, 23). Von 128,90 m bis 121,21 m folgen mit Ausnahme einer Probe in 127,40 m Tiefe ausschließlich positive Werte der ChRM-Inklination. Ab 128,30 m geht die ChRM-Inklination der Proben hoher NRM und niedriger MAD (NRM >1,2 × 10^{-3} A m^{-1}, MAD <10°) zu einem intermediären Winkel von 7° über und steigt auf niedrigvariable positive Werte zwischen 48° und 72°. Proben mit niedrigerer NRM und höherer MAD zeigen eine positive ChRM-Inklination mit deutlich größerem Varianzbereich an (0,6°–61,5°). Dieser liegt in der geringen Suszeptibilität der Proben begründet. Zahlreiche Proben wurden nicht berücksichtigt, da ihre NRM unterhalb von 100 × 10^{-6} A m^{-1} sowie ihre MAD oberhalb von 20° liegen (Tab. A4, Abb. A13). Dennoch deutet ab 128,97 m ein Großteil dieser Proben ebenfalls eine positive ChRM-Inklination von durchschnittlich 64° an (Abb. 23).

Negative ChRM-Inklinationen repräsentieren inverse Polarität, während positive ChRM-Inklinationen normaler Polarität entsprechen. Daher wird das Tiefenintervall 129,90–129,00 m durch inverse Polarität gekennzeichnet und durch einen Ausschlag normaler Polarität zwischen 129,60 m und 129,52 m unterbrochen. Ab 128,90 m dominiert normale Polarität, sodass ein paläomagnetischer Wechsel zwischen 129,00 m und 128,90 m vorliegt (Abb. 23).

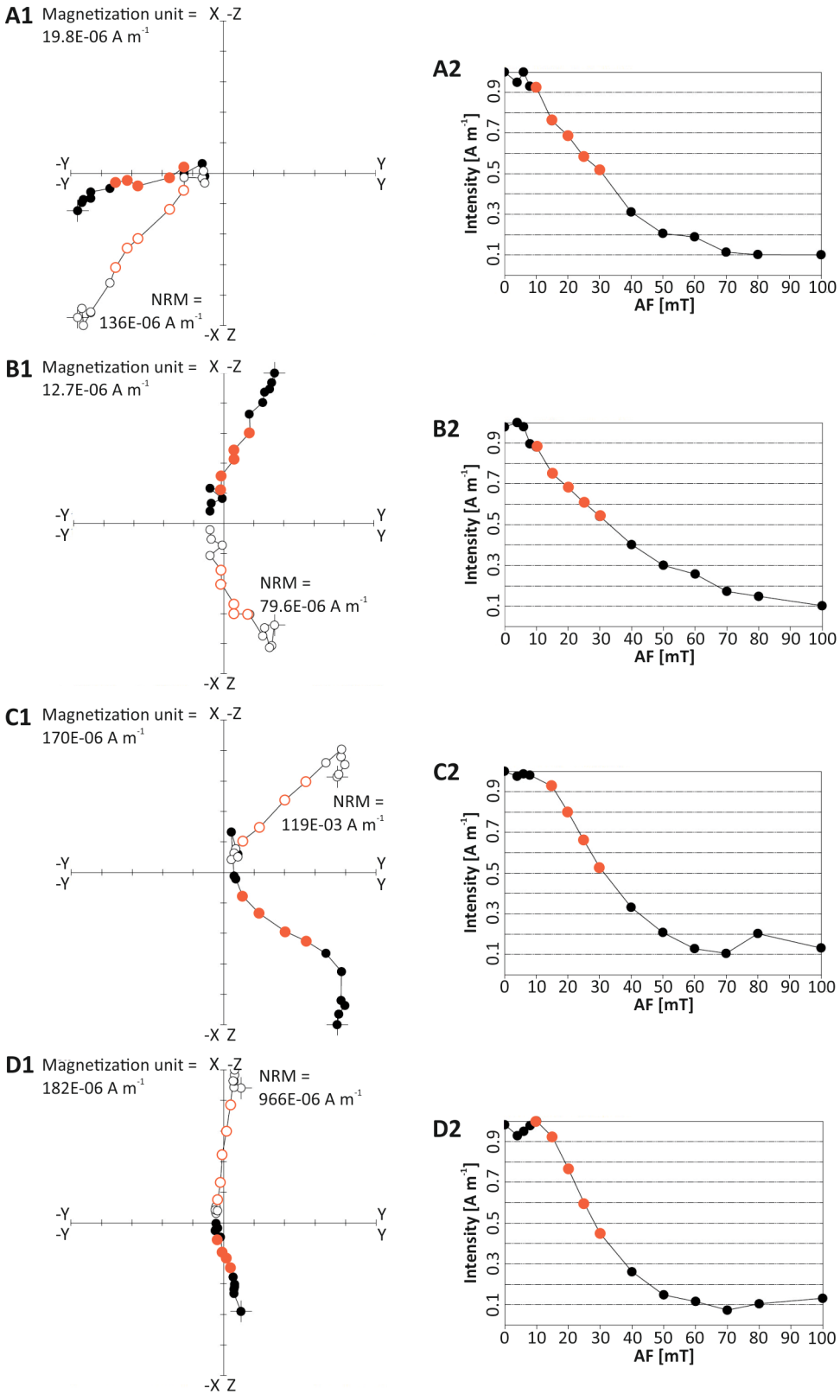


Abb. 22: Repräsentative Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramme von Proben oberhalb (normale Polarität, A: 128,20 m, B: 128,90 m) und unterhalb (inverse Polarität, C: 129,00 m, D: 129,10 m) des paläomagnetischen Wechsels. A1–D1: Darstellung der Werte im Zijderveld-Entmagnetisierungsdiagramm. Punkte projizieren Endpunkte des Magnetisierungsvektors (gefüllt = Projektion auf der horizontalen Fläche, leer = Projektion auf der vertikalen Fläche). X = Norden, Y = Osten und Z = Unten im mathematischen Rechtssystem. A2–D2: Abnahme der Intensität (Y-Achse) des Wechselfelds (X-Achse). Rote Punkte markieren Datenwerte innerhalb des in der PCA gewählten ChRM-Wertebereichs von 10–30 mT.

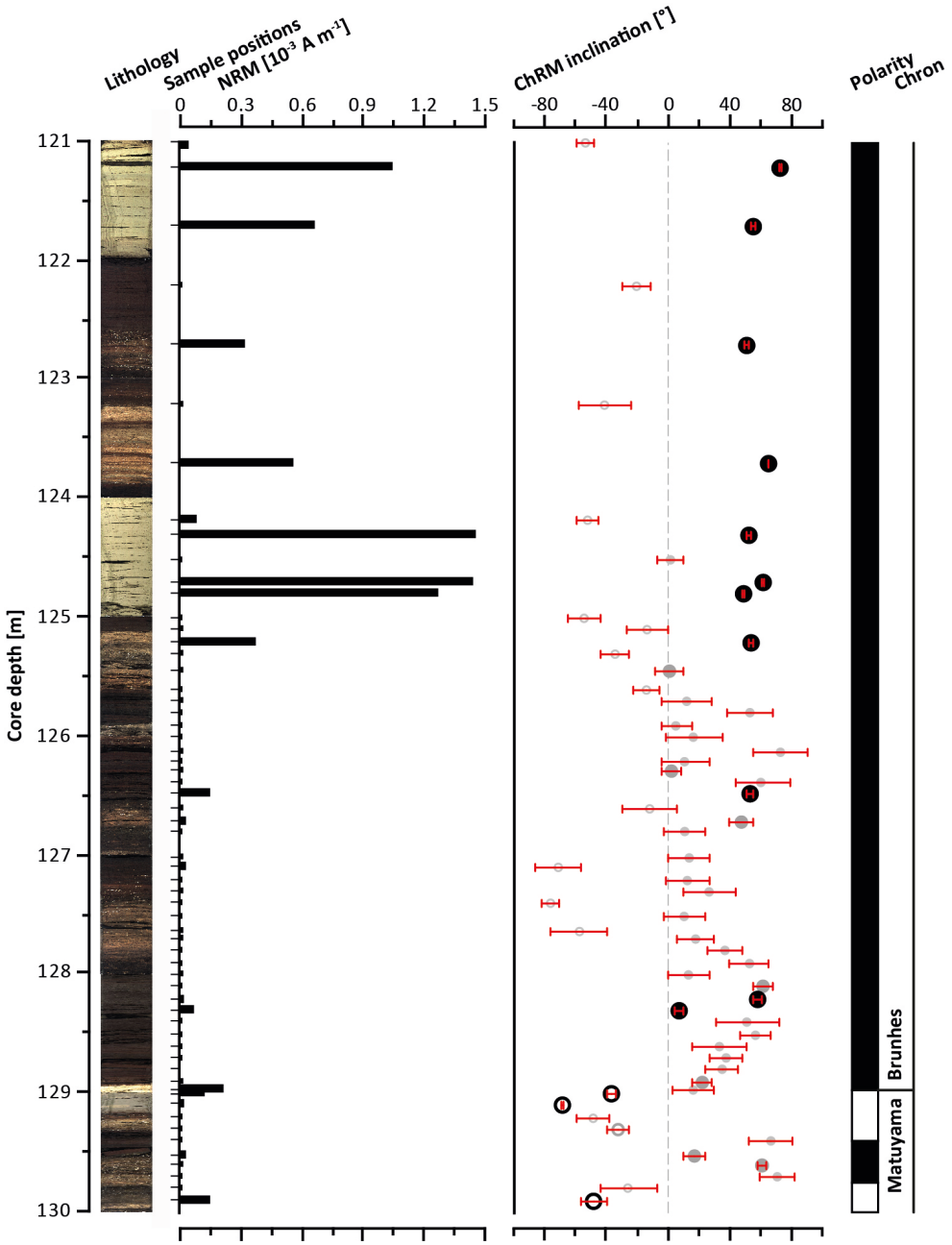


Abb. 23: Natürliche remanente Magnetisierung (NRM) und Inklination des Tiefenintervalls 130–121 m des TP-2009-Kerns. Die NRM der Proben wird als schwarze Kurve dargestellt. Die grau-gestrichelte Kurve entspricht einer Erhöhung der NRM um den Faktor 10. Die Werte der Inklination wurden infolge einer PCA aus der ChRM mit dem Wertebereich 10–30 mT gewonnen. Ausgefüllte Punkte entsprechen einer normalen, leere Punkte einer inversen Polarität. Große schwarze Punkte entsprechen Datenpunkten mit guter statistischer Aussagekraft. Mittelgroße, graue Punkte sind Daten mäßiger Qualität und werden unter Vorbehalt gewertet. Kleine, hellgraue Datenpunkte repräsentieren Daten minderer Qualität und werden vernachlässigt (Kapitel 3.4.3, 4.3). Rote Balken geben die maximale Winkelabweichung an. Der Wechsel zwischen inverser und normaler Polarität liegt zwischen 129,00 m und 128,90 m Tiefe. Die Kernfotos sind zur besseren Veranschaulichung der Lithologie horizontal gestreckt. Zur Unterscheidung der verschiedenen Sedimenttypen siehe Abb. 18. Die Probenpositionen entsprechen den Messpunkten der Paläomagnetik.

4.4 Palynologie

Aus dem Tiefenintervall 127,99–116,50 m wurden insgesamt 297 Proben palynologisch analysiert (Tab. A5), wobei in der vorliegenden Arbeit nur das Intervall 127,99–117,98 m diskutiert wird. Die durchschnittliche Anzahl klimatisch besonders aussagekräftiger Pollen (ohne Cyperaceae, Poaceae, aquatische Spermatophyten) beträgt 315 pro Probe, die durchschnittliche Gesamtzahl aller Pollen beträgt 534 pro Probe bei einer durchschnittlichen Anzahl von 1.297 Palynomorphen pro Probe. Pollenkonzentrationen reichen von 50.516 bis 2.460.990 Pollenkörner pro Gramm (Tab. A6, Abb. A14). Sommergrüne und immergrüne Eichen sowie *Pinus* haben den größten Anteil an den Baumpollen, während *Artemisia* und Chenopodiaceae die Gruppe der NAP dominieren. In seltenen Fällen sind Fraßstellen durch Mikroben erkennbar. Die Torfproben unterscheiden sich von den Proben aus den Feinkalkmudde-Abschnitten durch einen hohen Anteil amorpher Organikreste. Dementsprechend höher ist die Dichte an Pollen und Algen in der Kalkmuddefazies (Abb. 24). Die im untersuchten Intervall identifizierten Taxa wurden in einem Fossilienkatalog zusammengefasst (Kapitel 9.6).

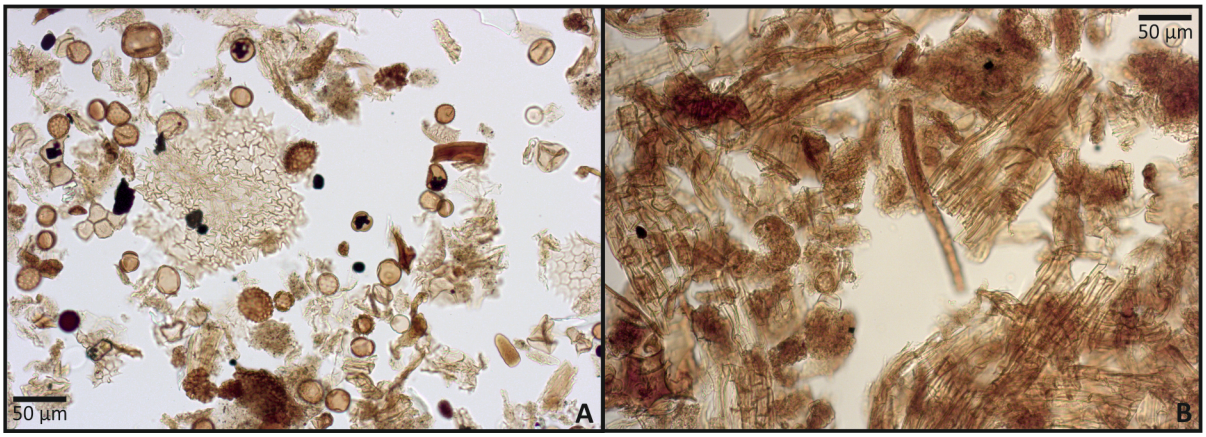


Abb. 24: Vergleich von Palynoproben (A) aus der Feinkalkmudde (121,37 m) und (B) aus dem Torf (122,12 m). Während die Feinkalkmudde-Probe fast ausschließlich Palynomorphe enthält, beinhaltet die Probe aus der Torffazies viel amorphes, organisches Material.

4.4.1 Vegetationsdynamik

4.4.1.1 Biostratigraphische Korrelation mit dem TF III-Kern

In den Unterkapiteln 4.4.1.2 bis 4.4.1.5 wird die Vegetationsdynamik des untersuchten Tiefenintervalls von TP-2009 anhand der biostratigraphischen Zonierung des TF III-Kerns beschrieben (van der Wiel & Wijmstra 1987a, b). Dazu ist eine Korrelation der Pollendaten der beiden Archive notwendig. Über die 200 m lange palynologische Übersichtsanalyse des TP-2009-Kerns von Pross et al. (2015) lässt sich das in der vorliegenden Arbeit palynologisch untersuchte Intervall mit dem Splice der TF II- und TF III-Kerne von van der Wiel & Wijmstra (1987a, b) korrelieren. Neben stratigraphisch langen Abschnitten niedriger AP-Prozentwerte (TP-2009: ca. 142,50–137,00 m und 112,00–102,50 m, TF III: ca. 148,10–144,90 m und 116,30–106,20 m; Intervalle entsprechen MIS 22 und 16; Tzedakis et al. 2006) ist die M/B-Grenze im Kern TP-2009 (zwischen 129,00 und 128,90 m; Kapitel 5.1.2) und im Kern TF III (134,00 m; vgl. Wijmstra & Groenhart 1983) ein wichtiger Anhaltspunkt für die Korrelation der beiden Archive. Demzufolge entspricht die in der vorliegenden Arbeit durchgeführte hochaufge-

löste Pollenanalyse an Kern TP-2009 (127,99–117,98 m) in etwa dem Tiefenbereich von 134,20 m bis 122,70 m im Kern TF III (Abb. 25).

Im Vergleich zu den fünf- bis 15-fach niedriger aufgelösten Pollendaten des TF III-Kerns werden die AP-Prozentwerte in der vorliegenden Arbeit durch abruptere Übergänge und eine deutlich höhere Variabilität gekennzeichnet (Abb. 25). Beide Kernintervalle stimmen in einem hohen Maximum von Brassicaceae im unteren Teil überein, dem eine längere Sequenz von hohen AP-Prozentwerten folgt. Die Baumpollenkurve wird im TP-2009-Kern durch zwei Einschnitte charakterisiert, während im TF III-Kern nur der zweite Einschnitt deutlicher ausgeprägt ist (Abb. 25). Ursache hierfür ist die deutlich niedrigere Auflösung (10–30 cm) und die geringere Quantität der gezählten Pollen in der Pollenanalyse des TF III-Kerns (Ø 235 Pollenkörner pro Probe, oftmals deutlich unter 100 Pollenkörner pro Probe; Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976, van der Wiel & Wijmstra 1987a, b). Dieser Sequenz folgt ein Intervall hoher NAP-Prozentwerte, die sowohl im TF III- als auch im TP-2009-Kern durch ein kurzes AP-Maximum unterbrochen wird. Den hohen NAP-Prozentwerten folgt in beiden Kernen erneut ein Intervall hoher AP-Prozentwerte, das durch einen tiefen Einschnitt der AP-Prozentwerte im TP-2009-Kern und im Vergleich dazu weniger deutlichen Rückgängen in den AP-Prozentwerten im TF III-Kern charakterisiert wird. Diese weniger stark zurückgehenden AP-Prozentwerte können auch in diesem Intervall auf die niedrige Auflösung und die geringe Quantität der Pollenzählung des TF III-Kerns zurückgeführt werden.

Aufgrund der ansonsten synchron verlaufenden Pollenkurven von TP-2009 und TF III korreliert das in der vorliegenden Arbeit palynologisch hochaufgelöste Intervall mit den durch van der Wiel & Wijmstra (1987b) eingeführten TF III-Pollenzonen 38 bis 34 der lokalen Zonierungen Prosotsani II[2] und Polistilos.

4.4.1.2 Pollenzone 38 (128,50–127,30 m)

Die Pollenzone 38 charakterisiert im untersten Abschnitt beginnend bei 128,50 m hohe AP-Prozentwerte von 65 %, die zum mittleren Teil der Pollenzone sinken (Abb. 25). Die hochaufgelöste palynologische Analyse beginnt im mittleren Abschnitt bei 127,99 m mit hohen Steppentaxa- und Poaceae-Prozentwerten von 64 % und 45 % (Abb. 28, 29). Während die Steppentaxa im weiteren Verlauf der Zone unter 7 % sinken, erreichen die Baumpollen ein Maximum von 49 % bei 127,83 m, das hauptsächlich durch hohe Werte von *Pinus* (35 %) bewirkt wird. Pollen von Asteraceae (*Matricaria/Achillea*-Typ, *Crepis*-Typ) kommen während des *Pinus*-Maximums häufiger vor (Abb. A14). Ab dem Erreichen des *Pinus*-Maximums steigt der Anteil temperater Baumtaxa (von ca. 10 % auf 20 %), Ulmaceae (von <0,5 % auf >3 %) und *Tilia* (von 0 % auf >2,5 %) bis zum Ende der Zone graduell an (Abb. 28, A14). Der *Pinus*-Anteil sinkt bis zum Ende der Zone auf unter 2 %, sodass temperate Baumtaxa den größten Anteil an den Baumpollen einnehmen. Mediterrane Taxa sind ab dem Zeitpunkt des *Pinus*-Maximums ohne große Variabilität mit durchschnittlich 2 % vertreten.

[2] Die Bezeichnung „Prosolsani II“ in van der Wiel & Wijmstra (1987a, b) entspricht nicht der korrekten Schreibweise.

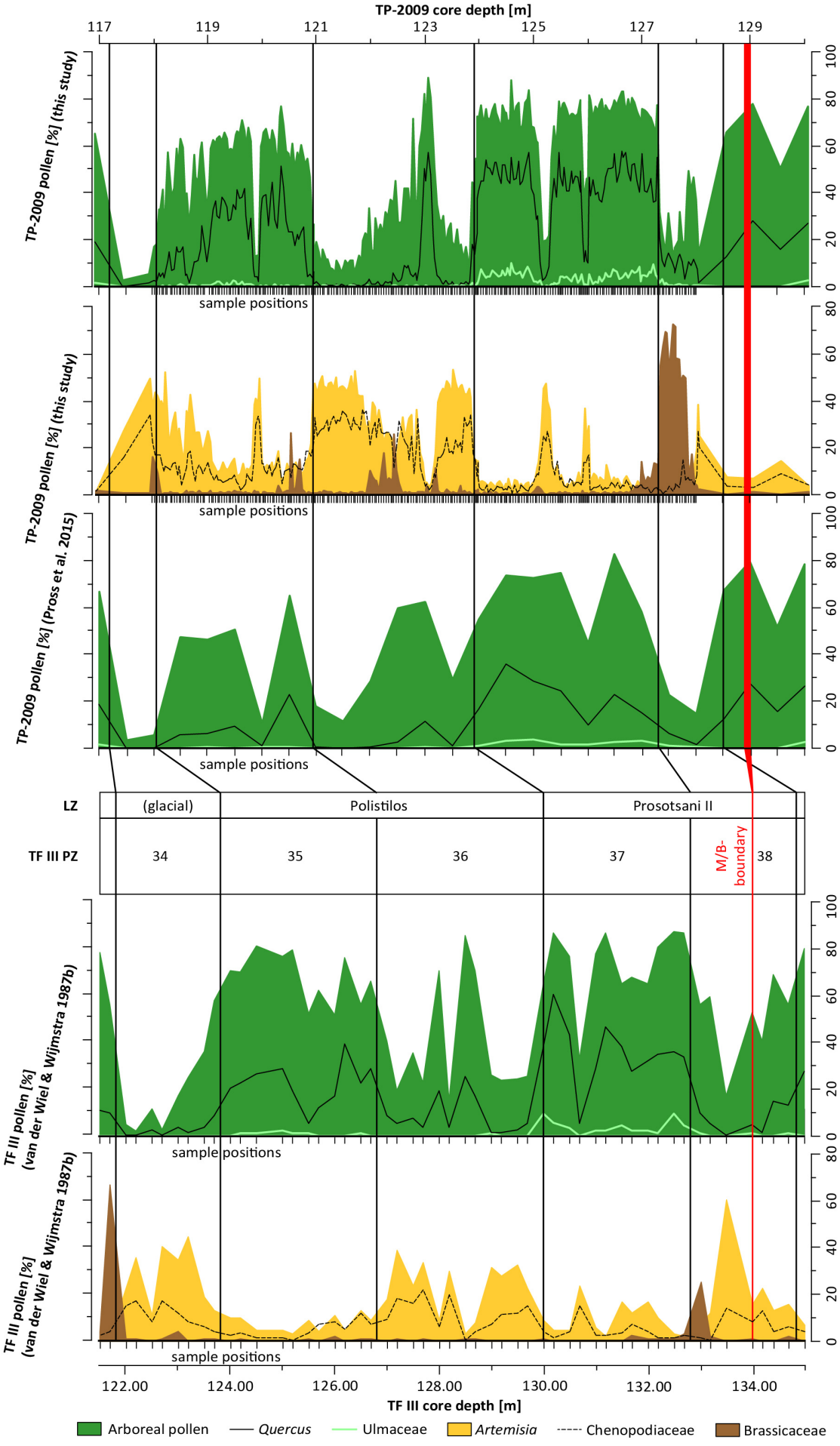

TP-2009 core depth [m]
117
119
121
123
125
127
129
TP-2009 pollen [%] (this study)
sample positions
TP-2009 pollen [%] (this study)
sample positions
TP-2009 pollen [%] (Pross et al. 2015)
sample positions
LZ
(glacial)
Polistilos
Prosotsani II
TF III PZ
34
35
36
37
M/B-boundary
38
TF III pollen [%] (van der Wiel & Wijmstra 1987b)
sample positions
TF III pollen [%] (van der Wiel & Wijmstra 1987b)
sample positions
122.00
124.00
126.00
128.00
130.00
132.00
134.00
TF III core depth [m]
Arboreal pollen
Quercus
Ulmaceae
Artemisia
Chenopodiaceae
Brassicaceae

Abb. 25 (vorherige Seite): Tiefenkorrelation von Pollendiagrammen des Tiefenintervalls 130–117 m des TP-2009-Bohrkerns (Pross et al. 2015 und die vorliegende Arbeit) mit dem TF III-Bohrkern (van der Wiel & Wijmstra 1987b). Die hochauflösenden Prozentwerte in der vorliegenden Arbeit wurden für die Korrelation zwischen 118–117 m und 130–128 m mit den niedrigaufgelösten Daten aus Pross et al. (2015) erweitert. Lage der M/B-Umkehr im TF III-Kern nach Wijmstra & Groenhart (1983); im TP-2009-Kern bei 129,00–128,90 m (Kapitel 5.1.2). TF III-Pollenzonen (TF III PZ) und lokale stratigraphische Zonierung (LZ) nach van der Wiel & Wijmstra (1987b). Die Probenpositionen entsprechen den durchgeführten Pollenanalysen der jeweiligen Studie.

Sporen erreichen während des *Pinus*-Maximums hohe Prozentwerte und Konzentrationen von 97 % bzw. über 5,5 Mio. Sporen pro Gramm (Abb. A14). Diesem Maximum folgen hohe Cyperaceae- und Zygnemataceae-Prozentwerte von 11 % bzw. 29 %. Im oberen Teil der Pollenzone 38 zwischen 127,75 m und 127,30 m gehen die Prozentwerte und Pollenkonzentrationen der Cyperaceae auf unter 3 % bzw. unter 2.000 Pollenkörner pro Gramm zurück, während Brassicaceae Maximalwerte von mehr als 70 % bzw. über 900.000 Pollenkörner pro Gramm erreichen (Abb. 28, 29). Mit dem ansteigenden Kurvenverlauf der Brassicaceae steigt der Anteil der *Sparganium*-Pollen auf durchschnittlich 7 % (Abb. A14). Die Pollenkörner der Cyperaceae und Brassicaceae bleiben oftmals im Verbund erhalten (Abb. 26, 27). Während dies für die Cyperaceae auf das gesamte untersuchte Intervall zutrifft, stimmt es für die Brassicaceae nur auf den Tiefenabschnitt 127,75–127,30 m zu. Abgesehen von Pollenkörnern sind Wurzelzellen der Cyperaceae häufig in den Proben vorhanden (Abb. 26).

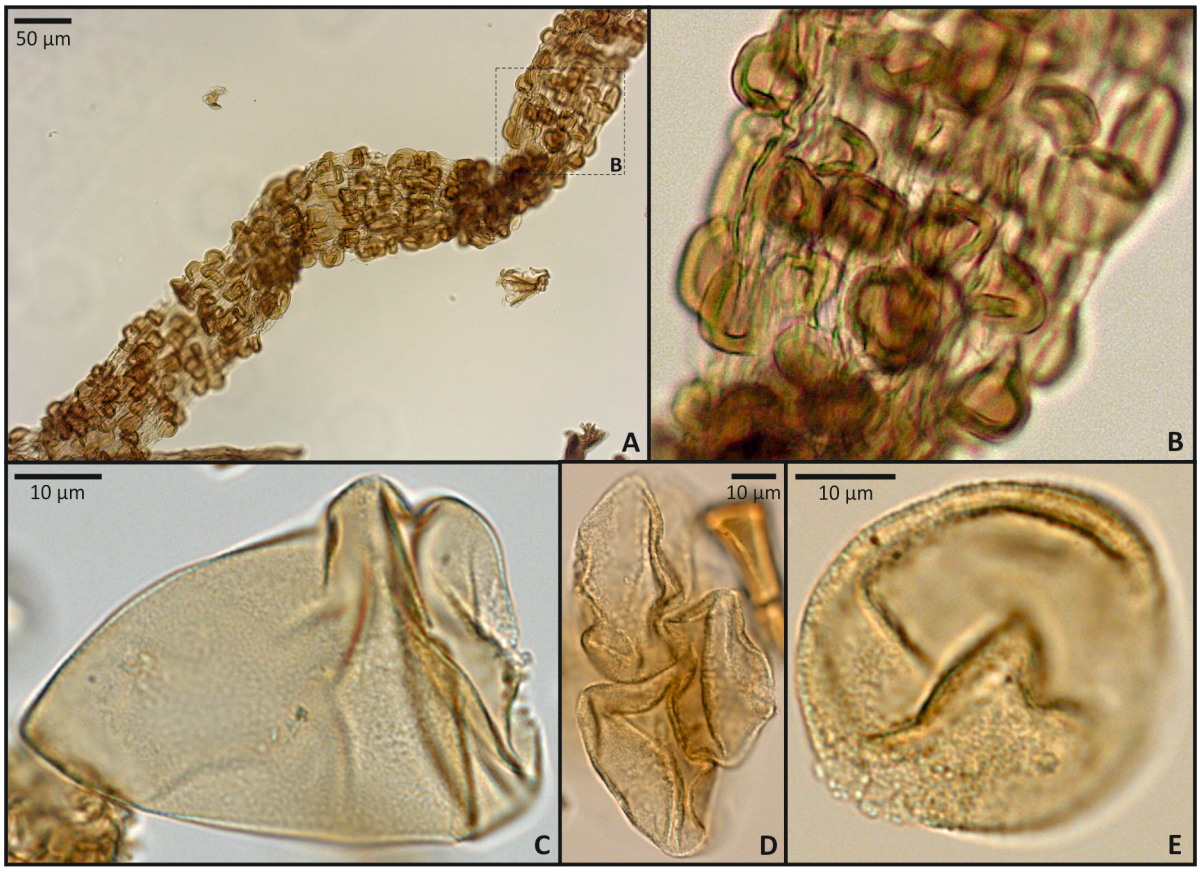


Abb. 26: Mikrofossilien von Cyperaceae während MIS 19. A, B: Wurzelzellen von Cyperaceae, 120,08 m Tiefe, vergleiche Revelles & van Geel (2016); C: Pollenkorn von *Cladium* sp., 123,12 m Tiefe, vergleiche Beug (2004); D: im Verbund erhaltene Pollenkörner vermutlich von *Carex* sp., 122,00 m Tiefe, vergleiche Beug (2004); E: Pollenkorn einer Cyperaceae, 122,80 m Tiefe.

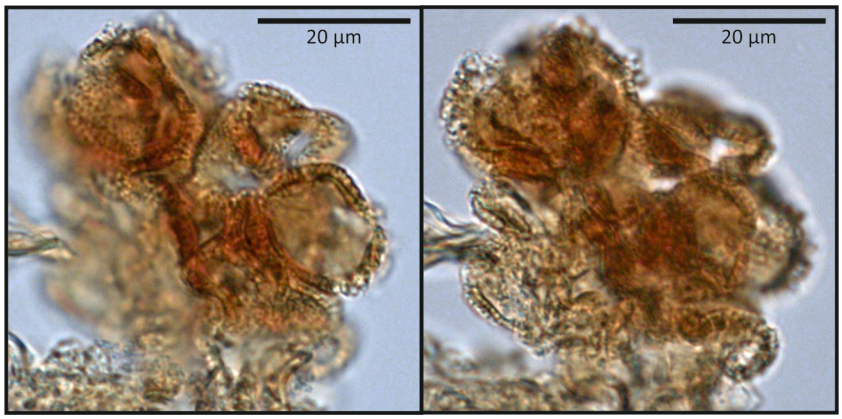


Abb. 27: Im Verbund erhaltene Brassicaceae-Pollen, 127,42 m Tiefe. Darstellung des Pollen-Verbunds in verschiedenen Fokussierungsebenen.

4.4.1.3 Pollenzone 37 (127,30–123,92 m)

Der Beginn der Pollenzone 37 wird durch einen abrupten AP-Anstieg von 32 % auf 65 % charakterisiert (Abb. 28). Im weiteren Verlauf der Zone liegt der AP-Anteil bei durchschnittlich 72 %. In den Tiefenintervallen 126,00–125,88 m und 125,42–125,08 m unterteilen starke und abrupte Rückgänge um 42 % bzw. 49 % die Baumpollenkurve in drei Intervalle hoher AP-Prozentwerte mit plateauartigem Kurvenverlauf (fortan als „AP-Intervalle“ bezeichnet; Abb. 28). Temperate Baumtaxa dominieren mit durchschnittlich 47 % alle AP-Intervalle. Sie setzen sich hauptsächlich aus sommergrünen Eichen zusammen (Ø 42 %). Mediterrane Taxa kommen mit durchschnittlich 9 % vor und werden fast vollständig von immergrünen Eichen dominiert (Ø 8 %). Während die Konzentrationen der Baumpollen in den ersten beiden AP-Intervallen fluktuieren und hohe Werte anzeigen, sind sie im dritten AP-Intervall stabil niedrig. Dies könnte mit der Feinkalkmudde-Lithologie zusammenhängen, die während des dritten AP-Intervalls abgelagert wurde.

Auf der Basis der Baumpollen lassen sich die drei AP-Intervalle durch folgende Vegetationsabfolge charakterisieren: Während *Quercus* und Ulmaceae schon vor der Pollenzone 38 vorhanden sind, setzen *Carpinus*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Phillyrea*, *Abies* und *Picea* erst mit dem abrupten Beginn der Zone ein und gewinnen im Verlauf des ersten AP-Intervalls höhere Prozentanteile (127,30–126,00 m; Abb. A14). *Celtis* und *Pistacia* folgen leicht verzögert. *Tilia*, das ebenfalls schon zum Ende der Pollenzone 38 auftritt, geht mit der Expansion der anderen Laubbäume zu Beginn des ersten AP-Intervalls zurück. Die Prozentwerte der temperaten und mediterranen Taxa fluktuieren im ersten AP-Intervall stark, wobei die entsprechenden Prozentkurven invers korrelieren. Bei 126,24 m steigen die *Pinus*-Prozentwerte abrupt um 19 % an. Mit diesem Anstieg treten auch *Betula* (1–2 %) und *Salix* (<1 %) gehäuft auf, während temperate und mediterrane Taxa um 17 % bzw. 8 % zurückgehen.

Im zweiten AP-Intervall (125,88–125,42 m) erreicht *Tilia* höhere Prozentwerte, während *Abies* zurückgeht und *Pistacia* nicht auftritt. Die anderen Baumpollengruppen zeigen in diesem AP-Intervall keine Veränderungen. *Carpinus*, *Celtis*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Phillyrea*, *Tilia*, *Quercus* und Ulmaceae erreichen im dritten AP-Intervall (125,08–123,98 m) ihre höchsten Prozentwerte. Im Gegensatz zu den ersten beiden AP-Intervallen sind *Celtis* und *Corylus* im dritten AP-Intervall kontinuierlich vorhanden. *Abies* tritt nur noch sporadisch auf.

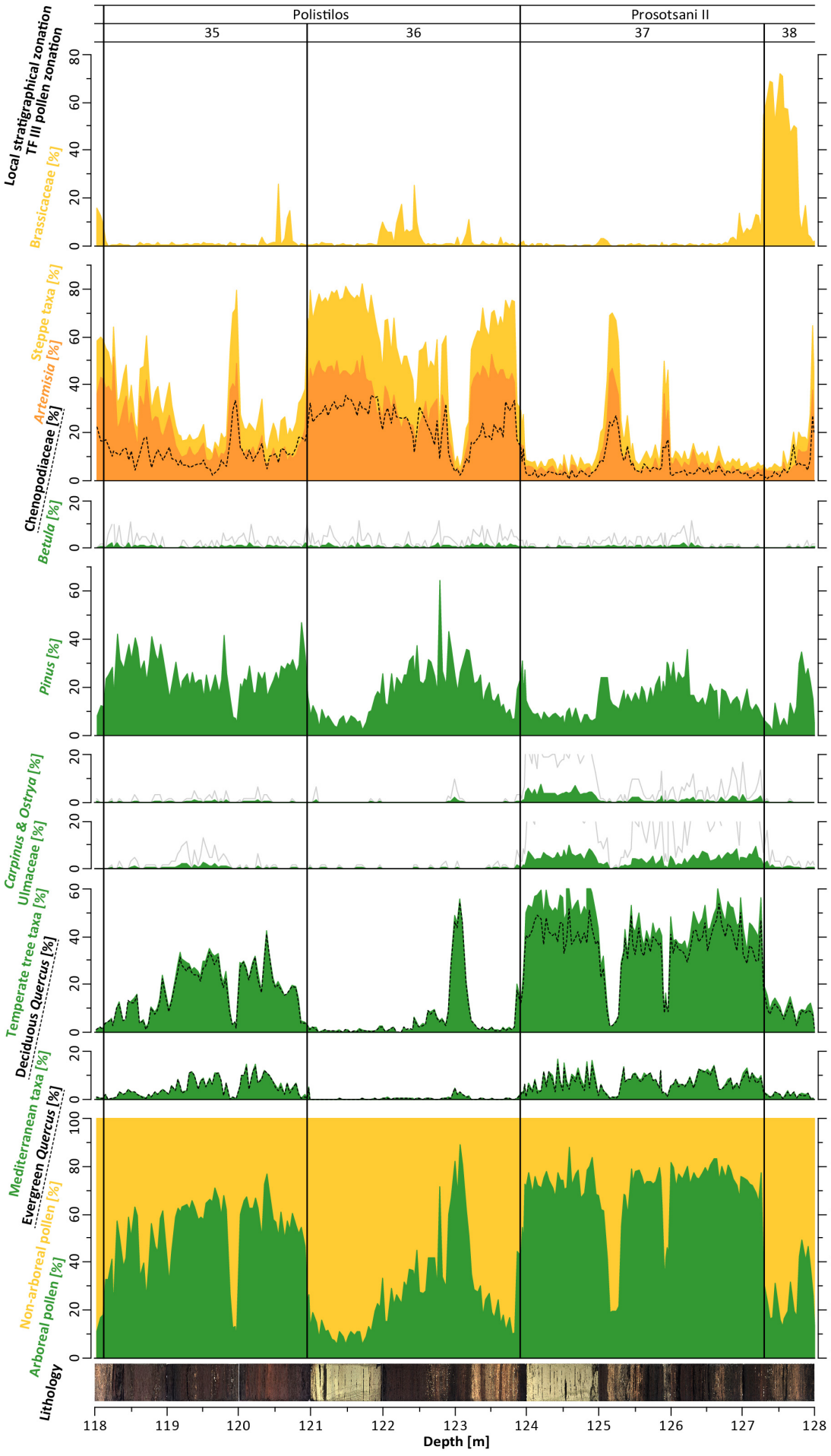

Local stratigraphical zonation
TF III pollen zonation
Polistilos
Prosotsani II
35
36
37
38
Brassicaceae [%]
Steppe taxa [%]
Artemisia [%]
Chenopodiaceae [%]
Betula [%]
Pinus [%]
Carpinus & Ostrya [%]
Ulmaceae [%]
Temperate tree taxa [%]
Deciduous Quercus [%]
Mediterranean taxa [%]
Evergreen Quercus [%]
Non-arboreal pollen [%]
Arboreal pollen [%]
Lithology
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
Depth [m]

Abb. 28 (vorherige Seite): Pollendiagramme ausgewählter Pollengruppen aus dem Tiefenintervall 128–118 m des TP-2009-Kerns. Die NAP-Prozentzahlen sind invertiert dargestellt. Graue Linien entsprechen einer Überhöhung um den Faktor 5. Die Kernfotos sind zur besseren Veranschaulichung der Lithologie vertikal gestreckt. Zur Unterscheidung der verschiedenen Sedimenttypen siehe Abb. 18. TF III-Pollenzonen und lokale stratigraphische Zonierung nach van der Wiel & Wijmstra (1987b). Für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2.

Pinus nimmt einen sinusförmigen Kurvenverlauf ein, der von Veränderungen in der Vegetationsabfolge der Baumpollen unabhängig ist und zwischen 4 % und 35 % schwankt. An den Übergängen von AP-Intervallen und Einschnitten in den AP-Prozentwerten überprägen Maxima von 24 % bis 31 % den Kurvenverlauf von *Pinus*. Synchron mit den *Pinus*-Maxima treten auch Asteraceae und Poaceae häufiger auf (Abb. 28, 29, A14). Wie *Pinus* schwankt auch der Verlauf der Poaceae sinusartig zwischen 15 % und 37 %. Jedoch wird der Kurvenverlauf im Gegensatz zu *Pinus* in größerer Anzahl von Maxima überprägt, die über 40 % erreichen.

Das dritte AP-Intervall und die Pollenzone 37 werden bei 123,92 m durch einen weiteren Einschnitt der AP-Prozentwerte um 62 % beendet (Tab. 5). Die Amplitude im Baumpollenrückgang und die Länge bis zum erneuten Anstieg der AP-Prozentwerte nehmen vom ersten bis zum dritten Einschnitt zu. In allen drei Einschnitten sind die NAP die dominierende Pollengruppe – insbesondere die Steppentaxa. Im Verlauf des jeweiligen Einschnitts steigt/sinkt der Anteil von *Artemisia*/Chenopodiaceae innerhalb der Steppentaxa kontinuierlich.

Mit dem Rückgang der Brassicaceae und *Sparganium* auf unter 1 % zu Beginn der Pollenzone 37 treten Cyperaceae, *Nymphaea*, Zygnemataceae, Sporenpflanzen und Ascosporen vermehrt auf (Abb. 29, A14). Die Kurvenverläufe dieser Gruppen charakterisieren stark fluktuierende Werte mit vier sich überlappenden Maxima. Diese Maxima sind synchron mit hohen Glühverlustwerten und treten ausschließlich in der Torffazies auf (Abb. 29, 37, A14). In Intervallen mit tonigen Sedimenten fallen die Prozente dieser Taxa auf niedrige Werte. In dem Feinkalkmudde-Intervall von 125,00 m bis 124,00 m verschwinden Cyperaceae, *Nymphaea*, Zygnemataceae, Sporenpflanzen und Ascosporen fast vollständig aus der Pollenanalyse. Plantaginaceae (Ø 2 %), *Ranunculus acris*-Typ (Ø 1 %), *Rumex acetosa*-Typ (Ø 3 %), *Myriophyllum* (Ø 2 %), *Botryococcus* (Ø 4 %), *Coelastrum* (Ø 53 %), *Pseudopediastrum boryanum*-Typ (Ø 5 %) und *Monactinus simplex* (Ø 5 %) treten ausschließlich während des Feinkalkmudde-Intervalls auf bzw. erreichen in diesem Intervall ihre maximalen Prozentwerte. Die Konzentrationen der Algen ist zudem sehr hoch (Abb. A14).

4.4.1.4 Pollenzone 36 (123,92–120,96 m)

Im unteren Abschnitt der Pollenzone 36 sind Steppentaxa mit durchschnittlich 67 % die dominierende Pollengruppe (Abb. 28). Da temperate und mediterrane Taxa nur Prozentwerte unter 2 % aufweisen, wird der Kurvenverlauf der Baumpollen bis 122,80 m durch um 58 % ansteigende Werte in der weiterhin sinusförmig verlaufenden Kurve von *Pinus* geprägt. Synchron zum graduellen Anstieg der *Pinus*-Prozentwerte geht der Anteil der Steppentaxa sukzessive zurück. Parallel zu diesem Rückgang gewinnt *Artemisia* gegenüber den Chenopodiaceae innerhalb der Gruppe der Steppentaxa an Anteil.

Zwischen 123,16 m und 122,92 m wird der Verlauf der Baumpollen durch ein spitzzulaufendes Maximum überprägt. In diesem vierten AP-Intervall dominieren temperate Baumtaxa mit 56 %. Mediterrane Taxa, *Carpinus*, *Celtis*, *Corylus*, *Phillyrea* und *Tilia* treten auf, jedoch mit deutlich geringeren

Prozentwerten als in den AP-Intervallen der Pollenzone 37 (Abb. 28, A14). *Abies*, *Fraxinus*, *Pistacia* und Ulmaceae fehlen. Nach dem abrupten Rückgang aller temperaten und mediterranen Taxa repräsentiert *Pinus* erneut die dominanteste Baumpollengruppe. Die Übergänge des AP-Intervalls sind wie in der Pollenzone 37 durch hohe Werte von *Pinus* und Poaceae gekennzeichnet. Während die AP-Konzentrationen in diesem AP-Intervall das Niveau der ersten beiden AP-Intervalle erreichen, liegt sie nach dem AP-Intervall bei 122,80–122,48 m deutlich höher als in den AP-Intervallen (Abb. A14). Auch die NAP- und Gesamtpollenkonzentrationen liegen deutlich höher. Die höheren Konzentrationen sind vermutlich Ursache der niedrigeren Sedimentationsrate dieser Sequenz (Abb. 32).

Nach dem AP-Intervall sinken die Prozentwerte und Konzentrationen der Baumpollen bis 121,41 m auf niedrige Werte von 6 % bzw. unter 10.000 Pollenkörner pro Gramm. Von 121,97 m bis 120,96 m treten unter den Baumpollen ausschließlich *Pinus*, sommergrüne Eichen und *Betula* mit durchschnittlich weniger als 8 %, 2 % und 1 % durchgängig auf (Abb. 28, A14). Poaceae gehen auf durchschnittlich 20 % und Asteraceae auf unter 2 % zurück. Steppentaxa erreichen hingegen mit durchschnittlich 74 % ihre höchsten Prozentwerte im untersuchten Intervall. Abermals wird diese Gruppe zunächst durch eine gleichmäßige Verteilung zwischen *Artemisia* und Chenopodiaceae charakterisiert, bevor *Artemisia* gegenüber Chenopodiaceae an Anteil gewinnt.

Cyperaceae, *Nymphaea*, Zygnemataceae, Sporen und Ascosporen sind in der Pollenzone 36 bis 121,97 m häufig vertreten. Die Kurven dieser Gruppen werden wie in der Pollenzone 37 durch stark fluktuierende Werte geprägt und verläuft synchron zur Kurve des LOI_{550} (Abb. 29, 37, A14). Hohe Prozentwerte der Palynomorphen treten auch in dieser Pollenzone nur in der Torffazies auf. Zur Mitte der Pollenzone steigen sowohl die Anteile der Cyperaceae, Zygnemataceae, Sporenpflanzen und Ascosporen auf 45 %, 26 %, 80 % und 12 % als auch die Prozentwerte der Brassicaceae und *Sparganium* auf 26 % bzw. 17 % stark an, während *Nymphaea* auf 2 % zurückgeht.

Mit Beginn des zweiten Feinkalkmudde-Intervalls (121,97–121,00 m) sinken die Prozentwerte dieser Taxa auf unter 1 % oder sie verschwinden vollständig aus der Pollenanalyse (Abb. 29, A14). Ausschließlich *Sparganium* ist noch mit durchschnittlich 6 % vertreten. Im Gegenzug charakterisiert das Feinkalkmudde-Intervall die Verbreitung von *Myriophyllum* und *Botryococcus* mit durchschnittlich 13 % und 4 % sowie der drei *Pediastrum*-Gruppen *Pseudopediastrum boryanum*-Typ, *Pediastrum duplex*-Typ und *Pseudopediastrum kawraiskyi* mit durchschnittlich 24 %, 4 % und 19 %. Algen erreichen in diesem Intervall extrem hohe Konzentrationen (Abb. A14). Der *Ranunculus acris*-Typ und der *Rumex acetosa*-Typ kommen wie schon im ersten Feinkalkmudde-Intervall mit durchschnittlich 1 % bzw. 2 % konstant vor. Die Prozentwerte des letzteren Taxons behalten dieses Niveau nach dem Ende des Feinkalkmudde-Intervalls bei.

Die Prozentwerte der *Pediastrum*-Taxa unterliegen in dem Feinkalkmudde-Intervall einer charakteristischen Vegetationsabfolge (Abb. 29): Während der hohen Prozentwerte von 72 % und 32 % des *Pseudopediastrum boryanum*-Typs im unteren und oberen Abschnitt sind *Pseudopediastrum kawraiskyi* und der *Pediastrum duplex*-Typ nahezu nicht vorhanden. Ihre Prozentwerte erreichen mit sinkendem bzw. steigendem Verlauf des *Pseudopediastrum boryanum*-Typs ihre maximale Ausprägung von 31 % und 6 %. Zur Mitte der Zone gehen alle drei *Pediastrum*-Taxa – *Pseudopediastrum boryanum*-Typ, *Pseudopediastrum kawraiskyi* und *Pediastrum duplex*-Typ – auf 6 %, 9 % bzw. 2 % zurück.

Zum Ende des zweiten Feinkalkmudde-Abschnitts steigen die AP-Anteile in der Pollenanalyse konstant auf 26 %. Die Pollenzone 36 endet mit dem Wiedereinsetzen der Torfbildung.

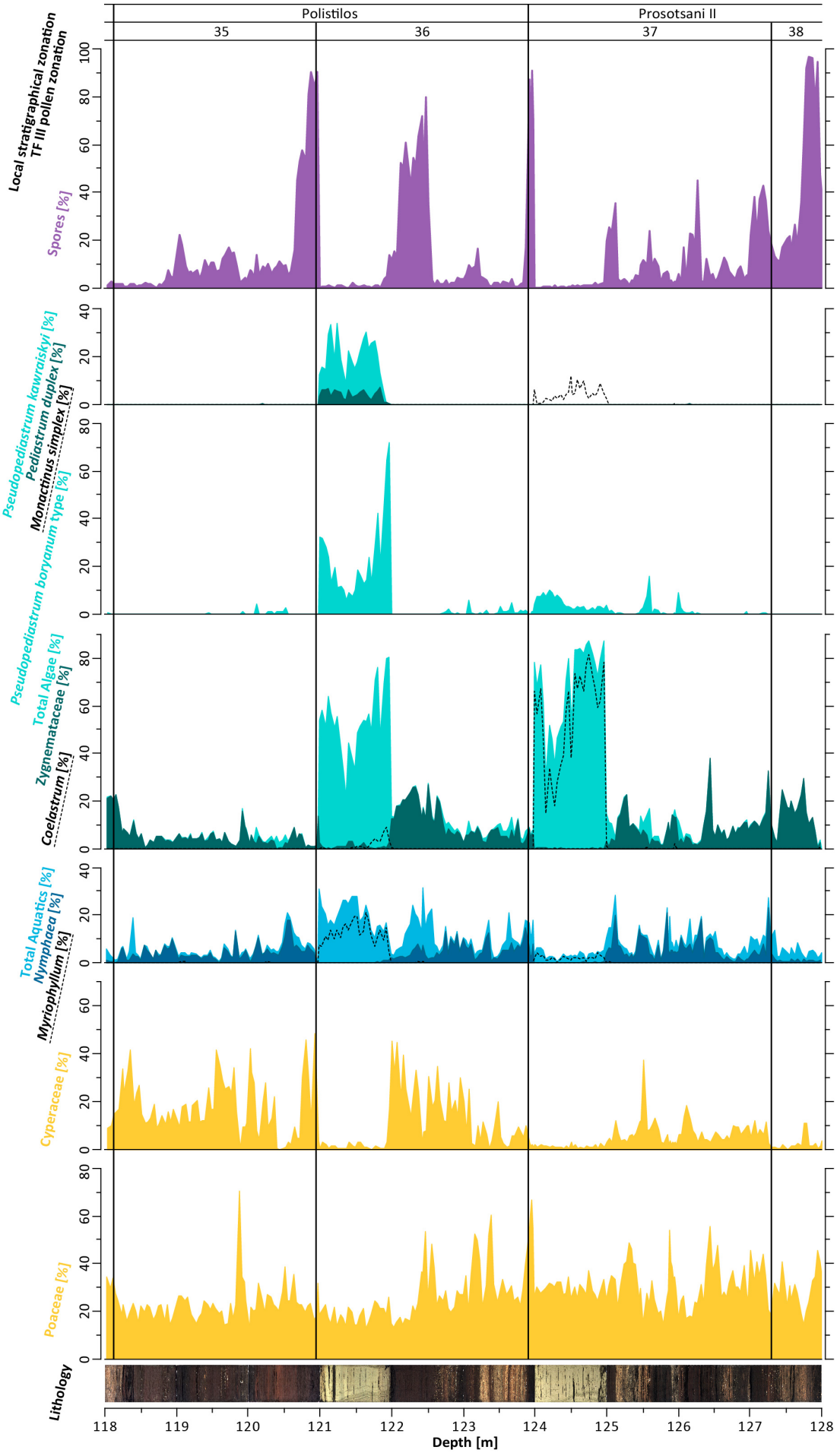

Polistilos
Prosotsani II
35
36
37
38
Local stratigraphical zonation
TF III pollen zonation
Spores [%]
Pseudopediastrum kawraiskyi [%]
Pediastrum duplex [%]
Monactinus simplex [%]
Pseudopediastrum boryanum type [%]
Total Algae [%]
Zygnemataceae [%]
Coelastrum [%]
Total Aquatics [%]
Nymphaea [%]
Myriophyllum [%]
Cyperaceae [%]
Poaceae [%]
Lithology
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
Depth [m]

Abb. 29 (vorherige Seite): Darstellung der Verteilung ausgewählter Pollen-, Algen- und Sporengruppen aus dem Tiefenintervall 128–118 m des TP-2009-Kerns. Die Kernfotos sind zur besseren Veranschaulichung der Lithologie vertikal gestreckt. Zur Unterscheidung der verschiedenen Sedimenttypen siehe Abb. 18. TF III-Pollenzonen und lokale stratigraphische Zonierung nach van der Wiel & Wijmstra (1987b).

4.4.1.5 Pollenzone 35 (120,96–118,16 m)

Mit dem Ende der Pollenzone 36 steigen die AP-Prozentwerte abrupt um weitere 30 % an. Es folgen zwei Intervalle mit hohen AP-Prozentwerten von durchschnittlich 60 % und 53 %, die von einem abrupten Einschnitt im Verlauf der Baumpollen voneinander getrennt werden (Abb. 28). In beiden AP-Intervallen dominieren *Pinus*, temperate Baumtaxa sowie mediterrane Taxa mit durchschnittlich 26 %, 25 % bzw. 7 %. *Abies*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Phillyrea*, *Tilia* und Ulmaceae treten sporadisch auf, während *Picea* durchgängig vorkommt (Abb. 28, Abb. A14). *Juniperus* und Asteraceae haben höhere Anteile als in den Pollenzonen 38 bis 36.

Zu Beginn des ersteren AP-Intervalls sinken die *Pinus*-Prozentwerte kontinuierlich, während die temperaten Baumtaxa synchron zu diesem Trend an Anteil gewinnen. Während des Einschnitts der AP-Prozentwerte erreichen die Steppentaxa ein Maximum von 72 %. Zu Beginn des zweiten AP-Intervalls sind die Prozentwerte der Baumpollen zunächst stabil hoch und fluktuieren stark in der zweiten Hälfte des letzteren AP-Intervalls. Mit Beginn dieser Variabilität verringert sich der Anteil der temperaten und mediterranen Taxa sukzessive, während die Prozentwerte der Steppentaxa – insbesondere *Artemisia* – ansteigen.

Die Pollenzone 35 und der in der vorliegenden Arbeit diskutierte Datensatz enden mit dem fast vollständigen Rückgang der Baumpollen auf 5 % und der Etablierung hoher Steppentaxa-Werte von 82 %. Cyperaceae, *Nymphaea*, Zygnemataceae, Sporen und Ascosporen charakterisieren wie bereits in den vorangegangen Zonen hohe Prozentwerte in den Torfsedimenten (Abb. 29, A14). Der Kurvenverlauf dieser Taxa ist in dieser Pollenzone weniger synchron mit den LOI_{550}-Werten. Brassicaceae und *Sparganium* kommen nur sporadisch vor.

5 Klima- und Vegetationsdynamik des MIS-19-Interglazials in Tenaghi Philippon

5.1 Chronologie des Tiefenintervalls 130–115 m des TP-2009-Kerns

Auf der kryptotephrochronologischen Analyse basierende absolute Alter sollten ursprünglich den zeitlichen Rahmen für das Altersmodell des TP-2009-Kerns stellen. Allerdings konnte im Intervall 130–115 m kein Tephraglas datiert werden. Mögliche Ursachen, warum vulkanische Aschen in dem analysierten Zeitraum in Tenaghi Philippon nicht abgelagert wurden, werden im Unterkapitel 5.1.1 erläutert. Als einziger absoluter Datierungspunkt verbleibt die Lage der M/B-Grenze. Inwiefern sich die Alterskorrelation in den Chron-Grenzverlauf einpasst, wird im Unterkapitel 5.1.2 diskutiert. Das Altersmodell für die hochaufgelösten Pollendaten des Tiefenintervalls 127,99–117,98 m des TP-2009-

Kerns basiert auf der visuellen linearen Korrelation zu den benthischen Isotopendaten des Splice der ODP Sites 967/968 (Konijnendijk et al. 2014, 2015; Unterkapitel 5.1.3).

5.1.1 Fehlen von Tephragläsern

Das Fehlen von Tephragläsern im Tiefenintervall 130–115 m von Tenaghi Philippon liegt wahrscheinlich in der Verkettung verschiedener Faktoren begründet. Eine Ursache besteht in der geringen Anzahl an Eruptionen während des MIS-19-Interglazials, weswegen die tephrochronologische Untersuchung des TP-2009-Kerns auf ca. MIS 21b bis MIS 17c ausgeweitet wurde. Alle aus diesem Zeitintervall beschriebenen Aschelagen des Mittelmeerraums stammen von italienischen Vulkanprovinzen.

Tephren des Zeitbereichs MIS 21b–17c sind aus den San Mauro- und Petrogallo-Abfolgen Süditaliens (Parmenide- und Pitagora-Aschen; Rio et al. 1996, Massari et al. 2002, Capraro et al. 2011), des Profils von Montalbano Jonico (Süditalien; V3-, V4- und V5-Tephren; Ciaranfi et al. 1996, Petrosino et al. 2015) sowie aus dem Sulmona-Becken bekannt (Zentralitalien; SUL2-1, SUL2-16, SUL2-22 und SUL2-29-Tephren; Giaccio et al. 2013). Die Tephren V5 und SUL2-1 entsprechen vermutlich der Parmenide-Aschelage, (Giaccio et al. 2013, Petrosino et al. 2015) während die V4-Tephra wahrscheinlich mit der Pitagora-Aschelage äquivalent ist (Petrosino et al. 2015). Diese Tephren verteilen sich auf einen Altersbereich von 813,9 ± 2,7 ka (SUL2-29-Tephra, Giaccio et al. 2013) bis 710 ± 5 ka (Parmenide-Aschelage, Capraro et al. 2011) und können eventuell um die Aschelage von Piànico-Sèllere der Südalpen Italiens ergänzt werden (Pinti et al. 2001, Roulleau et al. 2009, Scardia & Muttoni 2009). Allerdings wird eine K-Ar-Datierung dieser Asche von 779 ± 13 ka (Pinti et al. 2001) kontrovers diskutiert, sodass die Aschelage von Brauer et al. (2007b, c, 2008) der MIS 11 zugeordnet wird. Somit sind nur ungefähr sechs Eruptionen aus dem untersuchten Zeitintervall bekannt.

Neben der geringen Anzahl potenzieller Vulkanausbrüche, begrenzten auch die geographische Lage und die klimatischen Gegebenheiten des Philippi-Beckens die Ablagerung von Tephren in Tenaghi Philippon. Während einer Eruption in den italienischen Vulkanprovinzen führte die Windrichtung möglicherweise nicht in Richtung des mit mehr als 1000 km weit entfernten Ablagerungsraums von Tenaghi Philippon. Als weiterer Faktor könnte geringer Niederschlag (insbesondere im Sommer) das Abregnen der Tephragläser verhindert haben (Wulf et al. 2018). Gegenüber westlicher gelegenen Lokalitäten Griechenlands (Ioannina, Kopais) und der Balkaniden (Ohridsee) reduziert das Pindosgebirge grundsätzlich den Feuchtigkeitstransport vom Mittelmeer nach Tenaghi Philippon (Tzedakis et al. 2002, 2004a, Panagiotopoulos 2013). Möglicherweise eruptierten die Vulkane auch während trockener Sommermonate in Tenaghi Philippon oder zu Phasen, in denen eine abgeschwächte NWD weniger Feuchtigkeit bis in den östlichen Mittelmeerraum transportierte (Wulf et al. 2018).

In jüngeren Intervallen von Tenaghi Philippon lagerten sich vulkanische Aschen ebenfalls oftmals nur als Kryptotephra mit geringen Konzentrationen an Gläsern ab (MIS 12–1; Albert et al. 2015, Pross et al. 2015, Vakhrameeva et al., in Vorbereitung, Wulf et al. 2018), jedoch scheinen Kryptotephren häufiger als in älteren Intervallen aufzutreten und besser erhalten zu sein. Eine mögliche Ursache dessen könnte die chemische Verwitterung der Gläser sein, die im untersuchten Abschnitt im Vergleich zu den jüngeren Intervallen dementsprechend länger Zeit gehabt hätte zu wirken. Tephra kann beim Kontakt mit Oberflächenwasser, Grundwasser und Porenlösungen in Sekundärmineralphasen umgewandelt werden (Schmincke 1988). Phonolithische und trachytische Gläser, so wie sie dem Chemismus der italienischen Vulkaneruptionen in dem untersuchten Zeitintervall entsprechen (Massari et

al. 2002, Ciaranfi et al. 2010, Giaccio et al. 2013), können bei fortgeschrittener Diagenese zu Illit zerfallen. Letzteres ist jedoch ausgeschlossen, da die limnotelmatischen Sedimente kein Anzeichen für Diagenese aufweisen.

Möglich ist auch die Lösung der Gläser und Alteration zu Kaolinit unter sauren Bedingungen, welche in Mooren grundsätzlich aufgrund von Humin- und Fulvosäuren bestehen (Surdam & Sheppard 1978, Schmincke 1988, Hodder et al. 1991). Dieser Prozess kann innerhalb weniger Jahrhunderte erfolgen (Hodder et al. 1991). Jedoch resultiert aus dem Eintrag des kalkreichen, alkalischen Grundwassers in das Philippi-Becken ein neutraler pH-Wert des Torfs (Christanis 1983). Zwar sind Illit und Kaolinit durch höhere Gehalte in der Röntgenfeinstrukturanalyse erkenntlich, die Herkunft dieser Minerale dürfte jedoch der chemischen Verwitterung aluminiumreicher Silikate zuzurechnen sein. Sie wurden als Verwitterungsprodukt der umliegenden Bergketten in das Becken eingetragen (Kapitel 5.2.4.2). Des Weiteren ist die Lösung der Tephragläser durch Bakterien möglich, was in Feldversuchen innerhalb weniger Jahre zu einer deutlichen Anlösung von Gläsern führte (Thorseth et al. 1995).

5.1.2 Lage der Matuyama/Brunhes-Umkehr

Im Tiefenbereich 129,00–128,90 m des TP-2009-Kerns lässt die ChRM-Inklination auf einen geomagnetischen Polsprung schließen. Im Vergleich des Datensatzes der Baumpollen von Tenaghi Philippon desselben Kerns (Pross et al. 2015) mit den benthischen Sauerstoffisotopendaten des LR04 *global stacks* (Lisiecki & Raymo 2005) und der orbital kalibrierten Pollendaten des TF II/III-Splice (Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976, van der Wiel & Wijmstra 1987a, b, Tzedakis et al. 2006) entspricht dieser Polsprung dem bisher letzten geomagnetischen Hauptwechsel von inverser zu normaler Polarität – der Matuyama/Brunhes-Grenze (Abb. 30).

Weil die M/B-Grenze auf 781 ka datiert wurde (Lourens et al. 2004, Ogg 2012, Pillans & Gibbard 2012), müsste die Lage der geomagnetischer Umkehr in 129,00–128,90 m Tiefe bei TP-2009 diesem Alter entsprechen. Gemäß dem Verlauf der Baumpollenkurve im Vergleich zum LR04 *global stack* entspricht die Tiefe von 129,00–128,90 m jedoch nicht MIS 19, sondern MIS 21a und einem Alter von ca. 815 ka (Abb. 30). Die geomagnetische Umkehr scheint im TP-2009-Bohrkern somit 34 kyr früher aufzutreten. Dieser Befund ist konform mit dem TF III-Bohrkern von Tenaghi Philippon. Hier wurde die Matuyama/Brunhes-Umkehr in 134 m Tiefe identifiziert (Wijmstra & Groenhart 1983), was einem Alter von ca. 794 ka (MIS 20) im astronomisch kalibrierten Altersmodell des Kerns entspricht (Tzedakis et al. 2006).

Die Erklärung hierfür ist eine Akquirierung der Magnetisierung durch das Sediment lange nach der Ablagerung (Verosub 1977, Coe & Liddicoat 1994). In Tenaghi Philippon sind sowohl der schwammartige, porenraumreiche Torf als auch die lakustrinen Sedimente unverfestigt, sodass fluidgefüllte Porenräume in den Sedimenten noch lange nach der Ablagerung die Mobilität der magnetischen Träger ermöglichten (Tzedakis et al. 2006, Pross et al. 2015). Dieses Phänomen ist auch aus marinen Archiven und eurasischen Lösssequenzen bekannt (deMenocal et al. 1990, Zhou & Shackleton 1999). Beispielsweise tritt die geomagnetische Umkehr in den ODP Site 964- und KC01B-Kernen des Ionischen Meers bei 814 ka bzw. 827 ka auf (Langereis et al. 1997, Lourens 2004).

Der Übergang vom Matuyama- zum Brunhes-Chron ist im TP-2009-Kern durch die erhöhte Fluktuation zwischen inverser und normaler Polarität kurz vor der eigentlichen Umkehr und durch intermedi-

äre Inklinationswerte im Übergangsbereich charakterisiert (Abb. 23). Diese Variationen sind typisch für geomagnetische Übergangszonen (Opdyke et al. 1973). Wenn sich das Erdmagnetfeld neu organisiert, schwächt sich das Dipolfeld um ca. 25 % ab (Merrill & McFadden 1999) und kann seinen Charakter zu einem non-Dipolfeld verändern (Gubbins & Coe 1993).

5.1.3 Altersmodell

5.1.3.1 Identifikation eines geeigneten Archivs zur Entwicklung des Altersmodells

Die Entwicklung eines Altersmodells für die hochaufgelösten Pollendaten des Tiefenintervalls 127,99–117,98 m von TP-2009 basierte auf zwei Annahmen: (1) Die Kurve des AP/NAP-Verhältnis von TP-2009 ist synchron zum Verlauf benthischer Sauerstoffisotopenwerte und somit synchron mit den Marinen Isotopenstadien und (2) der stratigraphisch obere Abschnitt von TP-2009 korreliert mit dem untersten Abschnitt des TP-2005-Bohrkerns (Pross et al. 2015; Abb. 30). Für die TF II- und TF III-Kerne konnte bereits ein synchroner Verlauf von Baumpollen-Prozentwerten mit benthischen Sauerstoffisotopenwerten des Tiefseekerns V28-239 und des LR04 *global stacks* unter Beweis gestellt werden (Wijmstra & Groenhart 1983, Tzedakis et al. 2006; Abb. 30). Im TP-2005-Kern ermöglichten Radiokarbonalter und die Korrelation von Tephrahorizonten eine Zuordnung der Pollendaten zu MIS 9–1 (Fletcher et al. 2013, Müller et al. 2011, Lowe et al. 2012, Milner et al. 2016, Wulf et al. 2018). Aufgrund der guten Analogie zu den Pollendaten von TF II und TF III und zum LR04 *global stack* wurde der TP-2009-Kern anhand der MIS 9 und 8 in ca. 45–55 m Tiefe mit dem TP-2005-Kern linear korreliert (Pross et al. 2015; Abb. 30).

Da die Entwicklung des Altersmodells für das hier untersuchte Intervall von 127,99 m bis 117,98 m nicht auf Grundlage von absoluten Altern erfolgen kann, ist die Korrelation zu einem geeigneten Klimaarchiv notwendig. Diese Anforderung erfüllt der Splice hochaufgelöster benthischer Sauerstoffisotopendaten der ODP Sites 967 und 968 (Konijnendijk et al. 2014, 2015). Die ODP Sites 967 und 968 liegen südlich von Zypern und daher geographisch nahe Tenaghi Philippon (Abb. 5). Da Klimaveränderungen vom Nordatlantik über die Westwinde gleichermaßen in den Mittelmeerraum übertragen werden (Tzedakis et al. 1997, 2004a), unterliegen beide Lokalitäten einem vergleichbaren Klima. Die beiden marinen Kerne werden im Vergleich zum nordöstlichen Mittelmeerraum verstärkt durch das Afrikanische Monsunsystem beeinflusst (Kroon et al. 1998, Larrasoaña et al. 2003), während kontinentale polare Wettersysteme erhöhten Einfluss auf Tenaghi Philippon ausüben (Rohling et al. 2002b, Pross et al. 2009).

Das Altersmodell des jüngeren Teils des Splice basiert auf der Korrelation des Ti/Al-Klimasignals mit dem $\delta^{18}O_{Speläothem}$-Datensatz der chinesischen Sanbao/Hulu-Höhlen (Ziegler et al. 2010, Konijnendijk et al. 2014), während das Ti/Al-Verhältnis für den Abschnitt älter als 340 ka mit der Sommerinsolation bei 65°N kalibriert wurde (Konijnendijk et al. 2014). Daraus ergibt sich eine Länge des $\delta^{18}O_{benthisch}$-Datensatzes von 1,2 Ma. Messungen der benthischen Foraminiferen von MIS 19 stammen von ODP Site 967 (Konijnendijk et al. 2015).

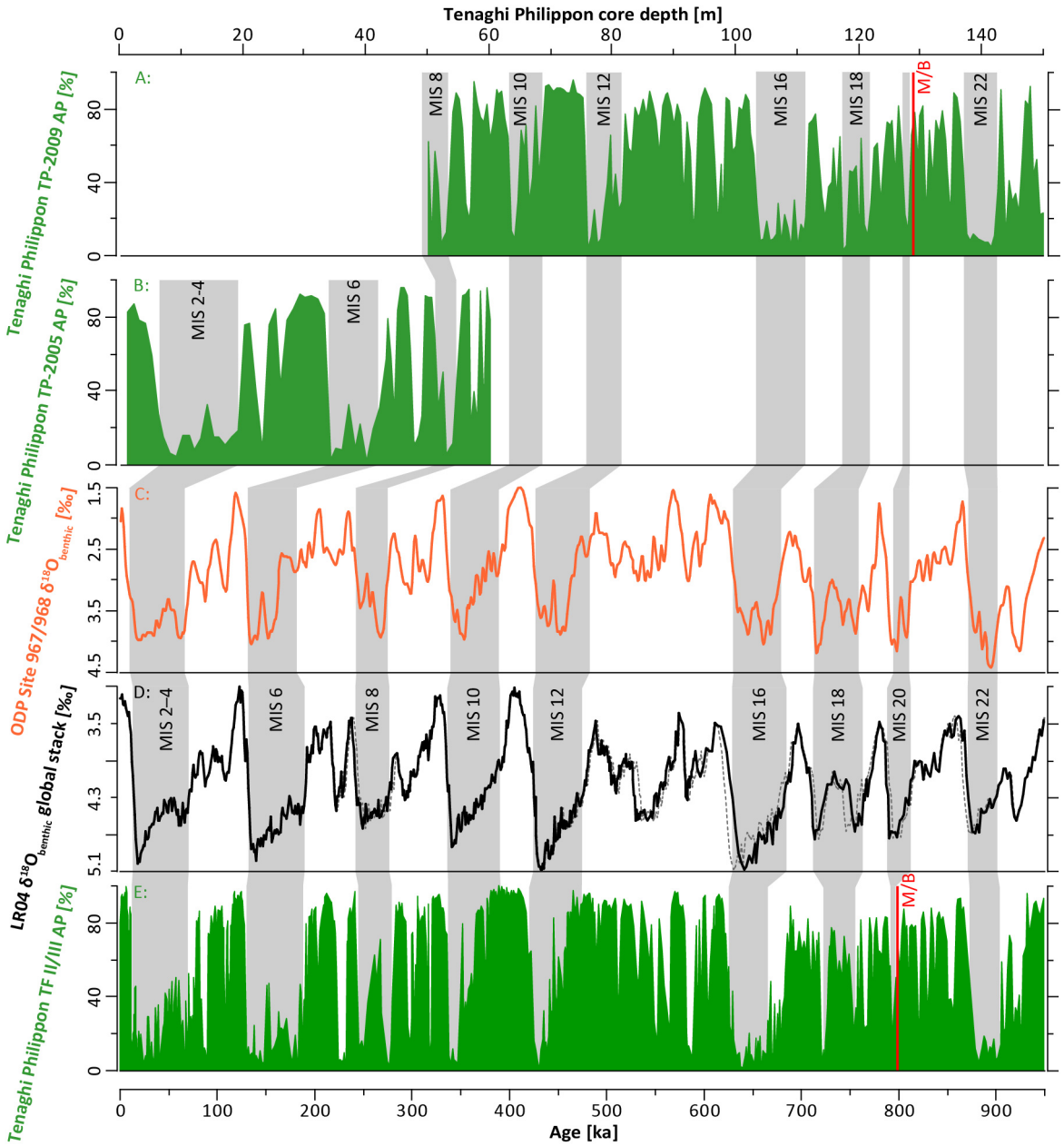


Abb. 30: Vergleich des Tiefenintervalls 150–0 m der Tenaghi Philippon TP-2005- und TP-2009-Kerne mit marinen Klimaarchiven und dem Tenaghi Philippon TF II/III-Splice. A: Tenaghi Philippon TP-2009-Baumpollen-Datensatz (AP; Pross et al. 2015); B: Tenaghi Philippon TP-2005-Baumpollen-Datensatz (AP; Pross et al. 2015); C: Sauerstoffisotopendaten benthischer Foraminiferen der ODP Sites 967/968 (Konijnendijk et al. 2015); D: LR04 *global stack* von Sauerstoffisotopendaten benthischer Foraminiferen (Lisiecki & Raymo 2005) dargestellt auf der Zeitskala (schwarze Kurve) von Konijnendijk et al. (2015) und auf der originalen Zeitskala (grau-gestrichelte Kurve) von Lisiecki & Raymo (2005); E: Tenaghi Philippon TF II/III-Baumpollen-Datensatz (Tzedakis et al. 2006, Daten aus Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976, van der Wiel & Wijmstra 1987a, b). Graue vertikale Balken entsprechen der Korrelation der jeweiligen Glaziale. Korrelation des TP-2009-Kern zum TP-2005-Kern und zum LR04 *global stack* verändert nach Pross et al. (2015). Lage der M/B-Umkehr im TF III-Kern nach Wijmstra & Groenhart (1983); für den TP-2009-Kern vergleiche Kapitel 5.1.2.

Anhand des Splice von ODP Sites 967/968 haben Konijnendijk et al. (2015) ein alternatives Altersmodell für den LR04 *global stack* erstellt, anhand dessen sich die Glazial-Interglazial-Zyklizität von ODP Sites 967/968 mit dem LR04 *global stack* vergleichen lässt (Abb. 30, 31). Das alternative Altersmodell des LR04 *global stacks* charakterisiert gegenüber dem Original (Lisiecki & Raymo 2005) *„leads and lags“* in glazialen Terminationen und dem Beginn eines Glazials, sodass im alternativen Altersmodell die Glaziale MIS 16, 18 und 20 länger andauern und die MIS-17- und MIS-19-Interglaziale verkürzt

sind (Abb. 31). Diese Unterschiede wirken sich dementsprechend auch auf die Korrelation der Pollendaten von Tenaghi Philippon zu den ODP Site 967/968 aus (Abb. 31). Die *„leads and lags“* im alternativen LR04-Altersmodell zum Original folgen entweder aus unterschiedlich durchgeführten astronomischen Kalibrierungen für den LR04 *global stack* und die ODP Sites 967/968, oder Veränderungen in den benthischen Sauerstoffisotopendaten des Mittelmeers gehen dem globalen Datensatz zeitlich voraus (Konijnendijk et al. 2015). Letzteres wäre vergleichbar mit dem ca. 1,6 kyr früheren Eintreten einer Veränderung in benthischen Sauerstoffisotopen-Datensätzen des Atlantiks gegenüber dem Pazifik (Skinner & Shackleton 2005, Lisiecki & Raymo 2009).

Es hätte sich auch eine Korrelation zu dem astronomisch kalibrierten TF II/III-Splice von Tenaghi Philippon (Tzedakis et al. 2006) angeboten, da es aus demselben Ablagerungsmilieu stammt und somit derselben Vegetationsdynamik unterliegt. Jedoch resultieren die im Vergleich zu TP-2009 deutlich geringere Auflösung des TF III-Kerns und die geringere Quantität der gezählten Pollen in der Pollenanalyse in Ungenauigkeiten der Grenzverläufe zwischen Marinen Isotopenunterstadien (Abb. 30). Andere Archive, deren Klimasignale von MIS 19 hoch aufgelöst sind, eigneten sich aufgrund ihrer Kürze nicht zur Korrelation (z. B. Montalbano Jonico, Bertini et al. 2015, Maiorano et al. 2016; Sulmona, Giaccio et al. 2015).

5.1.3.2 Korrelation von TP-2009 und ODP Sites 967/968

Für eine erste zeitliche Einordnung der hochaufgelösten Pollendaten in 127,99–117,98 m Tiefe wurden charakteristische Intervalle im TP-2009-Kern dem LR04 *global stack* und den Pollendaten des TF II/III-Splice zugeordnet (Abb. 30). Vier dieser charakteristischen Intervalle in den Pollendaten von TP-2009 sind eine Phase hoher Baumpollen-Prozentwerte in 149,00–146,50 m Tiefe, zwei lange Intervalle besonders niedriger AP-Prozentwerte bei 142,00–137,50 m und 111,50–104,00 m sowie hohe Baumpollen-Prozentwerte von über 90 % bei 101,50 m. Diese Phasen entsprechen MIS 25, 22, 16 und 11 im LR04 *global stack* und bieten gute Anhaltspunkte zur visuellen linearen Korrelation der Pollendaten mit den benthischen Sauerstoffisotopendaten der ODP Sites 967/968 (Abb. 30). Weil der hochaufgelöste Tiefenabschnitt 127,99–117,98 m von TP-2009 somit nur einen Glazial-Interglazial-Zyklus umfasst (Abb. 30), hätte die Korrelation dieses kurzen Intervalls mit den ODP Sites 967/968 zu einer höheren Ungenauigkeit im Altersmodell geführt. Aus diesem Grund wurden die hochaufgelösten Pollendaten mit den Werten aus Pross et al. (2015) für den Tiefenbereich 150–100 m erweitert (Abb. 31). In diesem Tiefenbereich gibt es zwischen Tenaghi Philippon und den ODP Sites 967/968 gute Übereinstimmungen im wenig intensiven MIS-24-Glazial, in den sieben Unterstadien von MIS 21 und am Übergang von MIS 18 zu 17. Insgesamt wurden elf Alterskorrelationspunkte an den Mittelpunkten von Interglazial-Glazial- und Interstadial-Stadial-Übergängen zwischen MIS 25c und der Termination VII gewählt (Tab. 1, Abb. 31). Vier dieser Alterskorrelationspunkte fallen in die palynologisch hochaufgelöste Sequenz von 127,99 m bis 117,98 m, die somit ungefähr dem Zeitintervall 804–721 ka (MIS 20c–18a) entspricht.

Tab. 1: Alterskorrelationspunkte im AP-Datensatz des TP-2009-Kerns (Pross et al. 2015, vorliegende Arbeit) mit den $\delta^{18}O_{benthisch}$-Werten des ODP Site-967-Kerns (Konijnendijk et al. 2015) sowie die durchschnittliche Sedimentationsrate.

TP-2009 depth [m]	ODP Site 967/968 age [ka]	MIS or Termination	Average sedimentation rate [cm kyr^{-1}]
103.14	629.76	Termination VII	18.0
111.76	678.13	16c	17.0
117.28	713.55	Termination VIII	13.0
120.93	751.64	18e/d boundary	12.5
123.21	766.52	19b/a boundary	16.5
127.29	788.59	Termination IX	11.0
127.77	800.18	20b	4.5
128.31	810.55	20d	9.5
136.93	870.08	Termination X	16.0
142.58	901.22	23/22 boundary	14.0
146.57	940.97	25c	10.0

Anhand dieser Korrelation kann die in Kapitel 4.4.1 vergebene Pollenzonierung für TP-2009 (nach van der Wiel & Wijmstra 1987b) Marinen Isotopenunterstadien im LR04 *global stack* zugeordnet werden. Somit entspricht die Pollenzone 37 dem MIS-19c-Interglazial, die Pollenzone 36 den Marinen Isotopenunterstadien 19b bis 18e sowie die Pollenzone 35 dem Interstadial-Stadial-Zyklus von MIS 18d–b. Diese Korrelation der Pollenzonen ist mit dem Altersmodell des TF III-Kerns konform (van der Wiel & Wijmstra 1987b, Tzedakis 2010; Abb. 30).

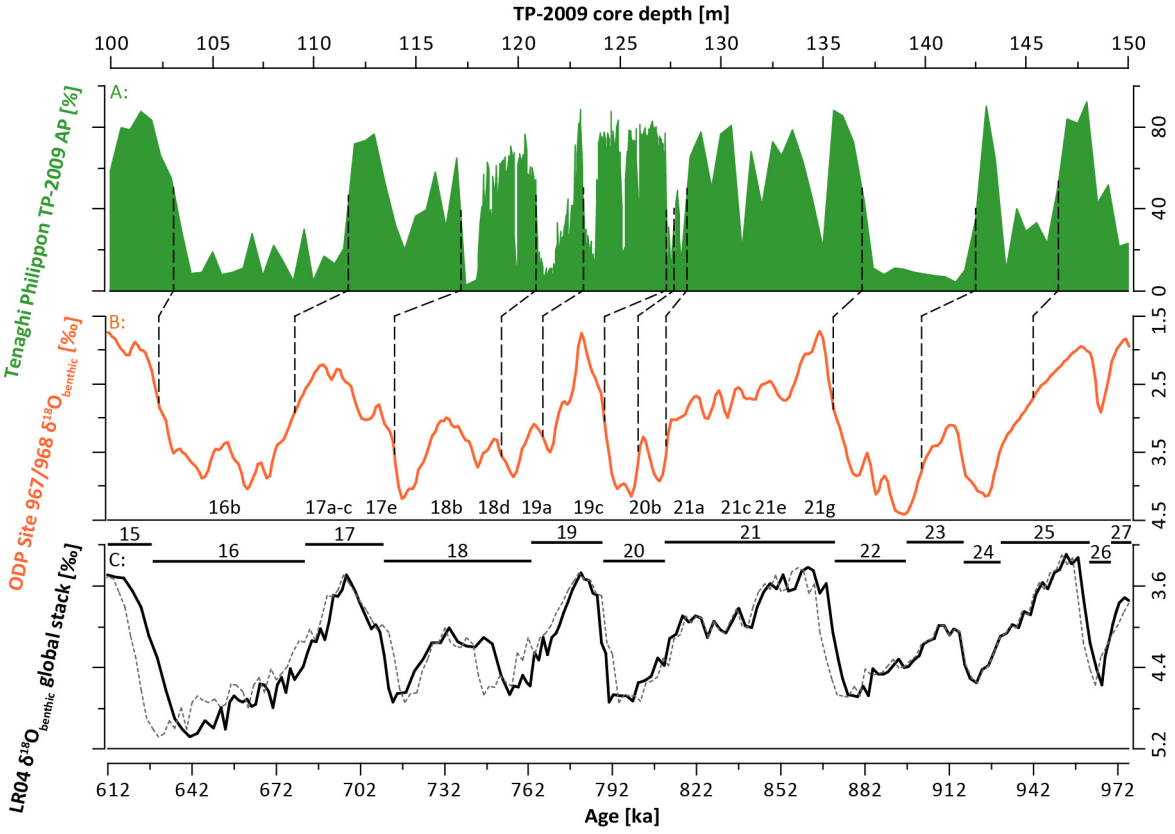


Abb. 31: Korrelation des Tiefenintervalls 150–100 m des TP-2009-Kerns von Tenaghi Philippon mit den ODP Sites 967/968. A: Tenaghi Philippon TP-2009-Baumpollen-Datensatz (Pross et al. 2015, vorliegende Arbeit); B: Sauerstoffisotopendaten benthischer Foraminiferen der ODP Sites 967/968 (Konijnendijk et al. 2015), die Beschriftung der MIS 21g–16b entsprechen Interstadialen mit guter Übereinstimmung, Terminologie der Marinen Isotopenunterstadien nach Railsback et al. (2015); C: LR04 *global stack* von Sauerstoffisotopendaten benthischer Foraminiferen (Lisiecki & Raymo 2005) dargestellt auf der Zeitskala (schwarze Kurve) von Konijnendijk et al. (2015) und auf der originalen Zeitskala (grau-gestrichelte Kurve) von Lisiecki & Raymo (2005), Klassifikation der Marinen Isotopenstadien 27–15 nach Konijnendijk et al. (2015). Gestrichelte vertikale Linien entsprechen den visuell festgelegten Alterskorrelationspunkten.

Auf der Grundlage des Altersmodells charakterisiert die Baumpollenkurve von TP-2009 zwischen MIS 20c und MIS 18a abrupte Übergänge von Stadialen und Interstadialen innerhalb weniger Jahrzehnte bis -hunderte. Ursache dieser massiven Wechsel sind Klimaveränderungen, die temperate Baumtaxa an ihre ökologische Toleranzgrenze führen oder ihre Verbreitung begünstigen. In Tenaghi Philippon limitiert zusätzlich der höhere kontinentale Einfluss das Feuchtigkeitsangebot, sodass Taxa ausgeprägter als in anderen Pollenarchiven auf Klimaveränderungen reagieren (Tzedakis et al. 2002, 2004a, Müller et al. 2011).

5.1.3.3 Sedimentationsrate

Für die Berechnung der Sedimentationsrate des korrelierten Intervalls MIS 25c–15e von TP-2009 wurde eine konstante Sedimentationsrate zwischen den Alterskorrelationspunkten vorausgesetzt. Die Sedimentationsraten schwanken zwischen 4 cm kyr^{-1} und 18 cm kyr^{-1} bei durchschnittlich 14 cm kyr^{-1} (Abb. 32). Dieser Durchschnittswert liegt somit unterhalb oder gleichauf der durchschnittlichen Werte jüngerer Zeitintervalle in TP-2005 (12 cm kyr^{-1} in MIS 7–9, vgl. Fletcher et al. 2013; 10–45 cm kyr^{-1} in MIS 5, Milner et al. 2016; 23 cm kyr^{-1} und 48 cm kyr^{-1} in MIS 2 und MIS 1, vgl. Müller et al. 2011). Die geringere durchschnittliche Sedimentationsrate ergibt sich aus der höheren Kompaktion der Sedimente durch Auflast der jüngeren Ablagerungen.

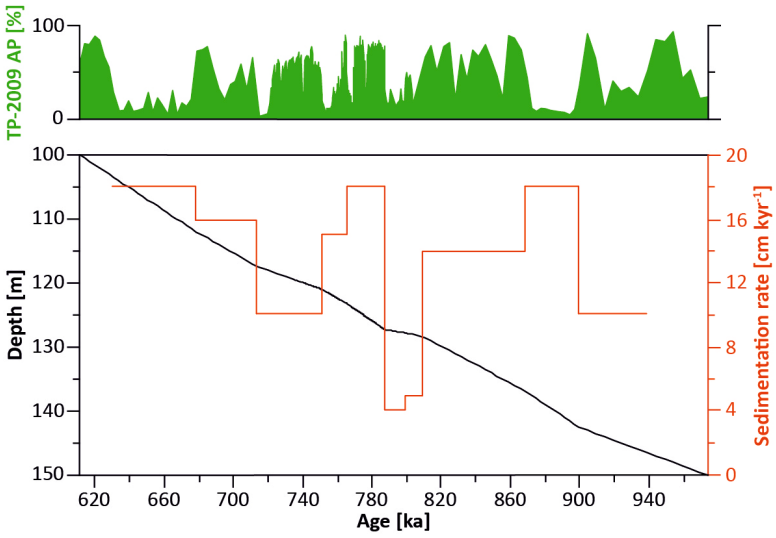


Abb. 32: Alter-Tiefe-Modell und Sedimentationsrate des TP-2009-Kerns für das Intervall 150–100 m nach der Korrelation mit den benthischen Sauerstoffisotopenwerten der ODP Sites 967/968 (Konijnendijk et al. 2014, 2015). Darstellung der TP-2009-Baumpollen auf der Altersskala zum Vergleich.

Die Glaziale MIS 20 und 18 weisen niedrigere Sedimentationsraten als das MIS-19-Interglazial auf (Tab. 1, Abb. 32). Dieser Unterschied zwischen Kalt- und Warmzeiten ist konform mit den Sedimentationsraten anderer Zeitintervalle von Tenaghi Philippon. Im Holozän ist die Sedimentationsrate 2,0–2,5-fach höher als im letzten Glazial (Christanis 1983, Müller et al. 2011). Während Interglazialen führen klimatisch günstigere Bedingungen zu einem gesteigerten Torfwachstum und zur Akkumulation von mehr Pflanzenmaterial infolge der Vegetationsexpansion im Becken. Dies führt zu höheren Sedimentationsraten.

Differenzielle Kompaktion infolge von Unterschieden in den Lithologien können anhand der Sedimentationsrate nicht nachvollzogen werden, da die gewählten Korrelationspunkte im Altersmodell zu weit auseinander liegen. Fast jedes Intervall zwischen den Korrelationspunkten umfasst alle drei Lithologien und jeweils zum größten Teil Torf.

5.2 Vegetationsdynamik

Im Kapitel 5.2.1 werden verschiedene Klimaparameter vorgestellt, auf deren Grundlage die Vegetationsdynamik des Zeitintervalls MIS 20c–18a in Tenaghi Philippon rekonstruiert wurde. Das Kapitel 5.2.2 betrachtet aus der Vegetationsdynamik hervorgehende klimatische Veränderungen dieses Intervalls in Tenaghi Philippon. Auf abrupte Klimavariabilität wird in Kapitel 5.2.3 genauer eingegangen. Welchen Einfluss die klimatischen Gegebenheiten auf Vegetationsveränderungen im Becken eingenommen haben, wird in Kapitel 5.2.4 erläutert.

5.2.1 Interpretation von Pollendaten

Auf Basis der palynologischen Daten bilden verschiedene Parameter die Umweltfaktoren und Vegetationsdynamik von MIS 20a bis 18a in Tenaghi Philippon ab. In der Klimainterpretation werden folgende Parameter betrachtet:

(1) AP/NAP-Verhältnis und Pollenprozentwerte
(2) Pollenkonzentrationen
(3) Index der Waldzusammensetzung I_{AC}
(4) Index der Aridität I_{AR}
(5) Rate der Waldveränderung $ROFC_{Age}$
(6) Index der lokalen Wassertiefe I_{WD}

5.2.1.1 AP/NAP-Verhältnis

Das AP/NAP-Verhältnis stellt die Ausbreitung von Wäldern der Verbreitung krautiger Pflanzen gegenüber (z. B. Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976; Abb. 34). Anhand einer Einteilung der Baumpollen in Prozentwertbereiche lassen sich die vier Vegetationstypen Wald, offene Wälder, Waldsteppe und Kältesteppe unterscheiden (Tab. 2). Diese Aufteilung ist möglich, weil die Verbreitung von Baumtaxa von der Temperatur und Bodenfeuchtigkeit abhängig ist (Wijmstra et al. 1990, Wijmstra & Young 1992, Milner et al. 2013). Hohe AP-Prozentwerte sprechen daher für warme und feuchte Bedingungen, niedrige AP-Prozentwerte für ein kaltes und trockenes Klima (Tab. 2). Die Einordnung der Prozentwerte in die vier Vegetationstypen ist allerdings synthetisch und dient einzig der Beschreibung der dominanten Gegebenheiten eines Zeitintervalls in Tenaghi Philippon.

Tab. 2: AP-Prozentwertbereiche zur Unterteilung der dominierenden Vegetationsform, ihres Charakters und ihrer klimatischen Rahmenbedingungen (verändert nach Frenzel 1968, Wijmstra 1969, Wijmstra & Smit 1976, Allen et al. 2000).

AP [%]	Vegetation type	Vegetation character	Climatic interpretation
>70	Forest	Dense forest cover, mainly deciduous *Quercus*	Warm and humid
55–70	Open forest	Open forest vegetation, woodland	
30–55	Forest steppe	Steppe vegetation with sparse stands of trees on local, suitable spots; *Pinus* most common tree taxon	
<30	Cold steppe	*Artemisia*-Chenopodiaceae steppe or grassland steppe vegetation	Cold and dry

5.2.1.2 Pollenkonzentrationen

Pollenkonzentrationen zeigen Veränderungen in der Vegetationsbedeckung und –dichte an (Follieri et al. 1988, Magri & Follieri 1992) und werden von sedimentologischen sowie ökologischen Faktoren beeinflusst. Ein Einflussfaktor ist die Sedimentationsrate, die wiederum von den klimatischen Verhältnissen abhängig ist. Beispielsweise sind Pollenkonzentrationen in glazialen Phasen verdünnt, da während Kaltzeiten aufgrund einer geringeren Pflanzenbedeckung eine höhere Erosion und somit ein höherer Sedimenteintrag ins Becken erfolgt (Tzedakis 1994). Zudem resultieren die unterschiedlichen Strategien zur Pollenproduktion und -verbreitung der Pflanzengruppen in der Über- oder Unterrepräsentation von Pollenkonzentrationen einzelner Taxa (Janssen 1966, Molina et al. 1996, Bradley 2015).

5.2.1.3 Index der Waldzusammensetzung I_{AC}

Der Index I_{AC} beschreibt Veränderungen in der Zusammensetzung der Baumpollen (Kapitel 3.5.2), in dem er temperate und montane Taxa gegenüberstellt (Fletcher et al. 2013; Abb. 34). Ein hoher Anteil temperater Taxa im I_{AC} spricht für humides Klima (Polunin & Walters 1985, Rossignol-Strick 1999, Fletcher et al. 2013). Dominieren montane Taxa (*Betula, Picea, Pinus*) im Index, deutet dies eine Reduzierung der warmgemäßigten Bedingungen an (Wijmstra 1969, Fletcher et al. 2013). Da sich temperate (niedrige) und montane Taxa (hohe Hanglagen) bevorzugt in Vegetationsgürteln an den Berghängen des Drama-Beckens verbreiten (Wijmstra 1969, Karagiannakidou & Kokkini 1987; Kapitel 2.4), verdeutlicht der I_{AC} zusätzlich Ausbreitungen und Rückgänge der Vegetationsgürtel (Fletcher et al. 2013).

Abies und *Fagus* sind beide Bewohner der höheren Bergzonen, jedoch wurde *Abies* von dem Index ausgeschlossen und *Fagus* zu den temperaten Baumtaxa gestellt (Fletcher et al. 2013). Beide Taxa sind zwar kältetolerant, bedürfen allerdings einer höheren Bodenfeuchtigkeit und reagieren sensitiv auf spät-saisonale Frostevents (Tinner & Lotter 2006). Sie verbreiten sich grundsätzlich an den Übergängen zu bzw. nach vollglazialen Bedingungen (Tzedakis 2005).

5.2.1.4 Index der Aridität I_{AR}

Ein mögliches Defizit an Feuchtigkeit lässt sich nicht nur anhand des Rückgangs von Baumpollen (Kapitel 5.2.1.1), sondern auch mit dem Ariditätsindex I_{AR} ermitteln (Fowell et al. 2003). Dieser wurde bisher jedoch nur auf aride und semiaride Regionen angewendet (Li et al. 2010). Der I_{AR} betrachtet die Zusammensetzung von Steppenvegetation anhand des Verhältnisses von Poaceae zu *Artemisia* und Chenopodiaceae. Da Tenaghi Philippon heute kein arides Klima kennzeichnet und Poaceae in Tenaghi Philippon nicht nur in Steppen vorkommen, sondern auch von lokalen Gegebenheiten beeinflusst werden (Wijmstra 1969), wurde zunächst die Anwendbarkeit des Indexes auf die Pollendaten von Tenaghi Philippon anhand einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) überprüft.

Die PCA ergab zwei Komponenten mit jeweils 35 % und 29 % erklärter Varianz. Im Biplot dieser beiden Komponenten nehmen Poaceae positive, *Artemisia* und Chenopodiaceae dagegen negative Werte auf der Achse 1 ein. Cyperaceae und *Nymphaea* kennzeichnen positive sowie Brassicaceae und *Myriophyllum* negative Werte auf der Achse 2 (Tab. A7, Abb. 33). Demnach reflektiert die erste Komponente die Steppenvegetation außerhalb des Beckens, die von der Verfügbarkeit an Bodenfeuchtigkeit beeinflusst wird. Die zweite Komponente umfasst Taxa, die auf einen sich im Becken verändernden Wasserstand reagieren. Somit bestätigt die PCA, dass die Poaceae-Prozentwerte hauptsächlich klimatischen Veränderungen unterliegen. Diese Beobachtung ist konform mit Clusteranalysen und einer Gegenüberstellung des AP/NAP-Verhältnisses mit und ohne eingerechnete Poaceae-Prozentwerte im TF II/III-Splice, die ebenfalls für einen geringen Einfluss lokaler Umweltfaktoren auf die Poaceae-Prozentdaten sprechen (Wijmstra & Groenhart 1983, Wijmstra & Young 1992, Mommersteeg et al. 1995). Aufgrund des gegenläufigen Trends von Poaceae zu *Artemisia* und Chenopodiaceae in der PCA bestätigt sich weiterhin, dass der I_{AR} auf Basis der Pollendaten von Tenaghi Philippon berechnet werden kann.

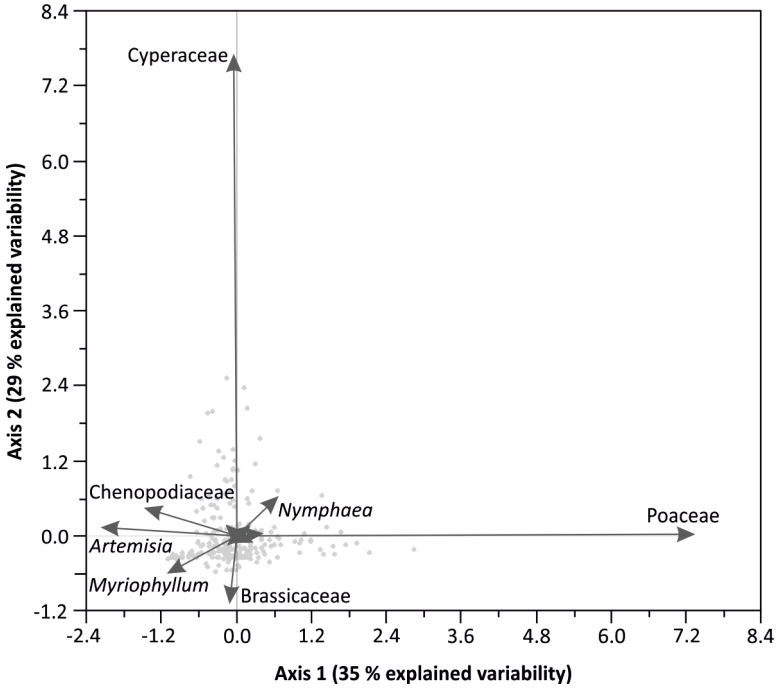


Abb. 33: Biplot der Hauptkomponentenanalyse aller NAP und aquatischen Pollengruppen des Intervalls MIS 20–18 von Tenaghi Philippon. Die ersten beiden Achsen erklären 64 % der Varianz des gesamten Datensatzes. Hauptpollengruppen mit einer erklärten Varianz von >0,5 sind beschriftet.

Hohe Werte im I_{AR} zeigen eine hohe Trockenheit an, da von *Artemisia* und Chenopodiaceae dominierte Kälte- oder Wüstensteppen gegenüber einer Grasland-Steppe weniger Bodenfeuchtigkeit benötigen (Fowell et al. 2003, Li et al. 2010; Tab. 3, Abb. 34). Bisher werden im Ariditätsindex nur stark aride von weniger ariden Bedingungen bei einem Grenzwert von I_{AR} = 5 unterschieden (Fowell et al. 2003, Li et al. 2010; Kapitel 3.5.2). Dieser Grenzwert wird im untersuchten Abschnitt von Tenaghi Philippon selbst in glazialen Phasen nicht erreicht, weshalb angepasste Wertebereiche und Vegetationsmerkmale des I_{AR} für Tenaghi Philippon eingeführt werden (Tab. 3). Die Rekonstruktion des Vegetationscharakters erfolgte anhand der guten Übereinstimmung der I_{AR}-Kurve mit den Verläufen des AP/NAP-Verhältnisses und dem I_{AC} (Abb. 34). Nachteile des Ariditätsindexes sind, dass er Baumtaxa nicht beachtet und keine saisonalen Unterschiede in der Trockenheit wiedergibt.

Tab. 3: Wertebereiche im I_{AR} und entsprechender Grad der Trockenheit für Tenaghi Philippon. Die Beurteilung des Vegetationscharakters ergibt sich in Zusammenhang mit dem Verlauf des AP/NAP-Verhältnisses und dem I_{AC} (Abb. 34).

I_{AR}	**Aridity**	**Vegetation character**
<0,5	Humid	Dense forest cover
0,5–2,5	Sub-humid	Open forest, forest steppe and grassland steppe
2,5–5,0	Semiarid	*Artemisia*-Chenopodiaceae cold steppe, forest stands
>5,0	Arid	*Artemisia*-Chenopodiaceae desert steppe, no forest stands

5.2.1.5 Rate der Waldveränderung $ROFC_{Age}$

Die Rate der Waldveränderung $ROFC_{Age}$ beschreibt das Ausmaß von Waldrückgängen und -verbreitungen (Fletcher et al. 2013, Milner et al. 2016). Sie ergibt sich aus der Amplitude und Geschwindigkeit von Veränderungen im AP/NAP-Verhältnis. Hohe Raten von Waldkontraktionen und -expansionen erster Ordnung (mehr als 20 % Variation) entsprechen daher massiven Veränderungen im AP/NAP-Verhältnis, die infolge rapider Klimaveränderungen innerhalb weniger Jahrzehnte bis Jahrhunderte eintraten (Abb. 34). Demzufolge ist eine Waldkontraktion erster Ordnung mit einem kalttrockenen Event gleichzusetzen.

5.2.1.6 Index der lokalen Wassertiefe I_{WD}

Anhand des Indexes der lokalen Wassertiefe (I_{WD}) lassen sich Wasserspiegel-Schwankungen im Becken rekonstruieren (Fletcher et al. 2013; Abb. 37). In der ursprünglichen Berechnung des für das Zeitintervall 312–240 ka von Tenaghi Philippon erstellten Indexes in Fletcher et al. (2013) wird nur *Nymphaea* als Gewässer bewohnende Pflanze der am Ufer oder im Moor wachsenden Vegetation gegenübergestellt (Cyperaceae, *Sparganium*, *Typha latifolia*-Typ). In dieser Berechnung würde der I_{WD} sehr niedrige Werte für die Feinkalkmudde-Intervalle in 125,00–124,00 m und 121,97–121,00 m Tiefe anzeigen, weil *Nymphaea* in diesem Sediment nur sporadisch vorkommt (Kapitel 4.4.1, Abb. 29). Aus ökologischer Sicht ist ein niedriger Wasserspiegel im Becken während dieser Intervalle allerdings nicht plausibel. Feinkalkmudde ist ein lakustrines Sediment (Meier-Uhlherr et al. 2015; Kapitel 5.2.4.1), dass palynologisch in Tenaghi Philippon von hohen Prozentwerte lakustriner Palynomorphen charakterisiert wird (*Myriophyllum*, *Botryococcus*, *Coelastrum*, *Pediastrum*; Kapitel 4.4.1, Abb. 29, A14).

Aus diesem Grund wurden *Myriophyllum* und der *Ranunculus acris*-Typ in der Berechnung des I_{WD} in einer Gruppe mit *Nymphaea* zusammengefasst und den Cyperaceae gegenübergestellt (Kapitel 3.5.2, Formel 6). Beide Taxa lassen sich in die Formel einbeziehen, da sie in der in Kapitel 5.2.1.4 dargestellten PCA einen gegenläufigen Trend zu Cyperaceae und *Nymphaea* in der zweiten Komponente anzeigen (Tab. A7, Abb. 33). Dieser ergibt sich zum einen aus dem häufigen Vorkommen von *Myriophyllum* und dem *Ranunculus acris*-Typ in den Feinkalkmudde-Intervallen (Abb. 29, A14), demgegenüber Cyperaceae und *Nymphaea* nur in den Torfen und organikreichen Tonsedimenten häufig sind. Zum anderen bevorzugen *Myriophyllum* und aquatische Arten des ansonsten ökologisch weniger limitierten *Ranunculus acris*-Typ tiefere Gewässerzonen als Cyperaceae, *Nymphaea* und *Sparganium* (Pals et al. 1980, Laux 1994, Hannon & Gaillard 1997, Cohen 2003). *Nymphaea* wurde trotzdem in der Berechnung des I_{WD} mit *Myriophyllum* und dem *Ranunculus acris*-Typ zusammengefasst, weil dieses Taxon gegenüber den Cyperaceae unter telmatischen Bedingungen einen höheren Wasserspiegel anzeigt (Hannon & Gaillard 1997, Fletcher et al. 2013).

5.2.2 Langzeitige Vegetationsdynamik in Tenaghi Philippon

Auf der Basis der in Kapitel 5.2.1 erläuterten Klimaparameter wird im Folgenden die Vegetationsdynamik des Intervalls MIS 20c–18a mit Schwerpunkt auf dem MIS-19-Interglazial in Tenaghi Philippon rekonstruiert. Anhand der Parameter lassen sich abrupte Stadial-Interstadial-Wechsel und intrainterglaziale Klimavariabilität erkennen (Tab. 4, 5, Abb. 34).

Die vier in Kapitel 4.4.1 beschriebenen AP-Intervalle der Pollenzonen 37 und 36 charakterisieren MIS 19 und werden an dieser Stelle aufgrund ihrer Charakteristika in den Klimaparametern als warmgemäßigte Phasen definiert (WHP-19/1 bis WHP-19/4, „*warm humid phase*“; Tab. 4, Abb. 34). Nur in diesen vier Phasen erreichen die Baumpollen Prozentwerte von durchschnittlich mehr als 70 %, während die Werte im I_{AR} unterhalb von 0,5 sinken und der I_{AC} eine äußerst stark temperate Waldzusammensetzung anzeigt. Weiterhin sind die AP-Konzentrationen gegenüber den NAP-Konzentrationen deutlich höher als in anderen Intervallen (Abb. 34, A14). Für diese Phasen zeigen die Klimaparameter eine großräumige Bedeckung der Umgebung des Philippi-Beckens durch temperate Wälder an, die sich wiederum nur infolge eines warmen Klimas und einer hohen Humidität verbreiten konnten. Somit existierten ausschließlich in diesen vier warmgemäßigten Phasen interglaziale Bedingungen im untersuchten Intervall von Tenaghi Philippon.

Die beiden AP-Intervalle der Pollenzone 35 sind äquivalent mit den MIS-18d- und MIS-18b-Interstadialen, werden an dieser Stelle jedoch nicht als warmhumide Phasen kategorisiert. Die durchschnittlichen AP-Prozentwerte dieser Intervalle liegen unter 70 %, die Bedingungen sind größtenteils subhumid und die Waldzusammensetzung ist im I_{AC} deutlich weniger temperat als in den WHP von MIS 19 (Tab. 4, Abb. 34).

Jede der WHP endet mit Kontraktionen erster Ordnung in der $ROFC_{Age}$, gleichbedeutend mit einem Rückgang der AP um mehr als 20 % innerhalb weniger Jahrzehnte bis Jahrhunderte (Abb. 34). Mit dieser Ratenveränderung korrelierend nimmt die Dominanz montaner Taxa in den Wäldern zu, der I_{AR} steigt deutlich an, und die AP-Konzentrationen sinken (Abb. 34, A14). Diese Veränderungen in den Klimaparametern sprechen für abrupt eintretende kalttrockene Bedingungen, die zum Rückgang der temperaten Wälder führten. Derartig abrupte Klima- und Vegetationsdynamik wird im Folgenden als kalttrockenes Event (CDE, „*cold dry event*“) bezeichnet. Die ersten vier auf die WHP folgenden kalt-

trockenen Events (CDE-19/1 bis CDE-19/4; Tab. 5, Abb. 34) kennzeichnen sieben Waldkontraktionen erster Ordnung in der $ROFC_{Age}$. Ein weiteres kalttrockenes Event erfolgt im Anschluss an das MIS-18d-Interstadial (CDE-18/1; Tab. 5, Abb. 34).

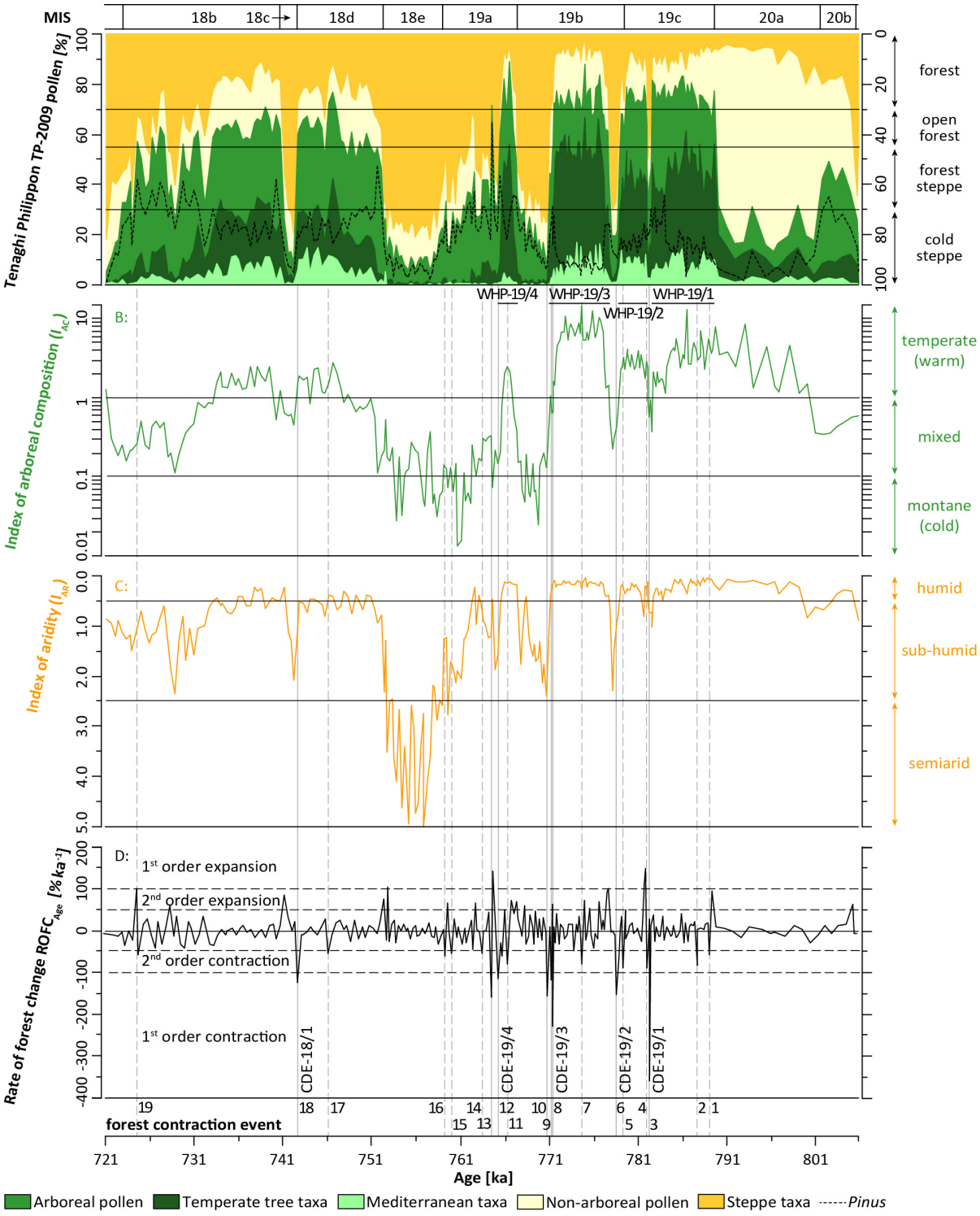


Abb. 34: Pollen-Prozentwerte von TP-2009 und aus den Pollendaten berechnete Indizes des Intervalls MIS 20c–18a. A: Pollen-Prozentwerte ausgewählter Gruppen; die Prozentwerte der Baumpollen werden auf der Y-Ache aufsteigend und die Werte der NAP absteigend dargestellt; Vegetationstypen in der rechten Spalte entsprechen Unterteilungen in den AP-Prozentwerten (Tab. 2). B: Index der Waldzusammensetzung. C: Index der Aridität. D: Rate der Waldveränderung $ROFC_{Age}$; graue Linien entsprechen Waldkontraktionen erster Ordnung, grau-gestrichelte Linien entsprechen Waldkontraktionen zweiter Ordnung. WHP = warmgemäßigte Phase, CDE = kalttrockenes Event. Für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2. Darstellung der Werte auf der in Kapitel 5.1.3.2 eingeführten Zeitskala.

Weitere Klimavariabilität zwischen MIS 20c und 18a äußert sich in elf Kontraktionen zweiter Ordnung in der $ROFC_{Age}$. Veränderungen im I_{AC} und im I_{AR} waren während dieser ebenfalls kurzzeitig ablaufenden Waldrückgänge deutlich geringer als während der Waldkontraktionen erster Ordnung (Abb. 34). Die Unterkapitel 5.2.2.1–5.2.2.3 gehen detaillierter auf die warmhumiden Phasen und die Stadial-Interstadial-Wechsel während MIS 20c–18a ein, während das Kapitel 5.2.3 die kalttrockenen Events genauer betrachtet.

Tab. 4: Charakteristika der warmgemäßigten Phasen, Interstadiale und Glaziale von MIS 20c bis 18a im TP-2009-Kern anhand der in Kapitel 5.2.1 eingeführten Parameter. PZ = Pollenzone im TF III-Kern nach van der Wiel & Wijmstra (1987b), WHP = warmgemäßigte Phase, * = Vegetation in Tenaghi Philippon in einer Berechnung der Pollenprozentwerte ohne die lokal vorkommenden Brassicaceae (Abb. 43).

TP-2009 Depth [m]	Age [ka] (duration [kyr])	MIS (PZ), WHP	Max. AP [%]	Main vegetation type	Dominant arboreal component (I_{AC})	Humidity (I_{AR})	Local environment (I_{WD})	Climatic interpretation
118.16	722.71	18a (34)		Cold steppe	Mixed	Sub-humid to semiarid	Telmatic	Cold and dry, glacial
119.84–118.16	740.25–722.71 (17.54)	18b (35)	71	Open forest to forest steppe	Temperate to mixed	Sub-humid	Telmatic (low water table)	Warm sub-humid interstadial
120.96–120.04	751.83–742.33 (9.50)	18d (35)	77	Open forest	Mixed to temperate	Humid to Sub-humid	Telmatic, swampy (high I_{WD}, Brassicaceae expansion)	Warm humid interstadial
121.97–120.96	758.42–751.83 (6.59)	18e (36)	26	Cold steppe	Montane to mixed	Semiarid	Limnic	Cold and dry, glacial
122.76–121.97	763.58–758.42 (5.16)	19a (36)	45	Forest steppe	Mixed to montane	Humid to semiarid	Telmatic, swampy (interm. I_{WD}, Brassicaceae expansion)	Cool humid to cool and dry, post-temperate phase
123.16–122.92	766.20–764.63 (1.57)	19a (36), WHP-19/4	89	Forest	Temperate	Humid	Telmatic (intermediate water table)	Warm humid, post-temperate phase
125.08–123.98	776.65–770.69 (5.96)	19b (37), WHP-19/3	88	Forest	Temperate	Humid	Limnic	Warm humid, temperate phase
125.88–125.42	780.98–778.49 (2.49)	19c (37), WHP-19/2	79	Forest	Temperate	Humid	Telmatic (intermediate water table)	Warm humid, temperate phase
127.30–126.00	788.45–781.63 (6.82)	19c (37), WHP-19/1	83	Forest	Temperate	Humid	Telmatic (low to intermediate water table)	Warm summer-dry, mild winter-wet, Eu-mediterranean phase
127.79–127.30	800.52–788.45 (12.07)	20a (38)	32	Forest steppe to open forest*	Temperate	Sub-humid to humid	Telmatic, swampy (low I_{WD}, Brassicaceae expansion)	Warm humid, pre-temperate phase
127.91–127.79	804.35–800.52 (2.30)	20b (38)	49	Forest steppe	Mixed	Humid	Telmatic (low water table)	Cool humid, pre-temperate phase
127.91	804.35	20c (38)		Cold steppe	Mixed	Sub-humid	Telmatic	Cold and dry, glacial

5.2.2.1 Übergang von glazialen Bedingungen während MIS 20 zum MIS-19c-Interglazial

Das in dieser Arbeit hochaufgelöste Intervall beginnt bei ca. 804,4 ka im MIS-20c-Stadial (Abb. 34) mit hohen Prozentwerten von *Artemisia* und Chenopodiaceae. Beide Taxa verbreiteten sich in Kältesteppen an den Berghängen des Drama-Beckens, da kaltes und subhumides Klima die Expansion von Wäldern verhinderte (z. B. Wijmstra & Smit 1976, van der Wiel & Wijmstra 1987a, b, Mommersteeg et al. 1995). Aufgrund dessen waren Waldbestände während MIS 20c noch stärker auf Orte mit ge-

eigneten Bedingungen reduziert (z. B. Schluchten, niedrige Höhenlagen der Bergketten) als in weniger kalttrockenen Phasen (Bottema & Barkoudah 1979, van Zeist & Bottema 1982). Die Zusammensetzung der Wälder war gemischt (Abb. 34), wobei *Pinus* als kältetolerantes Baumtaxon dominierte (Prentice et al. 1992a, Tinner & Lotter 2006).

Im MIS-20b-Interstadial (803,6–800,5 ka) expandierten *Pinus* und Poaceae zusammen mit den beiden Steppentaxa in Waldsteppen (Frenzel 1968, Wijmstra 1969). Sinkende Werte im I_{AR} sprechen für humide Bedingungen als Ursache der Waldsteppen-Expansion. Das Auftreten von temperaten Baumtaxa und immergrünen Eichen in den Pollendaten zeugt von der Immigration dieser Taxa aus Refugien weniger kontinental gelegener Regionen (z. B. Ioannina; Bennett et al. 1991, Tzedakis 1993, Tzedakis et al. 2002, 2004a). Dies spricht neben dem höheren Bodenfeuchtigkeitsangebot auch für mildere und kürzere Winterperioden als im vorangegangenen Stadial (Polunin & Walters 1985, Barbero et al. 1992, Rossignol-Strick 1999). Die Diversität der temperaten und mediterranen Taxa ist im MIS 20b noch gering, da die Rekolonisierung infolge des Aussterbens mit Beginn von MIS 20 nur langsam ablief (Cornell & Lawton 1992, Tilman & Pacala 1993).

Das Interstadial endet mit dem Rückgang von *Pinus*, der temperaten Baumtaxa und Poaceae. Da gleichzeitig die Aridität im I_{AR} zunimmt, könnte mangelnder Niederschlag zur Kontraktion der gegenüber Trockenheit intoleranten Baumtaxa geführt haben (Polunin & Walters 1985, Prentice et al. 1992a, Rossignol-Strick 1999). Diese subhumiden Bedingungen halten jedoch für nur wenige Jahrtausende zu Beginn des MIS-20a-Stadials an (800,5–788,5 ka). Im weiteren Verlauf von MIS 20a sprechen abnehmende Werte im I_{AR}, ein allmählicher Rückgang der Steppenvegetation und eine temperate Waldzusammensetzung im I_{AC} für humide Bedingungen (Abb. 34). Zudem zeugt das ab 788,5 ka durchgängige Auftreten des *Quercus ilex*-Typs für ganzjährig milde Temperaturen (Barbero et al. 1992). Im Widerspruch dazu verzeichnen die Baumpollen weiterhin niedrige Prozentwerte trotz dieser warmgemäßigten Bedingungen (Abb. 34).

Die niedrigen AP-Prozentwerte ergeben sich aus hohen Brassicaceae-Prozentwerten. Diese Gruppe expandierte allerdings nicht aufgrund der warmgemäßigten Bedingungen an den Berghängen um das Drama-Becken. Im Verbund erhaltene Pollenkörner der Brassicaceae sprechen aufgrund dieser Erhaltung für einen Transport über nur kurze Distanz (Abb. 27), sodass sie sich während MIS 20a in der Moorlandschaft verbreitet haben müssen. Weiterhin spricht auch die in Kapitel 5.2.1.4 dargestellte PCA für ein Vorkommen der Brassicaceae im Becken, da Brassicaceae und Cyperaceae einen gegenläufigen Trend in der zweiten Komponente kennzeichnen, der Veränderungen im lokalen Wasserstand wiedergibt (Abb. 33). Somit war die Verbreitung der Gruppe während MIS 20a nicht nur von klimatischen sondern auch von lokalen ökologischen Einflüssen abhängig, sodass sie in der Pollenanalyse überrepräsentiert sind und das klimatische Signal des AP-/NAP-Verhältnis überprägen.

Dies berechtigt zur Projektion des AP/NAP-Verhältnis ohne Brassicaceae (Abb. 43). In dieser Darstellung zeigen die Prozentwerte der temperaten Baumtaxa und Baumpollen einen ansteigenden Trend an, in Übereinstimmung zum ansteigenden I_{AC} und zur hohen Humidität im I_{AR}. Somit kontrahierten die Waldsteppen während MIS 20a nicht. Nach der kurzen Phase stärkerer Trockenheit (800,5–788,5 ka) dominieren temperate Baumtaxa in den Waldsteppen, begünstigt durch die warmgemäßigten Bedingungen. Vermutlich drängten die temperaten Baumtaxa *Pinus* in höhere Hanglagen der Gebirgszüge zurück. Heute ist *Pinus* auf die montanen Vegetationsgürtel in der Drama-Region limitiert (Wijmstra 1969, Karagiannakidou & Kokkini 1987). Aufgrund des zunehmend humiden Klimas repräs-

sentiert MIS 20a das prä-temperate Stadium des idealisierten Vegetationszyklus Südeuropas in Tenaghi Philippon (Wijmstra & Young 1992, de Beaulieu 2006, 2013; Abb. 11).

5.2.2.2 Baumpollen-dominierte warmgemäßigte Phasen und kalttrockene Events während MIS 19

Mit Beginn von MIS 19 etablierten sich temperate Wälder in Tenaghi Philippon; diese existierten jedoch nur während der vier warmgemäßigten Phasen WHP-19/1 (788,5–781,6 ka), WHP-19/2 (781,0–778,5 ka), WHP-19/3 (776,7–770,7 ka) und WHP-19/4 (766,2–764,6 ka; Abb. 34). Während dieser warmgemäßigten Phasen lassen die Verbreitung temperater und mediterraner Taxa und sehr niedrige Werte im I_{AR} lassen auf ein warmfeuchtes Klima mit ganzjährig warmen Temperaturen und einem hohen Bodenfeuchtigkeitsangebot schließen. Jede warmgemäßigte Phase endete innerhalb weniger Jahrzehnte bis Jahrhunderte mit einem abrupten Rückgang der temperaten Wälder, der Expansion von Steppenvegetation und einer rapiden Zunahme der Aridität im I_{AR}. Diese Veränderungen zeugen von einem plötzlichen Wandel hin zu kalttrockenen Bedingungen mit jedem Event. Die Dauer und Intensität dieser kalttrockenen Events (CDE-19/1–CDE-19/4) nahm zum Ende von MIS 19 zu (Abb. 34). Die warmgemäßigten Phasen während MIS 19 kennzeichnen Unterschiede in der Vegetationsdynamik, auf die im Folgenden detailliert eingegangen wird.

Mit der Expansion temperater Wälder an der Termination IX stieg auch die Diversität der temperaten Baumtaxa (sommer- und immergrüne Eichen, *Carpinus*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Phillyrea,* Ulmaceae) und der von *Pinus* dominierten montanen Vegetation in den höheren Hanglagen (*Abies* und *Picea*; (Abb. 28, 38A, Abb. A14). Während der warmgemäßigten Phase WHP-19/1 zeigen gegenläufige Schwankungen der Prozentwerte temperater und mediterraner Taxa Veränderungen im Bodenfeuchtigkeitsangebot in den Sommermonaten an (Abb. 34). Temperate Baumtaxa reagieren sensitiv auf Trockenstress im Sommer (Quézel 1981, Tinner & Lotter 2001, 2006, Tzedakis 2007, Milner et al. 2012), wohingegen mediterrane Taxa an hohe Sommertemperaturen und Dürreperioden angepasst sind (Damesin & Rambal 1995, Larcher 2000, Pigott & Pigott 1993). Somit kennzeichnen die Zeitintervalle 788,5–787,0 ka und 785,1–783,6 ka längere und den Zeitabschnitt 787,0–785,1 ka kürzere Sommertrockenperioden (Abb. 34). Der erhöhte Trockenstress in den ersten beiden Phasen beeinträchtigte insbesondere *Tilia*, sommergrüne Eichen und *Abies*, demgegenüber immergrüne Eichen und *Phillyrea* begünstigt wurden (Abb. A14). Trockene Sommer und feuchtmilde Winter sind typisch für die erste Phase eines Interglazials im südeuropäischen Raum (Wijmstra & Young 1992, de Beaulieu 2006, 2013; Abb. 11). Daher entspricht die warmgemäßigte Phase WHP-19/1 dem eu-mediterranen Stadium in Tenaghi Philippon.

Zum Ende der warmgemäßigten Phase WHP-19/1 bei 783,6 ka zeigt der I_{AC} eine gemischtere Waldzusammensetzung an, die auf Rückgängen der Laubbäume sowie mediterranen Taxa und Expansionen von *Abies*, *Betula*, *Pinus* und *Salix* beruht (Abb. 34, Abb. A14). Letztere Taxa sind weniger frostsensitiv (Polunin & Walters 1985, Barbero et al. 1992, Rossignol-Strick 1999); ihre Zunahme deutet deshalb drauf hin, dass kältere und/oder länger andauernde Winterperioden in Tenaghi Philippon Einzug hielten. Nach wenigen Jahrtausenden kontrahierten diese gemischten Wälder und wichen *Pinus*-Waldsteppen, sodass sich die kalttrockenen Bedingungen intensiviert haben müssen (Abb. 34). Kapitel 5.2.3.1 geht genauer auf dieses kalttrockene Event CDE-19/1 ein.

Mit Beginn der warmgemäßigten Phase WHP-19/2 expandierten Wälder gemäß der $ROFC_{Age}$ innerhalb weniger Jahrzehnten. Während mediterrane Taxa ähnlich hohe Prozentwerte wie in der Phase

WHP-19/1 erreichen, war die Waldzusammensetzung im I_{AC} weniger temperat (Abb. 34). Somit limitierte hohe Sommertrockenheit die Verbreitung temperater Baumtaxa. Nachdem temperate Wälder mit dem kalttrockenen Event CDE-19/2 (125,4–125,1 ka; Kapitel 5.2.3.2) fast vollständig aus der Gegend von Tenaghi Philippon verschwanden, erreichten sie in der folgenden warmgemäßigten Phase WHP-19/3 ihre größte Ausdehnung, wie hohe Prozentwerte der temperaten und mediterranen Taxa und die stark temperate Waldzusammensetzung im I_{AC} zeigen (Abb. 34, 38B). Die Expansion sommergrüner Eichen und Ulmaceae sowie die Rückkehr von *Tilia* in dieser warmgemäßigten Phase deuten kurze Sommertrockenheit und ein hohes ganzjähriges Bodenfeuchtigkeitsangebot an (Quézel 1981, Tinner & Lotter 2001, 2006). Ein warmfeuchtes Klima mit kurzen Sommertrockenperioden ist typisch für die zweite Hälfte eines Interglazials im standardisierten Vegetationszyklus Südeuropas (Wijmstra & Young 1992, de Beaulieu 2006, 2013, Tzedakis et al. 2007; Abb. 11). Demnach entspricht die warmgemäßigte Phase WHP-19/3 dem temperaten Stadium in Tenaghi Philippon.

Mit dem abrupt eintretenden kalttrockenen Event CDE-19/3 (770,7–766,2 ka; Kapitel 5.2.3.3) endet das MIS-19c-Interglazial in Tenaghi Philippon. Lange Frostperioden im Winter und geringer Niederschlag verhinderten die Verbreitung temperater Wälder und begünstigten die Verbreitung von *Artemisia*-Chenopodiaceae-Kältesteppen (Tab. 5, Abb. 34, 38C, D). Zum Ende von MIS 19b verbreiteten sich zunächst *Pinus* sowie *Betula* graduell bei sinkenden Werten im I_{AR}, bevor mit der warmgemäßigten Phase WHP-19/4 (766,2–764,6 ka) temperate und mediterrane Taxa sowie *Abies* in die Region zurückkehrten. Diese Vegetationsabfolge spiegelt einen Trend zunehmender Bodenfeuchtigkeit und verkürzter Frostperioden wider. Jedoch erreichten die Erwärmung und das Bodenfeuchtigkeitsangebot nicht das Ausmaß vorangegangener warmgemäßigter Phasen, da viele kälteempfindliche Elemente in der warmgemäßigten Phase WHP-19/4 fehlen (*Fraxinus, Phillyrea, Ulmus*) oder deutlich geringere Prozentwerte als in den Phasen WHP-19/1 bis WHP-19/3 erreichen (*Carpinus*, *Quercus ilex*-Typ, *Tilia*; Abb. 34, A14).

Mit dem kalttrockenen Event CDE-19/4 (122,9–122,8 ka; Kapitel 5.2.3.4) expandierten *Artemisia* und Chenopodiaceae bis zum MIS-18e-Stadial sukzessive in *Pinus*-Waldsteppen. Dieses Intervall entspricht dem post-temperaten Stadium des Interglazials in Tenaghi Philippon (Wijmstra & Young 1992, de Beaulieu 2006, 2013; Abb. 11). Zwischen 763,6 ka und 761,1 ka dominierten Grasland-*Pinus*-Waldsteppen, begünstigt durch ein kurzzeitig höheres Bodenfeuchtigkeitsangebot (Abb. 34). In diesem Zeitabschnitt verbreiteten sich nochmals temperate Baumtaxa, bevor sie aufgrund der zunehmenden Aridität und Kälte bis zum MIS-18d-Interstadial noch sporadisch in Mikrohabitaten vorkamen (Bottema & Barkoudah 1979, van Zeist & Bottema 1982).

5.2.2.3 Stadiale und -Interstadiale während MIS 18

Artemisia-Chenopodiaceae-Kältesteppen stellen zu Beginn des MIS-18-Glazials bei 758,4 ka die dominante Vegetationsform in der Umgebung von Tenaghi Philippon und zeigen zusammen mit stark zunehmenden Werten im I_{AR} semiaride Bedingungen an (Abb. 34, 38E). Für extreme Trockenheit spricht auch der Rückgang von Grasland und Asteraceae, da beide Pflanzengruppen im Gegensatz zu den Steppentaxa weniger gut an derart extreme Trockenheit angepasst sind (Li et al. 2010). Die Kontraktion der *Pinus*-Waldsteppen zeugt neben hoher Aridität auch von einer starken Abkühlung.

Diese glazialen Bedingungen kennzeichnen nur das MIS-18e-Stadial in Tenaghi Philippon; in den zwei daran anschließenden Interstadialen MIS 18d (751,8–742,3 ka) und MIS 18b (740,3–722,7 ka) expan-

dierten temperate und mediterrane Taxa (Tab. 4, Abb. 34), sodass ein warmgemäßigtes Klima Tenaghi Philippon charakterisierte. Diese Baumtaxa dehnten sich jedoch nicht in Wäldern aus, sondern bildeten ein offenes Waldland mit einer weniger temperaten Waldzusammensetzung im I_{AC} als in den warmgemäßigten Phasen von MIS 19. Somit lagen die Jahresdurchschnittstemperaturen und die Humidität unter dem Niveau des vorangegangenen Interglazials.

MIS 18d lässt sich aufgrund der Zusammensetzung der offenen Wälder in zwei Abschnitte unterteilen. Während im ersten Abschnitt *Pinus* dominierte (751,8–747,3 ka), verbreiteten sich in der zweiten Phase (747,3–742,3 ka) temperate und mediterrane Taxa. Somit stieg mit Beginn des Interstadials zwar das Bodenfeuchtigkeitsangebot, das Klima war jedoch zunächst zu kalt für temperate Elemente. Zudem war vermutlich die Rekolonisierung durch die Laubbäume verzögert, da sie aufgrund der kalttrockenen Bedingungen während MIS 18e in der Region ausstarben (Cornell & Lawton 1992, Tilman & Pacala 1993; Abb. 34).

Zwischen 742,3 ka und 740,3 ka unterbricht das MIS-18c-Stadial die beiden Interstadiale. *Artemisia*-Chenopodiaceae-Kältesteppen expandierten mit ähnlichem Ausmaß wie zum MIS 18e-Stadial, jedoch war das Klima im I_{AR} weniger arid. Der Übergang zum Stadial erfolgt in der $ROFC_{Age}$ mit einer Waldkontraktion erster Ordnung, sodass MIS 18c einem kalttrockenen Event (CDE-18/1) entspricht (Abb. 34). Kapitel 5.2.3.5 geht detaillierter auf dieses Event ein.

Im MIS-18b-Stadial dominierten zunächst temperate offene Wälder in der Umgebung des Philippi-Beckens. Ab 732,7 ka fluktuieren die Prozentwerte temperater und mediterraner Taxa; zum Ende des Interstadials erreichen sie immer niedrigere Maximalwerte (Abb. 34). Gleichzeitig schwanken auch die *Pinus*-Prozentwerte deutlich. Diese Schwankungen in den Baumpollendaten sind vermutlich Folge regelmäßiger Kälteeinbrüche in Tenaghi Philippon. Der Trend zu einer gemischteren Waldzusammensetzung im I_{AC} spricht für intensivere oder häufigere Kälteeinbrüche zum Ende des Interstadials (Abb. 34). Ab 722,7 ka wichen die offenen Wälder *Artemisia*-Chenopodiaceae-Kältesteppen (Abb. 34), sodass sich glaziale Bedingungen etablierten. Diese markieren den Anfang des MIS-18a-Stadials.

5.2.3 Abrupte Klimaevents und intra-interglaziale Klimavariabilität

Im untersuchten Intervall MIS 20c–18a ereigneten sich fünf kalttrockene Events (Kapitel 5.2.2), die auf die vier warmgemäßigten Phasen von MIS 19 (CDE-19/1 bis CDE-19/4) und das MIS-18d-Interstadial in Tenaghi Philippon folgten (CDE-18/1). Diese kalttrockenen Events charakterisieren ähnliche Veränderungen in den Klimaparametern und in der Vegetationsdynamik.

Alle Klimaevents sind durch mindestens eine Waldkontraktion erster Ordnung in der $ROFC_{Age}$ gekennzeichnet (Abb. 35). Während jedem Event etablierte sich innerhalb weniger Jahrhunderte (ca. 110–1250 Jahre; Tab. 5) eine Steppenvegetation in Tenaghi Philippon und die Zusammensetzung verbliebender Waldbestände änderte sich von temperat zu gemischt (Abb. 34, 35). Ursache dieser Vegetationsdynamik war neben abrupten Kälteeinbrüchen eine Zunahme der Aridität, da sich das Klima gemäß dem I_{AR} bei jedem Event von humid zu subhumid bis nahezu semiarid änderte (Abb. 34, 35). Die Dauer und Amplitude der ersten drei kalttrockenen Events von MIS 19 stieg mit Fortschreiten des Interglazials.

Zum Ende jedes Events (ausgenommen CDE-19/4) expandierten Wälder in der $ROFC_{Age}$ im selben Ausmaß, wie sie zu Beginn eines Events kontrahierten (CDE-19/2, CDE-19/4, CDE-18/1), oder benö-

tigten für die Expansion ca. zwei (CDE-19/1) bis fünf Jahrhunderte länger als für die Kontraktion (CDE-19/3; Abb. 35). Die Waldkontraktionen und -expansionen basieren hauptsächlich auf Veränderungen in den temperaten Baumtaxa.

Dieses plötzliche Umschalten von Wäldern zu Steppen und *vice versa* tritt auch in anderen Zeitintervallen von Tenaghi Philippon auf (MIS 9–7, Fletcher et al. 2013; MIS 5, Milner et al. 2012, 2013, 2016; MIS 4–1, Müller et al. 2011). Dies verdeutlicht, dass temperate Wälder in Tenaghi Philippon nicht graduell auf Klimawandel reagierten. Erst wenn ein kritischer Schwellenwert in Niederschlag und Temperatur erreicht wurde, kontrahierten oder expandierten die temperaten Wälder. Die Ursache für diesen Schwellenwert sind möglicherweise die geographische Lage und die Orographie des intramontanen Drama-Beckens, wodurch der Einfluss kontinentaler Kälteeinbrüche im Gegensatz zu küstennaheren Milieus in Griechenland größer ist (Tzedakis et al. 2002, 2004a, Kotthoff 2008, Pross et al. 2009). Während dadurch insbesondere das Feuchtigkeitsangebot limitierend auf die Ausbreitung der Wälder wirkte, wurde der Effekt der Kälte durch katabatische Fallwinde von den zu kalten Zeiten schneebedeckten Gebirgszügen um das Drama-Becken amplifiziert (Pross et al. 2009).

Mit Beginn einer Wald- oder Steppenkontraktion verbreiteten sich kurzzeitig *Pinus*, Poaceae und Asteraceae in einer offenen Übergangsvegetation zwischen der Verbreitung von temperaten Wäldern und Kältesteppen (Tab. 5, Abb. 35). Diese Taxa sind zwar kältetolerant und verbreiten sich auch bei weniger humiden Bedingungen, sind jedoch nicht tolerant gegenüber extremer Kälte und Trockenheit (Prentice et al. 1992a, Tinner & Lotter 2006, Li et al. 2010). Das Auftreten dieser Übergangsvegetation spricht für einen graduellen Klimawandel am Übergang zu einem kalttrockenen Event oder zu einer warmgemäßigten Phase. Ferner zeigt ihr Auftreten, dass die Vegetationsabfolgen im idealisierten Glazial-Interglazial-Zyklus von Wäldern über offene Vegetation zu Steppen (Wijmstra & Young 1992, de Beaulieu 2006, 2013; Abb. 11) auch auf deutlich kürzere Zeitintervalle – Stadial-Interstadial-Wechsel und intra-interglaziale Klimaevents – übertragen werden können.

Während der kalttrockenen Events dominierten *Artemisia* und Chenopodiaceae die Wald- und Kältesteppen um das Philippi-Becken. In der Zusammensetzung dieser Steppentaxa nehmen Chenopodiaceae mit Beginn jedes Klimaevents zunächst ca. ein Drittel am Anteil dieser Gruppe ein. Im weiteren Verlauf eines jeden Klimaevents gehen die Chenopodiaceae-Prozentzahlen zurück, während *Artemisia* konstante oder steigende Werte aufweist (Abb. 35). Somit etablierten sich die aridesten Bedingungen immer mit Beginn des jeweiligen kalttrockenen Events, da Chenopodiaceae gegenüber *Artemisia* weniger Bodenfeuchtigkeit benötigen (Zhao et al. 2008). Im Folgenden wird die abrupte Klimavariabilität der fünf kalttrockenen Events im Detail betrachtet.

5.2.3.1 Intra-interglaziales kalttrockenes Event CDE-19/1

Mit dem Event CDE-19/1 (781,6–781,0 ka) ereignet sich der stärkste negative Ausschlag in der $ROFC_{Age}$ (Waldkontraktion 3) während MIS 19 in Tenaghi Philippon (Abb. 35). Innerhalb von ein bis zwei Jahrhunderten wichen die temperaten Wälder einer von Grasland dominierten Waldsteppe, in der sich auch *Artemisia*, Chenopodiaceae und Asteraceae verbreiteten (Tab. 5). Aufgrund der extremen Kürze des Übergangs zum Event kann daher auch angenommen werden, dass kein Klimawandel Ursache des Waldrückgangs war. Für eine klimatische Ursache dieses Übergangs sprechen folgende Faktoren:

(1) Kühlere Bedingungen stellten sich bereits 2 kyr vor dem Event ein und führten zur Expansion der kältetoleranteren Taxa *Abies*, *Betula*, *Pinus* und *Salix* (Abb. 34, 35).
(2) Mit der Waldkontraktion 3 zu Beginn des Events kontrahierten ausschließlich die temperaten und mediterranen Taxa (Abb. 35). *Pinus* ging erst zur Mitte des Events mit der Waldkontraktion 4 zurück.
(3) Am Übergang der warmgemäßigten Phase WHP-19/1 zum Klimaevent expandierten zunächst Poaceae, bevor sich *Artemisia* und Chenopodiaceae verbreiteten (Abb. 35). Auch am Übergang zur warmgemäßigten Phase WHP-19/2 erfolgte ein gradueller Vegetationswechsel, indem *Artemisia* und Chenopodiaceae kontrahierten sowie Poaceae vorübergehend expandierten und erst mit der Etablierung von temperaten Wäldern in Tenaghi Philippon zurückgingen. Diese Vegetationsabfolgen sprechen für eine graduelle Zu- und Abnahme der kalttrockenen Bedingungen vor und nach dem Event.
(4) Die Wälder expandierten nach dem Event ebenfalls innerhalb kurzer Zeit und mit nahezu demselben Ausmaß wie sie zu Beginn des Events kontrahierten (AP-Anstieg um 32 % innerhalb von zwei bis drei Jahrhunderten; Abb. 35).

Der Übergang der warmgemäßigten Phase WHP-19/1 zum kalttrockenen Event in den Pollendaten erfolgt genau am Übergang der Bohrkernsegmente 127–126 m und 126–125 m. Daher besteht die Möglichkeit, dass mit der Bohrung nicht der vollständige Übergang des Events erfasst wurde. Gemäß dem Bohrprotokoll wurde dem Ende von Kernsegment 126–125 m ein 5 cm großes konisches Handstück des Torfs mit unsicherer Orientierung wieder eingefügt. Dieses wurde nicht für die Pollenanalyse beprobt, allerdings könnte das Wiedereinsetzen zum Verlust von Material oder zur Komprimierung des Sediments geführt haben. Dies könnte zur starken Ausprägung der Waldkontraktion 3 in der $ROFC_{Age}$ beigetragen haben.

5.2.3.2 Kalttrockenes Event CDE-19/2 und Ende des eu-mediterranen Vegetationsstadiums

Zwei Kontraktionen erster Ordnung (Waldkontraktionen 5 und 6; Abb. 35) charakterisieren das zweite kalttrockene Event CDE-19/2 (778,5–776,7 ka) und beenden das eu-mediterrane Vegetationsstadium in Tenaghi Philippon. Mit der Waldkontraktion 5 gingen zunächst nur die temperaten Baumtaxa zurück. Poaceae, Asteraceae und Steppentaxa verbreiteten sich im Gegenzug in einer Waldsteppe. Da mediterrane Taxa von der Waldkontraktion 5 nicht betroffen waren, limitierten nicht kältere (Winter-)temperaturen, sondern trockenere Bedingungen die Verbreitung der temperaten Baumtaxa. Einige Jahrhunderte nach der ersten Kontraktion führte die stärkere Waldkontraktion 6 zum Rückgang mediterraner Taxa und der Waldsteppen-Übergangsvegetation, während *Artemisia*-Chenopodiaceae-Steppen expandierten. Diese Veränderung in der Vegetation spricht für eine deutliche Temperatur- und Niederschlagsabnahme. Mit der Rückkehr zu einem humiden Klima bildete *Pinus* zunächst eine Waldsteppen-Übergangsvegetation, bevor erneut temperate Wälder die Umgebung des Philippi-Beckens prägten.

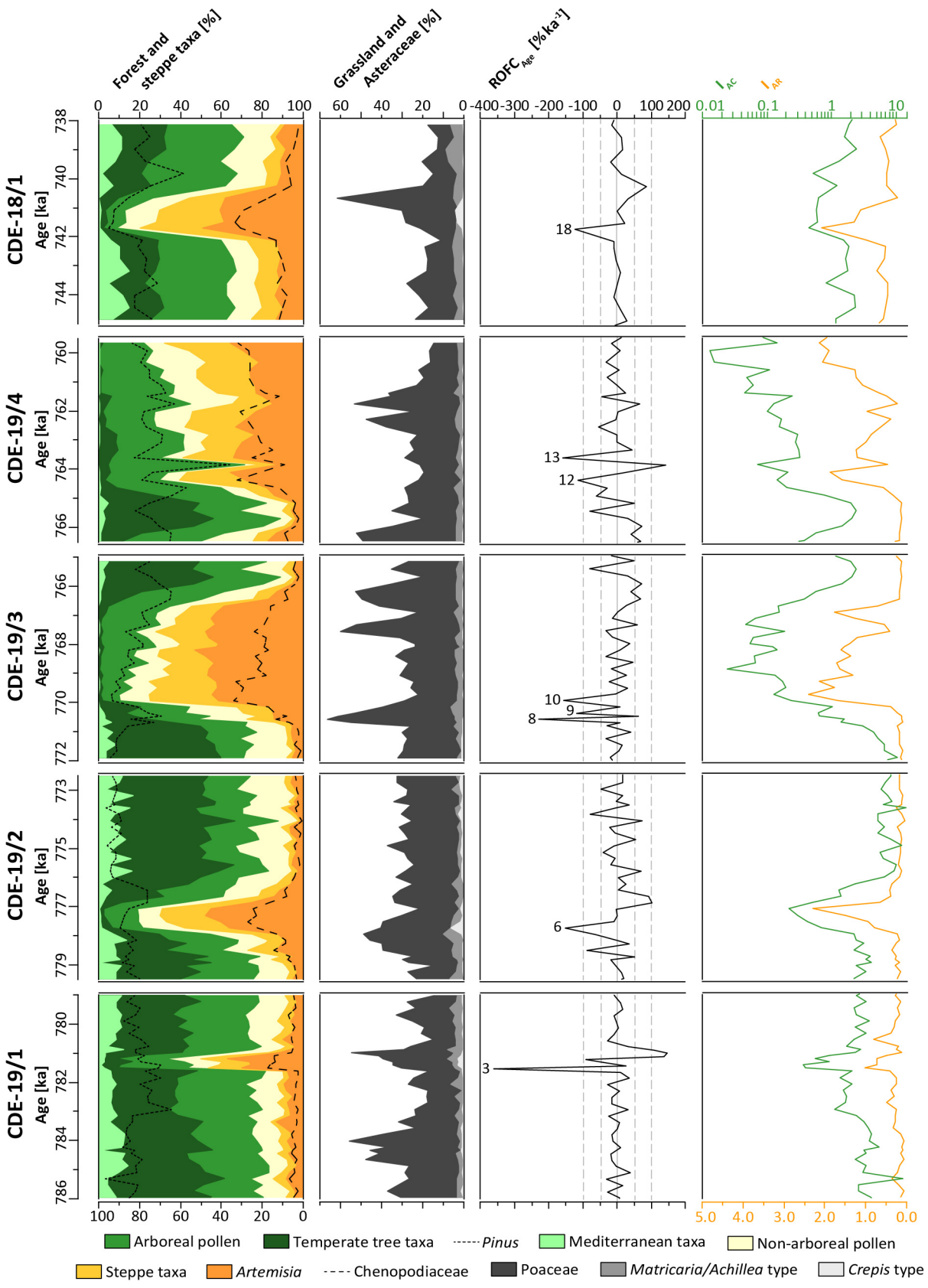


Abb. 35: Ausschnitte ausgewählter Pollen-Prozentwerte und aus den Pollendaten berechneter Indizes über 7-kyr-Intervalle, die einzelne kalttrockene Events von MIS 19 und 18 im TP-2009-Kern umfassen. CDE = kalttrockenes Event, $ROFC_{Age}$ = Rate der Waldveränderung, I_{AC} = Index der Waldzusammensetzung, I_{AR} = Index der Aridität. Grau-gestrichelte Linien in der $ROFC_{Age}$ teilen die Kontraktionen und Expansionen der Wälder nach erster und zweiter Ordnung ein (Kapitel 3.5.2). Zahlen in der $ROFC_{Age}$ markieren Waldkontraktionen erster Ordnung. Kontraktionen erster Ordnung sind mit den in Abb. 34 eingeführten Nummern der jeweiligen Kontraktion gekennzeichnet. Auf der X-Achse werden die Prozentwerte der Baumpollen aufsteigend und die Werte der NAP absteigend dargestellt. Für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2.

5.2.3.3 Kalttrockenes Event CDE-19/3 während MIS 19b

Das kalttrockene Event CDE-19/3 (770,7–766,2 ka) beendete in den drei kurz aufeinander folgenden Waldkontraktionen 8 bis 10 erster Ordnung die temperate Vegetationsphase in Tenaghi Philippon (Abb. 35); es entspricht dem MIS-19b-Stadial. Mit den ersten beiden Kontraktionen wichen die temperaten und mediterranen Taxa einer von *Pinus* dominierten Grasland-Waldsteppe (Abb. 35, 38C), was auf eine Temperatur- und Niederschlagsabnahme hindeutet. Ungefähr ein Jahrtausend nach der ersten Kontraktion erfolgte die dritte Waldkontraktion, infolge derer *Pinus* und Poaceae stark zurückgingen und Steppentaxa expandierten (Abb. 35, 38D). Somit hielt der Trend zu kalttrockeneren Bedingungen an. Während mediterrane Taxa aufgrund des kalttrockenen Klimas in der Umgebung von Tenaghi Philippon nicht mehr auftraten, kamen die temperaten Baumtaxa noch sporadisch vor. Im Anschluss an die Waldkontraktion 10 graduell ansteigende *Pinus*-Prozentwerte, der gegenüber Chenopodiaceae steigende Anteil von *Artemisia* und ansteigende Werte im I_{AR} sprechen für zunehmend humidere Bedingungen bis zur warmgemäßigten Phase WHP-19/4.

5.2.3.4 Kalttrockenes Event CDE-19/4 und Übergang zum MIS-18-Glazial

Die letzte warmgemäßigte Phase während MIS 19 wurde durch das kalttrockene Event CDE-19/4 (764,6–763,6 ka) abrupt beendet; dieses Klimaevent stellt den Übergang zum folgenden MIS-18-Glazial dar. Bereits einige Jahrhunderte vor der Waldkontraktion 12, die dem eigentlichen kalttrockenen Event entspricht, kontrahierten die temperaten und mediterranen Taxa. Gleichzeitig expandierten *Pinus* sowie Steppentaxa und bildeten eine Waldsteppen-Übergangsvegetation (Abb. 35). Die Prozentwerte der Taxa verteilen sich in den Pollendaten ähnlich zum CDE-19/1, sodass beide kalttrockenen Events ein vergleichbares kalttrockenes Klima beeinflusste. Zwischen 763,6 ka und 761,5 ka dominierte Grasland in den Waldsteppen und temperate Baumtaxa verbreiteten sich nochmals, sodass in diesem Zeitabschnitt mehr Feuchtigkeit Tenaghi Philippon erreicht haben muss. In einer Probe (122,80 m) unterbrechen extrem hohe Prozentwerte von *Pinus* das kalttrockene Event und signalisieren eine kurzzeitige Expansion von *Pinus*-Wäldern (Abb. 35). Diese hohen *Pinus*-Prozentwerte stellen das Maximum eines bereits seit MIS 19b ansteigenden Trends dar und sind nicht taphonomisch oder durch die Pollenaufbereitung bedingt (Abb. 34).

5.2.3.5 Kalttrockenes Event CDE-18/1 (MIS 18c)

Den Übergang zum kalttrockenen Event CDE-18/1 (MIS 18c, 742,3–740,3 ka) charakterisiert keine Übergangsvegetation, sodass die offenen Wälder von MIS 18d direkt einer Grasland-*Artemisia*-Chenopodiaceae-Steppenvegetation wichen (Abb. 34). Allerdings verläuft der Übergang in den Pollendaten über die Bohrkernsegmente 121–120 m und 120–119 m, sodass möglicherweise nicht der vollständige Übergang zum Klimaevent mit der Bohrung erfasst wurde; vergleichbar mit dem CDE-19/1 (Kapitel 5.2.3.1). Gemäß dem Bohrprotokoll wurde auch dem Kernsegment 120–119 m ein 11 cm großes Handstück orientiert wieder eingefügt. Aufgrund der Verteilung der Pollenprozentwerte und der Indexes I_{AC} und I_{AR} entsprach das Klima während MIS 18c den kalttrockenen Bedingungen des Klimaevents CDE-19/2. Am Übergang zum MIS-18b-Stadial expandierten *Pinus* und Poaceae kurzzeitig und bildeten eine Waldsteppen-Übergangsvegetation in Tenaghi Philippon.

Tab. 5: Charakteristika der kalttrockenen Events von MIS 19 und 18 im TP-2009-Kern anhand der in Kapitel 5.2.1 eingeführten Parameter. Die AP-Abnahme entspricht dem Rückgang der Baumpollenprozentwerte vom Ende der warmgemäßigten Phase bis zum AP-Minimum während des anschließenden kalttrockenen Events. Die Länge des Events ist definiert als das Intervall vom Ende einer warmgemäßigten Phase bis zum nächsten Maximum in den AP-Prozentwerten. Die Vegetationsabfolge beschreibt Veränderungen in der dominierenden Vegetationsform im Verlauf eines kalttrockenen Events (fett = dominierende Vegetationsform während des AP-Minimums).

Cold dry event	**TP-2009 depth [m]**	**Age [ka] (duration [kyr])**	**MIS**	**AP decline at onset [%] (duration [kyr])**	**AP minimum [%]**	**AP increase at end [%] (duration [kyr])**	**Vegetation succession**	**Aridity (I_{AR})**	**Climatic interpretation**
CDE-18/1	120.04–119.84	742.33–740.25 (2.08)	18c	53 (1.25)	13	55 (1.25)	Temperate open forest → forest steppe → ***Artemisia*-dominated cold steppe** → *Artemisia*-Chenopodiaceae-grassland-steppe → mixed open forest → temperate open forest	Sub-humid	Cold and dry climate
CDE-19/4	122.92–122.76	764.63–763.58 (1.05)	19a	52 (0.26)	30	12 (0.26)	Temperate forest → **mixed forest steppe** → *Pinus*-dominated open forest → mixed forest steppe	Sub-humid	Abrupt but continuous trend to a cool and dry climate
CDE-19/3	123.98–123.16	770.69–766.20 (4.49)	19b	62 (0.76)	10	60 (1.23)	Temperate forest → grassland-dominated mixed forest steppe → *Artemisia*-Chenopodiaceae-dominated forest steppe → ***Artemisia*-Chenopodiaceae-steppe** → *Artemisia*-dominated cold steppe → *Pinus*-grassland-dominated mixed open forest → Temperate forest	Semiarid to sub-humid	Abrupt but continuous trend to a cold and dry climate
CDE-19/2	125.42–125.08	778.49–776.65 (1.84)	19c	49 (0.43)	19	42 (0.43)	Temperate forest → grassland-comprising temperate open forest → *Artemisia*-Chenopodiaceae-grassland-steppe → ***Artemisia*-Chenopodiaceae-steppe** → mixed forest steppe → temperate forest	Semiarid to sub-humid	• Higher aridity after $ROFC_{Age}$ contraction 5 • Cold and dry after $ROFC_{Age}$ contraction 6
CDE-19/1	126.00–125.88	781.63–780.98 (0.65)	19c	42 (0.11)	32	43 (0.32)	Temperate forest → **grassland-dominated forest steppe** → temperate forest	Sub-humid to humid	• Trend to cooler but humid climate 2 kyr before $ROFC_{Age}$ contraction 3 • Cool humid to cool and dry climate after $ROFC_{Age}$ contraction 3

5.2.4 Umweltdynamik telmatischer und lakustriner Milieus

Während die Vegetation des Umlands des Drama-Beckens primär durch klimatische Veränderungen beeinflusst wird, wirken auf die lokale Vegetation im Philippi-Becken sowohl überregionale klimatische als auch lokale ökologische Faktoren ein (van der Wiel & Wijmstra 1987a, b). Anhand unterschiedlicher Parameter lässt sich der Einfluss dieser beiden Faktoren auf die Beckenvegetation quantifizieren. Während anhand der Lithologie das Milieu rekonstruiert werden kann, ermöglicht die Mineralzusammensetzung in den Sedimenten Aussagen zum klimatischen Einfluss (Kapitel 5.2.4.1–5.2.4.2). Prozentuale Veränderungen autochthon abgelagerter Palynomorphe (Kapitel 3.5.2) reflektieren Vegetationsveränderungen im Milieu, während der Index der Wassertiefe (I_{WD}; Kapitel 5.2.1.6) Rückschlüsse auf den Wasserstand im Philippi-Becken erlaubt (Kapitel 5.2.4.3–5.2.4.4).

5.2.4.1 Milieutypen im Philippi-Becken während MIS 20c bis 18a

Lithologisch lassen sich zwei unterschiedliche Milieus im Philippi-Becken zwischen MIS 20c und 18a unterscheiden. Torf und organikreiche Tonsedimente deuten ein telmatisches Milieu für einen Großteil der Abfolge an (804,4–776,2 ka, 770,8–758,4 ka und 752,1–720,84 ka). Demgegenüber ist Feinkalkmudde ein lakustrines Sediment (Meier-Uhlherr et al. 2015), dass sich während zwei Gewässerphasen im MIS 19b (776,2–770,8 ka) und im MIS 18e (758,4–752,1 ka) abgelagert hat.

Die Ablagerung der Feinkalkmudde spricht für die Entwicklung nährstoffarmer, stiller, mehr oder weniger tiefer und kalkreicher Gewässer (Meier-Uhlherr et al. 2015) während beider Phasen an der Bohrlokalität TP-2009. Der Bohrkern stammt aus dem Beckenzentrum von Tenaghi Philippon (Gurk et al. 2015; Abb. 12), sodass für diesen Bereich auch das Zentrum der Gewässer vermutet werden kann. Für eine uferferne Lokation spricht auch der für Feinkalkmudde typische, geringe Organikgehalt des Sediments (Meier-Uhlherr et al. 2015). Letzterer zeigt sich in niedrigen Glühverlustwerten und einem geringen Anteil amorphen organischen Materials (Abb. 18, 24). Der Hauptteil organischen Materials in der Feinkalkmudde stammt von abgestorbenem Plankton (Meier-Uhlherr et al. 2015) und ergibt sich in Tenaghi Philippon aus hohen Konzentrationen und Prozentwerten planktonischer Algen (Abb. 37, A14). Der hohe Kalkgehalt im Sediment erklärt sich durch die Karst-Erosion der umliegenden Bergketten (Christanis 1983).

Die Feinkalkmudden und tonigen Sedimente verfügen gegenüber Torf über deutlich niedrigere Wassergehalte (Kapitel 4.1.2). Schwankungen im Wassergehalt unterliegen daher keiner klimatischen oder ökologischen Ursache, sondern sind von der Lithologie abhängig.

5.2.4.2 Klimatische Rückschlüsse aus der Mineralzusammensetzung

In der Röntgenfeinstrukturanalyse erweisen sich die Tonminerale, Gips und Goethit als Anzeiger klimatischer Veränderungen. Die Stichproben aus Intervallen, in denen niedrige AP-Prozentwerte kalttrockene Bedingungen anzeigen (121,21 m, 121,50 m, 121,70 m, 122,50 m), zeichnen sich durch höhere Gehalte an Chlorit, Illit, Kaolinit, Muskovit und Gips aus (Abb. 19). Demgegenüber sind die Gehalte dieser Minerale in den Proben mit hohen AP-Prozentwerten und entsprechend warmgemäßigten Bedingungen sehr gering (124,10 m, 124,50 m, 125,60 m, 126,38 m).

Die höheren Tonmineralgehalte ergeben sich weniger aus den kalten Klimaverhältnissen, sondern aus dem geringen Niederschlag. Aufgrund trockener Bedingungen war die Pflanzenbedeckung verringert, was die physikalische Verwitterung erhöhte. Der terrigene Detritus wurde infolgedessen vermehrt äolisch oder fluviatil ins Becken eingetragen (z. B. Valeton 1988). Aus dem gleichen Grund liegen auch die Tonmineralgehalte in Torfsedimenten des Philippi-Beckens während der letzten Kaltzeit höher als im Holozän (Kalaitzidis 2007).

Die Röntgenfeinstrukturanalyse zeigt weiter, dass die Gewässerphase bei 776,2–770,8 ka während MIS 19b infolge humiderer Bedingungen auftrat. Die Tonmineralgehalte sind in diesem Intervall sehr niedrig. Im Widerspruch dazu bildete sich die zweite Phase eines hohen Wasserstands im Becken während des kalttrockenen MIS-18e-Stadials bei 758,4–752,1 ka. In diesem Intervall sprechen hohe Tonmineralgehalte für hohe Trockenheit. Kapitel 5.4.3.4 geht detaillierter auf diesen scheinbaren Widerspruch ein.

Die Herkunft der Tonminerale im Philippi-Becken ist unterschiedlich. Während sich Illit aus der Verwitterung von aluminiumreichen Glimmern bildete, entstand Kaolinit wahrscheinlich aus Alumosilikaten als chemisches Verwitterungsprodukt in den Moorwässern des Philippi-Beckens (Heling 1988). Chlorit gelangte unverändert als Verwitterungsprodukt der umliegenden Gebirgszüge in das Philippi-Becken.

Die höheren Gipsgehalte in kaltklimatischen Intervallen ergeben sich aus einer stärkeren Belüftung der Moorlandschaft. Entweder gewährleisteten das Absenken des Grundwasserspiegels analog zur letzten Kaltzeit (Christanis 1983) oder die stärkere Intensität von Winden eine höhere Sauerstoffverfügbarkeit im Becken, infolgedessen Ca^{++} in Gips überging. Die Probe 126,38 m aus dem MIS-19c-Interglazial weist die höchste Gips-Zählrate aller Proben auf. Sie entstammt einem Kernintervall, für das der palynologische Befund durch den höheren Anteil mediterraner Taxa eine verstärkte Sommeraridität nahelegt (Abb. A14). Somit könnte ein im Sommer gesunkener Wasserstand entweder zur besseren Durchlüftung des Beckens geführt haben oder der Gips alternativ durch Evaporation entstanden sein.

Goethit erreicht ausschließlich in den Proben 121,21 m, 121,50 m, 121,70 m aus der Gewässerphase von MIS 18e höhere Gehalte. Das Mineral bildet sich bevorzugt unter einem kälteren Klima aus Fe^{2+}-haltigen Mineralen, benötigt dazu jedoch feuchte Bedingungen (Schwertmann 1985, Valeton 1988). Durch die Ausbildung des Gewässers im Becken waren letztere gewährleistet. Für kalte Bedingungen sprechen auch die während MIS 18e stark zurückgegangenen Wälder und die Expansion von Kältesteppen (Kapitel 5.2.2.3). Das Auftreten von Lepidokrokit ist charakteristisch für hydromorphe Böden mit temporärem Sauerstoffdefizit, die typischerweise in Mooren auftreten (Schwertmann 1985, Valeton 1988).

In der Röntgenfeinstrukturanalyse charakterisieren die Torfsedimente ferner einen hohen Untergrund bei niedrigen 2θ. Dieser wird durch den hohen Anteil amorphen organischen Materials in diesem Sedimenttyp erzeugt (Allmann 2003; Abb. 18, 24).

5.2.4.3 Telmatische Bedingungen im Philippi-Becken während MIS 20c bis 18a

Die Moorlandschaft von Tenaghi Philippon lässt sich im Abschnitt von MIS 20c bis 18a in zwei Milieutypen unterteilen – ein telmatisches und ein lakustrines Milieu. Beide Milieus unterscheiden sich nicht nur in den Lithologien Torf und Feinkalkmudde, sondern auch in der Zusammensetzung der lokalen Vegetation (Abb. 37).

Telmatische Milieus in Tenaghi Philippon kennzeichnen hohe prozentuale Anteile von Cyperaceae, *Nymphaea*, *Sparganium*, *Typha*, Zygnemataceae, Sporenpflanzen sowie Ascomycota (Abb. 29, 36, A14). Die torfigen Sedimente sind reich an Mikrofossilien von Cyperaceae, die *in situ* abgelagert oder nur über geringe Distanzen transportiert wurden (Wurzelzellen und im Verbund erhaltene Pollenkörner; Abb. 26). Daher waren von MIS 20c bis 18a wie im Holozän Cyperaceae Hauptbildner des Torfs in Tenaghi Philippon (Christanis 1983). Da viele der im Verbund erhaltenen Pollenkörner den Gattungen *Carex* und *Cladium* zuzuordnen sind (Abb. 26), lässt sich der Torf als Seggen- oder Schneidentorf klassifizieren (Meier-Uhlherr et al. 2015).

In einigen Abschnitten erreichen Sporen sehr hohe Prozentwerte, demnach Moospflanzen in diesen Phasen vermutlich an der Bildung des Torfs beteiligt waren (Abb. 29, 37). Die Torfsedimente sind zudem reich an Phytolithen von Poaceae, die nur über kurze Distanz transportiert werden und daher auch für ein Vorkommen der Gruppe im Becken sprechen (Piperno 1988; Abb. 36). Neben dem Vorkommen in den Kältesteppen (Kapitel 5.2.2, 5.2.3) koexistierten Gräser somit auch mit Cyperaceae, *Sparganium* und *Typha* in der Moorlandschaft von Tenaghi Philippon während MIS 20c und 18a. Zygnemataceae bevorzugen wie *Nymphaea* flache Tümpel und kleine Moorweiher (van Geel 1978, van Geel & van der Hammen 1978, Laux 1994, Harrison & Digerfeldt 1993), sodass hohe Prozentwerte beider Gruppen einen ansteigenden Wasserspiegel im Philippi-Becken anzeigen.

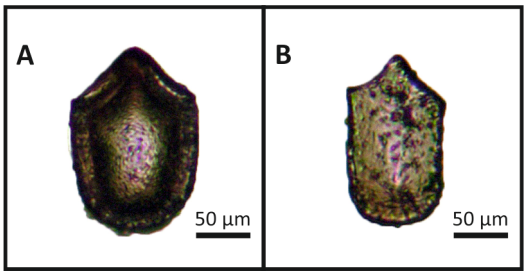


Abb. 36: Bulliforme Phytolithe von Poaceae aus 125,20–125,30 m Tiefe des TP-2009-Kerns (aus Proben der 10-cm-Intervalle für die kryptotephrochronologische Analyse), die *in situ* im Becken abgelagert oder nur über kurze Distanz transportiert wurden (Piperno 1988).

Diese telmatische Vegetation prägt die drei Zeitintervalle 804,4–776,2 ka, 770,8–758,4 ka und 752,1–720,84 ka im untersuchten Intervall. Die telmatischen Taxa sind durch stark fluktuierende Prozentwerte in der Pollenanalyse charakterisiert, die mit Veränderungen im LOI_{550} korrelieren (Abb. 37). Somit reicherte sich während dominanter Phasen der telmatischen Vegetation viel organisches Material in den Sedimenten an; gleichbedeutend mit einer Expansion des Torfmoors. Rückgänge der telmatischen Vegetation spiegeln sich hingegen in sinkenden Glühverlustwerten wider und zeugen von einer Verlangsamung der Torfproduktion. Charakteristische Intervalle mit einer verlangsamten Torfproduktion sind MIS 20a, der Beginn von MIS 19c, die kalttrockenen Events (außer CDE-19/4) sowie die beiden Feinkalkmudde-Intervalle während MIS 19b und MIS 18e. Diese verlangsamte Torf-

produktion unterlag entweder direkt klimatischen Ursachen oder klimatisch gesteuerten Veränderungen im Wasserspiegel, die sich wie folgt für die einzelnen Intervalle ergaben.

Während MIS 20a reduzierte die Expansion der Brassicaceae im Becken die Torfproduktion (Kapitel 5.2.2.1). Da Brassicaceae auch in den Pollendaten des ca. 2,2 km nordwestlich von TP-2009 gebohrten TF III-Kerns hohe Prozentwerte erreichen, verdrängte diese Gruppe die telmatische Vegetation beckenweit (van der Wiel & Wijmstra 1987b). Da Brassicaeae sumpfiges Gelände bevorzugen (van der Wiel & Wijmstra 1987a, b), der I_{WD} steigende Werte anzeigt und hohe Prozentwerte die Zygnemataceae charakterisieren, war ein ansteigender Wasserspiegel Ursache der Expansion (Tab. 4, Abb. 37). Im entsprechenden Intervall signalisieren hohe Prozentwerte der temperaten Baumtaxa und niedrige Werte im I_{AR} eine hohe Humidität, die wiederum den Wasserspiegel anstiegen ließ.

Im Mittelteil der warmgemäßigten Phase WHP-19/1 (787,0–785,1 ka) verlangsamte sich die Torfproduktion zeitgleich mit Absenken des Wasserspiegels im Becken (Abb. 37). Der niedrige Wasserspiegel während dieses Zeitintervalls steht im Widerspruch zu hohen Prozentwerten temperater Baumtaxa, da diese für ein hohes Bodenfeuchtigkeitsangebot sprechen. Möglicherweise nahmen die Wälder in diesem Zeitabschnitt einen Großteil der Bodenfeuchtigkeit auf, sodass die Grundwasserneubildung reduziert war, der Grundwasserspiegel absank und die Moorlandschaft verlandete (vgl. Ladekarl et al. 2005, Gribovszki et al. 2017).

Während der kalttrockenen Events führten die trockenen Bedingungen nicht zu einem Absenken des Wasserspiegels, sodass die Kälte direkt die Expansion telmatischer Vegetation limitierte. Während der beiden Feinkalkmudde-Intervalle bei 776,2–770,8 ka (MIS 19b) und 758,4–752,1 ka (MIS 18e) gehen die Prozentwerte telmatischer Taxa und der Glühverlust-Werte stark zurück, während die Torfproduktion stoppte (Abb. 37). Somit verschwand die telmatische Vegetation in diesen Intervallen aus dem Beckenzentrum. Stattdessen expandierte mit den submers wachsenden *Myriophyllum* und *Potamogeton* sowie der überwiegend planktonisch lebenden Süßwasseralgen *Botryococcus*, *Coelastrum* und *Pediastrum* eine lakustrine Vegetation im Philippi-Becken (Abb. 29, 37). Diese Taxa bevorzugen tiefere Wasserzonen als *Nymphaea* und Zygnemataceae (Pals et al. 1980, Harrison & Digerfeldt 1993, Laux 1994) oder sind wie der *Pediastrum duplex*-Typ auf einen größeren Wasserkörper angewiesen (Komárek & Jankovská 2001). Dies spricht für die Entstehung größerer Gewässer während MIS 19b und MIS 18e bei der Bohrlokation von TP-2009 (Abb. 38B, 38E). Auch im 2,2 km nordwestlich von TP-2009 gelegenen TF III-Kern lagerten sich in äquivalenten Abschnitten (ca. 130,50–129,70 m, 128,00–127,00 m) lakustrine Sedimente wie Ton und Gyttja ab, in denen *Myriophyllum* sowie *Botryococcus* häufig sind (van der Wiel & Wijmstra 1987b); somit bildeten sich während der beiden Phasen Gewässer beckenweit. Das folgende Kapitel 5.2.4.4 geht detaillierter auf die lakustrinen Milieus während MIS 20c bis 18a in Tenaghi Philippon ein.

Während der warmgemäßigten Phase WHP-19/4 und der Interstadiale MIS 18d und 18b stimmen die Glühverlustwerte weniger gut mit den Prozentwertverläufen der telmatischen Vegetation überein (Abb. 37), sondern korrelieren mit Veränderungen im AP/NAP-Verhältnis. Daher spiegeln die Glühverlustwerte nicht nur die lokale Produktion von organischem Material, sondern auch den Vegetationseintrag aus dem Umland des Philippi-Beckens wieder.

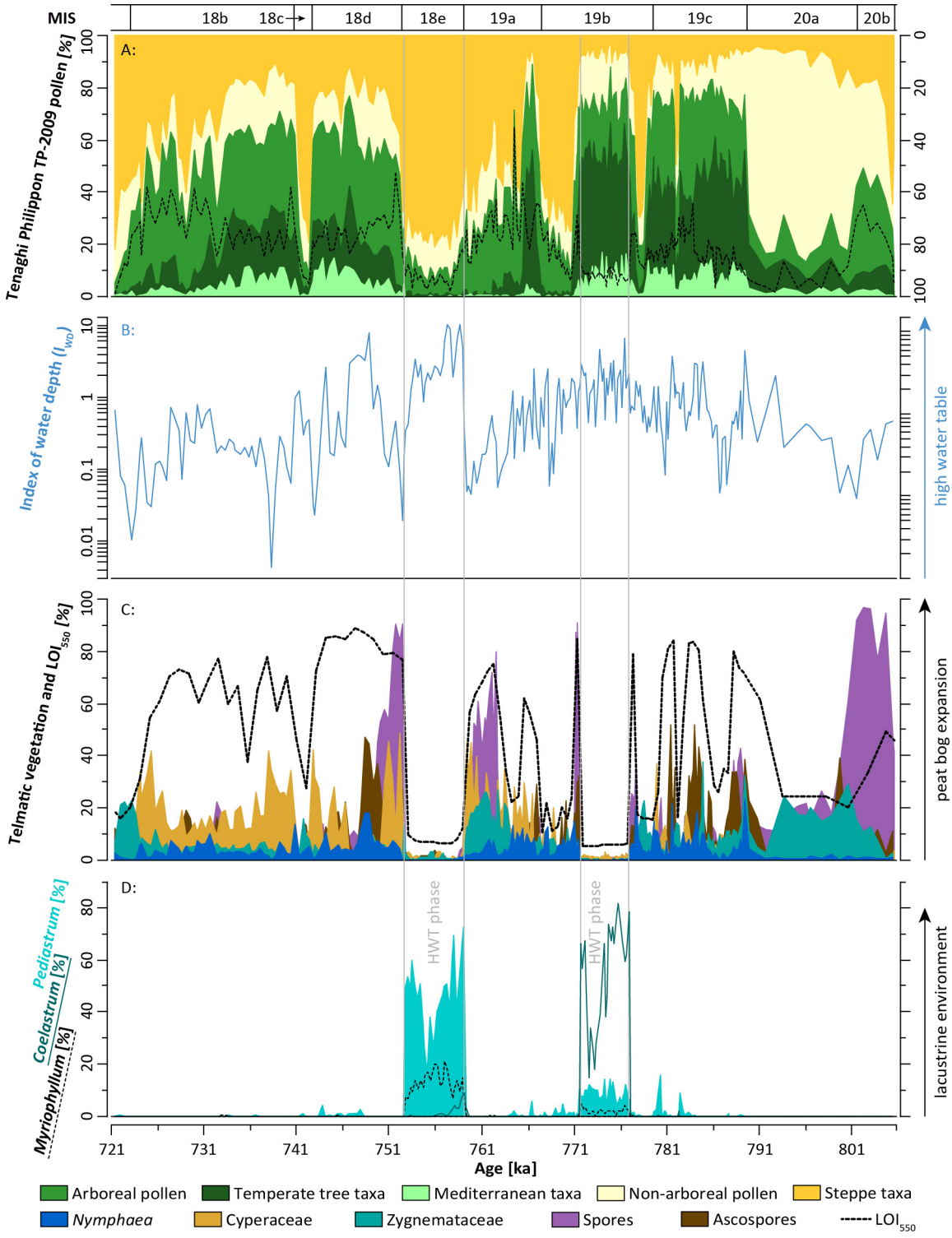


Abb. 37: Palynomorphen-Prozentwerte von TP-2009, aus den Pollendaten berechneter Index der Wassertiefe und LOI_{550}-Prozentwerte des palynologisch untersuchten Intervalls MIS 20c–18a. A: Pollen-Prozentwerte ausgewählter Gruppen, die Prozentwerte der Baumpollen werden auf der Y-Ache aufsteigend und die Werte der NAP absteigend dargestellt; B: Index der Wassertiefe; C: Prozentwerte von Gruppen der telmatischen Vegetation und LOI_{550}; D: Prozentwerte von *Myriophyllum*, *Coelastrum* und *Pediastrum*, HWT = hoher Wasserspiegel („*high water table*"). Für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2. Darstellung der Werte auf der in Kapitel 5.1.3.2 eingeführten Zeitskala.

5.2.4.4 Lakustrine Bedingungen im TP-2009-Kern während MIS 19b und 18e

Die beiden Gewässerphasen während MIS 19b und 18e bei der Bohrlokation TP-2009 werden von der Ablagerung von Feinkalkmudde, sehr hohen Werte im I_{WD} und der Expansion lakustriner Taxa charakterisiert (Abb. 37). Allerdings unterscheiden sich beide Phasen in ihrer Zusammensetzung der lakustrinen Vegetation, und die Zusammensetzung der aquatischen Taxa veränderte sich innerhalb jeder Gewässerphase spezifisch mit der Zeit (Abb. 37). Ursache hierfür sind unterschiedliche klimatische Voraussetzungen und ökologische Veränderungen in den Gewässern.

Während in der Gewässerphase von MIS 19b *Coelastrum* und *Monactinus simplex* expandierten, ist die zweite Phase hohen Wasserspiegels während MIS 18e von der Verbreitung des *Pediastrum duplex*-Typs und von *Pseudopediastrum kawraiskyi* gekennzeichnet (Abb. 29, 37). Diese Taxa verbreiten sich offenbar abhängig von der Gewässertemperatur. Grundsätzlich begünstigen warme Bedingungen die Verbreitung von *Coelastrum* und *Monactinus simplex*; letztere *Pediastrum*-Gruppe kommt heute nur in den warmen niederen Breiten vor und gilt daher als „thermophil" (Komárek & Jankovská 2001). Demgegenüber bevorzugen heute der *Pediastrum duplex*-Typ und *Pseudopediastrum kawraiskyi* die höheren Breiten, wobei insbesondere *Pseudopediastrum kawraiskyi* als die kältetoleranteste *Pediastrum*-Art gilt und daher einen guten Anzeiger für kalte, stenotherme Gewässer darstellt (Nielsen and Sørensen 1992, Komárek & Jankovská 2001, Weckström et al. 2010). Somit spiegelt die lakustrine Vegetation während MIS 19b ein äußerst warmes, während MIS 18e dagegen ein sehr kaltes Klima wider. Diese Beobachtung ist konsistent mit den Ergebnissen der Vegetationsdynamik in der Umgebung des Philippi-Beckens und der Röntgenfeinstrukturanalyse. Die Verbreitung temperater Wälder und die an Tonmineralen verarmte Mineralzusammensetzung der Feinkalkmudde sprechen für warmfeuchte Bedingungen in der warmgemäßigten Phase WHP-19/3 während MIS 19b, demgegenüber die Expansion von Kältesteppen und hohe Tonmineral-Gehalte kalttrockene Bedingungen für MIS 18e signalisieren (Kapitel 5.2.2, 5.2.4.2).

Die lakustrine Vegetation ermöglicht zudem Aussagen zur Ökologie der Gewässer während beider Phasen. *Myriophyllum* ist in beiden Gewässerphasen häufig (Abb. 37). Da es auf eine hohe Alkalinität angewiesen ist (de Lange & van Zon 1973, Pals et al. 1980, van der Wiel & Wijmstra 1987a), waren die Gewässer alkalitroph. Alkalische Bedingungen garantierte der Karbonat-Eintrag aus den umliegenden Karstsystemen (Christanis 1983). Weiterhin änderte sich das Nährstoffangebot im jeweiligen Gewässer mit der Zeit. In der Phase hohen Wasserspiegels während MIS 19b sind *Coelastrum* und *Monactinus simplex* zu Beginn und Ende des Intervalls häufig, während der *Pseudopediastrum boryanum*-Typ und *Botryococcus* im Mittelteil des Intervalls expandierten (Abb. 29, A14). Aufgrund der ökologischen Anforderungen dieser Taxa (Janssen 1968, Bottema 1974, Lamb et al. 1999, Komárek & Jankovská 2001) änderten sich die Bedingungen somit von eutroph über mesotroph zurück zu eutroph.

In der Gewässerphase während MIS 18e dominierten zu Anfang der *Pediastrum boryanum*-Typ und *Coelastrum*, im Mittelteil der *Pediastrum duplex*-Typ sowie *Pseudopediastrum kawraiskyi* und zum Ende der Phase erneut der *Pediastrum boryanum*-Typ (Abb. 29, A14). *Botryococcus* war durchgängig vorhanden. Diese Abfolge spricht für den Wechsel von meso- bis eutrophen über oligotrophen hin zu mesotrophen Bedingungen (Guy-Ohlson 1992, Komárek & Jankovská 2001, Reynolds 2006, Weckström et al. 2010). Damit war das Nährstoffangebot während der Gewässerphase von MIS 19b generell höher als in der Phase hohen Wasserspiegels während MIS 18e. Während MIS 19b dominierten temperate Wälder an den Berghängen um das Philippi-Becken, sodass in diesem Intervall von den

Berghängen deutlich mehr Pflanzenmaterial in das Becken eingetragen wurde (z. B. durch Laubfall im Herbst) als während MIS 18e; dies trug zur Eutrophierung des Gewässers während MIS 19b bei.

Beide Gewässerphasen endeten aufgrund klimatischer Veränderungen. In der Gewässerphase während MIS 19b sank der Wasserspiegel im Becken aufgrund der höheren Trockenheit im Zusammenhang mit dem kalttrockenen Event CDE-19/3 (Abb. 37, Abb. 38C). Demgegenüber verlandete dass Gewässer von MIS 18e, weil eine Erwärmung die Expansion der torfbildenden Vegetation begünstigte (Abb. 37); ferner stieg mit den wärmeren Bedingungen auch die Evaporation.

Sehr hohe Werte im I_{WD} charakterisieren auch den Mittelteil von MIS 18d im Zeitraum von 748,7 ka bis 745,9 ka. Im Gegensatz zu den Gewässerphasen von MIS 19b und MIS 18e expandierte allerdings keine lakustrine Vegetation (Abb. 37), sodass sich kein großvolumiges Gewässer bildete. Die Expansion von *Nymphaea* und Brassicaceae im entsprechenden Intervall sprechen jedoch für ein sumpfigeres Milieu, vergleichbar mit der Situation vor der Termination IX (Abb. 37, 29, A14; van der Wiel & Wijmstra 1987a, b). Die lokal dominierende Vegetation, ansteigende I_{WD}-Werte und die Expansion temperater Wälder in der Umgebung von Tenaghi Philippon sprechen für hohe Humidität in diesem Intervall während MIS 18d (Abb. 34, 37).

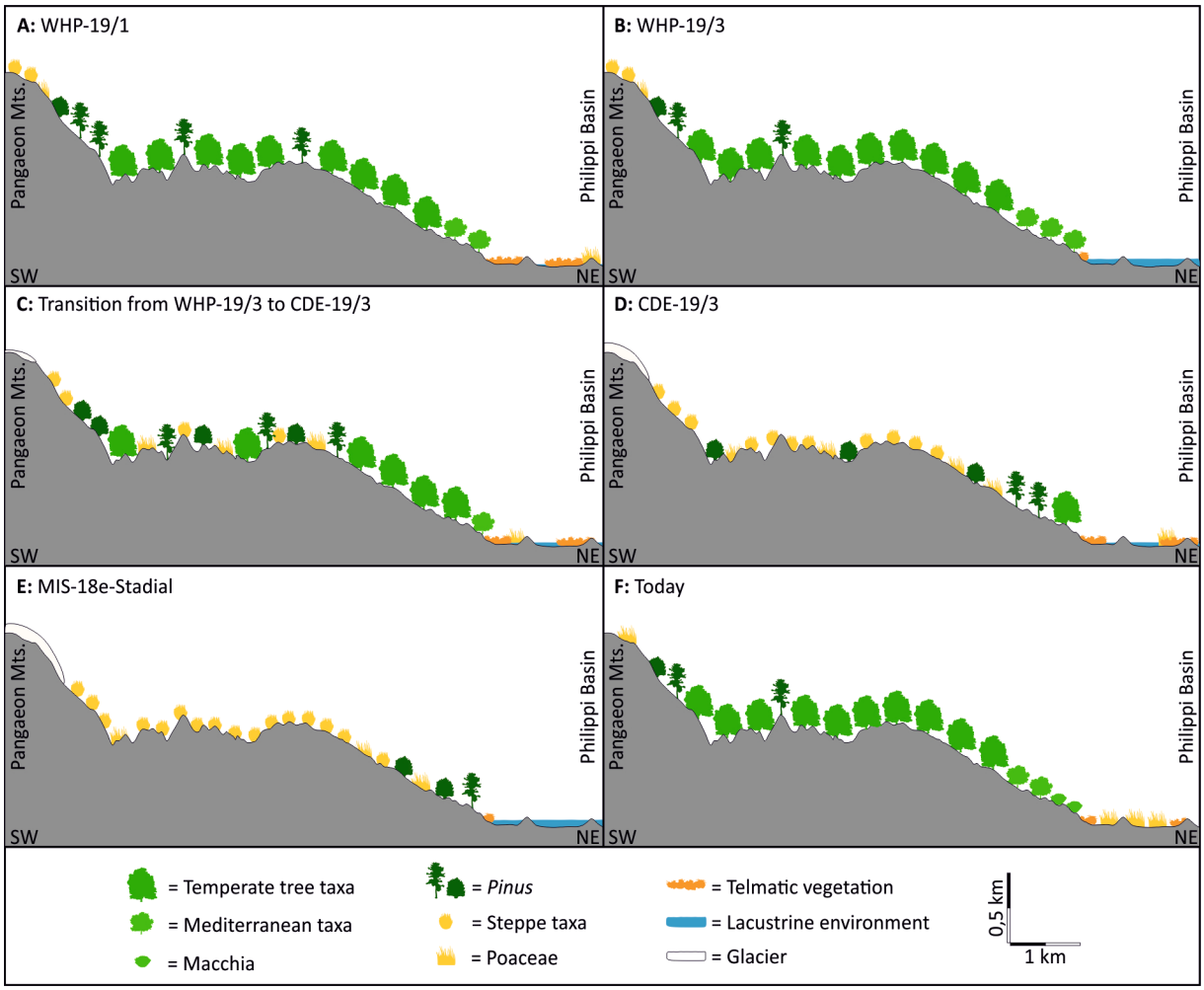


Abb. 38: Schematische Rekonstruktion des Landschaftsbilds in Tenaghi Philippon anhand eines von Südwest nach Nordost streichenden Höhenprofils vom Pangaeon-Gebirge bis zum Philippi-Becken während unterschiedlicher Zeitabschnitte (vgl. Abb. 9). A: Warmgemäßigte Phase WHP-19/1 im MIS-19c-Interglazial, B: warmgemäßigte Phase WHP-19/3 während MIS 19b, C: Übergang von WHP-19/3 zum kalttrockenen Event CDE-19/3, D: kalttrockenes Event CDE-19/3 während MIS 19b, E: MIS-18e-Stadial, F: heutige Vegetation (Wijmstra 1969, Karagiannakidou & Kokkini 1987; Kapitel 2.4). Für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2.

5.3 Zyklische Klimaschwankungen in Tenaghi Philippon

Anhand einer Spektralanalyse lassen sich zyklische Schwankungen in bestimmten Pollengruppen von Tenaghi Philippon feststellen, die auf präzessionsgesteuerte Klimaveränderungen und suborbitale Periodizitäten hinweisen (Abb. 39). Diese zyklischen Veränderungen werden insbesondere für *Pinus* und Poaceae deutlich, die 19,6-kyr-Zyklen mit 95 % Konfidenz bzw. 22,6-kyr-Zyklen mit 90 % Konfidenz in der Monte-Carlo-Simulation anzeigen (Abb. 39). Die Identifikation der Zyklen zeigt, dass Präzession bzw. Sommerinsolation die Verbreitung beider Taxa beeinflusste. Ein Bandpassfilter der *Pinus*-Kurve deutet an, dass ein *Pinus*-Maximum um ein Viertel der orbitalen Präzession hinterherläuft (Abb. 40); somit expandierte diese Gruppe mit sinkender Sommerinsolation. Ursache hierfür ist die aus der sich verringernden Sommerinsolation resultierende Abkühlung, die zum Rückgang temperater Wälder führte und die Verbreitung von *Pinus* und Poaceae begünstigte. Diese Erkenntnis ist in guter Übereinstimmung mit dem Umstand, dass beide Taxa gemeinsam in einer Übergangsvegetation zwischen warmgemäßigten und kalttrockenen Bedingungen vorkamen (Kapitel 5.2.3).

Weiterhin zeigt die gute Übereinstimmung der *Pinus*-Kurve mit der orbitalen Präzession, dass sich die *Pinus*-Prozentwerte gut für ein zukünftiges astronomisch kalibriertes Altersmodell der Pollendaten der Kerne TP-2005 und TP-2009 eignen. Ein orbitales Tuning erfolgte bereits für den TF II/III-Splice, wobei *Pistacia*-Prozentwerte mit der Präzession kalibriert wurden (Tzedakis et al. 2006). Jedoch sollte die Kalibrierung der *Pinus*-Kurve an der Präzession ein robusteres Altersmodell ergeben, da *Pinus* im Gegensatz zu *Pistacia* eine durchgängige Komponente im Pollendatensatz darstellt. *Pistacia* ist dagegen in den Pollendaten des Zeitintervalls MIS 20c–18a nicht durchgängig vorhanden (Abb. A14).

Weiterhin zeigen die Pollendaten temperater Bäume und mediterraner Taxa 4,5-kyr- und 4,1-kyr-Zyklen, die temperate Baumtaxa zusätzlich 6,5-kyr-Zyklen (Abb. 39). Diese suborbitalen Zyklen sprechen als Vielfache der 1,5-kyr-Zyklizität für eine Kopplung der klimatischen Veränderungen während MIS 19 in Tenaghi Philippon an Schwankungen in der atlantischen „*bipolar seesaw*“ und an die hohen nördlichen Breiten (z. B. Ganopolski & Rahmstorf 2002, Rahmstorf 2002, Alvarez-Solas et al. 2010). Die 1,5-kyr-Zyklizität wurde bereits für das Holozän, das letzte Glazial, das Ende des letzten Interglazials und für den Zeitbereich MIS 9c–7e in Tenaghi Philippon dokumentiert (Pross et al. 2009, Müller et al. 2011, Fletcher et al. 2013, Milner et al. 2013). Dies deutet darauf hin, dass die Klimavariabilität in Tenaghi Philippon durchgängig auch an die 1,5-kyr-Zyklizität gekoppelt sein könnte. Die Poaceae-Prozentwerte zeigen mit 95 % Konfidenz die 1,5-kyr-Zyklizität *per se* im Zeitbereich MIS 20b–18c an (Abb. 39), die geringe zeitliche Auflösung des Pollendatensatzes von durchschnittlich 330 Jahren stellt jedoch die Feststellbarkeit des 1,5-kyr-Zyklus im untersuchten Intervall der vorliegenden Arbeit in Frage.

Die Ursache der 1,5-kyr-Zyklen und seiner Vielfachen sind noch nicht genau bekannt, jedoch resultierten sie entweder aus Veränderungen der Sonnenaktivität, der Präzession oder aus internen Oszillationen der nördlichen Eischilde (Bond et al. 2001, Rohling & Pälike 2005, Peltier & Vettoretti 2014, Zhang et al. 2014). Da die Pollendaten in Tenaghi Philippon keine Halbpräzession zeigen, kann zumindest ein Präzessionsbezug für die 1,5-kyr-Zyklizität in den Pollengruppen mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden (vgl. McIntyre & Molfino 1996, Berger et al. 2006; Abb. 39).

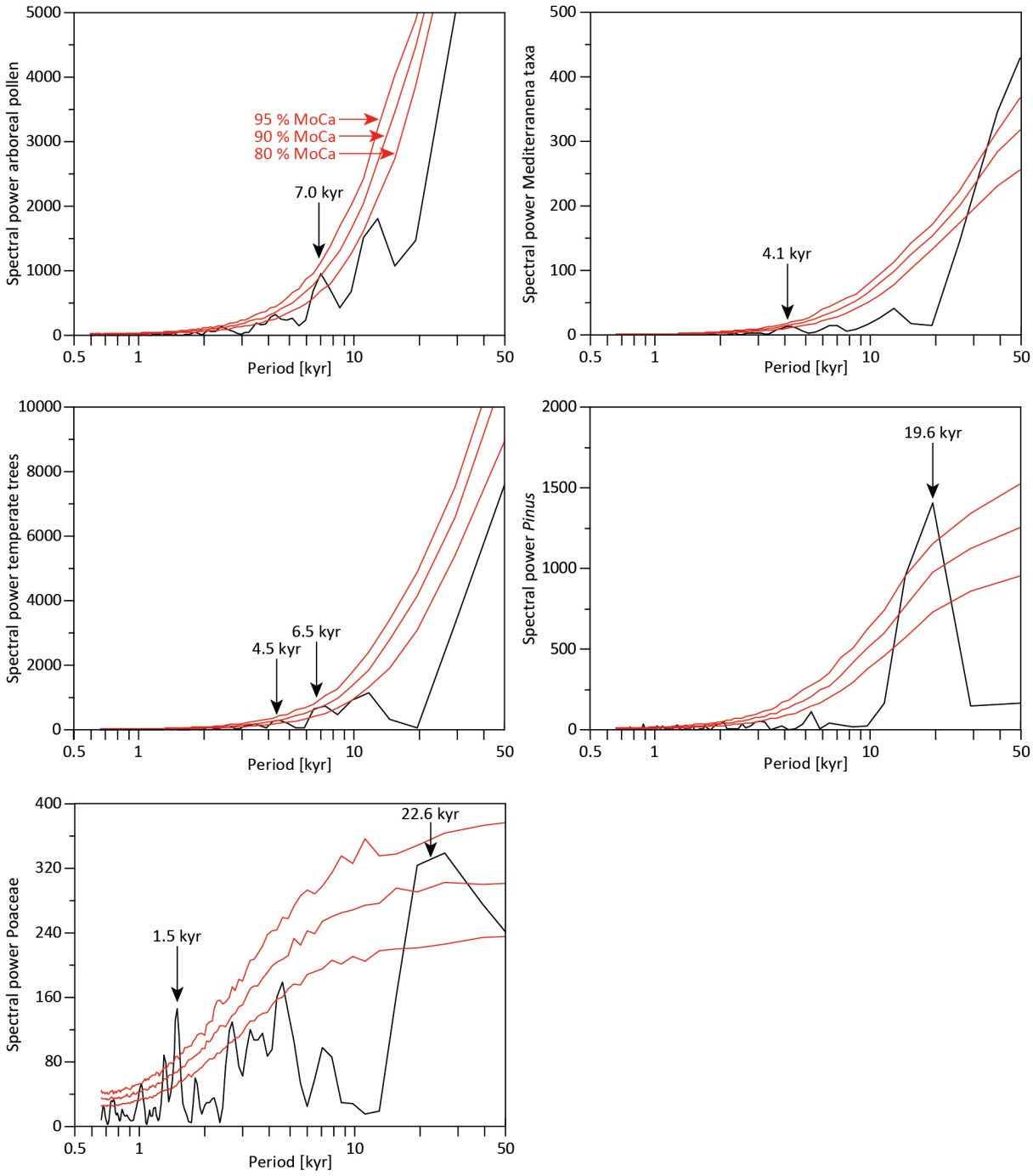


Abb. 39: REDFIT-Spektralanalyse der Pollendaten von Bäumen, mediterranen Taxa, temperaten Baumtaxa, *Pinus* und Poaceae des TP-2009-Kerns über das Zeitintervall von 800,5 ka bis 741,9 ka. Die 80-%-, 90-%- und 95-%-Konfidenzen der Monte-Carlo-Simulation (MoCa) sind als rote Kurven dargestellt. Für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2.

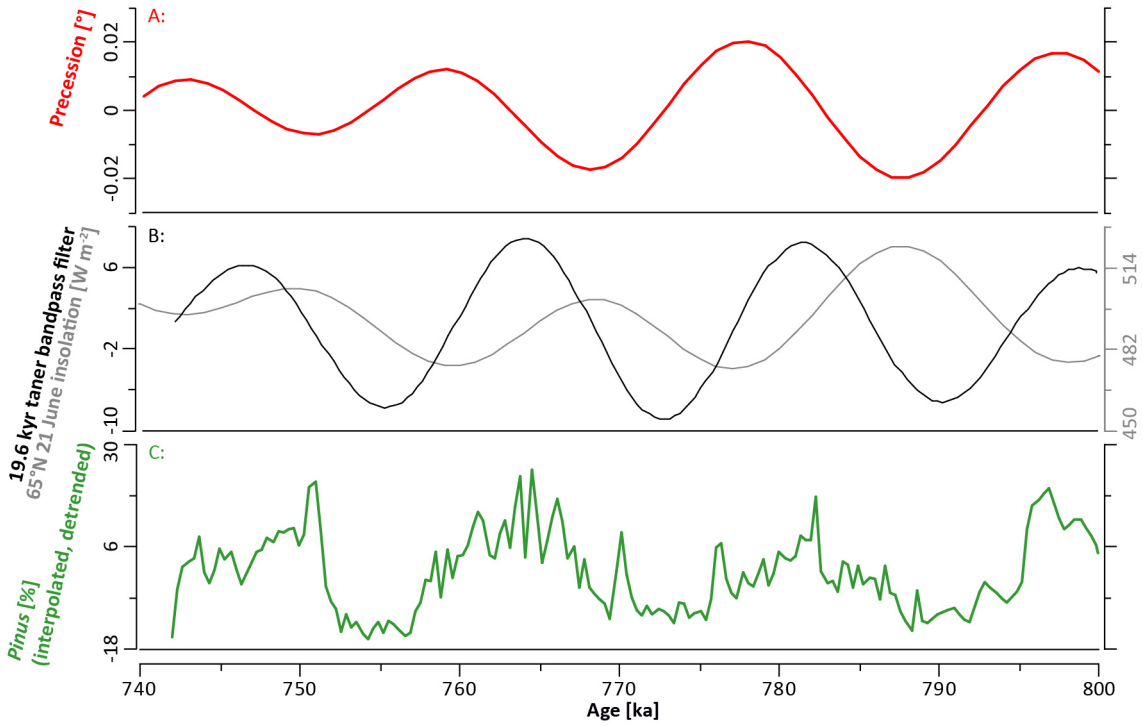


Abb. 40: Veränderungen der *Pinus*-Prozentwerte und ihres 1/19,6-kyr-Taner-Bandpassfilters mit einer Bandbreite von 1/15 kyr bis 1/25 kyr über das Zeitintervall von 800,5 ka bis 741,9 ka. A: Präzession (Laskar et al. 2004); B: Sommerinsolation bei 65°N (Laskar et al. 2004) und 1/19,6-kyr-Taner-Bandpassfilter der interpolierten und trendbereinigten *Pinus*-Prozentwerte; C: interpolierte und trendbereinigte *Pinus*-Prozentwerte.

5.4 Umweltveränderungen in Tenaghi Philippon im überregionalen Kontext

Der hochaufgelöste palynologische Datensatz von Tenaghi Philippon zeigt Vegetationsveränderungen im Zeitraum von 801 ka bis 721 ka (MIS 20c bis 18a; Kapitel 5.2, Abb. 34–36), die den Vegetationsstadien im idealisierten Glazial-Interglazial-Zyklus Südeuropas folgen (van der Hammen et al. 1971, Wijmstra et al. 1990, Wijmstra & Young 1992, Tzedakis 2007, de Beaulieu et al. 2013; Abb. 11). Diesen Vegetationszyklus überprägte eine abrupte, innerhalb weniger Jahrhunderte ablaufende Klimavariabilität. Die folgenden Unterkapitel 5.4.1–5.4.3 erläutern die Ursachen und Prozesse, die zu diesen klimatischen Veränderungen führten. In diesen Unterkapiteln erfolgt ein Vergleich der Pollendaten von Tenaghi Philippon mit Klimasignalen von Archiven des Nordatlantiks, Mittelmeerraums und der Antarktis (Abb. 41, 42). Dabei wurden die Archive unter Verwendung ihrer originalen Altersmodelle linear korreliert. Diese lineare Korrelation ist möglich, weil generell Veränderungen in der Vegetation von Tenaghi Philippon, im Nordatlantikraum und in der Antarktis synchron verlaufen (vgl. Tzedakis et al. 1997, 2004a, Allen et al. 1999).

Der Vergleich zeigt, dass die Pollendaten von Tenaghi Philippon äquivalent zu hohen Meeresoberflächentemperaturen im Nordatlantik und Mittelmeer sowie während Phasen starker Monsunaktivität auf dem nordafrikanischen Kontinent auf ein warmgemäßigtes Klima hinweisen (Abb. 41, 42). Demgegenüber verzeichnen äquivalent zu einem kalttrockenen Event in Tenaghi Philippon Archive im Nordatlantik, Mittelmeer und der hohen Breiten eine Abkühlung sowie Pollendaten anderer mediterraner Archive Rückgänge von Wäldern (Abb. 41, 42). Somit sind Klimaveränderungen während MIS 20c bis 18a in Tenaghi Philippon eng an Veränderungen in der nordatlantischen Ozeanzirkulation und an Klimaschwankungen in den hohen nördlichen Breiten gekoppelt. Diese Erkenntnis ist in guter

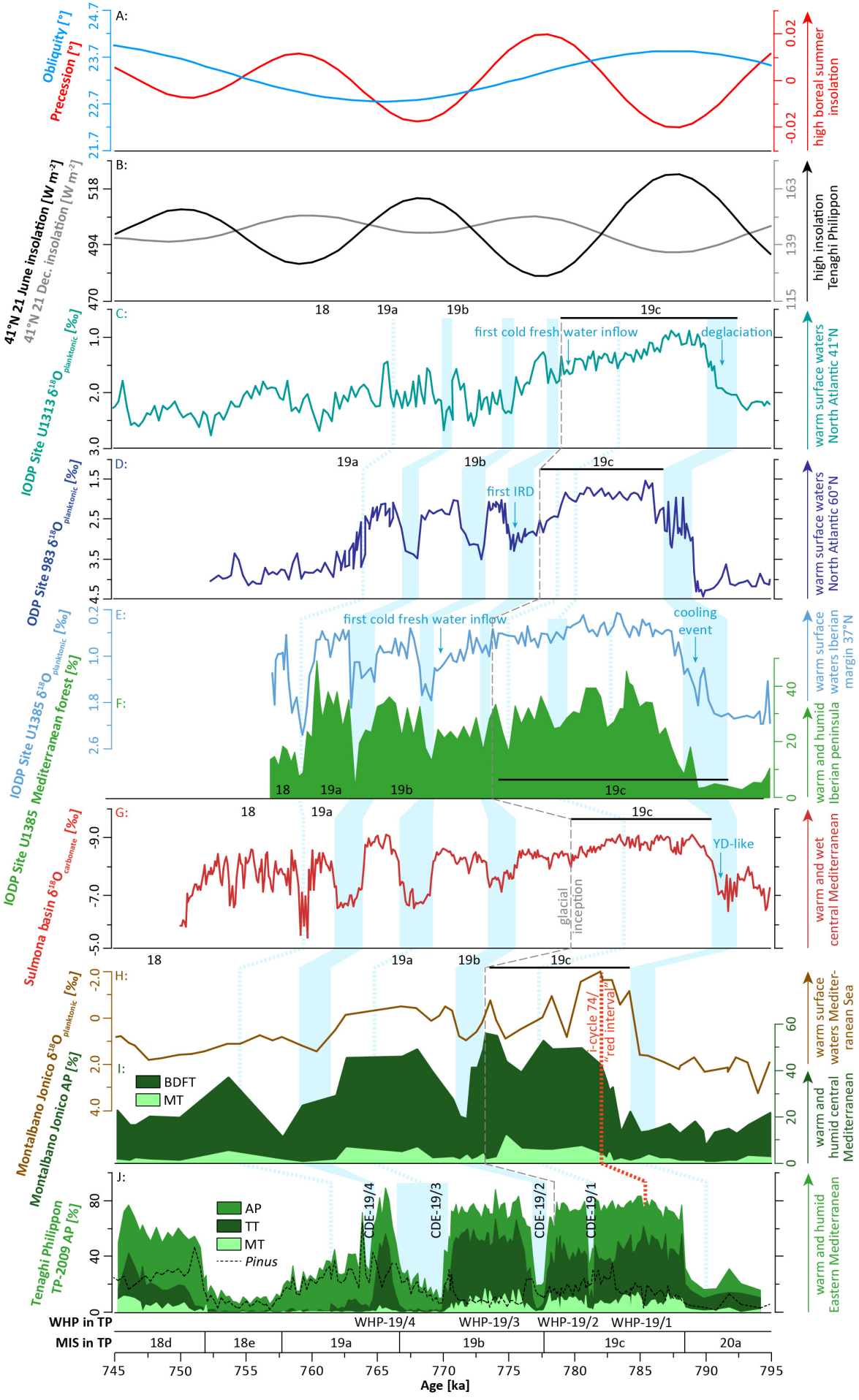
Übereinstimmung mit der Identifikation einer 1,5-kyr-Zyklizität und seiner Vielfachen in der Spektralanalyse der Pollendaten von Tenaghi Philippon (Kapitel 5.3), da die Ursache dieser suborbitalen Zyklen Schwankungen in der atlantischen „*bipolar seesaw*“ und in den Eisschilden der Nordhemisphäre sind (z. B. Ganopolski & Rahmstorf 2002, Rahmstorf 2002, Alvarez-Solas et al. 2010). Aus diesem Grund können im Folgenden die idealisierten Vegetationsstadien von Tenaghi Philippon den idealisierten Glazial-Interglazial-Phasen des Nordatlantiks nach Alonso Garcia et al. (2011a) zugeordnet werden.

5.4.1 Prä-interglaziale Erwärmung in Tenaghi Philippon

Die Pollendaten in Tenaghi Philippon sowie Klimasignale im Mittelmeerraum und Nordatlantik sprechen für eine synchrone Erwärmung mehrere tausend Jahre vor dem Beginn des MIS-19c-Interglazials (Emanuele et al. 2015, Ferretti et al. 2015, Giaccio et al. 2015; Abb. 41–43). Allerdings unterbricht ein Abkühlungsevent diesen Trend zu warmgemäßigten Bedingungen in den Klimasignalen des Nordatlantiks (Sánchez Goñi et al. 2016, Rodrigues et al. 2017) und zentralen Mittelmeerraums (Giaccio et al. 2015, Maiorano et al. 2016; Abb. 41–43); dieses fehlt in den Pollendaten von Tenaghi Philippon.

Die Expansion temperater Steppenwälder in Tenaghi Philippon und die sich im Philippi-Becken verbreitenden Brassicaceae während MIS 20a sprechen nicht nur für eine wärmeres Klima, sondern auch für feuchte Bedingungen (Allen et al. 1999, Sánchez Goñi et al. 2000, 2002, van der Wiel & Wijmstra 1987a, b; Abb. 43). Somit ermöglichten wärmere Bedingungen im Nordatlantik eine höhere Feuchtigkeitsaufnahme durch die Westwinde, die wiederum zu humideren Bedingungen im Mittelmeerraum führten (Tzedakis et al. 1997, 2004a). Der Trend zu warmgemäßigteren Bedingungen im Mittelmeerraum und Nordatlantik geht mit einer Zunahme der borealen Sommerinsolation einher (Abb. 41). Dies deutet darauf hin, dass die Zunahme der borealen Sommerinsolation ab MIS 20b im Gletscherabbau und im Rückzug von Meereis resultierte; letzteres beschleunigte die AMOC, was den Wärmetransport in den Nordatlantik erhöhte (Barker et al. 2011, Emanuele et al. 2015; Abb. 42).

Abb. 41 (folgende Seite): Vergleich der Vegetationsdynamik von Tenaghi Philippon mit der Orbitalkonfiguration sowie mit marinen und terrestrischen Klimasignalen des Nordatlantiks und Mittelmeerraums von MIS 20 bis 18. A–B: Orbitalzyklen aus Laskar et al. (2004); C: Sauerstoffisotopen planktonischer Foraminiferen und erste Ankunft kalter Wassermassen (basierend auf $C_{37:4}$-Alkenonen) bei IODP Site U1313 (Ferretti et al. 2015), Phase des Gletscherabbaus auf der Nordhemisphäre nach Emanuele et al. (2015), Darstellung der Werte auf der Zeitskala von Ferretti et al. (2015); D: Sauerstoffisotopen planktonischer Foraminiferen von ODP Site 983 (Channell & Kleiven 2000), dargestellt auf der Zeitskala von Kleiven et al. (2011), Einsetzen des ersten IRD-Events nach Kleiven et al. (2011), Lage der Marinen Isotopenunterstadien und Beginn glazialer Eisschildbildung nach Tzedakis et al. (2012a); E: Sauerstoffisotopen planktonischer Foraminiferen, Position des Kälteevents zum Anfang des Interglazials und erste Ankunft kalter Wassermassen (basierend auf $C_{37:4}$-Alkenonen; vgl. Abb. 42D) bei IODP Site U1385 nach Sánchez Goñi et al. (2016); F: Pollenprozentwerte mediterraner Taxa von IODP Site U1385 nach Sánchez Goñi et al. (2016); G: Sauerstoffisotopen von Karbonaten des Sulmona-Beckens, Position des YD-ähnlichen Events und Korrelation der Kälteevents nach Giaccio et al. (2015); H: Sauerstoffisotopen planktonischer Foraminiferen, Position des „roten Intervalls“ in der Montalbano-Jonico-Abfolge und Korrelation der Kälteevents nach Maiorano et al. (2016); I: Baumpollen-Prozentwerte der Montalbano-Jonico-Abfolge nach Bertini et al. (2015) und Maiorano et al. (2016), BDFT = Laubwald-Taxa („*broad-leaved deciduous forest taxa*“), MT = mediterrane Taxa; J: Baumpollen-Prozentwerte des TP-2009-Kerns von Tenaghi Philippon, AP = Baumpollen, TT = temperate Baumtaxa, MT = mediterrane Taxa, für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2. TP = Tenaghi Philippon, WHP = warmgemäßigte Phase, CDE = kalttrockenes Event, MIS = Marines Isotopenstadium. Blaue Balken entsprechen synchronisierten Kälteevents, blau-gestrichelte Linien repräsentieren nicht eindeutig zuordenbare Kälteevents. Darstellung der jeweiligen Archive auf ihrer eigenen Zeitachse oder der angegebenen Referenz entsprechend. Wenn nicht anders angegeben, entstammen die Terminologie der Marinen Isotopenunterstadien und der Beginn glazialer Eisschildbildung (grau-gestrichelte Linie) der Referenz zum jeweiligen Archiv. Zur geographischen Lage der Lokalitäten im Nordatlantik und Mittelmeerraum siehe Abb. 5.


A:
Obliquity [°]
Precession [°]
high boreal summer insolation
B:
41°N 21 June insolation [W m-2]
41°N 21 Dec. insolation [W m-2]
high insolation Tenaghi Philippon
C:
IODP Site U1313 δ18Oplanktonic [‰]
first cold fresh water inflow
deglaciation
warm surface waters North Atlantic 41°N
D:
ODP Site 983 δ18Oplanktonic [‰]
first IRD
warm surface waters North Atlantic 60°N
E:
IODP Site U1385 δ18Oplanktonic [‰]
first cold fresh water inflow
cooling event
warm surface waters Iberian margin 37°N
F:
Mediterranean forest [%]
warm and humid Iberian peninsula
G:
IODP Site U1385 Sulmona basin δ18Ocarbonate [‰]
YD-like
glacial inception
warm and wet central Mediterranean
H:
Montalbano Jonico δ18Oplanktonic [‰]
"1-cycle 74/ red interval"
warm surface waters Mediterranean Sea
I:
Montalbano Jonico AP [%]
BDFT
MT
warm and humid central Mediterranean
J:
Tenaghi Philippon TP-2009 AP [%]
AP
TT
MT
Pinus
CDE-19/4
CDE-19/3
CDE-19/2
CDE-19/1
warm and humid Eastern Mediterranean
18
19a
19b
19c
WHP in TP
WHP-19/4
WHP-19/3
WHP-19/2
WHP-19/1
MIS in TP
18d
18e
19a
19b
19c
20a
Age [ka]

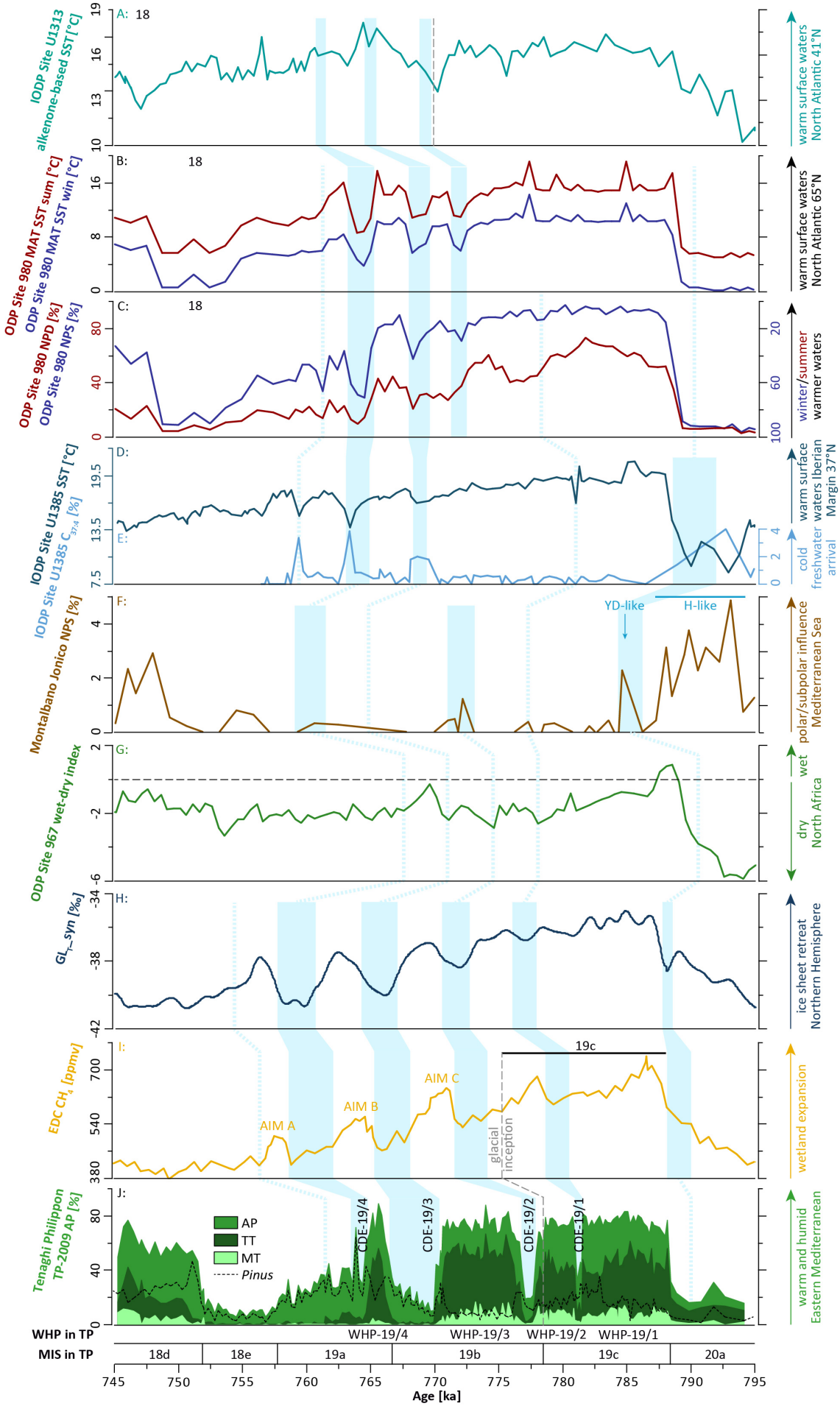

A:
IODP Site U1313 alkenone-based SST [°C]
warm surface waters North Atlantic 41°N
B:
ODP Site 980 MAT SST sum [°C]
ODP Site 980 MAT SST win [°C]
warm surface waters North Atlantic 65°N
C:
ODP Site 980 NPD [%]
ODP Site 980 NPS [%]
winter/summer warmer waters
D:
IODP Site U1385 SST [°C]
warm surface waters Iberian Margin 37°N
E:
IODP Site U1385 C37:4 [%]
cold freshwater arrival
F:
Montalbano Jonico NPS [%]
YD-like
H-like
polar/subpolar influence Mediterranean Sea
G:
ODP Site 967 wet-dry index
wet
dry
North Africa
H:
GL_T_syn [‰]
ice sheet retreat Northern Hemisphere
I:
EDC CH4 [ppmv]
AIM A
AIM B
AIM C
19c
glacial inception
wetland expansion
J:
Tenaghi Philippon TP-2009 AP [%]
AP
TT
MT
Pinus
CDE-19/4
CDE-19/3
CDE-19/2
CDE-19/1
warm and humid Eastern Mediterranean
WHP in TP
WHP-19/4
WHP-19/3
WHP-19/2
WHP-19/1
MIS in TP
18d
18e
19a
19b
19c
20a
Age [ka]

Abb. 42 (vorherige Seite): Vergleich der Vegetationsdynamik von Tenaghi Philippon mit atmosphärischen, marinen und terrestrischen Klimasignalen des Nordatlantiks, Mittelmeerraums, Grönlands und der Antarktis von MIS 20 bis 18. A: Rekonstruktion der Meeresoberflächentemperatur bei IODP Site U1313 (Naafs et al. 2011), Darstellung der Werte auf der Zeitskala von Naafs et al. (2011), Korrelation der Kälteevents nach Emanuele et al. (2015); B–C: Rekonstruktion der Sommer- und Winter-Meeresoberflächentemperatur sowie Prozentwerte von *Neogloboquadrina pachyderma* sinistral (NPS) und dextral (NPD) bei ODP Site 980 (Wright & Flower 2002); D: Rekonstruktion der Meeresoberflächentemperatur bei IODP Site U1385 (Rodrigues et al. 2017); E: Alkenon-basierter Süßwassereintrag bei IODP Site U1385 (Sánchez Goñi et al. 2016); F: Prozentwerte von NPS der Montalbano-Jonico-Abfolge und Positionen der YD- und Heinrich-ähnlichen Events nach Maiorano et al. (2016); G: Feuchtigkeits-Trockenheits-Index von ODP Site 967 (Grant et al. 2017); H: synthetische Rekonstruktion der Temperaturvariabilität von Grönland (Barker et al. 2011); I: CH_4-Konzentration des antarktischen EDC-Archivs (Loulergue et al. 2008), Klassifikation der AIM-Analoga nach Lüthi et al. (2008), Lage von MIS 19c und Korrelation der Kälteevents nach Tzedakis et al. (2012a) und Giaccio et al. (2015); J: Baumpollen-Prozentwerte des TP-2009-Kerns von Tenaghi Philippon, AP = Baumpollen, TT = temperate Baumtaxa, MT = mediterrane Taxa, für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2. TP = Tenaghi Philippon, WHP = warmgemäßigte Phase, CDE = kalttrockenes Event, MIS = Marines Isotopenstadium. Blaue Balken entsprechen synchronisierten Kälteevents, blau-gestrichelte Linien repräsentieren nicht eindeutig zuordenbare Kälteevents. Darstellung der jeweiligen Archive auf ihrer eigenen Zeitachse oder der angegebenen Referenz entsprechend. Wenn nicht anders angegeben, entstammen die Terminologie der Marinen Isotopenunterstadien und der Beginn glazialer Eisschildbildung (grau-gestrichelte Linie) den jeweiligen Referenzen der Archive. Zur geographischen Lage der Lokalitäten im Nordatlantik und Mittelmeerraum siehe Abb. 5.

Vor der Termination IX lagerte sich im Nordatlantik vermehrt IRD ab (Wright & Flower 2002, Alonso-Garcia et al. 2011b, Kleiven et al. 2011, Naafs et al. 2011), und subpolare Wassermassen erreichten den Südatlantik und das Mittelmeer (Martin-Garcia et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Sánchez Goñi et al. 2016; Abb. 41–43), was für einen Vorstoß von Gletschern und eine Abkühlung der hohen nördlichen Breiten spricht. Ursache dieses Abkühlungsevents könnte ein Schmelzwassereintrag von den nördlichen Eisschilden infolge der vorangegangenen Erwärmung gewesen sein; vergleichbar mit der Jüngeren Dryas (YD) an der Termination I (Giaccio et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Sánchez Goñi et al. 2016). Infolge dieses YD-Äquivalents expandierte auch eine an kalttrockenes Klima angepasste Vegetation im zentralen (Bertini et al. 2015, Maiorano et al. 2016) und westlichen Mittelmeerraum (Sánchez Goñi et al. 2016; Abb. 41), sodass die Abkühlung im Nordatlantik auch die Klimasysteme beeinflusste.

Allerdings setzte sich die Expansion temperater Baumtaxa in Tenaghi Philippon während MIS 20a ohne Unterbrechung fort, sodass die Pollendaten einer Abkühlung widersprechen. Möglicherweise fehlt eine YD-ähnliche Klimaoszillation im TP-2009-Kern auflösungsbedingt. Die niedrigen Sedimentationsraten von 4–5 cm kyr^{-1} resultieren in einer deutlich geringeren zeitlichen Auflösung der analysierten Proben während MIS 20 als während MIS 19 und 18 (Abb. 32).

Alternativ könnte das Fehlen eines derartigen Events in Tenaghi Philippon auch zeigen, dass die Abkühlung nur lokale Auswirkungen hatte. Die schwache Ausprägung des Events in Pollendaten und marinen Sauerstoffisotopen der Valle-di-Manche-Abfolge im zentralen Mittelmeerraum (Capraro et al. 2017) oder das Fehlen von Klimavariabilität vor MIS 19 in den Klimasignalen der Antarktis würden diese Annahme bestätigen (Jouzel et al. 2007, Loulergue et al. 2008, Lüthi et al. 2008; Abb. 4, 6, 42). Da die Jüngere Dryas in den Klimasignalen der Antarktis-Eisbohrkerne deutlich ausgeprägt ist (Dansgaard et al. 1993, Alley et al. 1993, EPICA-Projektmitglieder 2004, 2006), deutet das Fehlen eines Abkühlungsevents in den Klimasignalen der Antarktis vor MIS 19 zumindest auf deutlich geringere Auswirkungen eines YD-Äquivalents auf die „*bipolar seesaw*“ an der Termination IX hin als an der Termination I. Um jedoch die Intensität und Verbreitung eines YD-ähnlichen Events vor MIS 19 vollständig zu beurteilen, sind weitere hochaufgelöste Analysen von Klimaarchiven notwendig.

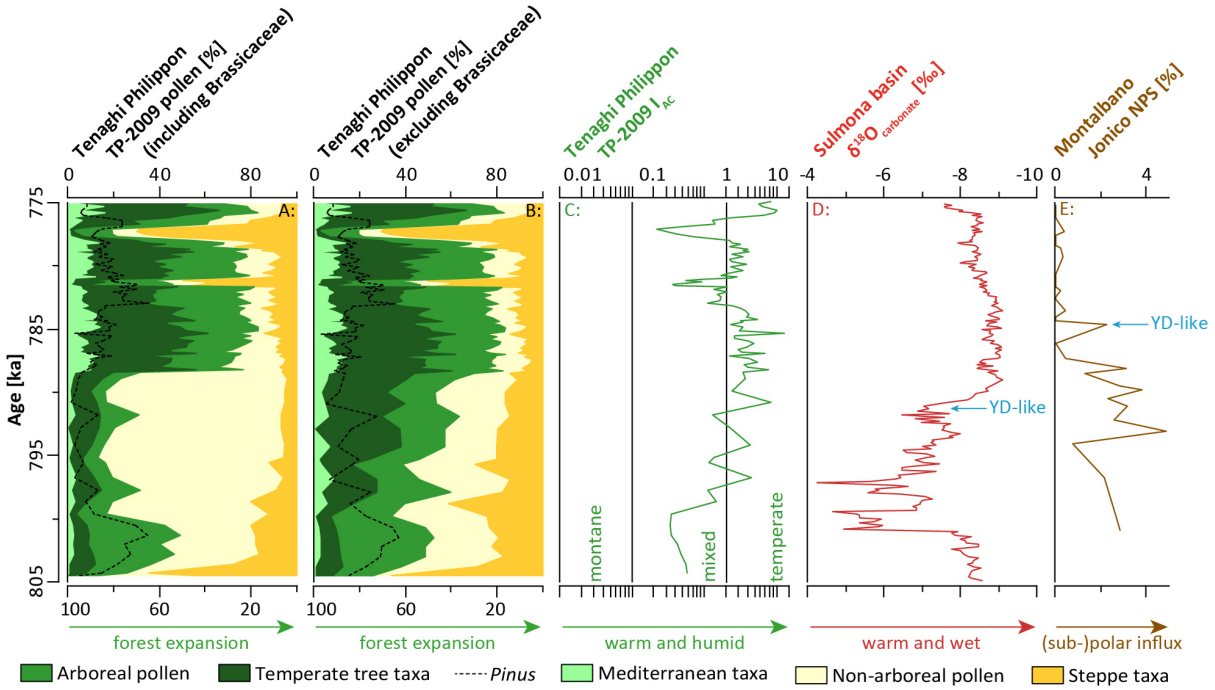


Abb. 43: Klima- und Vegetationsdynamik im Mittelmeerraum während MIS 20c bis 19c. A–B: Pollen-Prozentwerte ausgewählter Gruppen im TP-2009-Kern von Tenaghi Philippon, A: Berechnung der Prozentwerte mit Brassicaceae-Pollen, B: Berechnung der Prozentwerte ohne Brassicaceae-Pollen; auf der X-Achse werden die Prozentwerte der Baumpollen aufsteigend und die Werte der NAP absteigend dargestellt; für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2. C: Index der Waldzusammensetzung von Tenaghi Philippon. D: Sauerstoffisotopen von Karbonaten des Sulmona-Beckens und Position des YD-ähnlichen Events nach Giaccio et al. (2015). E: Prozentwerte von *Neoglobo-quadrina pachyderma* sinistral der Montalbano-Jonico-Abfolge und Position des YD-ähnlichen Events nach Maiorano et al. (2016).

5.4.2 Klimaveränderungen während des MIS-19c-Interglazials in Tenaghi Philippon

Die während dem eu-mediterranen Stadium (warmgemäßigte Phasen WHP-19/1 und WHP-19/2) expandierenden temperaten Baumtaxa charakterisieren MIS 19c in Tenaghi Philippon, das Interglazial *sensu stricto*. Äquivalent zur Verbreitung temperater Wälder in Tenaghi Philippon zeigen nordatlantische und andere mediterrane Klimasignale eine Erwärmung an (Abb. 41, 42). Die Kontraktion der temperaten Wälder während des kalttrockenen Events CDE-19/1 zeigt eine Unterbrechung der interglazialen Bedingungen in Tenaghi Philippon. Kein bekanntes Archiv zeichnet dieses intra-interglaziale Klimaevent mit vergleichbarer Intensität auf (Abb. 41, 42). Das Unterkapitel 5.4.2.2 geht detaillierter auf das intra-interglaziale Klimaevent ein, während die Unterkapitel 5.4.2.1 und 5.4.2.3 die warmgemäßigten Phasen während MIS 19c in Tenaghi Philippon diskutieren.

5.4.2.1 Warmgemäßigte Phase WHP-19/1 und interglaziales Maximum in Tenaghi Philippon

In der frühen Phase des MIS-19c-Interglazials, der warmgemäßigten Phase WHP-19/1 (788,45–781,63 ka), sprechen gegenläufig fluktuierende Prozentwerte der temperaten und mediterranen Taxa für Variationen im Bodenfeuchtigkeitsangebot in Tenaghi Philippon bei beständig warmen Bedingungen, wobei insbesondere die Expansion temperater Wälder im Intervall 787,0–785,1 ka innerhalb der Phase WHP-19/1 auf besonders intensive Niederschläge hindeutet.

Mit Beginn der warmgemäßigten Phase WHP-19/1 in Tenaghi Philippon signalisieren auch Archive im Nordatlantik, im Mittelmeerraum, in der Antarktis, im Pazifik sowie in Südost-Sibirien interglazialen Bedingungen, während die boreale Sommerinsolation sukzessive anstieg (Abb. 4, 41, 42). Infolge der hohen Sommerinsolation migrierten die ITCZ und die Arktische Front nordwärts, vergleichbar mit der heutigen Position (Tuenter et al. 2003, Pausata et al. 2009, Alonso-Garcia et al. 2011a, Emanuele et al. 2015). Dadurch erwärmte sich der südliche Nordatlantik, und der warme Nordatlantikstrom („*North Atlantic Current*“, NAC) erreichte die subpolaren Regionen des Nordatlantiks (Alonso-Garcia et al. 2011b, Emanuele et al. 2015, Ferretti et al. 2015, Naafs et al. 2011; Abb. 41, 42). Die Wärmespeicherung im Nordatlantik ermöglichte es wiederum der NWD insbesondere in den Wintermonaten viel Niederschlag bis in den östlichen Mittelmeerraum zu transportieren. Die Diversifizierung und Verbreitung temperater Wälder zu Beginn der warmgemäßigten Phase WHP-19/1 in Tenaghi Philippon, auf der Iberischen Halbinsel (Sánchez Goñi et al. 2016) und im zentralen Mittelmeerraum zeigen (Bertini et al. 2015, Maiorano et al. 2016; Abb. 41, A14), dass die NWD zu milden und feuchten Wintern im Mittelmeerraum führte.

Im Verlauf der warmgemäßigten Phase WHP-19/1 fluktuierte die Zusammensetzung der Wälder in Tenaghi Philippon (Abb. 34, 41), was auf Schwankungen in der Länge der Sommertrockenperioden hindeutet (Damesin & Rambal 1995, Quézel 1981, Tzedakis 2007; Kapitel 5.2.2.2). Derartige saisonale Schwankungen könnten Folge von Veränderungen in der NAO sein (Hurrell 1995, Cullen et al. 2002, Dünkeloh & Jacobeit 2003, Trigo et al. 2006). Innerhalb dieser Phase fluktuierender Veränderungen in den Wäldern waren die temperaten Baumtaxa über das Zeitintervall 787,0–785,1 ka besonders dominant in Tenaghi Philippon vertreten. Dies deutet darauf hin, dass die Westwinde in diesem Intervall zu besonders hohen Niederschlagsmengen in Tenaghi Philippon führten.

Das höhere Ausmaß an Niederschlägen im Zeitintervall 787,0–785,1 ka von Tenaghi Philippon könnte über Rückkopplungseffekte an das boreale Sommerinsolationsmaximum gekoppelt sein: Äquivalent mit diesem Zeitintervall in Tenaghi Philippon sprechen der Feuchtigkeits- und Aridităts-Index Nordafrikas (Grant et al. 2017; Abb. 42) und die Ablagerung des einzigen Sapropeläquivalents während MIS 19 („rotes Intervall“, *i-cycle* 74; Langereis et al. 1997, Emeis et al. 2000, Maiorano et al. 2016; Abb. 41) für extrem hohen Niederschlag auf dem nordafrikanischen Kontinent. Ursache hierfür war ein sehr intensiver Afrikanischer Monsun (Grant et al. 2017). Diese außergewöhnliche Monsunaktivität tritt zum Zeitpunkt des borealen Sommerinsolationsmaximums ein (Grant et al. 2017; Abb. 42), wobei die ITCZ durch die hohe Insolation im Sommer weit nördlich lag und neben der Verstärkung des Monsuns (Rossignol-Strick 1983, Rossignol-Strick & Paterne 1999, Tuenter et al. 2003) auch eine Nordverschiebung warmer Strömungen in den südlichen Nordatlantik verursachte (Naafs et al. 2011, Emanuele et al. 2015, Ferretti et al. 2015, Rodrigues et al. 2017; Abb. 41, 42). Die Aufheizung des südlichen Nordatlantiks ermöglichte es wiederum der NWD viel Feuchtigkeit über dem Nordatlantik aufzunehmen (Sánchez Goñi et al. 2016, Rodrigues et al. 2017). Die im entsprechenden Intervall niedrige Winterinsolation deutet auf eine weit südliche Ablenkung der ITCZ im Winter hin (Laskar et al. 2004; Abb. 41), wodurch die humiden Westwinde insbesondere im Winter zu viel Niederschlag in den niederen nördlichen Breiten und somit in Tenaghi Philippon führten. Dieser Prozess lief in vergleichbarer Form während der Sapropelablagerung S1 im Holozän ab. Auch in diesem Intervall folgten aus einer Nordverschiebung der ITCZ ein erhöhter Winterniederschlag in den nördlichen Randgebieten des Ägäischen Meers (Kotthoff et al. 2008b).

Während im Zeitintervall 787,0–785,1 ka temperate Baumtaxa in Tenaghi Philippon expandierten, sank der Wasserspiegel im Becken (Abb. 37); letzteres widerspricht den hohen Niederschlägen der

NWD. Die hohen Pollenprozentwerte der temperaten Baumtaxa deuten auf eine sehr ausgedehnte Waldbedeckung hin. Somit verringerte die Waldbedeckung vermutlich die Grundwasserneubildung (vgl. Ladekarl et al. 2005, Gribovszki et al. 2017; Kapitel 5.2.4.3), sodass der Wasserspiegel im grundwassergespeisten Philippi-Becken sank. Ferner trug möglicherweise auch eine aus der hohen lokalen Sommerinsolation folgenden hohen Sommerevaporation (Abb. 41) zum Absinken des Wasserspiegels bei (Harrison & Digerfeldt 1993).

Die warmgemäßigte Phase WHP-19/1 ist äquivalent mit der frühen Phase des MIS-19c-Interglazials im Nordatlantik (*sensu* Alonso-Garcia et al. 2011a), die durch Eisschildabbau und den Rückzug des Meereises auf der nördlichen Hemisphäre charakterisiert wird (Alonso-Garcia et al. 2011a, Emanuele et al. 2015).

5.4.2.2 Intra-interglaziales kalttrockenes Event CDE-19/1 in Tenaghi Philippon

Mit dem kalttrockenen Event CDE-19/1 (781,6–781,0 ka) spricht eine abrupte Kontraktion der temperaten Wälder und die Expansion gegenüber kalttrockener Bedingungen toleranter Steppenwälder für eine Unterbrechung der warmgemäßigten Bedingungen in Tenaghi Philippon (Abb. 41). Dieses Klimaevent ist in anderen nordatlantischen und mediterranen Archiven weniger stark ausgeprägt (Abb. 41, 42), jedoch setzten äquivalent zum kalttrockenen Event CDE-19/1 in Tenaghi Philippon eine vorübergehende Abkühlung des Meeresoberflächenwassers im nördlichen Nordatlantik (Channell & Kleiven 2000, Wright & Flower 2002) sowie eine Abschwächung der afrikanischen Monsunaktivität ein (Grant et al. 2017; Abb. 41, 42). Diese Veränderungen erfolgten mit Beginn sinkender borealer Sommerinsolation (Abb. 41), sodass diese die Abkühlung verursachte. Aus der sinkenden Insolation folgte auch ein Abkühlungstrend im nordatlantischen Tiefenwasser, der bis zum MIS-18-Glazial anhielt (Ferretti et al. 2015, Hodell et al. 2015; Abb. 4).

Wie Rekonstruktionen der Oberflächentemperatur und Prozentwerte von *Neogloboquadrina pachyderma* sinistral im nördlichen Nordatlantik zeigen (Wright & Flower 2002; Abb. 42), wirkte sich die Abkühlung insbesondere auf die hohen nördlichen Breiten aus, während sich der südlichen Nordatlantik kaum und allenfalls sehr kurzzeitig abkühlte (Martin-Garcia et al. 2015, Sánchez Goñi et al. 2016, Rodrigues et al. 2017; Abb. 41, 42). Dies deutet auf einen hohen Temperaturgradient zwischen dem südlichen und dem nördlichen Nordatlantik hin, der einen hohen transversalen Feuchtigkeitstransport in die arktischen Regionen ermöglicht; dadurch konnte sich Meereis im Arktischen Ozean ausdehnen (Alonso-Garcia et al. 2011a, Sánchez Goñi et al. 2016). Die Kontraktion der temperaten Wälder mit dem kalttrockenen Event CDE-19/1 in Tenaghi Philippon spricht für häufigere und intensivierte Ausbrüche des Sibirienhochs, die durch einen verstärkten Polarwirbel infolge der Meereisausdehnung ermöglicht wurden (Wright & Flower 2002, Alonso-Garcia et al. 2011b, Kleiven et al. 2011). Das Einsetzen von Meereisbildung an den nördlichen Polregionen mit Beginn sinkender borealer Sommerinsolation ist ein grundsätzliches Merkmal aller mittelpleistozänen Interglaziale (Alonso-Garcia et al. 2011a, Sánchez Goñi et al. 2016). Somit ist das kalttrockene Event CDE-19/1 in Tenaghi Philippon äquivalent mit dem Übergang der frühen zur späten Interglazialphase im Nordatlantik (*sensu* Alonso-Garcia et al. 2011a).

Im Gegensatz zu Tenaghi Philippon zeigen Pollendaten anderer Archive im Mittelmeerraum nur geringe Veränderungen. Rückgänge in der Waldvegetation Süditaliens (Bertini et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Capraro et al. 2017; Abb. 41) sind vermutlich äquivalent mit dem kalttrockenen Event CDE-

19/1. Dahingegen wird ein Rückgang mediterraner Wälder auf der Iberischen Halbinsel von Sánchez Goñi et al. (2016) nicht als Reaktion auf eine Abkühlung der hohen nördlichen Breiten, sondern auf Variationen in der NAO gewertet (Abb. 41).

Die massive Ausprägung des kalttrockenen Events CDE-19/1 in Tenaghi Philippon zeigt, dass Ausbrüche polarer Hochs Tenaghi Philippon häufiger und mit höherer Intensität erreichten als westlicher gelegene Lokalitäten im Mittelmeerraum. Die kalten Ausbrüche führten zum einen zu langen Frostperioden im Winter und zum anderen blockierten sie die Westwinde, sodass auch das Bodenfeuchtigkeitsangebot in Tenaghi Philippon deutlich reduziert war. Weiterhin könnte die Abkühlung in den hohen nördlichen Breiten analog zu intra-interglazialen kalttrockenen Events während MIS 11c und 5e eine Expansion schneebedeckter Tundra in Eurasien zur Folge gehabt haben (Crucifix & Loutre 2002, Desprat et al. 2005). Diese verstärkte eventuell den Effekt der Albedo und die Ausdehnung des Polarwirbels über den eurasischen Kontinent, sodass sie zu den massiven Auswirkungen des Sibirienhochs auf Tenaghi Philippon beigetragen haben könnte (Milner et al. 2013).

5.4.2.3 Abgeschwächte warmgemäßigte Bedingungen in Tenaghi Philippon (WHP-19/2)

Im Anschluss an das kalttrockene Event CDE-19/1 expandierten die temperaten Baumtaxa in Tenaghi Philippon abrupt, demnach die Bedingungen feuchter und die Winter milder wurden. Somit erreichten südliche Ausbrüche des Sibirienhochs Tenaghi Philippon in verringertem Ausmaß, während die Westwinde das feuchtwarme Klima in Tenaghi Philippon ermöglichten (warmgemäßigte Phase WHP-19/2, 780,1–778,5 ka; Abb. 41). Die während des Klimaevents beständig warm gebliebenen Bedingungen im südlichen Nordatlantik (Sánchez Goñi et al. 2016, Rodrigues et al. 2017; Abb. 41, 42) führten vermutlich zu einer schnellen Erwärmung der hohen nördlichen Breiten durch den Transport warmer Wassermassen; dies ermöglichte die Intensivierung der NWD und die warmgemäßigte Bedingungen der Phase WHP-19/2 in Tenaghi Philippon.

Die Ausdehnung der temperaten Wälder in Tenaghi Philippon erreichte während der Phase WHP-19/2 zunächst nicht das Niveau der vorangegangenen warmgemäßigten Phase, sodass die Niederschlagsmengen und Wintertemperaturen niedriger waren als in der Phase WHP-19/1. Dies deutet darauf hin, dass der Einfluss des Sibirienhochs stärker bzw. die Auswirkungen der Westwinde schwächer waren als im frühen MIS-19c-Interglazial von Tenaghi Philippon. Ursache hierfür war die weiterhin sinkende boreale Sommerinsolation (Abb. 41). Sie ermöglichte nach wie vor die Ausdehnung von Meereis im nördlichen Nordatlantik, wodurch die Polarfront südlicher lag und der (sub-)polare Einfluss in Tenaghi Philippon höher war als zu Beginn des MIS-19c-Interglazials (Alonso-Garcia et al. 2011a, Emanuele et al. 2015, Maiorano et al. 2016). Somit ist die warmgemäßigte Phase WHP-19/2 äquivalent mit der späten Interglazialphase im Nordatlantik, die voranschreitende Meereisausdehnung kennzeichnet (*sensu* Alonso-Garcia et al. 2011a). Zum Ende der warmgemäßigten Phase WHP-19/2 steigen die Prozentwerte der temperaten und mediterranen Taxa in Tenaghi Philippon auf das Niveau der Phase WHP-19/1 (Abb. 41). Dies spricht für ein feuchtwärmeres Klima in Tenaghi Philippon, dessen Ursache eine intensivierte NWD infolge eines verstärkten Transports warmer Wassermassen in den Nordatlantik war.

5.4.3 Kurzzeitige Klimavariabilität nach MIS 19c

Nach dem MIS-19c-Interglazial sprechen massive Vegetationswechsel in Tenaghi Philippon und in anderen mediterranen Regionen (Bertini et al. 2015, Giaccio et al. 2015, Marino et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Sánchez Goñi et al. 2016, Capraro et al. 2017; Abb. 41), starke Schwankungen in der Oberflächentemperatur des Nordatlantiks und Mittelmeers (Channel & Kleiven 2000, Wright & Flower 2002, Naafs et al. 2011, Ferretti et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Sánchez Goñi et al. 2016, Rodrigues et al. 2017; Abb. 41, 42) sowie Fluktuationen in der Temperatur und in den atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen der Antarktis-Eisbohrkerne (Jouzel et al. 2007, Loulergue et al. 2008, Lüthi et al. 2008; Abb. 4, 42) für den Beginn einer zusammenhängenden, überregionalen Klimavariabilität.

In Tenaghi Philippon zeigen massive Kontraktionen und Expansionen temperater Wälder nach MIS 19c abrupte Klimawechsel an, sodass auf zwei kalttrockenen Event (CDE-19/2, CDE-19/3) zwei warmgemäßigte Phasen (WHP-19/3, WHP-19/4) folgten. Nach dem dritten kalttrockenen Event CDE-19/4 verschwanden die temperaten Wälder vollkommen aus Tenaghi Philippon, demzufolge dieses Event den Beginn glazialer Bedingungen in Tenaghi Philippon signalisiert. Schwankungen in den Temperaturen der Meeresoberfläche im Nordatlantik und der Antarktis sowie Fluktuationen im Verlauf atmosphärischer Gaskonzentrationen verlaufen äquivalent zu den Vegetationsveränderungen in Tenaghi Philippon (Abb. 41, 42). Dies zeigt, dass die Vegetationswechsel in Tenaghi Philippon an Veränderungen in den hohen nördlichen Breiten und an Variationen der „*bipolar seesaw*“ im Atlantik gebunden waren.

Weiterhin lagerte sich zum Zeitpunkt eines kalttrockenen Events in Tenaghi Philippon IRD im Nordatlantik ab (Kleiven et al. 2011), und polare Süßwassermassen erreichten auch die niederen Breiten des Nordatlantiks (Ferretti et al. 2015; Abb. 41, 42). Somit führte Eisschildwachstum in den nördlichen Polregionen mit jedem IRD-Event zu einer Verlangsamung der AMOC (Alonso-Garcia et al. 2011a, b, Ferretti et al. 2015). Der fehlende Wärmetransport in den Nordatlantik ließ die Nordhemisphäre weiter abkühlen (Channell & Kleiven 2000, Naafs et al. 2011, Sánchez Goñi et al. 2016; Abb. 41, 42). Dies verlagerte die (Sub-)polarfront südlicher und verstärkte den Polarwirbel, sodass massive kontinentale Ausbrüche des Sibirienhochs zu den kalttrockenen Events in Tenaghi Philippon führten. Die folgenden Unterkapitel 5.4.3.1–5.4.3.6 gehen detaillierter auf die Charakteristika dieser Klimavariabilität nach MIS 19c ein und erläutern, aus welchen Prozesse die Vegetationsveränderungen in Tenaghi Philippon folgten.

5.4.3.1 Kalttrockenes Event CDE-19/2 in Tenaghi Philippon

Die warmgemäßigte Phase WHP-19/2 endet mit zwei massiven Kontraktionen temperater Wälder und der Verbreitung einer *Artemisia*-Chenopodiaceae-Steppenvegetation in Tenaghi Philippon. Dies zeugt von einer verringerten Ankunft warmfeuchter Westwinde in Tenaghi Philippon und einem verstärkten (sub-)polaren Einfluss (Abb. 41). Da nicht nur in Tenaghi Philippon, sondern auch im zentralen (Bertini et al. 2015, Giaccio et al. 2015, Marino et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Capraro et al. 2017) und westlichen Mittelmeerraum (Sánchez Goñi et al. 2016; Abb. 41) Waldrückgänge und Klimasignale in Seesystemen eine Abkühlung signalisieren, erreichten diese (sub-)polaren Luftmassen den gesamten Mittelmeerraum.

Dieses kalttrockene Event CDE-19/2 in Tenaghi Philippon korreliert mit dem ersten IRD-Event nach MIS 19c im Nordatlantik (Kleiven et al. 2011; Abb. 41) und einem global sinkenden Meeresspiegel (Spratt & Lisiecki 2016; Abb. 6). Dies weist auf den Beginn glazialer Eisschildbildung hin („*glacial inception*"; Alonso-Garcia et al. 2011a, Tzedakis et al. 2012b). Das kalttrockene Event CDE-19/2 lässt sich mit klimatischen Veränderungen in der Antarktis (Jouzel et al. 2007, Loulergue et al. 2008, Lüthi et al. 2008), in Südost-Sibirien (Baikalsee; Prokopenko et al. 2015) und im südwestlichen Pazifik korrelieren (Elderfield et al. 2012; vgl. Abb. 4, 42), sodass der Beginn der Eisakkumulation in den hohen nördlichen Breiten globale Konsequenzen hatte.

Das kalttrockene Event CDE-19/2 ist daher äquivalent mit der ersten Phase der glazialen Periode (*sensu* Alonso-Garcia et al. 2011a) und entspricht dem Ende von MIS 19c in Tenaghi Philippon. Mit ca. 9,8 kyr dauerte das MIS-19c-Interglazial in Tenaghi Philippon ähnlich lang wie in anderen mediterranen und nordatlantischen Archiven (10,5–12,5 kyr; Tzedakis et al. 2012a, Giaccio et al. 2015, Maiorano et al. 2016). Diese Unterschiede in der Interglaziallänge von MIS 19c ergeben sich aus den verschiedenen Altersmodellen der Archive und aus der subjektiven Vergabe von Beginn und Ende der Autoren für das MIS-19c-Interglazial im jeweiligen Archiv (vgl. Abb. 41, 42).

Der abrupte Waldrückgang in Tenaghi Philippon und die Abkühlung im Nordatlantik setzten mit Erreichen des borealen Sommerinsolationsminimums und sinkender Obliquität ein (Abb. 41). Demnach waren orbitale Veränderungen Ursache der Eisakkumulation und Abkühlung auf der Nordhemisphäre (Berger et al. 1998a, Alley et al. 2003, Oldfield 2005), wodurch das globale Klimasystem zum Zeitpunkt des kalttrockenen Events CDE-19/2 in Tenaghi Philippon an einen Schwellenwert geführt und zum Kippen gebracht wurde.

5.4.3.2 Ursache der Rückkehr zu warmen Bedingungen und des hohen lokalen Wasserspiegels in Tenaghi Philippon (WHP-19/3)

Die Expansion temperater Wälder mit der Phase WHP-19/3 zeugt von der Rückkehr warmgemäßigter Bedingungen nach Tenaghi Philippon (Abb. 41). Sie ging mit einer starken Erwärmung des Nordatlantiks (Kleiven et al. 2011, Sánchez Goñi et al. 2016, Rodrigues et al. 2017) und Mittelmeers (Maiorano et al. 2016) sowie mit einem Anstieg der borealen Sommerinsolation einher (Abb. 41, 42). Wie Anstiege in den Treibhausgaskonzentrationen und der Deuteriumisotopie in den Antarktis-Eisbohrkernen zeigen (Jouzel et al. 2007, Loulergue et al. 2008, Lüthi et al. 2008), reaktivierte dadurch die „*bipolar seesaw*" im Atlantik (Barker et al. 2011, Tzedakis et al. 2012a). Infolge der Erwärmung der hohen nördlichen Breiten schwächte der Polarwirbel ab, sodass Ausbrüche des Sibirienhochs Tenaghi Philippon seltener erreichten. Daher entspricht das temperate Stadium in Tenaghi Philippon (WHP-19/3) der zweiten glazialen Phase im Nordatlantik (*sensu* Alonso-Garcia et al. 2011a).

Während der Phase WHP-19/3 dominieren temperate Elemente viel stärker die Waldzusammensetzung in Tenaghi Philippon als in den vorangegangenen beiden warmgemäßigten Phasen. In Verbindung mit der Etablierung eines Gewässers bei TP-2009 deutet beides auf einen hohen jährlichen Niederschlag und eine kurze Trockenperiode hin. Ursache für dieses extrem humide Klima war vermutlich eine südlichere Verlagerung der NWD als während MIS 19c. Diese ergab sich aus der im Vergleich zu MIS 19c südlicheren Verläufe von Arktis- und Polarfront (Yang & Myers 2007, Olsen et al. 2012, Emanuele et al. 2015), die wiederum aus den vergrößerten nördlichen Eisschilden resultierten, die sich während des vorangegangenen Klimaevents aufbauten. Eine aus der geringen Sommerinsolation

(Abb. 41) hervorgegangene niedrige Evaporation trug neben den intensiven Westwinden weiterhin zum Anstieg des Wasserspiegels im Philippi-Becken bei.

5.4.3.3 Übergang zu glazialen Bedingungen ab dem kalttrockenen Event CDE-19/3 in Tenaghi Philippon

Der weitere Verlauf der Baumpollenkurven in Tenaghi Philippon während MIS 19b und 19a zeigt ein weiteres kalttrockenes Event an, gefolgt von einer kurzen warmgemäßigten Phase und einem anschließenden Trend zu glazialen Bedingungen. Mit dem kalttrockenen Event CDE-19/3 gehen Wälder in Tenaghi Philippon und auf der Iberische Halbinsel (Sánchez Goñi et al. 2016) stark zurück, während Sauerstoffisotopendaten und Oberflächentemperaturrekonstruktionen des Nordatlantiks (Channel & Kleiven 2000, Wright & Flower 2002, Naafs et al. 2011, Emanuele et al. 2015, Rodrigues et al. 2017) sowie Sauerstoffisotopendaten des Sulmona-Paläosees in der zentralen Mittelmeerregion (Giaccio et al. 2015) eine abrupte Temperaturabnahme signalisieren (Abb. 41, 42). Diese Veränderungen sprechen für die stärkste Abkühlung in diesen Regionen seit Beginn glazialer Eisschildbildung.

Ursache des kalttrockenen Events CDE-19/3 war vermutlich ein hoher Temperaturgradient zwischen dem nördlichen und südlichen Nordatlantik in der vorangegangenen warmgemäßigten Phase WHP-19/3. Temperaturrekonstruktionen sprechen dafür, dass die Oberflächentemperaturen im nördlichen Nordatlantik während der warmgemäßigten Phase WHP-19/3 nicht das Niveau von MIS 19c erreichten (Kleiven et al. 2011, Naafs et al. 2011, Emanuele et al. 2015, Wright & Flower 2002), hingegen der südliche Nordatlantik ähnlich warm wie zum MIS-19c-Interglazial war (Martin-Garcia et al. 2015, Sánchez Goñi et al. 2016).

Dieser Temperaturgradient im Nordatlantik ermöglichte einen hohen Feuchtigkeitstransport in die hohen nördlichen Breiten und eine verstärkte Eisakkumulation (Alonso-Garcia et al. 2011a, Sánchez Goñi et al. 2016). Daraus resultierte ein erhöhter Schmelzwassereintrag, der die AMOC verlangsamte und äquivalent zum kalttrockenen Event CDE-19/3 das Oberflächenwasser des Nordatlantiks abkühlen ließ. In den hohen nördlichen Breiten ermöglichte die Eisakkumulation die Ausdehnung des Polarwirbels, infolgedessen südliche Ausbrüche des Sibirienhochs zum kalttrockenen Event CDE-19/3 in Tenaghi Philippon führten. Im Widerspruch zu Tenaghi Philippon und anderen mediterranen Archiven fehlt dieses Klimaevent in der Montalbano-Jonico-Abfolge im zentralen Mittelmeerraum (Bertini et al. 2015, Marino et al. 2015, Maiorano et al. 2016; Abb. 41, 42). Dieses Intervall fehlt in Montalbano Jonico nicht aus klimatischen Gründen, sondern es konnte im Geländeaufschluss nicht beprobt werden (vgl. Maiorano et al. 2016).

Die Abkühlung in Tenaghi Philippon und im Nordatlantik korreliert mit einer ansteigenden borealen Sommerinsolation, sodass sie nicht zur Abkühlung der hohen nördlichen Breiten beigetragen hat (Abb. 41). Die kurze Dauer des Events in Archiven des Nordatlantik- (Kleiven et al. 2011, Emanuele et al. 2015, Sánchez Goñi et al. 2016) und Mittelmeerraums (Giaccio et al. 2015) von wenigen Jahrhunderten zeigt jedoch, dass die boreale Sommerinsolation zur anschließenden Erwärmung führte (Abb. 41, 42). Die Rückkehr eines warmgemäßigten Klimas nach Tenaghi Philippon benötigte dahingegen deutlich länger als im Nordatlantik und in westlicher gelegenen mediterranen Archiven. Erst ca. 4,5 kyr nach Beginn des kalttrockenen Events CDE-19/3 kehrten temperate Wälder nach Tenaghi Philippon zurück (Abb. 41), sodass kontinentale Ausbrüche des Sibirienhochs die Expansion der Wälder stärker limitierten als in westlicheren mediterranen Regionen. Erst mit dem Eintreten des borealen

Sommerinsolationsmaximums unmittelbar vor der warmgemäßigten Phase WHP-19/4 wurde ein Schwellenwert erreicht, aufgrund dessen die Abschwächung des Polarwirbels mildere Winter in Tenaghi Philippon ermöglichte.

Die warmgemäßigte Phase WHP-19/4 hielt mit wenigen Jahrhunderten deutlich kürzer an als die vorangegangenen warmgemäßigten Phasen in Tenaghi Philippon. Die Phase endete mit der Kontraktion von Wäldern in Tenaghi Philippon und in anderen Mittelmeerregionen, während äquivalent dazu IRD-Ablagerungen im Nordatlantik und abrupte Oberflächentemperaturabnahmen im selbigen Meeresraum auf eine starke Abkühlung in den hohen nördlichen Breiten und auf die Expansion der nördlichen Eisschilde hindeuten (Channell & Kleiven 2000, Wright & Flower 2002, Emanuele et al. 2015, Ferretti et al. 2015, Giaccio et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Sánchez Goñi et al. 2016, Rodrigues et al. 2017; Abb. 41, 42). Dieses kalttrockene Event CDE-19/4 trat äquivalent zur verringernden borealen Sommerinsolation ein (Abb. 41). Daher entspricht es dem Beginn der dritten glazialen Phase nach Alonso-Garcia et al. (2011a) und repräsentiert den Übergang zum Glazial in Tenaghi Philippon.

5.4.3.4 Feuchtkaltes Klima in Tenaghi Philippon zum Ende von MIS 19a

Im Anschluss an das kalttrockene Event CDE-19/4 sprechen niedrige Werte im I_{AR} für ein feuchtes Klima in Tenaghi Philippon, jedoch verbreiteten sich temperate Baumtaxa kaum und mediterrane Taxa fehlten (Abb. 34, 41). Somit limitierten zunächst intensive Frostperioden und nicht ein fehlendes Bodenfeuchtigkeitsangebot die Verbreitung von Wäldern nach dem kalttrockenen Event CDE-19/4.

Äquivalent zu Tenaghi Philippon war auch die Verbreitung von Baumtaxa auf der Iberischen Halbinsel und in Zentralitalien nach dem kalttrockenen Event CDE-19/4 abgeschwächt (Bertini et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Sánchez Goñi et al. 2016; Abb. 41). Diese ausgebliebene Expansion von Wäldern im Mittelmeerraum steht im Widerspruch zu einer starken Oberflächentemperaturzunahme im südlichen Nordatlantik (Ferretti et al. 2015, Sánchez Goñi et al. 2016, Rodrigues et al. 2017; Abb. 41, 42), die wie die niedrigen Werte im I_{AR} von Tenaghi Philippon für eine intensive NWD sprechen. Weiterhin widersprechen die niedrigen Baumpollen-Prozentwerte im Mittelmeerraum auch Zunahmen in der Deuteriumisotopie und in den Treibhausgaskonzentrationen der Antarktis (Jouzel et al. 2007, Loulergue et al. 2008, Lüthi et al. 2008; Abb. 4, 42), die eine Verstärkung der „*bipolar seesaw*“ im Atlantik anzeigen.

Unverändert kalte Bedingungen im nördlichen Nordatlantik zeigen allerdings (Channell & Kleiven et al. 2000, Wright & Flower 2002; Abb. 41, 42), dass die warmen Wassermassen nicht die hohen nördlichen Breiten erreichten (Barker et al. 2011). Somit beeinflussten in diesem Zeitintervall nicht die niedrigen nördlichen, sondern die hohen nördlichen Breiten das Klima in Tenaghi Philippon und in anderen Lokalitäten im Mittelmeerraum. Des Weiteren könnte auch die geringe CO_2-Konzentration von <230 ppm (Lüthi et al. 2008, Bereiter et al. 2015; Abb. 4) die Photosyntheseraten und Wasserverbrauchseffizienz der Bäume reduziert und somit zur geringeren Ausdehnung der Wälder beigetragen haben (Bennett & Willis 2000, Tzedakis et al. 2002).

5.4.3.5 Kalttrockene Bedingungen und Ursache des hohen lokalen Wasserspiegels im MIS-18e-Stadial von Tenaghi Philippon

Während MIS 18e zeugen in Tenaghi Philippon hohe Werte im I_{AR}, hohe Tonmineral-Gehalte und die Expansion einer *Artemisia*-Chenopodiaceae-Kältesteppe von einer massiven Zunahme der Trockenheit bei weiterhin äußerst kalten Bedingungen (Abb. 41, 42). Diese Veränderungen in Tenaghi Philippon sind äquivalent zur Ablagerung von IRD und abrupten Oberflächentemperaturabnahmen im Nordatlantik (Channell & Kleiven 2000, Wright & Flower 2002, Kleiven et al. 2011, Ferretti et al. 2015, Sánchez Goñi et al. 2016, Rodrigues et al. 2017; Abb. 41, 42). Dies bedeutet, dass eine stark verlangsamte AMOC und ausgedehntere Eisschilde in den hohen nördlichen Breiten zur Intensivierung des Polarwirbels und zu einem hohen Einfluss des Sibirienhochs auf Tenaghi Philippon führten.

Die hohe Trockenheit in Tenaghi Philippon steht im Widerspruch zum hohen Wasserspiegel im Philippi-Becken während MIS 18e (Abb. 37). Ursache hierfür ist die niedrige lokale Sommerinsolation bei 41°N (Abb. 41), aufgrund derer die Evaporation äußerst verringert war. Weiterhin führte möglicherweise eine im Sommer weit südlich abgelenkte NWD zu einer erhöhten Wolkenbildung im Mittelmeerraum, die ebenfalls die Evaporation verringerte (COHMAP-Projektmitglieder 1988, Harrison & Digerfeldt 1993).

5.4.3.6 Interstadiale von MIS 18 und das kalttrockene Event CDE-18/1 in Tenaghi Philippon

Die Expansion offener Wälder in Tenaghi Philippon im Anschluss an das MIS-18e-Stadial spricht für die Rückkehr warmgemäßigter Bedingungen in den östlichen Mittelmeerraum (Abb. 41). Mit Beginn des MIS-18c-Stadials kontrahierten die Wälder abrupt und die Trockenheit im I_{AR} nahm zu, sodass dieses Stadial in Tenaghi Philippon einem kalttrockenen Event entspricht (CDE-18/1).

Die Verbreitung von Baumtaxa in Tenaghi Philippon zu Beginn des MIS-18d-Interstadials ist äquivalent mit ansteigender borealer Sommerinsolation und mit wärmeren Bedingungen im Nordatlantik (Channell & Kleiven 2000, Wright & Flower 2002, Emanuele et al. 2015, Sánchez Goñi et al. 2016, Rodrigues et al. 2017) und in der Antarktis (Jouzel et al. 2007; Abb. 4, 41, 42). Demnach führte die boreale Sommerinsolation zur Verkleinerung der Eisschilde, wodurch die „*bipolar seesaw*“ im Atlantik verstärkte und der Polarwirbel abschwächte (Alonso-Garcia et al. 2011a, Martin-Garcia et al. 2015, Rodrigues et al. 2017). Dadurch verringerte der Einfluss des Sibirienhochs auf Tenaghi Philippon und die Westwinde führten zum warmgemäßigten Klima (Abb. 41).

Ferner zeigen starke Oberflächentemperaturschwankungen im Nordatlantik, dass der Abbau der Eisschilde zu Gletscherseeausbrüchen führten (Martin-Garcia et al. 2015). Diese Temperaturschwankungen haben kein Äquivalent in den Pollendaten von Tenaghi Philippon, jedoch verbreite sich zunächst ein von *Pinus* geprägtes offenes Waldland in Tenaghi Philippon, bevor temperate Baumtaxa dominierten. Diese Vegetationsabfolge deutet auf eine Limitierung der temperaten und mediterranen Taxa durch ein verringertes Bodenfeuchtigkeitsangebot und niedrige Wintertemperaturen zu Beginn des Interstadials hin. Diese klimatische Limitierung war möglicherweise an die Fluktuationen im Nordatlantik geknüpft (Martin-Garcia et al. 2015).

Die Expansion der Kältesteppe in Tenaghi Philippon mit dem kalttrockenen Event CDE 19/3 zeugt neben der Ablagerung von IRD und Oberflächentemperaturabnahmen im Nordatlantik (Wright & Flower 2002, Martin-Garcia et al. 2015) sowie einem Rückgang der Treibhausgaskonzentrationen und

der Deuteriumisotopie in der Antarktis für eine Abkühlung der Nordhemisphäre (Jouzel et al. 2011, Loulergue et al. 2008, Lüthi et al. 2008). Diese trat äquivalent mit einem Minimum in der borealen Sommerinsolation ein, sodass die niedrige Insolation die Abkühlung verursachte.

Mit Beginn des MIS-18b-Interstadials zeigen die Expansion temperater offener Wälder in Tenaghi Philippon warmgemäßigte Bedingungen an (Abb. 34). Ab 732,7 ka überprägen in Tenaghi Philippon stark fluktuierende Prozentwerte der temperaten Baumtaxa einen generellen Trend sinkender AP-Prozentwerte. Diese Vegetationsdynamik spricht für einen generellen Abkühlungstrend, der durch starke Schwankungen im Bodenfeuchtigkeitsangebot und in der Intensivität der Winter überprägt wurde (Abb. 34). Diese Instabilität findet keine Analoga im Nordatlantik, jedoch deuten äquivalent zu diesem Intervall in Tenaghi Philippon Meeresoberflächensignale im Nordatlantik einen Trend zu kühleren Bedingungen an (Wright & Flower 2002, Naafs et al. 2011). Vermutlich führte daher eine Abkühlung der hohen nördlichen Breiten zur Abkühlung des Nordatlantiks und in Tenaghi Philippon. Ursache der starken Fluktuationen in der Vegetation von Tenaghi Philippon sind möglicherweise Schwankungen im Einfluss von kontinentalen Ausbrüchen des Sibirienhochs. Der Abkühlungstrend resultierte in den glazialen Bedingungen des MIS-18a-Stadials.

5.5 Vergleich von MIS 19 mit dem Holozän in Tenaghi Philippon

Der Vergleich des Holozäns mit einem Referenzintervall in der jüngeren Erdgeschichte ermöglicht es, die klimatische Entwicklung des derzeitigen Interglazials und den heutigen Einfluss der Menschheit auf das Klima zu bewerten (Ganopolski et al. 2016, Liu et al. 2017). In diesem Zusammenhang können auch Aussagen zur Zukunft und Dauer des Holozäns getätigt werden (Tzedakis et al. 2012a, Giaccio et al. 2015). Bisherige Gegenüberstellungen zeigen, dass MIS 19 ein sehr gutes orbitales Analogon zu MIS 1 darstellt und dass die atmosphärischen CO_2- und CH_4-Konzentrationen in beiden Interglazialen eine ähnliche Entwicklung angenommen haben (Loutre & Berger 2003, Tzedakis 2010, Tzedakis et al. 2012a, Yin & Berger 2012; Abb. 7, 44).

Andererseits deuten niedrigere Sauerstoffisotopenwerte des LR04 *global stacks* und niedrigere Deuteriumisotopenwerte der Antarktiseisbohrkerne für MIS 19 (Lisiecki & Raymo 2005, Jouzel et al. 2007) sowie abweichende Verläufe der atmosphärischen CO_2-Konzentration zum Ende beider Interglaziale an (Lisiecki & Raymo 2005, Lüthi et al. 2008), dass das Eisvolumen der nördlichen Eisschilde während MIS 19 größer war und MIS 19 gegenüber dem Holozän grundsätzlich ein kälteres Interglazial darstellt (Pol et al. 2010, Yin & Berger 2015; Kapitel 1.2.3.3, Abb. 7, 44). Diesbezüglich wurde bisher kaum untersucht, ob sich diese wenn auch geringfügigen Unterschiede auf die Klimasysteme und Klimavariabilität beider Interglaziale verschiedenartig auswirkten (Tzedakis et al. 2012a, Giaccio et al. 2015).

Die Pollendaten von Tenaghi Philippon sind gut für einen derartigen Vergleich geeignet, da die Vegetation nicht nur während MIS 1 (z. B. 8,2-ka-Event; Pross et al. 2009), sondern auch während MIS 19 sensitiv auf abrupte Klimaveränderungen reagierte. Für einen Vergleich der Pollendaten beider Interglaziale wurden die Kurvenverläufe anhand der Präzession synchronisiert. Dieser Korrelation entsprechend stimmt der heutige Zeitpunkt mit einem Alter von ca. 777 ka überein (Abb. 44).

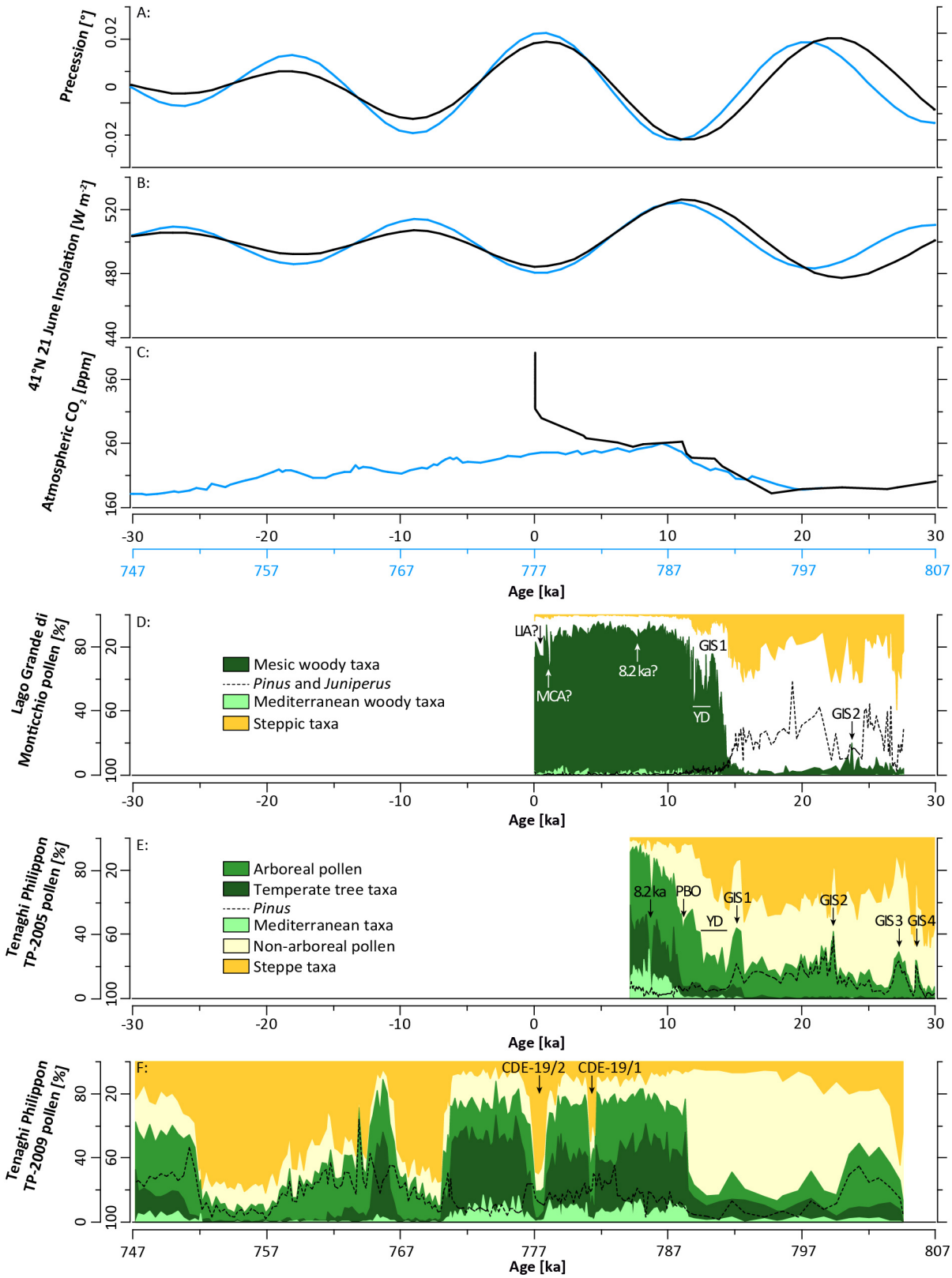

A:
Precession [°]
0.02
0
-0.02
B:
41°N 21 June Insolation [W m-2]
520
480
440
C:
Atmospheric CO2 [ppm]
360
260
160
-30
-20
-10
0
10
20
30
747
757
767
777
787
797
807
Age [ka]
D:
Lago Grande di Monticchio pollen [%]
Mesic woody taxa
Pinus and Juniperus
Mediterranean woody taxa
Steppic taxa
LIA?
MCA?
8.2 ka?
GIS 1
YD
GIS 2
Age [ka]
E:
Tenaghi Philippon TP-2005 pollen [%]
Arboreal pollen
Temperate tree taxa
Pinus
Mediterranean taxa
Non-arboreal pollen
Steppe taxa
8.2 ka
PBO
GIS 1
YD
GIS 2
GIS 3
GIS 4
Age [ka]
F:
Tenaghi Philippon TP-2009 pollen [%]
CDE-19/2
CDE-19/1
Age [ka]

Abb. 44 (vorherige Seite): Vergleich orbitaler Parameter, der atmosphärischen CO_2-Konzentration und Pollendaten über 60-kyr-Intervalle, welche MIS 1 (schwarz) und MIS 19 (blau) umfassen. Die Intervalle wurden anhand des Kurvenverlaufs der Präzession synchronisiert. A–B: Präzession und 41°N Sommerinsolation (Laskar et al. 2004), für 30 kyr in die Zukunft projiziert; C: atmosphärische CO_2-Konzentrationen des antarktischen EDC-Archivs (Lüthi et al. 2008) sowie postindustrielle Werte von McGee (2018); D: Pollendaten des Holozäns bis letzten Glazials von Lago Grande di Monticchio (Brauer et al. 2007a), Legende zu den Pollengruppen nach Brauer et al. (2007a); E: Pollendaten des Holozäns bis letzten Glazials des TP-2005-Kerns von Tenaghi Philippon (Kotthoff 2008, Müller et al. 2011); F: Pollendaten von MIS 18–20 des TP-2009-Kerns von Tenaghi Philippon. Die Prozentwerte der Baumpollen werden auf der Y-Achse aufsteigend und die Werte der NAP absteigend dargestellt. Die Pollengruppen in TP-2009 entsprechen der Legende zu TP-2005. Für die Definition der Pollengruppen von Tenaghi Philippon siehe Kapitel 3.5.2. GIS = Grönland-Interstadial (in TP-2005 nach Müller et al. 2011), YD = Jüngere Dryas (in TP-2005 nach Kotthoff 2008), PBO = Präboreale Oszillation (in TP-2005 nach Kotthoff 2008), 8.2 ka = 8,2-ka-Event (in TP-2005 nach Pross et al. 2009), MWP = Mittelalterliche Klimaanomalie („*Medieval Climate Anomaly*"), LIA = Kleine Eiszeit („*Little Ice Age*").

5.5.1 Vergleich der Vegetationsdynamik zwischen MIS 19 und 1 in Tenaghi Philippon

Der Vergleich der Vegetationsdynamik in Tenaghi Philippon zwischen MIS 20–19 des TP-2009-Kerns und MIS 2–1 des TP-2005-Kerns (Kotthoff 2008, Pross et al. 2009, Müller et al. 2011) zeigt, dass das Holozän in Tenaghi Philippon warmgemäßigtere Bedingungen charakterisiert als MIS 19c und sich beide Interglaziale in ihrer Klimavariabilität unterscheiden. Die Gegenüberstellung der Pollendaten des jüngeren Holozäns mit der späten Phase des MIS-19c-Interglazials von Tenaghi Philippon ist nicht möglich, da der Pollendatensatz im TP-2005-Kern nur bis ca. 7,2 ka reicht (Müller et al. 2011). Ein Vergleich der Klimavariabilität der jüngeren Phasen von MIS 19c und 1 erfolgt anhand einer Gegenüberstellung der Pollendaten von Tenaghi Philippon und dem Paläosee Lago Grande di Monticchio in Süditalien (Brauer et al. 2007a; Abb. 44). Dieser Vergleich ist möglich, da die Vegetation Süditaliens während MIS 19c eine vergleichbare Vegetationsdynamik und Klimavariabilität zu Tenaghi Philippon charakterisiert (Bertini et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Capraro et al. 2017; Abb. 41). Im Folgenden wird genauer auf die Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der Vegetationsdynamik der beiden Interglaziale eingegangen.

Mit Beginn der letzten Interstadiale vor MIS 19 und dem Holozän expandierten in beiden Zeitintervallen temperate und mediterrane Taxa in Tenaghi Philippon (Abb. 44). Dies deutet auf den Trend zu einem warmgemäßigten Klima mehrere Jahrtausende vor den jeweiligen Terminationen beider Glaziale hin. Während dieser Trend jedoch während MIS 20a anhält und auch die Expansion einer Brassicaceae-Vegetation im Philippi-Becken in MIS 20a auf ein humides Klima hindeutet (Abb. 28, 43), expandierte vor der Termination I eine Kältesteppenvegetation in Tenaghi Philippon (Müller et al. 2011; Abb. 44). Die Verbreitung dieser Vegetationsform spricht für deutlich kalttrockenere Bedingungen vor dem Holozän als vor dem MIS-19c-Interglazial. Diese Phase entspricht dem YD-Event des Holozäns in Tenaghi Philippon (Kotthoff 2008); ein Äquivalent zu diesem fehlt somit in MIS 20.

Weiterhin sind Analoga zur frühholozänen präborealen Oszillation und zum 8,2-ka-Event von Tenaghi Philippon im MIS-19c-Interglazial nicht vorhanden (Kotthoff 2008, Pross et al. 2009; Abb. 44). Diese fehlten jedoch nicht gezwungenermaßen klimatisch bedingt, sondern könnten auch aufgrund der geringeren Auflösung von MIS 19c gegenüber MIS 1 im Datensatz des TP-2009-Kerns ausgeblieben sein.

Auch in der Intensität der beiden Interglaziale existieren Unterschiede in Tenaghi Philippon. Während des frühen Holozäns erreichen die Baumpollen-Prozentwerte durchschnittlich 91 %. In der frühen Phase des MIS-19c-Interglazials, der warmgemäßigten Phase WHP-19/1 entsprechend, liegen die AP-Durchschnittsprozentwerte mit 76 % deutlich unterhalb der Werte des Frühholozäns (Tab. 6, Abb. 44). Somit war das Klima in Tenaghi Philippon im Holozän deutlich warmgemäßigter als während MIS 19c. In guter Übereinstimmung mit Tenaghi Philippon verbreiteten sich auch auf der Iberischen Halb-

insel sommergrüne Eichen im Holozän in stärkerem Ausmaß als im MIS-19c-Interglazial, sodass auch im westlichen Mittelmeerraum die Bedingungen im Holozän humider waren als während MIS 19c (Oliveira et al. 2017).

Im weiteren Verlauf von MIS 19c sprechen die Kontraktionen temperater Wälder in Tenaghi Philippon für abrupt eintretende kalttrockene Bedingungen mit dem intra-interglazialen Event CDE-19/1 und zum Ende des MIS-19c-Interglazials mit dem kalttrockenen Event CDE-19/2. Äquivalent mit beiden Events kontrahierten auch Wälder in Süditalien während MIS 19c, wenn auch ersteres Event im zentralen Mittelmeerraum nur schwach ausgeprägt war (Bertini et al. 2015, Maiorano et al. 2016, Capraro et al. 2017; Abb. 41). Im Gegensatz zum MIS-19c-Interglazial in Tenaghi Philippon und in Süditalien sind im Spätholozän Süditaliens keine äquivalenten Waldkontraktionen vorhanden (Brauer et al. 2007a; Abb. 44).

Ferner ist im späten Holozän aus Pollendaten griechischer Lokalitäten eine erhöhte Vegetationsvariabilität bekannt (Ioannina, Nisi; Tzedakis et al. 2002, Lawson et al. 2005); diese ist jedoch auf die Entwaldung durch den Menschen zurückzuführen (Lawson et al. 2005). Somit existierte zum Ende des Holozäns im Mittelmeerraum keine zu MIS 19c äquivalente abrupte Klimavariabilität.

Tab. 6: Vergleich der Charakteristika in den Baumpollen (AP), temperaten Baumtaxa (TT) und mediterranen Taxa (MT) der frühen interglazialen Phase des Holozäns und MIS 19c. Pollenprozentwerte des Holozäns nach Kotthoff (2008) und Müller et al. (2011). Für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2.

Time interval in TP	AP maximum [%]	AP average [%]	TT maximum [%]	TT average [%]	MT maximum [%]	MT average [%]
Holocene (before/after 8.2 ka event)	88/96	80/91	49/58	38/46	15/31	13/17
MIS 19c (WHP-19/1)	83	76	61	46	14	8

5.5.2 Ursache der vegetationsdynamischen Unterschiede zwischen MIS 19 und 1 in Tenaghi Philippon

Der Vergleich der Pollendaten von Tenaghi Philippon zeigt, dass das MIS-19c-Interglazial in Tenaghi Philippon weniger warmgemäßigt war als das Holozän und dass eine zu MIS 19c äquivalente Klimavariabilität im derzeitigen Interglazial fehlt. Da warmgemäßigte Bedingungen den Mittelmeerraum durch die Westwinde erreichen, war schlussfolgernd die Intensität der NWD im Holozän stärker und der Klimaeinfluss der hohen nördlichen Breiten im Holozän schwächer als während MIS 19c. Auch das Fehlen einer zu MIS 19 äquivalenten Klimavariabilität im Spätholozän des Mittelmeerraums liegt in der geringeren Einwirkung von Kälteeinbrüchen aus den hohen nördlichen Breiten auf diese Region während des derzeitigen Interglazials begründet. Ursache dieser unterschiedlichen Ausprägung der Klimasysteme während der beiden Interglaziale in Tenaghi Philippon sind Unterschiede in der Eisschildgröße auf der Nordhemisphäre und im Verlauf der CO_2-Konzentration (Kapitel 5.5.2.1). Die Pollendaten von Tenaghi Philippon der vergangenen 800 kyr zeigen, dass die Intensität der Interglaziale in Tenaghi Philippon stufenweise zunahm (Kapitel 5.5.2.2).

5.5.2.1 Auswirkungen der unterschiedlichen Eisschildgröße und atmosphärischen CO_2-Konzentration beider Interglaziale auf den Einfluss der Klimasysteme in Tenaghi Philippon

Der Einfluss der Klimasysteme auf Tenaghi Philippon und auf andere Lokalitäten im Mittelmeerraum wird gesteuert durch die Ausdehnung des nördlichen Polarwirbels und durch den Transport warmer Wassermassen in den Nordatlantik (vgl. Kapitel 5.4). Die Intensität des Polarwirbels und der AMOC sind wiederum geknüpft an die Eisschildgröße auf der Nordhemisphäre. Der LR04 *global stack* zeigt deutlich niedrigere benthische Sauerstoffisotopenwerte für das Holozän als für MIS 19c an (Lisiecki & Raymo 2005; Abb. 7), sodass die nördlichen Eisschilde während des derzeitigen Interglazials deutlich kleiner waren als während MIS 19c. Aus den kleineren Eisschilden des Holozäns resultierten ein gegenüber dem MIS-19c-Interglazial schwächerer Polarwirbel, eine nördlicher gelegene (Sub-)polarfront und eine stärkere AMOC (Alonso-Garcia et al. 2011a, Emanuele et al. 2015, Oliveira et al. 2017). Infolgedessen erreichen südliche Ausbrüche des Sibirienhochs Tenaghi Philippon heute mit schwächerem und feuchtwarme Westwinde mit stärkerem Ausmaß als im MIS-19c-Interglazial.

Weiterhin charakterisiert das Spätholozän ab ca. 7,3 ka eine ansteigende atmosphärische CO_2-Konzentration, während sie in der späten Phase des MIS-19c-Interglazials sank (Lüthi et al. 2008, Abb. 44). Zudem bewirkte die leicht niedrigere Exzentrizität des Holozäns (Abb. 7), dass Veränderungen in der CO_2-Konzentration zu Lasten der Insolation heute das Klimasystem stärker beeinflussen als während MIS 19c (Loutre & Berger 2003, Ganopolski et al. 2016). Somit wirkte die spätholozän ansteigende CO_2-Konzentration abrupter Klimavariabilität und einer globalen Abkühlung entgegen (Hays et al. 1976, Paillard 1998, Loutre & Berger 2000, Joos et al. 2004), während im Anschluss an das boreale Sommerinsolation von MIS 19c die sinkende atmosphärische CO_2-Konzentration und die größeren Eisschilde eine Abkühlung während MIS 19c begünstigten.

Diese Abkühlung ermöglichte im MIS-19c-Interglazial die Meereisausdehnung in den hohen nördlichen Breiten und verstärkte den Polarwirbel, infolgedessen kontinentale Ausbrüche des Sibirienhochs zunächst das kalttrockene, intra-interglaziale Event CDE-19/1 in Tenaghi Philippon auslösten. Mit weiterhin sinkender CO_2-Konzentration und borealer Sommerinsolation kippte das globale Klimasystem von MIS 19c, infolgedessen die glaziale Eisschildbildung einsetzte (Alonso-Garcia et al. 2011a, Tzedakis et al. 2012b), ein IRD-Event im Nordatlantik auslöste (Kleiven et al. 2011) und äquivalent dazu das kalttrockene Event CDE-19/2 in Tenaghi Philippon eintrat.

Wären die Unterschiede in der Eisschildgröße und atmosphärischen CO_2-Konzentration zwischen dem Holozän und MIS 19c nicht existent und vorausgesetzt, das holozäne Klima hätte sich in Tenaghi Philippon identisch zum MIS-19c-Interglazial entwickelt, dann wäre ein Äquivalent zum kalttrockenen Event CDE-19/2 in Tenaghi Philippon und somit das Ende des derzeitigen Interglazials vor ca. 1.600 Jahren eingetreten (Abb. 44). Diese Erkenntnis ist in guter Übereinstimmung mit Klimarekonstruktionen und Modellsimulationen, in denen dem Holozän ebenfalls die klimatischen Charakteristika des MIS-19c-Interglazials vorausgesetzt werden. Sie zeigen, dass das derzeitige Interglazial unter diesen Umständen ca. 900 Jahren vor heute (Giaccio et al. 2015), kurz vor der Industriellen Revolution (Ganopolski et al. 2016) oder innerhalb der nächsten 1.500 Jahre enden würde (Tzedakis et al. 2012a). Somit verhinderten die kleineren nördlichen Eisschilde und die höhere CO_2-Konzentration des Holozäns nicht nur kurzzeitige Klimavariabilität, sondern verlängerten bereits das derzeitige Interglazial. Simulationen sagen einen Fortbestand des derzeitigen Interglazials für mindestens weitere 50 kyr voraus (Berger & Loutre 2002, IPCC 2013, 2014, Ganopolski et al. 2016, Liu et al. 2017).

5.5.2.2 Stufenweise Zunahme in der Interglazialintensität von Tenaghi Philippon über die vergangenen 800 kyr

Der Vergleich der Pollendaten von Tenaghi Philippon zwischen MIS 19 und 1 spricht für ein deutlich warmgemäßigteres Klima während des Holozäns gegenüber MIS 19c. Weiterhin zeigen die Pollendaten von TP-2005 und TP-2009, dass die Prozentwerte der Baumpollen und somit die warmgemäßigten Bedingungen während der jeweiligen Interglaziale der vergangenen 800 kyr in Tenaghi Philippon nach den langen bzw. intensiven MIS-16- und MIS-12-Glazialen stufenweise zunahm (Abb. 7, 45).

Tab. 7: Vergleich der maximalen Baumpollen-Prozentwerte in Tenaghi Philippon zwischen den Interglazialen MIS 19–1 (Müller et al. 2011, Fletcher et al. 2013, Pross et al. 2015, Milner et al. 2016).

MIS	MIS 1	MIS 5	MIS 7	MIS 9	MIS 11	MIS 13	MIS 15	MIS 17	MIS 19
Max. AP [%]	96	98	95	95	96	89	91	77	83

Neben der höheren Intensität der Interglaziale im Anschluss an den MIS-16/15-Übergang sprechen die Pollendaten des TF II/III-Splice auch für eine Veränderung in der Vegetationszusammensetzung (Tzedakis 2006). Die MIS-16/15-Grenze entspricht dem Ende der Mittelpleistozänen Übergangsphase (MPT; Kapitel 1.2.2.1, Abb. 2), infolge derer die 100-kyr-Exzentrizität Eisschildveränderungen steuerte und grundsätzlich die Amplitude aller folgenden Glazial-Interglazial-Zyklen erhöhte (Clark et al. 2006, Hodell et al. 2008, Rodrigues et al. 2017). Somit folgten die Vegetationsveränderungen in Tenaghi Philippon aus den Veränderungen der MPT.

Im Anschluss an die Termination V deuten höhere Maxima in den AP-Prozentwerten nochmals für warmgemäßigtere Bedingungen in den Interglazialen MIS 11 bis 1 hin (Tab. 7, Abb. 45). Die MIS-12/11-Grenze entspricht dem *„Mid-Brunhes Event“* (MBE), während dem Veränderungen in der Exzentrizität und Obliquität eventuell den Insolationsgradienten zwischen den hohen und niederen Breiten der Südhemisphäre für die folgenden Interglaziale verringerte (Yin 2013); dieser führten wiederum zu Umstellungen in der Ozeanzirkulation. Seit dem MBE scheinen daher Interglaziale in den hohen südlichen Breiten und im LR04 *global stack* deutlich intensiver zu sein (EPICA-Projektmitglieder 2004, Lisiecki & Raymo 2005, Jouzel et al. 2007; Abb. 2, 3); die Existenz des MBE wird jedoch kontrovers diskutiert (Candy et al. 2010, Past Interglacial Working Group of PAGES 2016).

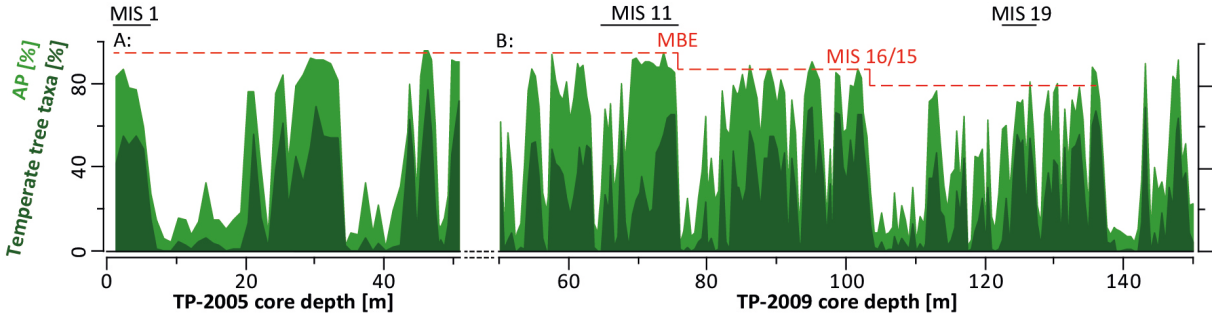


Abb. 45: Veränderung in der Vegetation nach dem MIS-16-Glazial und dem MBE in Tenaghi Philippon. Vegetationsveränderungen im Zuge der MPT und dem MBE sind auch im TF II/III-Splice existent (Tzedakis et al. 2006). Die Pollendaten von A: TP-2005 und B: TP-2009 entsprechen den niedrigaufgelösten Daten mit niedrigen Zählraten für die AP und NAP aus Pross et al. (2015). Die hochaufgelösten Pollendaten für MIS 19 (vorliegende Arbeit), MIS 9–7 (Fletcher et al. 2013), MIS 5 (Milner et al. 2012, 2013, 2016) und MIS 2–1 (Kotthoff 2008, Müller et al. 2011) werden hier nicht dargestellt. Für einen Vergleich der maximalen Baumpollenprozentwerte der hochaufgelösten Pollendaten dieser Interglaziale siehe Tab. 7. Für die Definition der temperaten Baumtaxa siehe Kapitel 3.5.2.

Die höheren AP-Prozentwerte von Tenaghi Philippon in den der MPT und dem MBE folgenden Interglaziale könnten somit für eine enge Verknüpfung der Vegetation von Tenaghi Philippon an die orbital verursachten Veränderungen in der Eisschildgröße und in der Ozeanzirkulation des Atlantiks sprechen. Um diese Vermutung zu bestätigen, sind zum einen Pollenanalysen von bisher noch nicht hochaufgelösten Intervallen des TP-2009-Kerns und zum anderen klimatische Untersuchungen anderer Langzeitintervalle nötig, die ebenfalls Veränderungen infolge der MPT und MBE anzeigen.

6 Zusammenfassung

Der hochaufgelöste Pollenanalyse von Tenaghi Philippon dokumentiert Vegetationsdynamik im nordöstlichen Mittelmeerraum von 801 bis 721 ka (MIS 20c bis 18a). Vegetationsveränderungen folgen dem idealisierten Glazial-Interglazial-Vegetationszyklus Südeuropas (Wijmstra et al. 1990, Wijmstra & Young 1992, de Beaulieu 2006, 2013, Tzedakis et al. 2007) und gehen zurück auf Schwankungen der Klimafaktoren Temperatur und Feuchtigkeitsangebot. Diese Vegetationsveränderungen werden von abrupter, innerhalb weniger Jahrzehnte bis Jahrhunderte stattfindender Klimavariabilität überprägt. In Tenaghi Philippon unterteilen vier kalttrockene Events (CDE-19/1 bis CDE-19/4) das MIS-19-Interglazial in vier warmgemäßigte Phasen (WHP-19/1 bis WHP-19/4) sowie ein kalttrockenes Event (CDE-18/1 bzw. MIS 18c) das MIS-18-Glazial in die MIS-18d- und MIS-18b-Interstadiale.

Den Beginn jedes kalttrockenen Events kennzeichnen massive Kontraktionen temperater Wälder innerhalb weniger Jahrzehnte bis Jahrhunderte sowie die Verbreitung von Kältesteppen und offenen Wäldern. Ursache hierfür ist ein mit jedem Event abrupt eintretender Klimawandel von warmgemäßigten zu kalttrockenen Bedingungen. Die Expansion der Wälder zu Beginn einer anschließenden warmgemäßigten Phase erfolgte genauso abrupt oder nur wenig langsamer und spricht für eine abrupte Rückkehr humider Bedingungen. Während nahezu jedem Übergang von warmgemäßigten und kalttrockenen Bedingungen expandierte eine von *Pinus*- und Grasland-dominierte Waldsteppenvegetation. Das Auftreten dieser Übergangsvegetation zeigt, dass die Vegetationswechsel während jedem Eventübergang graduell abliefen und somit jedem Event eine klimatische Ursache unterlag. Zudem zeigt die Expansion dieser offenen Vegetationsform, dass die Vegetationsabfolge des idealisierten Glazial-Interglazial-Vegetationszyklus Südeuropas auch auf deutlich kürzere Zeitabschnitte – Stadiale-Interstadiale und intra-interglaziale Klimaevents – übertragen werden kann. Weiterhin deutet eine Spektralanalyse an, dass die Präzession Veränderungen in den Prozentwerten von Taxa der Übergangsvegetation (*Pinus*, Poaceae) steuerte.

Die NWD und kontinentale Ausbrüche des Sibirienhochs verursachten die Klimaveränderungen in Tenaghi Philippon; diese Klimasysteme steuerten Temperatur, Niederschlagsmenge und die saisonale Niederschlagsverteilung im nordöstlichen Mittelmeerraum. Die Vegetationsdynamik von Tenaghi Philippon ist synchron mit der Klimadynamik im Nordatlantikraum und in den hohen nördlichen Breiten, sodass Veränderungen in der atlantischen Ozeanzirkulation sowie Variationen in der Ausdehnung des Polarwirbels, Meereises und der Eisschilde auf der Nordhemisphäre die Auswirkungen der Klimasysteme auf Tenaghi Philippon steuerten. Zeitweise beeinflussten zudem Verschiebungen in der ITCZ über die Westwinde das Feuchtigkeitsangebot in Tenaghi Philippon. Die boreale Sommerinsolation war der primäre Einflussfaktor auf die Klimaveränderungen.

Die drei kalttrockenen Events CDE-19/2 bis CDE-19/4 sind synchron mit IRD-Events im Nordatlantik, die wiederum auf eine Ausdehnung der Eisschilde auf der Nordhemisphäre hindeuten. Die Expansion temperater Wälder in Tenaghi Philippon mit den warmgemäßigten Phasen WHP-19/3 und WHP-19/4 spricht für den Einfluss feuchtwarmer Westwinde auf Tenaghi Philippon. Die NWD intensivierte aufgrund wärmerer Bedingungen im Nordatlantik, die wiederum aus dem Wiedererstarken der „*bipolar seesaw*" nach den kalttrockenen Events folgten. Weiterhin spricht auch eine Spektralanalyse der Pollendaten für eine enge Kopplung der Vegetationsveränderungen in Tenaghi Philippon an die „*bipolar seesaw*" im Atlantik. In dieser zeigen Poaceae den 1,5-kyr-Zyklus sowie die temperaten und mediterranen Taxa Vielfache dieser Periodizität bei 4,1 kyr bzw. 4,5 kyr und 7,0 kyr an.

Im Gegensatz zu den kalttrockenen Events CDE-19/2 bis CDE-19/4 existierte im Nordatlantik und in anderen mediterranen Regionen kein Äquivalent zum intra-interglazialen kalttrockenen Event CDE-19/1 in Tenaghi Philippon. Während mit abnehmender borealer Sommerinsolation die Ausdehnung des Meereises und des Polarwirbels in den hohen nördlichen Breiten zu massiven Ausbrüchen des Sibirienhochs und zu den kalttrockeneren Bedingungen des Events in Tenaghi Philippon führten, verzeichneten der Nordatlantik und der westliche Mittelmeerraum nur eine geringfügige Abkühlung.

Wie ein Vergleich der Pollendaten von MIS 19 und 1 in Tenaghi Philippon zeigt, fehlen im Holozän Analoga zu den kalttrockenen Events CDE-19/1 und CDE-19/2. Zudem breiteten sich temperate Wälder im Holozän stärker als im MIS-19c-Interglazial aus, sodass das Klima im derzeitigen Interglazial deutlich humider war als im MIS-19c-Interglazial. Das Fehlen abrupter Klimavariabilität im Holozän und die gegenüber MIS 19c höhere Intensität des Interglazials resultierten aus den kleineren Eisschilden der Nordhemisphäre während MIS 1 und der spätholozän ansteigenden CO_2-Konzentration. Beides verhinderte im Holozän eine Abkühlung in den hohen nördlichen Breiten, sodass sich im Gegensatz zu MIS 19c kein Meereis ausdehnen konnte, der Polarwirbel schwach ausgebildet war und daher kontinentale Ausbrüche des Sibirienhochs Tenaghi Philippon während MIS 1 mit geringerer Intensität als während MIS 19c erreichten.

Die Pollendaten von Tenaghi Philippon zeigen weiter, dass die Prozentwerte der Baumpollen und somit die warmgemäßigten Bedingungen in den Interglazialen nach dem MIS-16-Glazial und nochmals nach dem MIS-12-Glazial zunahm. Die höhere Intensität der jüngeren Interglaziale in Tenaghi Philippon geht möglicherweise auf Veränderungen in der Exzentrizität und Obliquität mit dem Ende der Mittelpleistozänen Übergangsphase und dem „*Mid-Brunhes Event*" zurück. Aus diesen orbitalen Umstellungen folgten vermutlich die kleineren Eisschilde in den nachfolgenden Interglazialen und eine veränderte Ozeanzirkulation im Atlantik.

Unter der Voraussetzung, dass die Größe der nördlichen Eisschilde, die CO_2-Konzentration und die Klimadynamik in Tenaghi Philippon zwischen MIS 19c und 1 identisch gewesen wäre, dann wäre ein Äquivalent zum kalttrockenen Event CDE-19/2 und somit das Ende des Holozäns bei einer Übereinanderlegung der Präzessionskurven beider Interglaziale vor ca. 1.600 Jahren in Tenaghi Philippon eingetreten.

7 Literaturverzeichnis

Albert, P.G., Hardiman, M., Keller, J., Tomlinson, E.L., Smith, V.C., Bourne, A.J., Wulf, S., Zanchetta, G., Sulpizio, R., Müller, U.C., Pross, J., Ottolini, L., Matthews, I.P., Blockley, S.P.E., Menzies, M.A., 2015. Revisiting the Y-3 tephrostratigraphic marker: a new diagnostic glass geochemistry, age estimate, and details on its climatostratigraphical context. *Quaternary Science Reviews* 118, 105-121.

Allen, J.R., Brandt, U., Brauer, A., Hubberten, H.-W., Huntley, B., Keller, J., Kraml, M., Mackensen, A., Mingram, J., Negendank, J.F.W., Nowaczyk, N.R., Oberhänsli, H., Watts, W.A., Wulf, S., Zolitschka, B., 1999. Rapid environmental changes in southern Europe during the last glacial period. *Nature* 400, 740-743.

Allen, J.R.M., Watts, W.A., Huntley, B., 2000. Weichselian palynostratigraphy, palaeovegetation and palaeoenvironment; the record from Lago Grande di Monticchio, southern Italy. *Quaternary International* 73/74, 91-110.

Alley, R., Ágústsdóttir, A., 2005. The 8k event: cause and consequences of a major Holocene abrupt climate change. *Quaternary Science Reviews* 24, 1123-1149.

Alley, R.B., Marotzke, J., Nordhaus, W.D., Overpeck, J.T., Peteet, D.M., Pielke Jr., R.A., Pierrehumbert, R.T., Rhines, P.B., Stocker, T.F., Talley, L.D., Wallace, J.M., 2003. Abrupt Climate Change. *Science* 299, 2005-2010.

Alley, R.B., Meese, D.A., Shuman, C.A., Gow, A.J., Taylor, K.C., Grootes, P.M., White, J.W.C., Ram, M., Waddington, E.D., Mayewski, P.A., Zielinski, G.A., 1993. Abrupt increase in Greenland snow accumulation at the end of the Younger Dryas event. *Nature* 362, 527-529.

Allmann, R., 2003. Röntgenpulverdiffraktometrie: Rechnergestützte Auswertung, Phasenanalyse und Strukturbestimmung. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 278 S.

Alonso-Garcia, M., Sierro, F.J., Flores, J.A., 2011a. Arctic front shifts in the subpolar North Atlantic during the Mid-Pleistocene (800–400 ka) and their implications for ocean circulation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 311, 268-280.

Alonso-Garcia, M., Sierro, F.J., Kucera, M., Flores, J.A., Cacho, I., Andersen, N., 2011b. Ocean circulation, ice sheet growth and interhemispheric coupling of millennial climate variability during the mid-Pleistocene (ca 800–400 ka). *Quaternary Science Reviews* 30, 3234-3247.

Alpert, P., Baldi, M., Ilsani, R., Krichak, S., Price, C., Rodó, X., Saaroni, H., Ziv, B., Kishcha, P., Barkan, J., Mariotti, A., Xoplaki, E., 2006. Relations between Climate Variability in the Mediterranean Region and the Tropics: ENSO, South Asian and African Monsoons, Hurricans and Saharan Dust. In: Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R. (Ed.), Mediterranean Climate Variability, Developments in Earth & Environmental Sciences 4, Elsevier, Amsterdam, 149-177.

Alvarez-Solas, J., Charbit, S., Ritz, C., Paillard, D., Ramstein, G., Dumas, C., 2010. Links between ocean temperature and iceberg discharge during Heinrich events. *Nature Geoscience* 3, 122-126.

Barbero, M., Loisel, R., Quézel, P., 1992. Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio* 99-100, 19-34.

Barker, S., Knorr, G., Edwards, R.L., Parrenin, F., Putnam, A.E., Skinner, L.C., Wolff, E., Ziegler, M., 2011. 800,000 years of abrupt climate variability. *Science* 334, 347-351.

Beaufort, L., 1994. Climatic importance of the modulation of the 100 kyr cycle inferred from 16 m.y. long Miocene records. *Paleoceanography* 9, 821-834.

Bennett, K.D., Tzedakis, P.C., Willis, K.J., 1991. Quaternary refugia of north European trees. *Journal of Biogeography* 18, 103-115.

Bennett, K.D., Willis, K.J., 2000. Effect of global atmospheric carbon dioxide on glacial–interglacial vegetation change. *Global Ecology & Biogeography* 9, 355-361.

Bereiter, B., Eggleston, S., Schmitt, J., Nehrbass-Ahles, C., Stocker, T.F., Fischer, H., Kipfstuhl, S., Chappellaz, J., 2015. Revision of the EPICA Dome C CO_2 record from 800 to 600 kyr before present. *Geophysical Research Letters* 42, 542-549.

Berger, A., 1977. Long-term variations of the Earth's orbital elements. *Celestial Mechanics* 15, 53-74.

Berger, A., 1988. Milankovitch Theory and climate. *Reviews of Geophysics* 26, 624-657.

Berger, A., Loutre, M.F., 1991. Insolation values for the climate of the last 10 million years. *Quaternary Science Reviews* 10, 297-317.

Berger, A., Loutre, M.F., 2002. An Exceptionally Long Interglacial Ahead? *Science* 297, 1287-1288.

Berger, A., Loutre, M.F., Gallée, H., 1998a. Sensitivity of the LLN climate model to the astronomical and CO_2 forcings over the last 200 ky. *Climate Dynamics* 14, 615-629.

Berger, A., Loutre, M.F., Mélice, J.L., 1998b. Instability of the astronomical periods from 1.5 Myr BP to 0.5 Myr AP. *Paleoclimates* 2, 239-280.

Berger, A., Loutre, M.F., Mélice, J.L., 2006. Equatorial insolation: from precession harmonics to eccentricity frequencies. *Climate of the Past* 2, 131-136.

Berger, A.L., 1978. Long-Term Variations of Caloric Insolation Resulting from the Earth's Orbital Elements. *Quaternary Research* 9, 139-167.

Berger, A.L., 1979. Insolation Signatures of Quaternary Climatic Changes. *Il Nuovo Cimento* 2 C, 63-87.

Bertini, A., Toti, F., Marino, M., Ciaranfi, N., 2015. Vegetation and climate across the Early–Middle Pleistocene transition at Montalbano Jonico, southern Italy. *Quaternary International* 383, 74-88.

Beug, H.-J., 2004. Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 542 S.

Blockley, S.P.E., Pyne-O'Donnell, S.D.F., Lowe, J.J., Matthews, I.P., Stone, A., Pollard, A.M., Turney, C.S.M., Molyneux, E.G., 2005. A new and less destructive laboratory procedure for the physical separation of distal glass tephra shards from sediments. *Quaternary Science Reviews* 24, 1952-1960.

Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M.N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R., Hajdas, I., Bonani, G., 2001. Persistant Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene. *Science* 294, 2130-2136.

Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., deMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I., Bonani, G., 1997. A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates. *Science* 278, 1257-1266.

Bornovas, J., Rondogianni-Tsiambaou, T., 1983. Geological Map of Greece, 1:500,000. Institute of Geology and Mineral Exploration, Athens, Greece.

Bottema, S., 1974. Late Quaternary Vegetation History of Northwestern Greece. Dissertation, Rijksuniversiteit te Groningen, Groningen, Niederlande, 190 S.

Bottema, S., Barkoudah, Y., 1979. Modern pollen precipitation in Syria and Lebanon and its relation to vegetation. *Pollen Spores* 21, 427-480.

Bradley, R.S., 2015. Reconstructing Climates of the Quaternary. 3rd edition, Elsevier Academic Press, Oxford, Amsterdam, 675 S.

Brandimarte, L., Di Baldassarre, G., Bruni, G., D'Odorico, P., Montanari, A., 2011. Relation Between the North-Atlantic Oscillation and Hydroclimatic Conditions in Mediterranean Areas. *Water Resources Management* 25, 1269-1279.

Brauer, A., Allen, J.R., Mingram, J., Dulski, P., Wulf, S., Huntley, B., 2007a. Evidence for last interglacial chronology and environmental change from Southern Europe. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* 104, 450-455.

Brauer, A., Wulf, S., Mangili, C., Appelt, O., Moscariello, A., 2007b. Reply: Tephrochronological dating of varved interglacial lake deposits from Piànico-Sèllere (Southern Alps, Italy) to around 400 ka. *Journal of Quaternary Science* 22, 415-418.

Brauer, A., Wulf, S., Mangili, C., Moscariello, A., 2007c. Tephrochronological dating of varved interglacial lake deposits from Piànico-Sèllere (Southern Alps, Italy) to around 400 ka. *Journal of Quaternary Science* 22, 85-96.

Brauer, A., Mangili, C., Moscariello, A., Witt, A., 2008. Palaeoclimatic implications from micro-facies data of a 5900 varve time series from the Piànico interglacial sediment record, southern Alps. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 259, 121-135.

Broecker, W.S., 1998. Paleocean circulation during the last deglaciation: A bipolar seesaw? *Paleoceanography* 13, 119-121.

Broecker, W.S., Bond, G., Klas, M., Clark, E., McManus, J., 1992. Origin of the northern Atlantic's Heinrich events. *Climate Dynamics* 6, 265-273.

Broecker, W.S., Denton, G.H., Edwards, L., Cheng, H., Alley, R.B., Putnam, A.E., 2010. Putting the Younger Dryas cold event into context. *Quaternary Science Reviews* 29, 1078-1081.

Brun, J.-P. & Sokoutis, D., 2007. Kinematics of the Southern Rhodope Core Complex (North Greece). *International Journal of Earth Sciences* 96, 1079-1099.

Buchheim, M., Buchheim, J., Carlson, T., Braband, A., Hepperle, D., Krienitz, L., Wolf, M., Hegewald, E., 2005. Phylogeny of the Hydrodictyaceae (Chlorophyceae): Inferences from rDNA data. *Journal of Phycology* 41, 1039-1054.

Cacho, I., Grimalt, J.O., Pelejero, C., Canals, M., Sierro, F.J., Flores, J.A., Shackleton, N.J., 1999. Dansgaard-Oeschger and Heinrich event imprints in Alboran Sea paleotemperatures. *Paleoceanography* 14, 698-705.

Candy, I., Coope, G.R., Lee, J.R., Parfitt, S.A., Preece, R.C., Rose, J., Schreve, D.C., 2010. Pronounced warmth during early Middle Pleistocene interglacials: Investigating the Mid-Brunhes Event in the British terrestrial sequence. *Earth-Science Reviews* 103, 183-196.

Candy, I., Schreve, D.C., Sherriff, J., Tye, G.J., 2014. Marine Isotope Stage 11: Palaeoclimates, palaeoenvironments and its role as an analogue for the current interglacial. *Earth-Science Reviews* 128, 18-51.

Capraro, L., Asioli, A., Backman, J., Bertoldi, R., Channell, J.E.T., Massari, F., Rio, D., 2005. Climatic patterns revealed by pollen and oxygen isotope records across the Brunhes-Matuyama boundary in the central Mediterranean (Southern Italy). *Geological Society, London, Special Publications* 247, 159-182.

Capraro, L., Ferretti, P., Macrì, P., Scarponi, D., Tateo, F., Fornaciari, E., Bellini, G., Dalan, G., 2017. The Valle di Manche section (Calabria, Southern Italy): A high resolution record of the Early-Middle Pleistocene transition (MIS 21-MIS 19) in the Central Mediterranean. *Quaternary Science Reviews* 165, 31-48.

Capraro, L., Massari, F., Rio, D., Fornaciari, E., Backman, J., Channell, J.E.T., Macrì, P., Prosser, G., Speranza, F., 2011. Chronology of the Lower–Middle Pleistocene succession of the south-western part of the Crotone Basin (Calabria, Southern Italy). *Quaternary Science Reviews* 30, 1185-1200.

Cavender-Bares, J., Cortes, P., Rambal, S., Joffre, R., Miles, B., Rocheteau, A., 2005. Summer and winter sensitivity of leaves and xylem to minimum freezing temperatures: a comparison of co-occurring Mediterranean oaks that differ in leaf lifespan. *New Phytologist* 168, 597-612.

Channell, J.E.T., Kleiven, H.F., 2000. Geomagnetic palaeointensities and astrochronological ages for the Matuyama-Brunhes boundary and the boundaries of the Jaramillo Subchron: palaeomagnetic and oxygen isotope records from ODP Site 983. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A* 358, 1027-1047.

Channell, J.E.T., Hodell, D.A., Singer, B.S., Xuan, C., 2010. Reconciling astrochronological and $^{40}Ar/^{39}Ar$ ages for the Matuyama-Brunhes boundary and late Matuyama Chron. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 44, 1-21.

Chester, P.I., Raine, J.I., 2001. Pollen and spore keys for Quaternary deposits in the northern Pindos Mountains, Greece. *Grana* 40, 299-387.

Christanis, K., 1983. Genese und Fazies der Torf-Lagerstätte von Philippi (Griechisch-Mazedonien) als Beispiel der Entstehung einer Braunkohlen-Lagerstätte vom stark telmatischen Typ. Dissertation, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Deutschland, 179 S.

Christanis, K., 1987. Philippi/Greece: a peat deposit awaiting development. *International Peat Journal* 2, 45-54.

Christanis, K., Georgakopoulos, A., Fernández-Turiel, J.L., Bouzinos, A., 1998. Geological factors influencing the concentration of trace elements in the Philippi peatland, eastern Macedonia, Greece. *International Journal of Coal Geology* 36, 295-313.

Ciaranfi, N., Lirer, F., Lirer, L., Lourens, L.J., Maiorano, P., Marino, M., Petrosino, P., Sprovieri, M., Stefanelli, S., Brilli, M., Girone, A., Joannin, S., Pelosi, N., Vallefuoco, M., 2010. Integrated

stratigraphy and astronomical tuning of lower–middle Pleistocene Montalbano Jonico section (southern Italy). *Quaternary International* 219, 109-120.

Ciaranfi, N., Marino, M., Sabato, L., D'Alessandro, A., De Rosa, R., 1996. Studio geologico stratigrafico di una successione infra e mesopleistocenica nella parte sudoccidentale della fossa Bradanica (Montalbano Ionico, Basilicata). *Bolletino Società Geologica Italiana* 115, 379-391.

Clark, P.U., Pollard, D., 1998. Origin of the Middle Pleistocene Transition by ice sheet erosion of regolith. *Paleoceanography* 13, 1-9.

Clark, P.U., Archer, D., Pollard, D., Blum, J.D., Rial, J.A., Brovkin, V., Mix, A.C., Pisias, N.G., Roy, M., 2006. The middle Pleistocene transition: characteristics, mechanisms, and implications for long-term changes in atmospheric pCO_2. *Quaternary Science Reviews* 25, 3150-3184.

Coe, R.S., Liddicoat, J.C., 1994. Overprinting of natural magnetic remanence in lake sediments by a subsequent high-intensity field. *Science* 367, 57-59.

Cohen, A.S., 2003. Paleolimnology. The History and Evolution of Lake Systems. Oxford University Press, New York, 500 S.

COHMAP-Projektmitglieder, 1988. Climatic Changes of the Last 18,00 Years: Observations and Model Simulations. *Science* 241, 1043-1052.

Cornell, H.V., Lawton, J.H., 1992. Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *Journal of Animal Ecology* 61, 1-12.

Crucifix, M., Loutre, M.F., 2002. Transient simulations over the last interglacial period (126-115 kyr BP): feedback and forcing analysis. *Climate Dynamics* 19, 417-433.

Cullen, H.M., Kaplan, A., Arkin, P.A., deMenocal, P., 2002. Impact of the North Atlantic Oscillation on Middle Eastern climate and streamflow. *Climatic Change* 55, 315-338.

Dafis, S., Papastergiadou, E., Georghiou, K., Babalonas, D., Georgiadis, T., Papageorgiou, M., Lazaridou, T., Tsiaoussi, V., 1997. Directive 92/43/EEC: The Project "Habitat" in Greece: Network Natura 2000. DG XI Comission of the European Communities – Goulandris Museum of Natural History – Greek Biotope/Wetland Center, Athens, Greece.

Damesin, C., Rambal, S., 1995. Field study of leaf photosynthetic performance by a Mediterranean deciduous oak tree (*Quercus pubescens*) during a severe summer drought. *New Phytologist* 131, 159-167.

Dansgaard, W., White, J.W.C., Johnsen, S.J., 1989. The abrupt termination of the Younger Dryas climate event. *Nature* 339, 532-534.

Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjörnsdottlr, A.E., Jouzel, J., Bond, G., 1993. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature* 364, 218-220.

Davies, S.M., 2015. Cryptotephras: the revolution in correlation and precision dating. *Journal of Quaternary Science* 30, 114-130.

Dean, W.E., 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Research* 44, 242-248.

Desprat, S., Sánchez Goñi, M.F., Turon, J.L., McManus, J.F., Loutre, M.F., Duprat, J., Malaizé, B., Peyron, O., Peypouquet, J.P., 2005. Is vegetation responsible for glacial inception during periods of muted insolation changes? *Quaternary Science Reviews* 24, 1361-1374.

de Beaulieu, J.-L., Andrieu-Ponel, V., Cheddadi, R., Guiter, F., Ravazzi, C., Reille, M., Rossi, S., 2006. Apport des longues séquences lacustres à la connaissance des variations des climats et des paysages pléistocènes. *Comptes Rendus Palevol* 5, 65-72.

de Beaulieu, J.-L., Tzedakis, P.C., Andrieu-Ponel, V., Guiter, F., 2013. Pollen Records, Late Pleistocene. Middle and Late Pleistocene in Southern Europe. In: Elias, S.A., Mock, C.J. (Ed.), *Encyclopedia of Quaternary Science (Second Edition)*, Elsevier, 63-71.

DeConto, R.M., Pollard, D., 2003. Rapid Cenozoic glaciation of Antarctica induced by declining atmospheric CO_2. *Nature* 421, 245-249.

de Lange, L., van Zon, J.C.J., 1973. Proposal for a numerical description of the development of aquatic macrophytic vegetation as an aid for the assessment of water quality. *Wasser- und Abwasser-Forschung* 6, 125-128.

Del Moro, A., Kyriakopoulos, K., Pezzino, A., Atzori, P., Lo Giudice, A., 1990. The metamorphic complex associated to the Kaval plutonites: A Rb-Sr geochronological, petrological and structural study. *Geologica Rhodopica* 2, 143-156.

deMenocal, P.B., Ruddiman, W.F., Kent, D.V., 1990. Depth of post-depositional remanence acquisition in deep-sea sediments: a case study of the Brunhes-Matuyama reversal and oxygen isotopic Stage 19.1. *Earth and Planetary Science Letters* 99, 1-13.

Dinter, D.A., Royden, L., 1993. Late Cenozoic extension in northeastern Greece: Strymon Valley detachment system and Rhodope metamorphic core complex. *Geology* 21, 45-48.

Dinter, D.A., Macfarlane, A., Hames, W., Isachsen, C., Bowering, S., Royden, L., 1995. U–Pb and $^{40}Ar/^{39}Ar$ geochronology of the Symvolon grano-diorite: implication for the thermal and structural evolution of the Rhodope metamorphic core complex, northern Greece. *Tectonics* 14, 886-908.

Dünkeloh, A., Jacobeit, J., 2003. Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948-98. *International Journal of Climatology* 23, 1843-1866.

Eisele, G., Haas, K., Liner, S., 1994. Methode zur Aufbereitung fossilen Pollens aus minerogenen Sedimenten. *Göttinger Geographische Abhandlungen* 95, 165-166.

Elderfield, H., Ferretti, P., Greaves, M., Crowhurst, S.J., McCave, I.N., Hodell, D.A., Piotrowski, A.M., 2012. Evolution of Ocean Temperature and Ice Volume Through the Mid-Pleistocene Climate Transition. *Science* 337, 704-709.

Eleftheriadis, G., Lippolt, H.J., 1984. Altersbestimmungen zum oligozänen Vulkanismus der Süd-Rhodopen, Nord-Griechenland. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte* 3, 179-191.

Emanuele, D., Ferretti, P., Palumbo, E., Amore, F.O., 2015. Sea-surface dynamics and palaeoenvironmental changes in the North Atlantic Ocean (IODP Site U1313) during Marine Isotope Stage 19 inferred from coccolithophore assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 430, 104-117.

Emeis, K.-C., Sakamoto, T., Wehausen, R., Brumsack, H.J., 2000. The sapropel record of the eastern Mediterranean Sea - results of Ocean Drilling Program Leg 160. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 158, 371-395.

Emiliani, C., 1955. Pleistocene temperatures. *The Journal of Geology* 63, 538-578.

EPICA-Projektmitglieder, 2004. Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature* 429, 623-628.

EPICA-Projektmitglieder, 2006. One-to-one coupling of glacial climate variability in Greenland and Antarctica. *Nature* 444, 195-198.

Erki, I., Kolios, N.P., Stegena, L., 1984. Heat flow density determination in the Strymon basin, NE Greece. *Journal of Geophysics* 54, 106-109.

Ferretti, P., Crowhurst, S.J., Naafs, B.D.A., Barbante, C., 2015. The Marine Isotope Stage 19 in the mid-latitude North Atlantic Ocean: astronomical signature and intra-interglacial variability. *Quaternary Science Reviews* 108, 95-110.

Filippidis, A., Georgakopoulos, A., Kassoli-Fournaraki, A., Misaelides, P., Yiakkoupis, P., Broussoulis, J., 1996. Trace element contents in composited samples of three lignite seams from the central part of the Drama lignite deposit, Macedonia, Greece. *International Journal of Coal Geology* 29, 219-234.

Fletcher, W.J., Müller, U.C., Koutsodendris, A., Christanis, K., Pross, J., 2013. A centennial-scale record of vegetation and climate variability from 312 to 240 ka (Marine Isotope Stages 9c–a, 8 and 7e) from Tenaghi Philippon, NE Greece. *Quaternary Science Reviews* 78, 108-125.

Flocas, A.A., Angouridakis, V.E., 1979. Extreme values analysis of air temperature over Greece. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie* 27, 47-57.

Follieri, M., Magri, D., Sadori, L., 1988. 250,000-year pollen record from Valle di Castiglione (Roma). *Pollen et Spores* XXX, 329-356.

Fowell, S.J., Hansen, B.C.S., Peck, J.A., Khosbayar, P., Ganbold, E., 2003. Mid to late Holocene climate evolution of the Lake Telmen Basin, North Central Mongolia, based on palynological data. *Quaternary Research* 59, 353-363.

Frenzel, B., 1968. Grundzüge der pleistozänen Vegetationsgeschichte Nord-Eurasiens. Franz-Steiner-Verlag, Wiesbaden, 326 S.

Ganopolski, A., Rahmstorf, S., 2002. Abrupt glacial climate changes due to stochastic resonance. *Physical Review Letters* 88, 038501.

Ganopolski, A., Winkelmann, R., Schellnhuber, H.J., 2016. Critical insolation-CO_2 relation for diagnosing past and future glacial inception. *Nature* 529, 200-203.

Giaccio, B., Castorina, F., Nomade, S., Scardia, G., Voltaggio, M., Sagnotti, L., 2013. Revised Chronology of the Sulmona Lacustrine Succession, Central Italy. *Journal of Quaternary Science* 28, 545-551.

Giaccio, B., Regattieri, E., Zanchetta, G., Nomade, S., Renne, P.R., Sprain, C.J., Drysdale, R.N., Tzedakis, P.C., Messina, P., Scardia, G., Sposato, A., Bassinot, F., 2015. Duration and dynamics of the best orbital analogue to the present interglacial. *Geology* 43, 603-606.

Godwin, H., 1956. The History of the British Flora. Cambridge University Press, Cambridge, 384 S.

Gogou, A., Bouloubassi, I., Lykousis, V., Arnaboldi, M., Gaitani, P., Meyers, P.A., 2007. Organic geochemical evidence of Late Glacial–Holocene climate instability in the North Aegean Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 256, 1-20.

Goudeau, M.L.S., Reichart, G.J., Wit, J.C., de Nooijer, L.J., Grauel, A.L., Bernasconi, S.M., de Lange, G.J., 2015. Seasonality variations in the Central Mediterranean during climate change events in the Late Holocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 418, 304-318.

Gramann, F., Kockel, F., 1969. Das Neogen im Strimonbecken (Griechisch Ostmazedonien). *Geologisches Jahrbuch* 87, 445-484.

Grant, K.M., Rohling, E.J., Westerhold, T., Zabel, M., Heslop, D., Konijnendijk, T., Lourens, L., 2017. A 3 million year index for North African humidity/aridity and the implication of potential pan-African Humid periods. *Quaternary Science Reviews* 171, 100-118.

Greig, J.R.A., Turner, J., 1974. Some pollen diagrams from Greece and their archaeological significance. *Journal of Archaeological Science* 1, 177-194.

Gribovszki, Z., Kalicz, P., Balog, K., Szabó, A., Tóth, T., Csáfordi, P., Metwaly, M., Szalai, S., 2017. Groundwater uptake of different surface cover and its consequences in great Hungarian plain. *Ecological Processes* 6:39, 1-9.

Gubbins, D., Coe, R.S., 1993. Longitudinally confined geomagnetic reversal paths from non-dipolar transition fields. *Nature* 362, 51-53.

Gurk, M., Tougiannidis, N., Oikonomopoulos, I.K., Kalisperi, D., 2015. The basement structure below the peat–lignite deposit in the Philippi sub-basin (Northern Greece) inferred by electromagnetic and magnetic methods. *Journal of Applied Geophysics* 115, 40-50.

Guy-Ohlson, D., 1992. *Botryococcus* as an aid in the interpretation of palaeoenvironment and depositional processes. *Review of Palaeobotany and Palynology* 71, 1-15.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., 2006. Paleontological Data Analysis. Blackwell Publishing Ltd, Malden, Oxford, Victoria, 351 S.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4, 9.

Hannon, G.E., Gaillard, M.-J., 1997. The plant-macrofossil record of past lake-level changes. *Journal of Paleolimnology* 18, 15-28.

Harrison, S.P., Digerfeldt, G., 1993. European lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators. *Quaternary Science Reviews* 12, 233-248.

Hays, J.D., Imbrie, J., Shackleton, N.J., 1976. Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science* 194, 1121-1132.

Heling, D., 1988. Ton- und Siltsteine. In: Füchtbauer, H. (Ed.), *Sediment-Petrologie. Teil II. Sedimente und Sedimentgesteine*, Schweizerbart, Stuttgart, 185-231.

Heinrich, H., 1988. Origin and Consequences of Cyclic Ice Rifting in the Northeast Atlantic Ocean during the Past 130,000 Years. *Quaternary Research* 29, 142-152.

Heiri, O., Lotter, A.F., Lemcke, G., 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* 25, 101-110.

Hemming, S.R., 2004. Heinrich events: Massive late Pleistocene detritus layers of the North Atlantic and their global climate imprint. *Reviews of Geophysics* 42, 1-43.

Herold, N., Yin, Q.Z., Karami, M.P., Berger, A., 2012. Modelling the climatic diversity of the warm interglacials. *Quaternary Science Reviews* 56, 126-141.

Hilgen, F.J., 1991. Astronomical calibration of Gauss to Matuyama sapropels in the Mediterranean and implication for the Geomagnetic Polarity Time Scale. *Earth and Planetary Science Letters* 104, 226-244.

Hinnov, L.A., Hilgen, F.J., 2012. Cyclostratigraphy and Astrochronology. In: Gradstein, F. M., Ogg., J.G., Schmitz, M., Ogg, G. (Ed.): The Geologic Time Scale 2012, Volume 1, Elsevier B.V., 63-83.

Hodell, D., Lourens, L., Crowhurst, S., Konijnendijk, T., Tjallingii, R., Jiménez-Espejo, F., Skinner, L., Tzedakis, P.C., 2015. A reference time scale for Site U1385 (Shackleton Site) on the SW Iberian Margin. *Global and Planetary Change* 133, 49-64.

Hodell, D.A., Channell, J.E.T., Curtis, J.H., Romero, O.E., Röhl, U., 2008. Onset of "Hudson Strait" Heinrich events in the eastern North Atlantic at the end of the middle Pleistocene transition (~640 ka)? *Paleoceanography* 23, PA4218.

Hodder, A.P.W., de Lange, P.J., Lowe, D.J., 1991. Dissolution and depletion of ferromagnesian minerals from Holocene tephra layers in an acid bog, New Zealand, and implications for tephra correlation. *Journal of Quaternary Science* 6, 195-208.

Hurrell, J.W., 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science* 269, 676-679.

Huybers, P., Tziperman, E., 2008. Integrated summer insolation forcing and 40,000-year glacial cycles: The perspective from an ice-sheet/energy-balance model. *Paleoceanography* 23, PA1208.

Imbrie, J., Imbrie, K.P., 1979. Ice Ages. Solving the Mystery. Macmillan, London, 224 S.

Imbrie, J., Imbrie, J.Z., 1980. Modeling the Climatic Response to Orbital Variations. *Science* 207, 943-953.

Imbrie, J., Hays, J.D., Martinson, D.G., McIntyre, A., Mix, A.C., Morley, J.J., Pisias, N.G., Prell, W.L., Shackleton, N.J., 1984. The orbital theory of Pleistocene climate: Support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}O$ record. In: Berger, A., Imbrie, J., Hays, H., Kukla, G., Saltzman, B. (Ed.), *Milankovich and Climate, Part 1*, 269-305.

Imbrie, J., Berger, A., Boyle, E.A., Clemens, S.C., Duffy, A., Howard, W.R., Kukla, G., Kutzbach, J., Martinson, D.G., McIntyre, A., Mix, A.C., Molfino, B., Morley, J.J., Peterson, L.C., Pisias, N.G., Prell, W.L., Raymo, M.E., Shackleton, N.J., Toggweiler, J.R., 1993. On the structure and origin of major glaciation cycles. 2. The 100,000-year cycle. *Paleoceanography* 8, 699-735.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, New York, 1535 S.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014. Climate Change 2014. Synthesis Report. Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *IPCC*, Genf, 151 S.

Jansen, J.H.F., Kuijpers, A., Troelstra, S.R., 1986. A Mid-Brunhes Climatic Event: Long-Term Changes in Global Atmosphere and Ocean Circulation. *Science* 232, 619-622.

Janssen, C.R., 1966. Recent pollen spectra from the deciduous and coniferous-deciduous forests and northeastern Minnesota: a study in pollen dispersal. *Ecology* 47, 804-825.

Janssen, G.R., 1968. Myrtle Lake: A Late and Postglacial pollen diagram from northern Minnesota. *Canadian Journal of Botany* 46, 1394-1408.

Joos, F., Gerber, S., Prentice, I.C., Otto-Bliesner, B.L., Valdes, P.J., 2004. Transient simulations of Holocene atmospheric carbon dioxide and terrestrial carbon since the Last Glacial Maximum. *Global Biogeochemical Cycles* 18, GB2002.

Jouzel, J., Masson-Delmotte, V., Cattani, O., Dreyfus, G., Falourd, S., Hoffmann, G., Minster, B., Nouet, J., Barnola, J.M., Chappellaz, J., Fischer, H., Gallet, J.C., Johnsen, S., Leuenberger, M., Loulergue, L., Luethi, D., Oerter, H., Parrenin, F., Raisbeck, G., Raynaud, D., Schilt, A., Schwander, J., Selmo, E., Souchez, R., Spahni, R., Stauffer, B., Steffensen, J.P., Stenni, B., Stocker, T.F., Tison, J.L., Werner, M., Wolff, E.W., 2007. Orbital and millennial Antarctic climate variability over the past 800,000 years. *Science* 317, 793-796.

Kalaitzidis, S., 2007. Peat formation and evolution of peatlands in Greece. Dissertation, Universität Patras, Griechenland, 532 S. [in Griechisch].

Kalaitzidis, S., Christanis, K., 2002. Mineral matter in the Philippi peat in realtion to peat/lignite-forming conditions in Greece. *Energy Sources* 24, 69-81.

Kalaitzidis, S., Christanis, K., 2003. Scanning electron microscope studies of the Philippi peat (NE Greece): initial aspects. *International Journal of Coal Geology* 54, 69-77.

Kalaitzidis, S., Christanis, K., Georgakopoulos, A., Fernández-Turiel, J.L., Papazisimou, S., 2002. Influence of Geological Conditions during Peat Accumulation on Trace Element Affinities and Their Behavior during Peat Combustion. *Energy & Fuels* 16, 1476-1482.

Kämpfe, B., Hunger, H.-J., 1983. Röntgenfeinstrukturanalyse. In: Dlubek, G., Kämpfe, B., Käufler, P., Klöber, J., Richter, C.-E., Simmen, B., Vöhse, H., Werfel, F., Wieser, E., Wolf, G., Hunger, H.-J. (Ed.), Ausgewählte Untersuchungsverfahren in der Metallkunde, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 80-121.

Kaouras, G., Antoniadis, P., Blickwede, H., Riegel, W., 1991. Petrographische und palynologische Untersuchungen an Braunkohlen im Becken von Drama, Ostmakedonien (Griechenland). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte* 3, 145-162.

Karagiannakidou, V., Kokkini, S., 1987. The Flora of Mount Menikion in North East Greece. *Phyton (Austria)* 27, 267-283.

Kennett, J.P., 1977. Cenozoic evolution of Antarctic glaciation, the circum-Antarctic Ocean, and their impact on global paleoceanography. *Journal of Geophysical Research* 82, 3843-3860.

Kirschvink, J.L., 1980. The least-squares line and plane and the analyses of paleomagnetic data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 62, 699-718.

Kleiven, H.F., Hall, I.R., McCave, I.N., Knorr, G., Jansen, E., 2011. Coupled deep-water flow and climate variability in the middle Pleistocene North Atlantic. *Geology* 39, 343-346.

Kleiven, H.F., Jansen, E., Fronval, T., Smith, T.M., 2002. Intensification of Northern Hemisphere glaciations in the circum Atlantic region (3.5-2.4 Ma) – ice-rafted detritus evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 184, 213-223.

Komárek, J., Jankovská, V., 2001. Review of the Green Algal Genus *Pediastrum*; Implication for Pollenanalytical Research. *Bibliotheca Phycologica* 108, 1-127.

Konijnendijk, T.Y.M., Ziegler, M., Lourens, L.J., 2014. Chronological constraints on Pleistocene sapropel depositions from high-resolution geochemical records of ODP Sites 967 and 968. *Newsletters on Stratigraphy* 47, 263-282.

Konijnendijk, T.Y.M., Ziegler, M., Lourens, L.J., 2015. On the timing and forcing mechanisms of late Pleistocene glacial terminations: Insights from a new high-resolution benthic stable oxygen isotope record of the eastern Mediterranean. *Quaternary Science Reviews* 129, 308-320.

Kotthoff, U., 2008. Reaktion terrestrischer Primärproduzenten auf abrupte Klimaänderungen im Postglazial des Mittelmeerraums: ein palynologischer Ansatz. Dissertation, Goethe-Universität Frankfurt, Deutschland, 219 S.

Kotthoff, U., Müller, U.C., Pross, J., Schmiedl, G., Lawson, I.T., van de Schootbrugge, B., Schulz, H., 2008a. Lateglacial and Holocene vegetation dynamics in the Aegean region: an integrated view based on pollen data from marine and terrestrial archives. *The Holocene* 18, 1019-1032.

Kotthoff, U., Pross, J., Müller, U.C., Peyron, O., Schmiedl, G., Schulz, H., Bordon, A., 2008b. Climate dynamics in the borderlands of the Aegean Sea during formation of sapropel S1 deduced from a marine pollen record. *Quaternary Science Reviews* 27, 832-845.

Koutsodendris, A., in Vorbereitung. Climate and vegetation dynamics during Marine Isotope Stage 11 in Tenaghi Philippon (Northeastern Greece) [Arbeitstitel].

Kroon, D., Alexander, I., Little, M., Lourens, L.J., Matthewson, A., Robertson, A.H.F., Sakamoto, T.,

1998. Oxygen isotope and sapropel stratigraphy in the Eastern Mediterranean during the last 3.2 Million years. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 160, 181-189.

Ladekarl, U.L., Rasmussen, K.R., Christensen, S., Jensen, K.H., Hansen, B., 2005. Groundwater recharge and evapotranspiration for two natural ecosystems covered with oak and heather. *Journal of Hydrology* 300, 76-99.

Lafore, J.P., Flamant, C., Giraud, V., Guichard, F., Knippertz, P., Mahfouf, J.F., Mascart, P., Williams, E.R., 2010. Introduction to the AMMA Special Issue on 'Advances in understanding atmospheric processes over West Africa through the AMMA field campaign'. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 136, 2-7.

Lamb, H., Roberts, N., Leng, M., Barker, P., Benkaddour, A., van der Kaars, S., 1999. Lake evolution in a semi-arid montane environment: responses to catchment change and hydroclimatic variation. *Journal of Paleolimnology* 21, 325-343.

Lang, N., Wolff, E.W., 2011. Interglacial and glacial variability from the last 800 ka in marine, ice and terrestrial archives. *Climate of the Past* 7, 371-380.

Langereis, C.G., Dekkers, M.J., de Lange, G.J., Paterne, M., van Santvoort, P.J.M., 1997. Magnetostratigraphy and astronomical calibration of the last 1.1 Myr from an eastern Mediterranean piston core and dating of short events in the Brunhes. *Geophysical Journal International* 129, 75-94.

Larcher, W., 2000. Temperature stress and survival ability of Mediterranean sclerophyllous plants. *Plant Biosystems* 134, 279-295.

Larrasoaña, J.C., Roberts, A.P., Rohling, E.J., Winklhofer, M., Wehausen, R., 2003. Three million years of monsoon variability over the northern Sahara. *Climate Dynamics* 21, 689-698.

Laskar, J., Robutel, P., Joutel, F., Gastineau, M., Correia, A.C.M., Levrard, B., 2004. A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth. *Astronomy and Astrophysics* 428, 261-285.

Laux, H.E., 1994. Pflanzen am Wasser. Erkennen und bestimmen. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart, 160 S.

Lawson, I.T., Al-Omari, S., Tzedakis, P.C., Bryant, C.L., Christanis, K., 2005. Lateglacial and Holocene vegetation history at Nisi Fen and the Boras mountains, northern Greece. *The Holocene* 15, 873-887.

Leroux, M., 1993. The Mobile Polar High: a new concept explaining present mechanisms of meridional air-mass and energy exchanges and global propagation of palaeoclimatic changes. *Global and Planetary Change* 7, 69-93.

Li, F., Sun, J., Zhao, Y., Guo, X., Zhao, W., Zhang, K., 2010. Ecological significance of common pollen ratios: A review. *Frontiers of Earth Science in China* 4, 253-258.

Lisiecki, L.E., Raymo, M.E., 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records. *Paleoceanography* 20, PA1003.

Lisiecki, L.E., Raymo, M.E., 2009. Diachronous benthic $\delta^{18}O$ responses during late Pleistocene terminations. *Paleoceanography* 24, PA3210.

Liu, W., Xie, S.-P., Liu, Z., Zhu, J., 2017. Overlooked possibility of a collapsed Atlantic Meridional Overturning Circulation in warming climate. *Science Advances* 3, 1-7.

Loulergue, L., Schilt, A., Spahni, R., Masson-Delmotte, V., Blunier, T., Lemieux, B., Barnola, J.M., Raynaud, D., Stocker, T.F., Chappellaz, J., 2008. Orbital and millennial-scale features of atmospheric CH_4 over the past 800,000 years. *Nature* 453, 383-386.

Lourens, L.J., Wehausen, R., Brumsack, H.J., 2001. Geological constraints on tidal dissipation and dynamical ellipticity of the Earth over the past three million years. *Nature* 409, 1029-1033.

Lourens, L.J., 2004. Revised tuning of Ocean Drilling Program Site 964 and KC01B (Mediterranean) and implications for the $\delta^{18}O$, tephra, calcareous nannofossil, and geomagnetic reversal chronologies of the past 1.1 Myr. *Paleoceanography* 19, PA3010.

Lourens, L.J., Antonarakou, A., Hilgen, F.J., Van Hoof, A.A.M., Vergnaud-Grazzini, C., Zachariasse, W.J., 1996. Evaluation of the Plio-Pleistocene astronomical timescale. *Paleoceanography* 11, 391-413.

Lourens, L.J., Hilgen, F.J., Laskar, J., Shackleton, N.J., Wilson, D., 2004. The Neogene period. In: Gradstein, F., Ogg, J., Smith, A. (Ed.), *A Geologic Time Scale 2004*, Cambridge University Press, Cambridge, 409-440.

Loutre, M.F., Berger, A., 2000. Future climatic changes: Are we entering an exceptionally long interglacial? *Climatic Change* 46, 61-90.

Loutre, M.F., Berger, A., 2003. Marine Isotope Stage 11 as an analogue for the present interglacial. *Global and Planetary Change* 36, 209-217.

Lowe, D.J., 2011. Tephrochronology and its application: A review. *Quaternary Geochronology* 6, 107-153.

Lowe, J., Barton, N., Blockley, S., Ramsey, C.B., Cullen, V.L., Davies, W., Gamble, C., Grant, K., Hardiman, M., Housle, R., Lane, C.S., Lee, S., MacLeod, A., Menzies, M., Müller, W., Pollard, M., Price, C., Roberts, A.P., Rohling, E.J., Satow, C., Smith, V.C., Stringer, C.B., Tomlinson, E.L., White, D., Barker, G., Boric, D., Carandente, A., Ferrier, C., Guadelli, J.-L., Karkanas, P., Müller, U.C., Orsi, G., Pross, J., Rosi, M., Sirakov, N., Tzedakis, P.C., 2012. Volcanic ash layers illuminate the resilience of Neanderthals and early modern humans to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* 109, 13532-13537.

Lowrie, W., 2007. Fundamentals of Geophysics. 2. Auflage, Cambridge University Press, Cambridge, 381 S.

Lüthi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K., Stocker, T.F., 2008. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present. *Nature* 453, 379-382.

Magri, D., Follieri, M., 1992. Transitions from interglacial to glacial in the pollen record from Valle di Castiglione. In: Kukla, G.J., Went, E. (Ed.), *Start of a Glacial*, Springer, Berlin, 23-36.

Maher Jr., L.J., 1981. Statistics for microfossil concentration measurements employing samples spiked with marker grains. *Review of Palaeobotany and Palynology* 32, 153-191.

Maiorano, P., Bertini, A., Capolongo, D., Eramo, G., Gallicchio, S., Girone, A., Pinto, D., Toti, F., Ventruti, G., Marino, M., 2016. Climate signatures through Marine Isotope Stage 19 in the Montalbano Jonico section (Southern Italy): A land–sea perspective. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 461, 341-361.

Marino, M., Bertini, A., Ciaranfi, N., Aiello, G., Barra, D., Gallicchio, S., Girone, A., La Perna, R., Lirer, F., Maiorano, P., Petrosino, P., Toti, F., 2015. Paleoenvironmental and climatostratigraphic insights for Marine Isotope Stage 19 (Pleistocene) at the Montalbano Jonico succession, South Italy. *Quaternary International* 383, 104-115.

Martin-Garcia, G.M., Alonso-Garcia, M., Sierro, F.J., Hodell, D.A., Flores, J.A., 2015. Severe cooling episodes at the onset of deglaciations on the Southwestern Iberian margin from MIS 21 to 13 (IODP Site U1385). *Global and Planetary Change* 135, 159-169.

Martinson, D.G., Pisias, N.G., Hays, J.D., Imbrie, J., Moore Jr., T.C., Shackleton, N.J., 1987. Age Dating and the Orbital Theory of the Ice Ages: Development of a High-Resolution 0 to 300,000-Year Chronostratigraphy. *Quaternary Research* 27, 1-29.

Massari, F., Capraro, L., Rio, D., 2007. Climatic modulation of timing of systems-tract development with respect to sea-level changes (middle Pleistocene of Crotone, Calabria, Southern Italy). *Journal of Sedimentary Research* 77, 461-468.

Massari, F., Rio, D., Sgavetti, M., Prosser, G., D'Alessandro, A., Asioli, A., Capraro, L., Fornaciari, E., Tateo, F., 2002. Interplay between tectonics and glacio-eustasy: Pleistocene succession of the Crotone basin, Calabria (southern Italy). *Geological Society of America Bulletin* 114, 1183-1209.

Masson-Delmotte, V., Stenni, B., Pol, K., Braconnot, P., Cattani, O., Falourd, S., Kageyama, M., Jouzel, J., Landais, A., Minster, B., Barnola, J.M., Chappellaz, J., Krinner, G., Johnsen, S., Röthlisberger, R., Hansen, J., Mikolajewicz, U., Otto-Bliesner, B., 2010. EPICA Dome C record of glacial and interglacial intensities. *Quaternary Science Reviews* 29, 113-128.

Matyasovszky, I., 2011. Detecting abrupt climate changes on different time scales. *Theoretical and Applied Climatology* 105, 445-454.

McIntyre, A., Molfino, B., 1996. Forcing of Atlantic Equatorial and Subpolar Millennial Cycles by Pre-

cession. *Science* 274, 1867-1870.

McGee, M., 2018. Earth CO_2 Home Page. Internet: https://www.co2.earth/, Pro Oxygen Website, Victoria, British Columbia, eingesehen am 07.03.2018.

Meier-Uhlherr, R., Schulz, C., Luthardt, V., 2015. Steckbriefe Moorsubstrate. HNE Eberswalde, Berlin.

Melidonis, N., 1969. The peat–lignite deposit of Philippi (Macedonia, Greece). *Geol. Geophys. Res.* XIII, 87–250 [in Griechisch].

Melidonis, N., 1981. Beitrag zur Kenntnis der Torflagerstätte von Philippi (Ostmazedonien). *Telma* 11, 41–63.

Melles, M., Brigham-Grette, J., Minyuk, P.S., Nowaczyk, N.R., Wennrich, V., DeConto, R.M., Anderson, P.M., Andreev, A.A., Coletti, A., Cook, T.L., Haltia-Hovi, E., Kukkonen, M., Lozhkin, A.V., Rosén, P., Tarasov, P., Vogel, E., Wagner, B., 2012. 2.8 Million Years of Arctic Climate Change from Lake El'gygytgyn, NE Russia. *Science* 337, 315-320.

Merrill, R.T., McFadden, P.L., 1999. Geomagnetic polarity transitions. *Reviews of Geophysics* 37, 201-226.

Meyers, P.A., Teranes, J.L., 2001. Sediment Organic Matter. In: Last, W.M., Smol, J.P. (Ed.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Volume 2: Physical and Geochemical Methods*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 239-269.

Meyers, S.R., 2014. Astrochron: An R Package for Astrochronology. Internet: https://cran.r-project.org/package=astrochron, University of Wisconsin-Madison, Department of Geoscience, eingesehen am 14.09.2017.

Meyers, S.R., Hinnov, L.A., 2010. Northern Hemisphere glaciation and the evolution of Plio-Pleistocene climate noise. *Paleoceanography* 25, PA3207.

Morley, A., Rosenthal, Y., deMenocal, P., 2014. Ocean-atmosphere climate shift during the mid-to-late Holocene transition. *Earth and Planetary Science Letters* 388, 18-26.

Milanković, M.M., 1920. Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire. Gauthier-Villars et Cie, Paris, 338 S.

Milanković, M.M., 1941. Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. Königlich Serbische Akademie, Belgrad, 633 S.

Milner, A.M., Collier, R.E.L., Roucoux, K.H., Müller, U.C., Pross, J., Kalaitzidis, S., Christanis, K., Tzedakis, P.C., 2012. Enhanced seasonality of precipitation in the Mediterranean during the early part of the Last Interglacial. *Geology* 40, 919-922.

Milner, A.M., Müller, U.C., Roucoux, K.H., Collier, R.E.L., Pross, J., Kalaitzidis, S., Christanis, K., Tzedakis, P.C., 2013. Environmental variability during the Last Interglacial: a new high-resolution pollen record from Tenaghi Philippon, Greece. *Journal of Quaternary Science* 28, 113-117.

Milner, A.M., Roucoux, K.H., Collier, R.E.L., Müller, U.C., Pross, J., Tzedakis, P.C., 2016. Vegetation responses to abrupt climatic changes during the Last Interglacial Complex (Marine Isotope Stage 5) at Tenaghi Philippon, NE Greece. *Quaternary Science Reviews* 154, 169-181.

Molina, R.T., Rodríguez, A.M., Palaciso, I.S., López, F.G., 1996. Pollen production in anemophilous trees. *Grana* 35, 38-46.

Mommersteeg, H.J.P.M., Loutre, M.F., Young, R., Wijmstra, T.A., Hooghiemstra, H., 1995. Orbital forced frequencies in the 975000 year pollen record from Tenagi Philippon (Greece). *Climate Dynamics* 11, 4-24.

Moore, D.M., Reynolds Jr., R.C., 1997. X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. 2nd edition, Oxford University Press, Oxford, New York, 378 S.

Müller, U.C., Pross, J., 2007. Lesson from the past: Present insolation minimum holds potential for glacial inception. *Quaternary Science Reviews* 26, 3025-3029.

Müller, U.C., Pross, J., Tzedakis, P.C., Gamble, C., Kotthoff, U., Schmiedl, G., Wulf, S., Christanis, K., 2011. The role of climate in the spread of modern humans into Europe. *Quaternary Science Reviews* 30, 273-279.

Naafs, B.D.A., Hefter, J., Ferretti, P., Stein, R., Haug, G.H., 2011. Sea surface temperatures did not control the first occurrence of Hudson Strait Heinrich Events during MIS 16. *Paleoceanography* 26, PA4201.

Naafs, B.D.A., Hefter, J., Stein, R., 2013. Millennial-scale ice rafting events and Hudson Strait Heinrich(-like) Events during the late Pliocene and Pleistocene: a review. *Quaternary Science Revie*ws 80, 1-28.

Nielsen, H., Sørensen, I., 1992. Taxonomy and stratigraphy of late-glacial *Pediastrum* taxa from Lysmosen, Denmark - a preliminary study. *Review of Palaeobotany and Palynology* 74, 55-75.

Ogg, J.G., 2012. Geomagnetic Polarity Time Scale. In: Gradstein, F.M., Ogg., J.G., Schmitz, M., Ogg, G. (Ed.), *The Geologic Time Scale 2012, Volume 1*, Elsevier B. V., Oxford, 85-114.

Oldfield, F., 2005. Environmental Change: Key Issues and Alternative Approaches. Cambridge University Press, Cambridge, 384 S.

Oliveira, D., Desprat, S., Yin, Q., Naughton, F., Trigo, R., Rodrigues, T., Abrantes, F., Sánchez Goñi, M.F., 2017. Unraveling the forcings controlling the vegetation and climate of the best orbital analogues for the present interglacial in SW Europe. *Climate Dynamics*.

Olsen, J., Anderson, N.J., Knudsen, M.F., 2012. Variability of the North Atlantic Oscillation over the past 5,200 years. *Nature Geoscience* 5, 808-812.

Opdyke, N.D., Channell, J.E.T., 1996. Magnetic stratigraphy. *International Geophysics Series* 64, Academic Press, San Diego, 346 S.

Opdyke, N.D., Kent, D.V., Lowrie, W., 1973. Details of magnetic polarity transitions recorded in a high deposition rate deep-sea core. *Earth and Planetary Science Letters* 20, 315-324.

Paillard, D., 1998. The timing of Pleistocene glaciations from a simple multiple-state climate model. *Nature* 391, 378-381.

Paillard, D., Labeyrie, L., Yiou, P., 1996. Macintosh Program performs time-series analysis. *Earth & Space Science News* 77, 379.

Pälike, H., Norris, R.D., Herrle, J.O., Wilson, P.A., Coxall, H.K., Lear, C.H., Shackleton, N.J., Tripati, A.K., Wade, B.S., 2006. The heartbeat of the Oligocene climate system. *Science* 314, 1894-1898.

Pals, J.P., van Geel, B., Delfos, A., 1980. Paleoecological studies in the Klokkeweel bog near Hoogkarspel (Prov. of. Noord-Holland). *Review of Palaeobotany and Palynology* 30, 371-418.

Panagiotopoulos, K., 2013. Late Quaternary Ecosystem and Climate Interactions in SW Balkans inferred from Lake Prespa Sediments. Dissertation, Universität zu Köln, Deutschland, 177 S.

Parrenin, F., Paillard, D., 2003. Amplitude and phase of glacial cycles from a conceptual model. *Earth and Planetary Science Letters* 214, 243-250.

Past Interglacials Working Group of PAGES, 2016. Interglacials of the last 800,00 years. *Reviews of Geophysics* 54, 162-219.

Pausata, F.S.R., Li, C., Wettstein, J.J., Nisancioglu, K.H., Battisti, D.S., 2009. Changes in atmospheric variability in a glacial climate and the impacts on proxy data: a model intercomparison. *Climate of the Past* 5, 489-502.

Peltier, W.R., Vettoretti, G., 2014. Dansgaard-Oeschger oscillations predicted in a comprehensive model of glacial climate: A “kicked” salt oscillator in the Atlantic. *Geophysical Research Letters* 41, 7306-7313.

Petit, J.R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N.I., Barnola, J.-M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V.M., Legrand, M., Lipenkov, V.Y., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E., Stievenard, M., 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* 399, 429-436.

Petrosino, P., Jicha, B.R., Mazzeo, F.C., Ciaranfi, N., Girone, A., Maiorano, P., Marino, M., 2015. The Montalbano Jonico marine succession: An archive for distal tephra layers at the Early–Middle Pleistocene boundary in southern Italy. *Quaternary International* 383, 89-103.

Peyron, O., Combourieu-Nebout, N., Brayshaw, D., Goring, S., Andrieu-Ponel, V., Desprat, S., Fletcher, W., Gambin, B., Ioakim, C., Joannin, S., Kotthoff, U., Kouli, K., Montade, V., Pross, J., Sadori, L., Magny, M., 2017. Precipitation changes in the Mediterranean basin during the Holocene from terrestrial and marine pollen records: a model–data comparison. *Climate of the Past* 13, 249-265.

Peyron, O., Goring, S., Dormoy, I., Kotthoff, U., Pross, J., de Beaulieu, J.L., Drescher-Schneider, R., Vanniere, B., Magny, M., 2011. Holocene seasonality changes in the central Mediterranean

region reconstructed from the pollen sequences of Lake Accesa (Italy) and Tenaghi Philippon (Greece). *The Holocene* 21, 131-146.

Pigott, C.D., Pigott, S., 1993. Water as a determinant of the distribution of trees at the boundary of the Mediterranean zone. *Journal of Ecology* 81, 557-566.

Pillans, B., Gibbard, P., 2012. The Quaternary Period. In: Gradstein, F.M., Ogg., J.G., Schmitz, M., Ogg, G. (Ed.), *The Geologic Time Scale 2012, Volume 2*, Elsevier B. V., Oxford, 979-1010.

Pinti, D.L., Quidelleur, X., Chiesa, S., Ravazzi, C., Gillot, P.-Y., 2001. K-Ar dating of an early Middle Pleistocene distal tephra in the interglacial varved succession of Piànico-Sèllere (Southern Alps, Italy). *Earth and Planetary Science Letters* 188, 1-7.

Piperno, D.R., 1988. Phytolith Analysis. An Archeological and Geological Perspective. Academic Press, San Diego, 280 S.

Pisias, N.G., Moore Jr., T.C., 1981. The evolution of Pleistocene climate: A time series approach. *Earth and Planetary Science Letters* 52, 450-458.

Pisias, N.G., Martinson, D.G., Moore Jr., T.C., Shackleton, N.J., Prell, W., Hays, J., Boden, G., 1984. High resolution stratigraphic correlation of benthic oxygen isotopic records spanning the last 300,000 years. *Marine Geology* 56, 119-136.

Pol, K., Masson-Delmotte, V., Johnsen, S., Bigler, M., Cattani, O., Durand, G., Falourd, S., Jouzel, J., Minster, B., Parrenin, F., 2010. New MIS 19 EPICA Dome C high resolution deuterium data: Hints for a problematic preservation of climate variability at sub-millennial scale in the "oldest ice". *Earth and Planetary Science Letters* 298, 95-103.

Polunin, O., Walters, M., 1985. A Guide to the Vegetation of Britain and Europe. Oxford University Press, New York, 238 S.

Prentice, I.C., Cramer, W., Harrison, S.P., Leemans, R., Monserud, R.A., Solomon, A.M., 1992a. A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography* 19, 117-134.

Prentice, I.C., Guiot, J., Huntley, B., Jolly, D., Cheddadi, R., 1996. Reconstructing biomes from palaeoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka. *Climate Dynamics* 12, 185-194.

Prokopenko, A.A., Hinnov, L.A., Williams, D.F., Kuzmin, M.I., 2006. Orbital forcing of continental climate during the Pleistocene: a complete astronomically tuned climatic record from Lake Baikal, SE Siberia. *Quaternary Science Reviews* 25, 3431-3457.

Pross, J., Kotthoff, U., Müller, U.C., Peyron, O., Dormoy, I., Schmiedl, G., Kalaitzidis, S., Smith, A.M., 2009. Massive perturbation in terrestrial ecosystems of the Eastern Mediterranean region associated with the 8.2 kyr B.P. climatic event. *Geology* 37, 887-890.

Pross, J., Koutsodendris, A., Christanis, K., Fischer, T., Fletcher, W.J., Hardiman, M., Kalaitzidis, S., Knipping, M., Kotthoff, U., Milner, A.M., Müller, U.C., Schmiedl, G., Siavalas, G., Tzedakis, P.C., Wulf, S., 2015. The 1.35-Ma-long terrestrial climate archive of Tenaghi Philippon, northeastern Greece: Evolution, exploration, and perspectives for future research. *Newsletters on Stratigraphy* 48, 253-276.

Pross, J., Tzedakis, P.C., Schmiedl, G., Christanis, K., Hooghiemstra, H., Müller, U., Kotthoff, U., Kalaitzidis, S., Milner, A.M., 2007. Tenaghi Philippon (Greece) Revisited: Drilling a Continuous Lower-Latitude Terrestrial Climate Archive of the Last 250,000 Years. *Scientific Drilling* 5, 44-46.

Quézel, P., 1981. Floristic composition and phytosociological structure of sclerophyllous matorral around the Mediterranean. In: Di Castri, F., Goodall, D.W., Specht, R.L. (Ed.), *Ecosystems of the World II: Mediterranean-type Shrublands*, Elsevier B.V., Amsterdam, 107-121.

Rahmstorf, S., 2002. Ocean circulation and climate during the past 120,000 years. *Nature* 419, 207-214.

Railsback, L.B., Gibbard, P.L., Head, M.J., Voarintsoa, N.R.G., Toucanne, S., 2015. An optimized scheme of lettered marine isotope substages for the last 1.0 million years, and the climatostratigraphic nature of isotope stages and substages. *Quaternary Science Reviews* 111, 94-106.

Raymo, M.E., 1994. The initiation of Northern Hemisphere Glaciation. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 22, 353-383.

Raymo, M.E., Lisiecki, L.E., Nisancioglu, K.H., 2006. Plio-Pleistocene Ice Volume, Antarctic Climate, and the Global $\delta^{18}O$ Record. *Science* 313, 492-495.

Reille, M., 1999. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Second Edition. Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille.

Revelles, J., van Geel, B., 2016. Human impact and ecological changes in lakeshore environments. The contribution of non-pollen palynomorphs in Lake Banyoles (NE Iberia). *Review of Palaeobotany and Palynology* 232, 81-97.

Reynolds, C., 2006. Ecology, Biodiversity, and Conservation: Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, 535 S.

Rio, D., Channell, J.E.T., Massari, F., Poli, M.S., Sgavetti, M., D'Alessandro, A., Prosser, G., 1996. Reading Pleistocene eustasy in a tectonically active siliciclastic shelf setting (Crotone peninsula, southern Italy). *Geology* 24, 743-746.

Rodrigues, T., Alonso-García, M., Hodell, D.A., Rufino, M., Naughton, F., Grimalt, J.O., Voelker, A.H.L., Abrantes, F., 2017. A 1-Ma record of sea surface temperature and extreme cooling events in the North Atlantic: A perspective from the Iberian Margin. *Quaternary Science Reviews* 172, 118-130.

Rodwell, M.J., Rowell, D.P., Folland, C.K., 1999. Oceanic forcing of the witnertime North Atlantic Oscillation and European climate. *Nature* 398, 320-323.

Rohling, E.J., Cane, T.R., Cooke, S., Sprovieri, M., Bouloubassi, I., Emeis, K.C., Schiebel, R., Kroon, D., Jorissen, F.J., Lorre, A., Kemp, A.E.S., 2002a. African monsoon variability during the previous interglacial maximum. *Earth and Planetary Science Letters* 202, 61-75.

Rohling, E.J., Foster, G.L., Grant, K.M., Marino, G., Roberts, A.P., Tamisiea, M.E., Williams, F., 2014. Sea-level and deep-sea-temperature variability over the past 5.3 million years. *Nature* 508, 477-482.

Rohling, E.J., Grant, K., Bolshaw, M., Roberts, A.P., Siddall, M., Hemleben, C., Kucera, M., 2009. Antarctic temperature and global sea level closely coupled over the past five glacial cycles. *Nature Geoscience* 2, 500-504.

Rohling, E.J., Mayewski, P.A., Abu-Zied, R.H., Casford, J.S.L., Hayes, A., 2002b. Holocene atmosphere-ocean interactions: records from Greenland and the Aegean Sea. *Climate Dynamics* 18, 587-593.

Rohling, E.J., Pälike, H., 2005. Centennial-scale climate cooling with a sudden cold event around 8,200 years ago. *Nature* 434, 975-979.

Rossignol-Strick, M., 1983. African monsoons, an immediate climate response to orbital insolation. *Nature* 304, 46-49.

Rossignol-Strick, M., 1999. The Holocene climatic optimum and pollen records of sapropel 1 in the eastern Mediterranean, 9000–6000 BP. *Quaternary Science Reviews* 18, 515-530.

Rossignol-Strick, M., Paterne, M., 1999. A synthetic pollen record of the eastern Mediterranean sapropels of the last 1 Ma: implications for the time-scale and formation of sapropels. *Marine Geology* 153, 221-237.

Rossignol-Strick, M., Nesteroff, W., Olive, P., Vergnaud-Grazzini, C., 1982. After the deluge: Mediterranean stagnation and sapropel formation. *Nature* 295, 105-110.

Roulleau, E., Pinti, D.L., Rouchon, V., Quidelleur, X., Gillot, P.-Y., 2009. Tephro-chronostratigraphy of the lacustrine interglacial record of Piànico, Italian Southern Alps: Identifying the volcanic sources using radiogenic isotopes and trace elements. *Quaternary International* 204, 31-43.

Ruddiman, W.F., McIntyre, A., 1981. The Mode and Mechanism of the Last Deglaciation: Oceanic Evidence. *Quaternary Research* 16, 125-134.

Ruddiman, W.F., Raymo, M.E., McIntyre, A., 1986. Matuyama 41,000-year cycles: North Atlantic Ocean and northern hemisphere ice sheets. *Earth and Planetary Science Letters* 80, 117-129.

Ruddiman, W.F., Raymo, M.E., Martinson, D.G., Clement, B.M., Backman, J., 1989. Pleistocene evolution: Northern hemisphere ice sheets and North Atlantic ocean. *Paleoceanography* 4, 353-412.

Rügner, O., 2000. Tonmineral-Neubildung und Paläosalinität im Unteren Muschelkalk des südlichen Germanischen Beckens. Dissertation, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Deutschland, 189 S.

Saaroni, H., Bitan, A., Alpert, P., Ziv, B., 1996. Continental polar outbreaks into the Levant and eastern Mediterranean. *International Journal of Climatology* 16, 1175-1191.

Sadori, L., Koutsodendris, A., Panagiotopoulos, K., Masi, A., Bertini, A., Combourieu-Nebout, N., Francke, A., Kouli, K., Joannin, S., Mercuri, A.M., Peyron, O., Torri, P., Wagner, B., Zanchetta, G., Sinopoli, G., Donders, T.H., 2016. Pollen-based paleoenvironmental and paleoclimatic change at Lake Ohrid (south-eastern Europe) during the past 500 ka. *Biogeosciences* 13, 1423-1437.

Sánchez Goñi, M.F., Cacho, I., Turon, J.-L., Guiot, J., Sierro, F.J., Peypouquet, J.-P., Grimalt, J.O., Shackleton, N.J., 2002. Synchroneity between marine and terrestrial responses to millennial scale climatic variability during the last glacial period in the Mediterranean region. *Climate Dynamics* 19, 95-105.

Sánchez Goñi, M.F., Rodrigues, T., Hodell, D.A., Polanco-Martínez, J.M., Alonso-García, M., Hernández-Almeida, I., Desprat, S., Ferretti, P., 2016. Tropically-driven climate shifts in southwestern Europe during MIS 19, a low eccentricity interglacial. *Earth and Planetary Science Letters* 448, 81-93.

Sánchez Goñi, M.F., Turon, J.-L., Eynaud, F., Gendreau, S., 2000. European Climatic Response to Millennial-Scale Changes in the Atmosphere–Ocean System during the Last Glacial Period. *Quaternary Research* 54, 394-403.

Scardia, G., Muttoni, G., 2009. Paleomagnetic investigations on the Pleistocene lacustrine sequence of Piànico-Sèllere (northern Italy). *Quaternary International* 204, 44-53.

Schwertmann, U., 1985. The Effect of Pedogenic Environments on Iron Oxide Minerals. *Advances in Soil Science* 1, 172-200.

Schlitzer, R., 2002. Interactive analysis and visualization of geoscience data with Ocean Data View. *Computers & Geosciences* 28, 1211-1218.

Schmincke, H.-U., 1988. Pyroklastische Gesteine. In: Füchtbauer, H. (Ed.), *Sediment-Petrologie. Teil II. Sedimente und Sedimentgesteine*, Schweizerbart, Stuttgart, 731-778.

Schulz, K.G., Zeebe, R.E., 2006. Pleistocene glacial terminations triggered by synchronous changes in Southern and Northern Hemisphere insolation: The insolation canon hypothesis. *Earth and Planetary Science Letters* 249, 326-336.

Schulz, M., Mudelsee, M., 2002. REDFIT: estimating red-noise spectra directly from unevenly spaced paleoclimatic time series. *Computers and Geosciences* 28, 421-426.

Seubert, S., 2010. Telekonnektionen des Niederschlags im Mittelmeerraum zur Zirkulation in den Tropen. Dissertation, Universität Augsburg, Deutschland, 446 S.

Shackleton, N.J., Opdyke, N.D., 1973. Oxygen Isotope and Palaeomagnetic Stratigraphy of Equatorial Pacific Core V28-238: Oxygen Isotope Temperatures Volumes on a 10^5 Year and 10^6 Year Scale. *Quaternary Research* 3, 39-55.

Shackleton, N.J., Opdyke, N.D., 1976. Oxygen-isotope and paleomagnetic stratigraphy of pacific core V28-239 Late Pliocene to Latest Pleistocene. *Geological Society of America Memoirs* 145, 449-464.

Shackleton, N.J., Backman, J., Zimmerman, H., Kent, D.V., Hall, M.A., Roberts, D.G., Schnitker, D., Baldauf, J.G., Desprairies, A., Homrighausen, R., Huddlestun, P., Keene, J.B., Kaltenback, A.J., Krumsiek, K.A.O., Morton, A.C., Murray, J.W., Westberg-Smith, J., 1984. Oxygen isotope calibration of the onset of ice-rafting and history of glaciation in the North Atlantic region. *Nature* 307, 620-623.

Siegenthaler, U., Stocker, T.F., Monnin, E., Lüthi, D., Schwander, J., Stauffer, B., Raynaud, D., Barnola, J.M., Fischer, H., Masson-Delmotte, V., Jouzel, J., 2005. Stable Carbon Cycle – Climate Relationship During the Late Pleistocene. *Science* 310, 1313-1317.

Sima, A., Paul, A., Schulz, M., 2004. The Younger Dryas – an intrinsic feature of late Pleistocene climate change at millennial timescales. *Earth and Planetary Science Letters* 222, 741-750.

Skinner, L.C., Shackleton, N.J., 2005. An Atlantic lead over Pacific deep-water change across Termination I: implications for the application of the marine isotope stage stratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 24, 571-580.

Sklavounos, S., 1981. The Paranesti granite; mineralogy – petrography. Dissertation, Aristoteles-Universität Thessaloniki, Griechenland, 175 S. [in Griechisch].

Spratt, R.M., Lisiecki, L.E., 2016. A Late Pleistocene sea level stack. *Climate of the Past* 12, 1079-1092.

Stober, J.C., Thompson, R., 1977. Palaeomagnetic secular variation studies of Finnish lake sediment and the carriers of remanence. *Earth and Planetary Science Letters* 37, 139-149.

Stocker, T.F., 1998. The Seesaw Effect. *Science* 282, 61-62.

Stockmarr, J., 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* XIII, 615-621.

Stockmarr, J., 1973. Determination of spore concentration with an electronic particle counter. *Danmarks Geologiske Undersøgelse Årbog* 1972, 87-89.

Surdam, R.C., Sheppard, R. A., 1978. Zeolites in saline, alkaline lake deposits. In: Sand, L.B., Mumpton, F.A. (Ed.), *Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Use*, Pergamon Press, Oxford, 145-174.

Sun, Y., An, Z., 2005. Late Pliocene-Pleistocene changes in mass accumulation rates of eolian deposits on the central Chinese Loess Plateau. *Journal of Geophysical Research* 110, 1-8.

Sun, Y., Clemens, S.C., An, Z., Yu, Z., 2006. Astronomical timescale and palaeoclimatic implication of stacked 3.6-Myr monsoon records from the Chinese Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews* 25, 33-48.

Teichmüller, M., 1968. Zur Petrographie und Diagenese eines fast 200 m mächtigen Torfprofils (mit Übergängen zur Weichbraunkohle?) im Quartär von Philippi (Mazedonien). *Geologische Mitteilungen* 8, 65-110.

Thorseth, I.H., Furnes, H., Tumyr, O., 1995. Textural and chemical effects of bacterial activity on basaltic glass: an experimental approach. *Chemical Geology* 119, 139-160.

Tilman, D., Pacala, S., 1993. The Maintenance of Species Richness in Plant Communities. In: Ricklefs, R.E., Schluter, D. (Ed.), *Species Diversity in Ecological Communities.* University of Chicago Press, Chicago, 557-569.

Tinner, W., Lotter, A., 2001. Central European vegetation response to abrupt climate change at 8.2 ka. *Geology* 29, 551-554.

Tinner, W., Lotter, A., 2006. Holocene expansions of *Fagus silvatica* and *Abies alba* in Central Europe: where are we after eight decades of debate? *Quaternary Science Reviews* 25, 526-549.

Tranos, D., 2009. Faulting of Lemnos Island; a mirror of faulting of the North Aegean Trough (Northern Greece). *Tectonophysics* 467, 72-88.

Trigo, R., Xoplaki, E., Zorita, E., Luterbacher, J., Krichak, S.O., Alpert, P., Jacobeit, J., Sáenz, J., Fernández, J., González-Rouco, F., Garcia-Herrera, R., Rodo, X., Brunetti, M., Nanni, T., Maugeri, M., Türkes, M., Gimeno, L., Ribera, P., Brunet, M., Trigo, I.F., Crepon, M., Mariotti, A., 2006. Relations between Variability in the Mediterranean Region and Mid-latitude Variability. In: Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R. (Ed.), Mediterranean Climate Variability, Developments in Earth & Environmental Sciences 4, Elsevier, Amsterdam, 179-226.

Trouet, V., Scourse, J.D., Raible, C.C., 2012. North Atlantic storminess and Atlantic Meridional Overturning Circulation during the last Millennium: Reconciling contradictory proxy records of NAO variability. *Global and Planetary Change* 84-85, 48-55.

Tuenter, E., Weber, S.L., Hilgen, F.J., Lourens, L.J., 2003. The response of the African summer monsoon to remote and local forcing due to precession and obliquity. *Global and Planetary Change* 36, 219-235.

Turner, J., Greig, J.R.A., 1975. Some Holocene pollen diagrams from Greece. *Review of Palaeobotany and Palynology* 20, 171-204.

Turner, G.M., Thompson, R., 1979. Behaviour of the Earth's magnetic fiel das recorded in the sediments of Loch Lomond. *Earth and Planetary Science Letters* 42, 412-426.

Turner, F., Pott, R., Schwarz, A., Schwalb, A., 2014. Response of *Pediastrum* in German floodplain lakes to Late Glacial climate changes. *Journal of Paleolimnology* 52, 293-310.

Tzedakis, P.C., 1993. Long-term tree populations in northwest Greece through multiple Quaternary climatic cycles. *Science* 364, 437-440.

Tzedakis, P.C., 1994. Vegetation change through glacial-interglacial cycles: a long pollen sequence perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 345, 403-432.

Tzedakis, P.C., 2005. Towards an understanding of the response of southern European vegetation to orbital and suborbital climate variability. *Quaternary Science Reviews* 24, 1585-1599.

Tzedakis, P.C., 2007. Seven ambiguities in the Mediterranean palaeoenvironmental narrative. *Quaternary Science Reviews* 26, 2042-2066.

Tzedakis, P.C., 2010. The MIS 11 – MIS 1 analogy, southern European vegetation, atmospheric methane and the "early anthropogenic hypothesis". *Climate of the Past* 6, 131-144.

Tzedakis, P.C., Andrieu, V., de Beaulieu, J.-L., Crowhurst, S., Follieri, M., Hooghiemstra, H., Magri, D., Reille, M., Sadori, L., Shackleton, N.J., Wijmstra, T.A., 1997. Comparison of terrestrial and marine records of changing climate of the last 500,000 years. *Earth and Planetary Science Letters* 150, 171-176.

Tzedakis, P.C., Channell, J.E.T., Hodell, D.A., Kleiven, H.F., Skinner, L.C., 2012a. Determining the natural length of the current interglacial. *Nature Geoscience* 5, 138-141.

Tzedakis, P.C., Crucifix, M., Mitsui, T., Wolff, E.W., 2017. A simple rule to determine which insolation cycles lead to interglacials. *Nature* 542, 427-432.

Tzedakis, P.C., Frogley, M.R., Lawson, I.T., Preece, R.C., Cacho, I., de Abreu, L., 2004a. Ecological thresholds and patterns of millennial-scale climate variability: The response of vegetation in Greece during the last glacial period. *Geology* 32, 109-112.

Tzedakis, P.C., Hooghiemstra, H., Pälike, H., 2006. The last 1.35 million years at Tenaghi Philippon: revised chronostratigraphy and long-term vegetation trends. *Quaternary Science Reviews* 25, 3416-3430.

Tzedakis, P.C., Lawson, I.T., Frogley, M.R., Hewitt, G.M., Preece, R.C., 2002. Buffered Tree Population Changes in a Quaternary Refugium: Evolutionary Implications. *Science* 297, 2044-2047.

Tzedakis, P.C., Pälike, H., Roucoux, K.H., de Abreu, L., 2009. Atmospheric methane, southern European vegetation and low-mid latitude links on orbital and millennial timescales. *Earth and Planetary Science Letters* 277, 307-317.

Tzedakis, P.C., Roucoux, K.H., de Abreu, L., Shackleton, N.J., 2004b. The duration of forest stages in southern Europe and interglacial climate variability. *Science* 306, 2231-2235.

Tzedakis, P.C., Wolff, E.W., Skinner, L.C., Brovkin, V., Hodell, D.A., McManus, J.F., Raynaud, D., 2012b. Can we predict the duration of an interglacial? *Climate of the Past* 8, 1473-1485.

Ulbrich, U., Lionello, P., Belušić, D., Jacobeit, J., Knippertz, P., Kuglitsch, G., Leckebusch, G.C., Luterbacher, J., Maugeri, M., Maheras, P., Nissen, K.M., Pavan, V., Pinto, J.G., Saaroni, H., Seubert, S., Toreti, A., Xoplaki, E., Ziv, B., 2012. 5-Climate of the Mediterranean: synoptic patterns, temperature, precipitation, winds, and their extremes. In: Lionello, P. (Ed.), *The Climate of the Mediterranean Region*, Elsevier, Oxford, 301-346.

Vakhrameeva, P., Koutsodendris, A., Wulf, S., Appelt, O., Fletcher, W.J., Knipping, M., Gertisser, R., Schmitt, A., Trieloff, M., Pross, J., in Vorbereitung. Cryptotephrostratigraphy of the Marine Isotope Stages 12 to 10 interval of Tenaghi Philippon, Eastern Mediterranean [Arbeitstitel].

Valeton, I., 1988. Verwitterung und Verwitterungslagerstätten. In: Füchtbauer, H. (Ed.), *Sediment-Petrologie. Teil II. Sedimente und Sedimentgesteine*, Schweizerbart, Stuttgart, 11-68.

van der Hammen, T., Wijmstra, T.A., van der Molen, W.H., 1965. Palynological study of a very thick peat section in Greece, and the Würm-glacial vegetation in the Mediterranean region. *Geologie en Mijnbouw* 44, 37-39.

van der Hammen, T., Wijmstra, T.A., Zagwijn, W.H., 1971. The floral record of the Late Cenozoic of Europe. In: Turekian, K.K. (Ed.), *Late Cenozoic glacial ages*, Yale University Press, New Haven London, 391-424.

van der Wiel, A.M., Wijmstra, T.A., 1987a. 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.

van der Wiel, A.M., Wijmstra, T.A., 1987b. 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.

van Geel, B., 1978. A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25, 1-120.

van Geel, B., Aptroot, A., 2006. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia* 82, 313-329.

van Geel, B., van der Hammen, T., 1978. Zygnemataceae in Quaternary Colombian sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25, 377-392.

van Zeist, W., Bottema, S., 1982. Vegetational history of the eastern Mediterranean and the Near East during the last 20 000 years. In: Bintliff, J.L., van Zeist, W. (Ed.): *Palaeoclimates, palaeoenvironments and human communities in the Eastern Mediterranean region in later prehistory*. BAR International Series, Oxford, 227-321.

Verosub, K.L., 1977. Depositional and postdepositional processes in the magnetization of sediments. *Reviews of Geophysics* 15, 129-143.

Vettoretti, G., Peltier, W.R., 2004. Sensitivity of glacial inception to orbital and greenhouse gas climate forcing. *Quaternary Science Reviews* 23, 499-519.

Wang, P., Tian, J., Lourens, L.J., 2010. Obscuring of long eccentricity cyclicity in Pleistocene oceanic carbon isotope records. *Earth and Planetary Science Letters* 290, 319-330.

Wagner, B., Wilke, T., Francke, A., Albrecht, C., Baumgarten, H., Bertini, A., Combourieu-Nebout, N., Cvetkoska, A., D'Addabbo, M., Donders, T.H., Föller, K., Giaccio, B., Grazhdani, A., Hauffe, T., Holtvoeth, J., Joannin, S., Jovanovska, E., Just, J., Kouli, K., Koutsodendris, A., Krastel, S., Lacey, J.H., Leicher, N., Leng, M.J., Levkov, Z., Lindhorst, K., Masi, A., Mercuri, A.M., Nomade, S., Nowaczyk, N., Panagiotopoulos, K., Peyron, O., Reed, J.M., Regattieri, E., Sadori, L., Sagnotti, L., Stelbrink, B., Sulpizio, R., Tofilovska, S., Torri, P., Vogel, H., Wagner, T., Wagner-Cremer, F., Wolff, G.A., Wonik, T., Zanchetta, G., Zhang, X.S., 2017. The environmental and evolutionary history of Lake Ohrid (FYROM/Albania): interim results from the SCOPSCO deep drilling project. *Biogeosciences* 14, 2033-2054.

Weckström, K., Weckström, J., Yliniemi, L.-M., Korhola, A., 2010. The ecology of *Pediastrum* (Chlorophyceae) in subarctic lakes and their potential as paleobioindicators. *Journal of Paleolimnology* 43, 61-73.

Weirauch, D., Billups, K., Martin, P., 2008. Evolution of millennial-scale climate variability during the mid-Pleistocene. *Paleoceanography* 23, PA3216.

Wijmstra, T.A., 1969. Palynology of the first 30 metres of a 120 m deep section in northern Greece. *Acta Botanica Neerlandica* 18, 511-527.

Wijmstra, T.A., Groenhart, M.C., 1983. Record of 700,000 years vegetational history in Eastern Macedonia (Greece). *Revista de la Academia Colombiana Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 15, 87-98.

Wijmstra, T.A., Smit, A., 1976. Palynology of the middle part (30-78 metres) of the 120 m deep section in northern Greece (Macedonia). *Acta Botanica Neerlandica* 25, 297-312.

Wijmstra, T.A., Young, R., 1992. Vegetational and climatic transitions between interglacial and glacial periods during the last 1 million years in northern Greece. In: Kukla, G.J., Went, E. (Ed.), *Start of a Glacial*, NATO ASI Series, Vol. 13, Springer, Berlin Heidelberg 13, 97-112.

Wijmstra, T.A., Young, R., Witte, H.J.L., 1990. An evaluation of the climatic conditions during the Late Quaternary in northern Greece by means of multivariate analysis of palynological data an comparison with recent phytosociological and climate data. *Geologie en Mijnbouw* 69, 243-251.

Wright, A.K., Flower, B.P., 2002. Surface and deep ocean circulation in the subpolar North Atlantic during the mid-Pleistocene revolution. *Paleoceanography* 17, 20-1 – 20-16.

Wulf, S., Hardiman, M., Staff, R.A., Koutsodendris, A., Appelt, O., Blockley, S.P.E., Lowe, J.J., Manning, C.J., Ottolini, L., Schmitt, A.K., Smith, V.C., Tomlinson, E.L., Vakhrameeva, P., Knipping, M., Kotthoff, U., Milner, A.M., Müller, U.C., Christanis, K., Kalaitzidis, S., Tzedakis, C., Schmiedl,

G., Pross, J., 2018. The Marine Isotope Stage 1–5 cryptotephra record of Tenaghi Philippon, Greece: Towards a detailed tephrostratigraphic framework for the Eastern Mediterranean region. *Quaternary Science Reviews* 186, 236-262.

Yang, D., Myers, P.G., 2007. Impact of extended NAO buoyancy forcing on the subpolar North Atlantic and climate variability over the last millenium. *Paleoceanography* 22, PA3104.

Yin, Q., 2013. Insolation-induced mid-Brunhes transition in Southern Ocean ventilation and deep-ocean temperature. *Nature* 494, 222-225.

Yin, Q.Z., Berger, A., 2010. Insolation and CO_2 contribution to the interglacial climate before and after the Mid-Brunhes Event. *Nature Geoscience* 3, 243-246.

Yin, Q.Z., Berger, A., 2012. Individual contribution of insolation and CO_2 to the interglacial climates of the past 800,000 years. *Climate Dynamics* 38, 709-724.

Yin, Q.Z., Berger, A., 2015. Interglacial analogues of the Holocene and its natural near future. *Quaternary Science Reviews* 120, 28-46.

Xoplaki, E., González-Rouco, J.F., Luterbacher, J., Wanner, H., 2003. Mediterranean summer air temperature variability and its connection to the large-scale atmospheric circulation and SSTs. *Climate Dynamics* 20, 723-739.

Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., Billpus, K., 2001. Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. *Science* 292, 686-693.

Zachos, J.C., Dickens, G.R., Zeebe, R.E., 2008. An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature* 451, 279-283.

Zhang, X., Lohmann, G., Knorr, G., Purcell, C., 2014. Abrupt glacial climate shifts controlled by ice sheet changes. *Nature* 512, 290-294.

Zhao, Y., Yu, Z., Chen, F., Liu, X., Ito, E., 2008. Sensitive response of desert vegetation to moisture change based on a near-annual resolution pollen record from Gahai Lake in the Qaidam Basin, northwest China. *Global and Planetary Change* 62, 107-114.

Zhou, L.P., Shackleton, N.J., 1999. Misleading positions of geomagnetic reversal boundaries in Eurasian loess and implications for correlation between continental and marine sedimentary sequences. *Earth and Planetary Science Letters* 168, 117-130.

Ziegler, M., Tuenter, E., Lourens, L.J., 2010. The precession phase of the boreal summer monsoon as viewed from the eastern Mediterranean (ODP Site 968). *Quaternary Science Reviews* 29, 1481-1490.

Zijderveld, J.D.A., 1967. AC demagnetization of rocks: Analysis of results. In: Collinson, D.W., Creer, K.M., Runcorn, S.K. (Ed.), *Methods in Paleomagnetism*, Elsevier, Amsterdam, 254-286.

Ziv, B., Saaroni, H., Alpert, P., 2004. The factors governing the summer regime of the eastern Mediterranean. *International Journal of Climatology* 24, 1859-1871.

8 Danksagung

Für die Vergabe und Betreuung der vorliegenden Arbeit gilt Prof. Dr. Jörg Pross mein besonderer Dank. Er bestärkte meine Begeisterung für paläoökologische Fragestellungen und ermöglichte mir mit viel Geduld die Einarbeitung in ein für mich vollkommen neues Forschungsthema. Durch seinen unermüdlichen Ansporn gewann ich an viel Erfahrung innerhalb und abseits der Wissenschaft. Prof. Dr. Oliver Friedrich übernahm freundlicherweise die Zweitgutachtung der Arbeit und war mir in vielerlei Hinsicht behilflich.

Dr. Andreas Koutsodendris führte mich umfangreich in die Pollenanalyse und in die Vegetationsdynamik ein. Er gab mir wertvolle Anregungen für die Erstellung des Altersmodells sowie für die Interpretation der palynologischen Daten. Im Rahmen der Bohrungen der Drakolimni- und Vouliagmeni-Seen in Griechenland vertiefte er mein Wissen über die Vegetation des Mittelmeerraums und mein Interesse in der Paläoklimatologie. Des Weiteren ermöglichte er mir die Einarbeitung in Biomarker-Analysen bei Dr. Dirk Sachse und Dr. Oliver Rach am GFZ in Potsdam.

Dr. habil. André Bahr zeigte eine unermüdliche Bereitschaft zum Gedankenaustausch paläoklimatischer und paläozeanographischer Fragestellungen, wofür ich ihm großen Dank schulde. Er führte mich ausführlich in die Spektralanalyse ein und seine Unterstützung in der Interpretation der Ergebnisse sowie für die Entwicklung des Altersmodells war von unschätzbarem Wert. Zudem gewährte er mir als Fahrtleiter der Meteor-Forschungsfahrt M125 einen einmaligen Einblick in das „Fieren“ und „Hieven“ im Südatlantik.

Mein ganz besonderer Dank gilt auch Dr. habil. Sabine Wulf (Portsmouth) für ihre Einführung in die Kryptotephrochronostratigraphie und regen Diskussionen über die Tephra-Daten. Sie hat mich sowohl in der Probenaufbereitung, in der optischen Mikroskopie und Rasterelektronenmikroskopie als auch in der Bestimmung der Tephragläser tatkräftig unterstützt. In diesem Zusammenhang möchte ich auch M. Sc. Polina Vakhrameeva für die wertvolle Einbringung ihrer Kentnisse in der Kryptotephrochronostratigraphie und auf dem Themengebiet des Glühverlusts danken.

Prof. Dr. Erwin Appel, Dr. Christian Herb, Dr. Guanhua Li und M. Sc. Verena Verestek der Geophysik-Arbeitsgruppe in Tübingen danke ich für die Unterstützung in der Messung der Paläomagnetikproben und hilfreichen Hinweisen zur Magnetostratigraphie. Dr. Michael Burchard und Dr. Gregor Austermann verdanke ich eine unermüdliche Hilfsbereitschaft hinsichtlich der XRD-Analyse und eine hohe Diskussionsbereitschaft zu sedimentären und mineralogischen Fragestellungen.

Weiterhin gilt mein Dank Dr. William Fletcher (Manchester), Dr. Maria Knipping (Stuttgart), Dr. Ulrich Kotthoff (Hamburg) und Dr. Alice Milner (London) für hilfreiche Hinweise in der Bestimmung von Palynomorphen und in der Interpretation palynologischer Daten im Rahmen des Tenaghi-Philippon-Treffens 2016. Besonders erwähnen möchte ich hier Dr. William Fletcher für seine Unterstützung zur Berechnung der ersten Ableitung von Baumpollen-Prozentwerten. An dieser Stelle möchte ich auch M. Sc. Ilias Kousis und M. Sc. Martina Vannacci für rege Diskussionen über die Taxonomie von Pollen danken.

Diese Arbeit wäre nicht möglich gewesen, wenn viele Kolleginnen und Kollegen nicht ihre zum Teil unveröffentlichten Daten mit mir geteilt hätten. Diesbezüglich danke ich Prof. Dr. Adele Bertini (Florenz), Prof. Dr. Helga (Kikki) Flesche Kleiven (Bergen), Prof. Dr. Maria Fernanda Sanchez Goñi (Pes-

sac), Dr. Biagio Giaccio (Rom), Dr. Patrizia Ferretti (Venedig), Dr. Patrizia Maiorano (Bari) und M. Sc. Francesco Toti (Florenz).

Für ihre labortechnische Unterstützung bin ich Dr. Maria Knipping, Susanne Liner (beide Stuttgart), Ilse Glas, M. Sc. Frederik Allstädt, M. Sc. Monika Doubrawa, M. Sc. Kai Käser, M. Sc. Tobias Syrer und B. Sc. Oliver Kern zu großem Dank verpflichtet. M. Sc. Frerk Pöppelmeier und M. Sc. Finn Süfke danke ich für ihre fachliche Hilfestellung. Des Weiteren haben mich zahlreiche weitere Kolleginnen und Kollegen der Universität Heidelberg in vielfältiger Weise unterstützt. Besonders erwähnen möchte ich hier Dr. Jörg Lippold, Dr. Patrick Blaser, Dr. Julia Hoffmann, Dr. Kim Jakob, M. Sc. Swaantje Brzelinski, M. Sc. Maria Carolina A. Catunda, M. Sc. Lisa Egger, M. Sc. Kenji Hatsukano, Hans Ebert, Elfriede Grohmann und Torsten Hoffmann. An dieser Stelle danke ich auch Dr. Jörn Profe (Bremen), Prof. Dr. Silke Voigt, Dr. Eva N. Niedermeyer und M. Sc. Nicolò Ardenghi (alle Frankfurt) für ihre Bereitschaft zum wissenschaftlichen Gedankenaustausch. Prof. Dr. R. Thomas Becker, Prof. Dr. Hans Kerp und Dr. Sven Hartenfels möchte ich für ihre Unterstützung und Motivation während meiner Studienzeit in Münster danken, ohne die mir ein Promotionsstudium nicht ermöglicht worden wäre.

Die Graduiertenakademie der Universität Heidelberg stellte freundlicherweise ein Reisestipendium für die Urbino Summer School 2016 zur Verfügung.

Abschließend ist es mir ein besonderes Anliegen, diese Arbeit vier geliebten Personen zu widmen. Ich danke dir, Polina, dass du mich bis hier hin auf diesem schweren Weg begleitet hast und ich bin dir für unsere lebhaften Diskussionen über wissenschaftliche Themen aller Art unheimlich dankbar. Und ich widme diese Arbeit meinen Eltern Carmen und Udo Fischer sowie meiner Großmutter Ursula Greese. Ihr habt seit meinem ersten „WAS IST WAS“-Dinosaurierbuch und meinem ersten Ammoniten-Fossil immer meinen Kindheitstraum unterstützt, einen paläontologischen Werdegang einzuschlagen. Mein größter Dank gebührt eurem Ansporn und eurer Inspiration, auch in schweren Zeiten nie aufzugeben und immer weiterzumachen.

9 Appendix

9.1 Abkürzungen

Tab. A1: Liste der in der vorliegenden Arbeit angewendeten Abkürzungen.

Abbreviation	English definition	German definition
δD	Measure of the ratio of stable hydrogen isotopes ^{2}H and ^{1}H	Maß für das Verhältnis der stabilen Wasserstoff-Isotope ^{2}H und ^{1}H
$\delta^{18}O$	Measure of the ratio of stable oxygen isotopes ^{18}O and ^{16}O	Maß für das Verhältnis der stabilen Sauerstoffisotope ^{18}O und ^{16}O
AD	"Anno Domini" (lat.), in the year of the Lord, after Christ	Im Jahre des Herren, nach Christi Geburt
AF	Alternating field	Wechselfeld
AH	Azores High	Azorenhoch
AIM	Antarctic Isotope Maxima	Antarktisches Isotopenmaximum
AMOC	Atlantic Meridional Overturning Circulation	Atlantische Meridionale Umwälzzirkulation
AP	Arboreal pollen	Baumpollen
B/A	Bølling-Allerød oscillation	Bølling-Allerød-Oszillation
BDFT	broad-leaved deciduous forest taxa	Laubwald-Taxa
BioSi	Biogenic silica	Biogene Kieselsäure
$C_{37:4}$	Alkenone with 37 carbon atoms and 4 double bonds	Alkenon mit 37 Kohlenstoffatomen und 4 Doppelbindungen
CDE	Cold dry event	Kalttrockenes Event
CH_4	Methane	Methan
$C_2H_4O_2$	Glacial acetic acid	Eisessig
$C_4H_6O_3$	Acetic anhydride	Essigsäureanhydrid
ChRM	Characteristic remanent magnetization	Charakteristische Remanentmagnetisierung
CLIMATE	Climate: Long-Range Investigation, Mapping, and Prediction (Hays et al. 1976)	
CO_2	Carbon dioxide	Kohlenstoffdioxid
cf.	*Confer* (lat.), compare	*Confer* (lat.), vergleiche
DC-SQUID	Direct current superconducting quantum interference device	
DO-Event	Dansgaard-Oeschger event	Dansgaard-Oeschger-Event
DRM	Detrital remanent magnetization	Detritische Remanentmagnetisierung
EDC	European Project for Ice Coring in Antarctica Dome C	
ENSO	El Niño Southern Oscillation	
GIS	Greenland interstadial	Grönland-Interstadial
GL_T_syn	Synthetic reconstruction of Greenland temperature variability	Synthetische Rekonstruktion der Temperaturvariabilität von Grönland
HCl	Hydrochloric acid	Salzsäure
HF	Hydrofluoric acid	Flusssäure
H_2O_2	Hydrogen peroxide	Wasserstoffperoxid
H_2SO_4	Sulfuric acid	Schwefelsäure
HWT	High water table	Hoher Wasserstand
I_{AC}	Index of arboreal composition	Index der Waldzusammensetzung
I_{AR}	Index of aridity	Index der Aridität
I_{WD}	Index of local water depth	Index der lokalen Wassertiefe
IL	Icelandic Low	Islandtief
IODP	Integrated Ocean Drilling Program (2003–2013)/International Ocean Discovery Program (since 2013)	
IRD	Ice-rafted debris	durch Eisberge transportierter Schutt (Heinrich-Lagen)
ITCZ	Intertropical Convergence Zone	Innertropische Konvergenzzone
ka	*"Kilo annum"* (lat.), 10^3 years ago	10^3 Jahre vor heute
kyr	10^3 years duration	Zeitintervall von 10^3 Jahren
LIA	Little Ice Age	Kleine Eiszeit
LOI	Loss on ignition	Glühverlust
LR04	Global stack of benthic foraminifera oxygen isotopes (Lisiecki & Raymo 2004)	Globaler Datensatz von Sauerstoffisotopen benthischer Foraminiferen (Lisiecki & Raymo 2004)
LZ	Local stratigraphic zone	Lokale stratigraphische Zone
Ma	*"Mega annum"* (lat.), 10^6 years ago	10^6 Jahre vor heute
Myr	10^6 years duration	Zeitintervall von 10^6 Jahren
MAD	Maximal angular deviation	Maximale Winkelabweichung

Tab. A1: (fortgesetzt).

M/B	Matuyama/Brunhes palaeomagnetic reversal	Paläomagnetische Matuyama/Brunhes-Umkehr
MBE	Mid-Brunhes Event	Mid-Brunhes-Event
MIS	Marine Isotope Stage	Marines Isotopenstadium
MJ	Montalbano Jonico succession	Montalbano-Jonico-Abfolge
MoCa	Monte Carlo simulation	Monte-Carlo-Simulation
MPT	Mid-Pleistocene Transition	Mittelpleistozäne Übergangsphase
MT	Mediterranean taxa	Mediterrane Taxa
MWP	Medieval Climate Anomaly	Mittelalterliche Klimaanomalie
NAC	North Atlantic Current	Nordatlantikstrom
NADW	North Atlantic deep water	Nordatlantisches Tiefenwasser
NATW	North Atlantic Transitional Waters	Nordatlantisches Übergangswasser
NAO	North Atlantic Oscillation	Nordatlantische Oszillation
NaOH	Lye, sodium hydroxide	Natronlauge
NAP	Non-arboreal pollen	Krautig wachsende Pflanzen
NPD	*Neogloboquadrina pachyderma* dextral	
NPS	*Neogloboquadrina pachyderma* sinistral	
NRM	Natural remanent magnetization	Natürliche remanente Magnetisierung
NWD	North Atlantic Westerlies	Nordatlantische Westwinddrift
ODP	Ocean Drilling Program	
PBO	Pre-boreal oscillation	Präboreale Oszillation
PCA	Principal component analysis	Hauptkomponentenanalyse
PFT	Plant functional type	
PZ	Pollen zone	Pollenzone
REM	Scanning electron microscopy	Rasterelektronenmikroskopie
ROFC	Rate of forest change	Rate der Waldveränderung
SH	Siberian High	Sibirienhoch
SPECMAP	Spectral Climate Mapping Project (Pisias et al. 1984, Martinson et al. 1987)	
SPT; 3 $Na_2Wo_4 \cdot 9\ Wo_3 \cdot H_2O$	Sodium polytungstate	Natriumpolywolframat
SST	Sea surface temperature	Meeresoberflächentemperatur
SUL	Sulmona basin	Sulmona-Becken
Ti/Al	Ratio of titanium and aluminium	Verhältnis von Titan und Aluminium
TOC	Total organic carbon	Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff
TP	Tenaghi Philippon	
TT	Temperate trees	Temperate Baumtaxa
VdM	Valle di Manche	
WHP	Warm humid phase	Warmgemäßigte Phase
XRD	X-ray powder diffraction	Röntgenpulverdiffraktometrie
YD	Younger Dryas	Jüngere Dryas

9.2 Röntgenpulverdiffraktometrie

Die Werte jeder untersuchten XRD-Probe von TP-2009 sind auf dem beigefügten Datenträger zu finden.

Tab. A2: Relative Intensität der höchsten Zählraten der jeweiligen Mineralphase in den untersuchten TP-2009-Proben dargestellt als „+“ (hohe relative Intensität), „-“ (niedrige relative Intensität) und „o“ (mittlere relative Intensität). Die relative Intensität bezieht sich auf die Intensität innerhalb der Zählrate einer Mineralphase bei einem bestimmten Winkel von 2θ. Die farbliche Kodierung der Baumpollen repräsentiert klimatisch kalte und trockene (blau), warme und humide (rot) oder intermediäre (violett) Bedingungen. Die Zahlen und farbliche Kodierung der Sedimenttypen entspricht (1) Torf (braun), (2) torfige, organikreiche tonige Sedimente (ocker) mit grobkörnigen Klastika und (3) Feinkalkmudde (beige).

			Mineral phase counts																				
Sample depth [m]	Arboreal pollen [%]	Lithology	Chlorite at ca. 6.2° 2θ	Illite/Muscovite at ca. 8.8° 2θ	Gypsum at ca. 11.6° 2θ	Kaolinite/chlorite at ca. 12.3-12.5 ° 2θ	Lepidocrocite at ca. 14.3° 2θ	Goethite at ca. 17.8° 2θ	Muscovite/illite at ca. 19.8° 2θ	Quartz at ca. 20.9° 2θ	Calcite at ca. 23.1° 2θ	Quartz/Illite at ca. 26.6° 2θ	Muscovite at ca. 26.8° 2θ	Anorthite at ca. 27.5-28.0° 2θ	Calcite at ca. 29.5° 2θ	Anorthite at ca. 31.5° 2θ	Muscovite at ca. 35.0° 2θ	Calcite at ca. 35.9° 2θ	Calcite at ca. 39.4° 2θ	Calcite/aragonite at ca. 43.1° 2θ	Muscovite at ca. 45.5° 2θ	Calcite at ca. 47.2° 2θ	Calcite at ca. 48.7° 2θ
121.50	6 %	3	+	+	-	o	-	+	o	o	o	+	o	-	+	o	o	o	o	o	o	o	o
121.70	9 %	3	+	+	o	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
123.80	10 %	2	-	-	o	-	-	-	-	o	+	o	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+
121.21	11 %	3	+	+	o	+	-	+	+	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
122.50	35 %	1	+	o	-	+	+	o	+	+	-	+	o	-	-	-	o	-	-	-	-	-	-
122.70	42 %	2	-	-	-	o	-	o	o	+	+	+	-	-	+	+	o	o	o	o	-	o	o
124.10	72 %	3	-	o	-	o	-	o	o	o	+	o	-	-	+	+	o	+	+	+	-	+	+
126.38	74 %	1	-	-	+	-	-	o	o	+	-	+	-	-	-	-	o	-	-	-	-	-	-
124.50	74 %	3	-	o	-	o	o	o	o	o	+	o	-	-	+	+	o	+	+	+	-	+	+
125.60	76 %	1	-	-	-	-	-	-	-	o	o	o	-	-	+	o	-	o	o	o	-	o	o

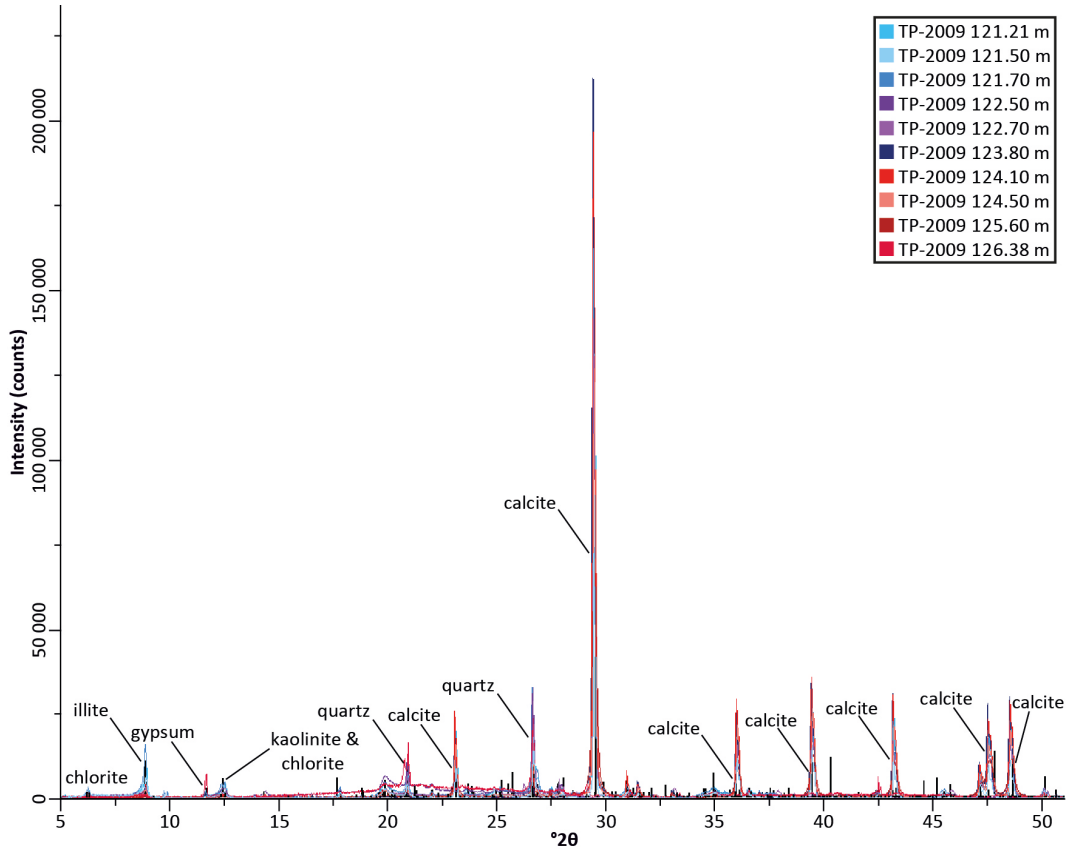


Abb. A1: Übersichts-Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 5° bis 50° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihres Prozentanteils an Baumpollen: blau = <11 % AP, violett = 26–43 % AP, rot = >69 % AP.

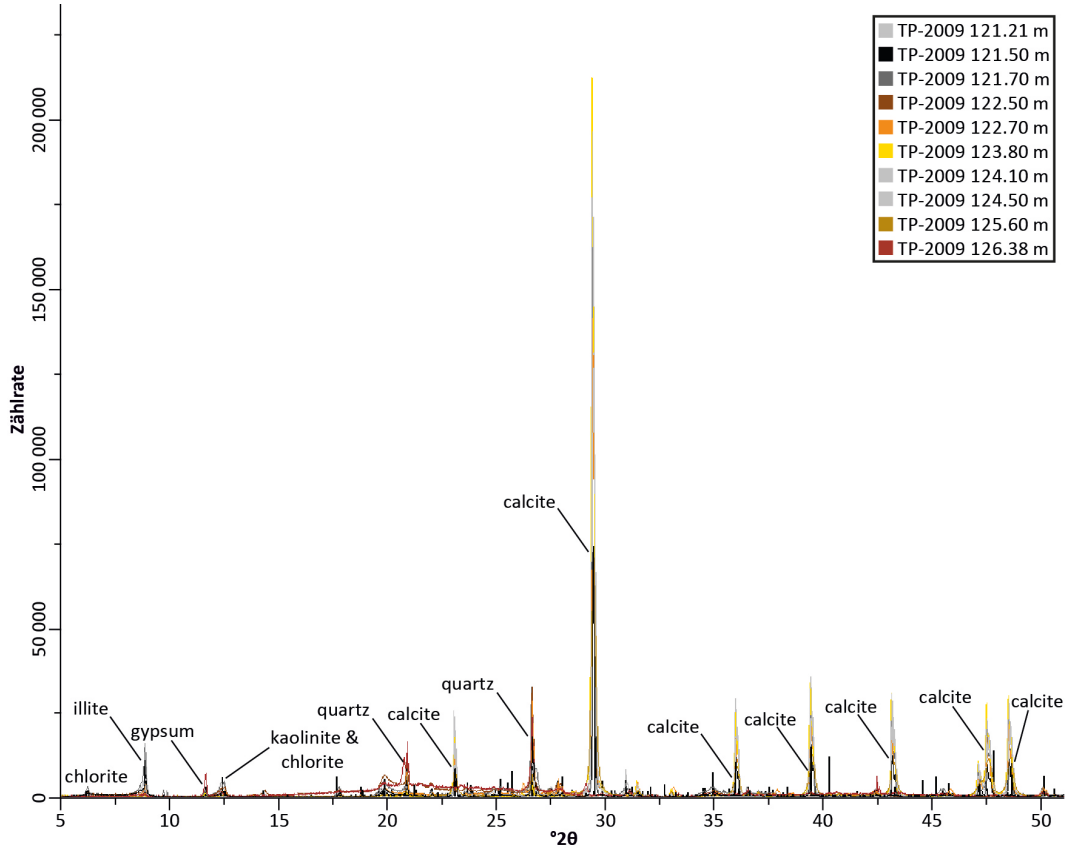


Abb. A2: Übersichts-Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 5° bis 50° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihrer Lithologie: Feinkalkmudde (Grautöne), organikreicher Ton (gelb und orange), Torf (Brauntöne).

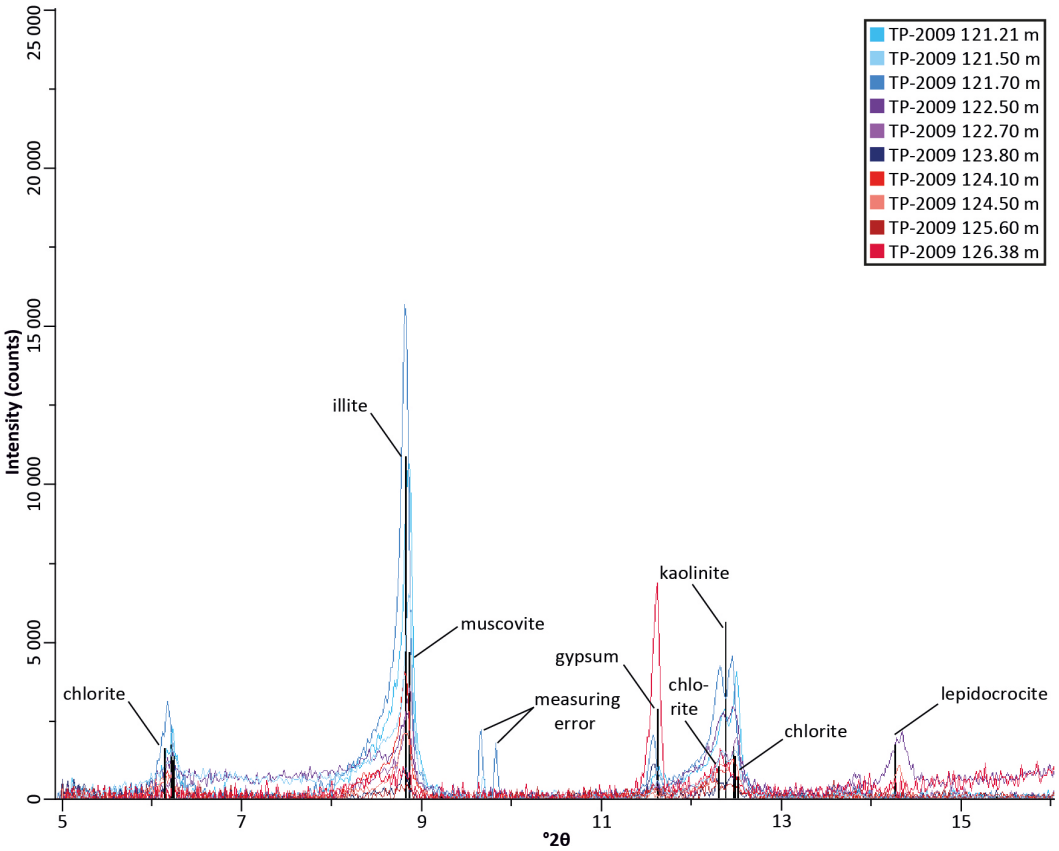


Abb. A3: Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 5° bis 15,5° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihres Prozentanteils an Baumpollen: blau = <11 % AP, violett = 26–43 % AP, rot = >69 % AP.

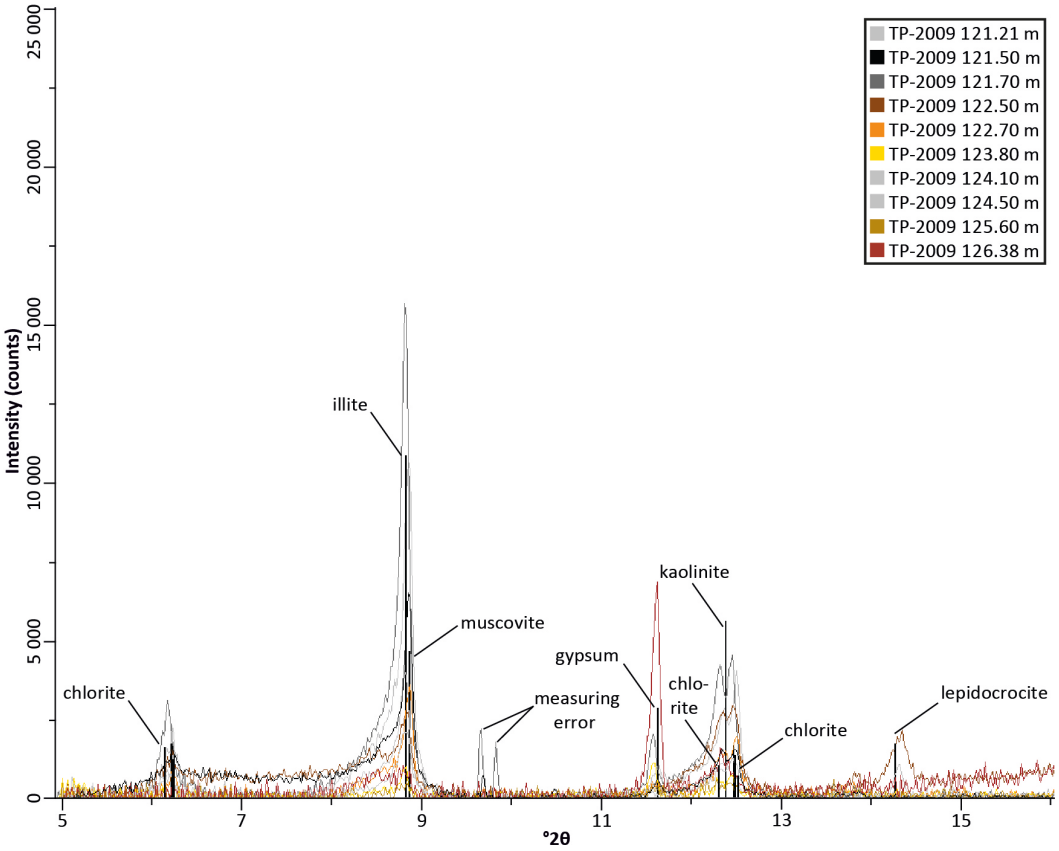


Abb. A4: Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 5° bis 15,5° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihrer Lithologie: Feinkalkmudde (Grautöne), organikreicher Ton (gelb und orange), Torf (Brauntöne).

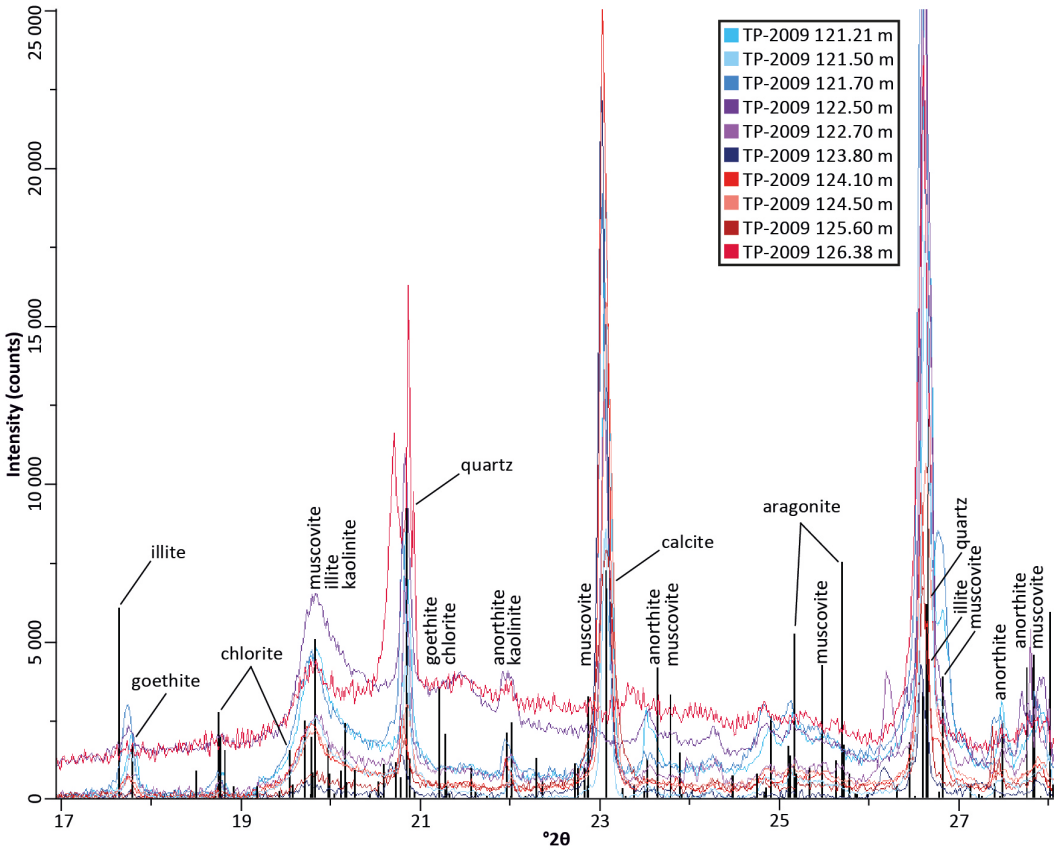


Abb. A5: Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 17° bis 27,5° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihres Prozentanteils an Baumpollen: blau = <11 % AP, violett = 26–43 % AP, rot = >69 % AP.

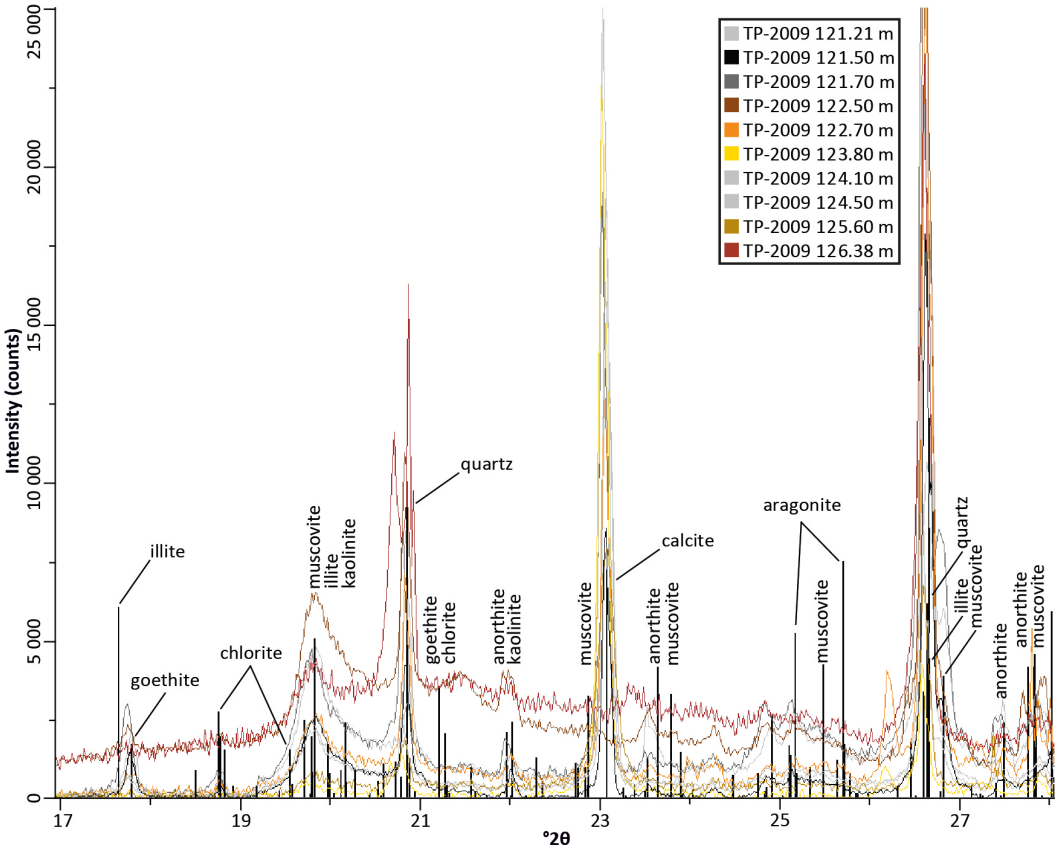


Abb. A6: Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 17° bis 27,5° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihrer Lithologie: Feinkalkmudde (Grautöne), organikreicher Ton (gelb und orange), Torf (Brauntöne).

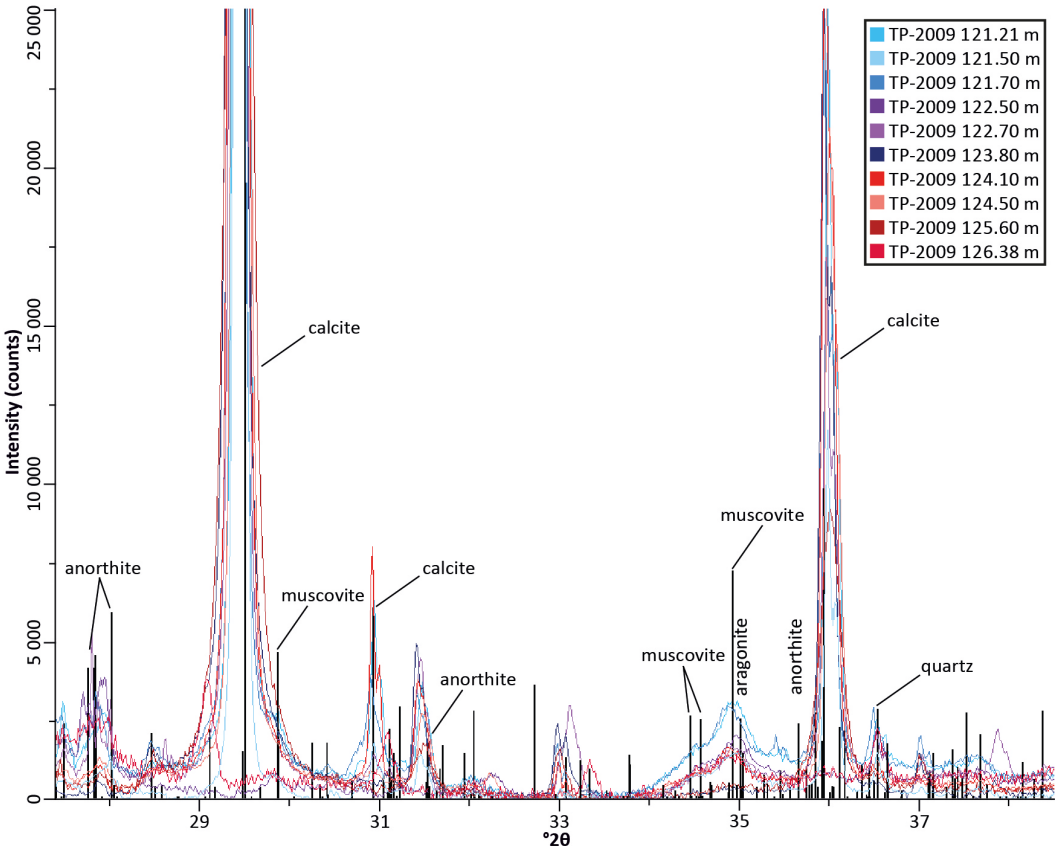


Abb. A7: Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 28,5° bis 37,5° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihres Prozentanteils an Baumpollen: blau = <11 % AP, violett = 26–43 % AP, rot = >69 % AP.

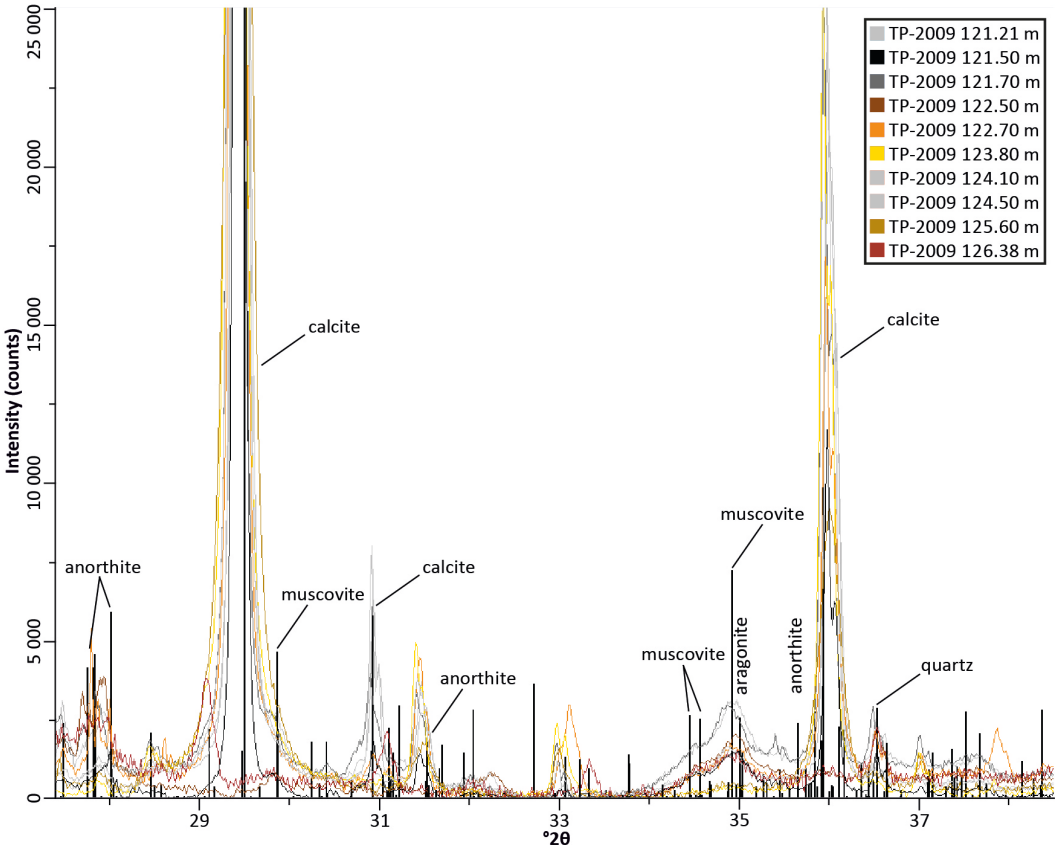


Abb. A8: Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 28,5° bis 37,5° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihrer Lithologie: Feinkalkmudde (Grautöne), organikreicher Ton (gelb und orange), Torf (Brauntöne).

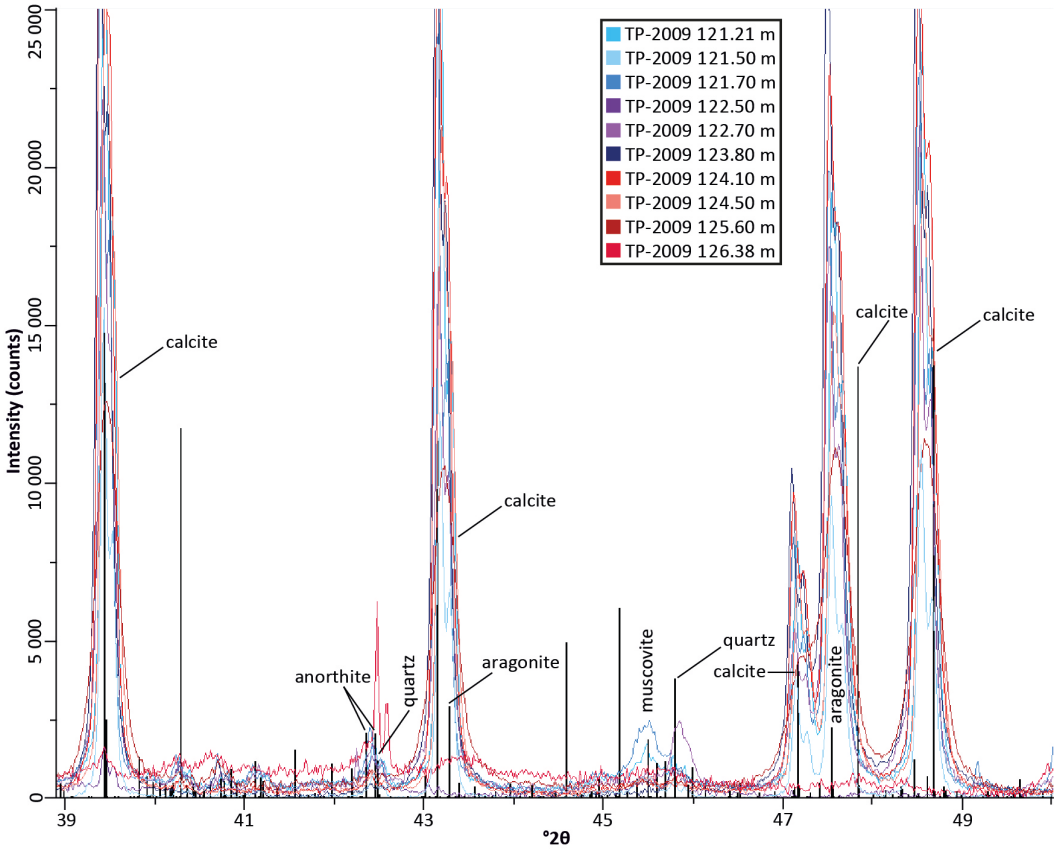


Abb. A9: Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 39° bis 49,5° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihres Prozentanteils an Baumpollen: blau = <11 % AP, violett = 26–43 % AP, rot = >69 % AP.

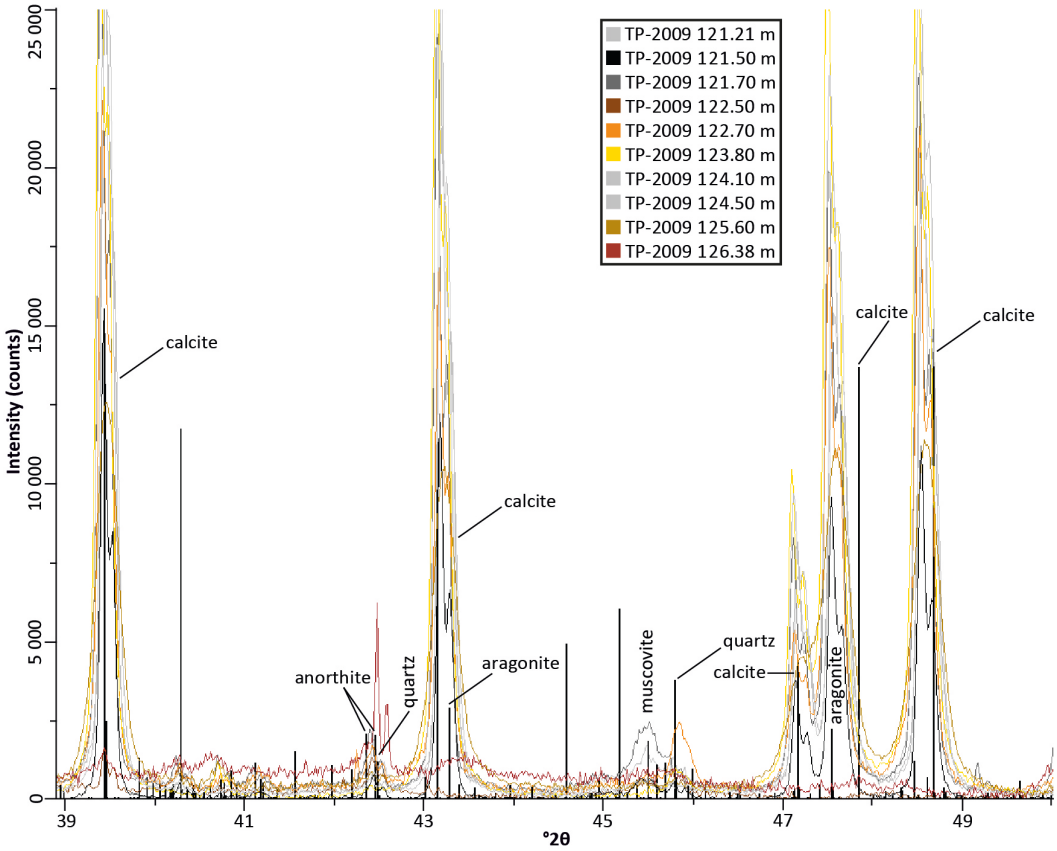


Abb. A10: Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 39° bis 49,5° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihrer Lithologie: Feinkalkmudde (Grautöne), organikreicher Ton (gelb und orange), Torf (Brauntöne).

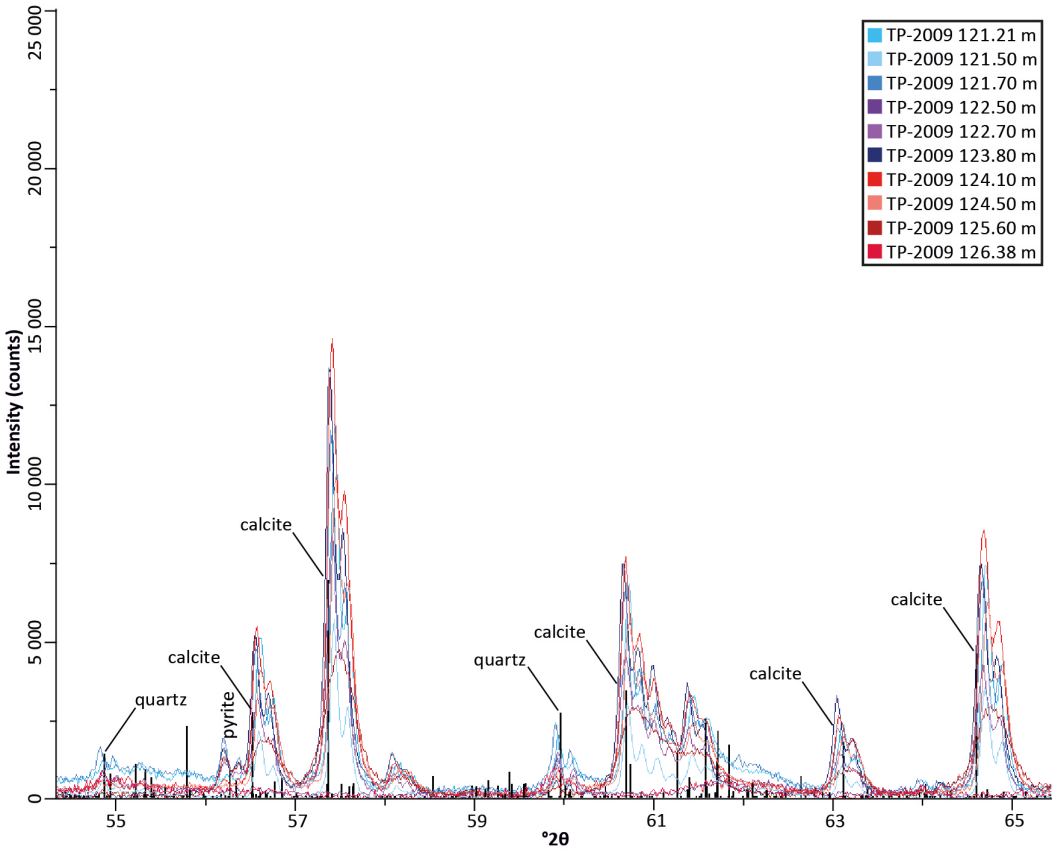


Abb. A11: Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 55° bis 65° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihres Prozentanteils an Baumpollen: blau = <11 % AP, violett = 26–43 % AP, rot = >69 % AP.

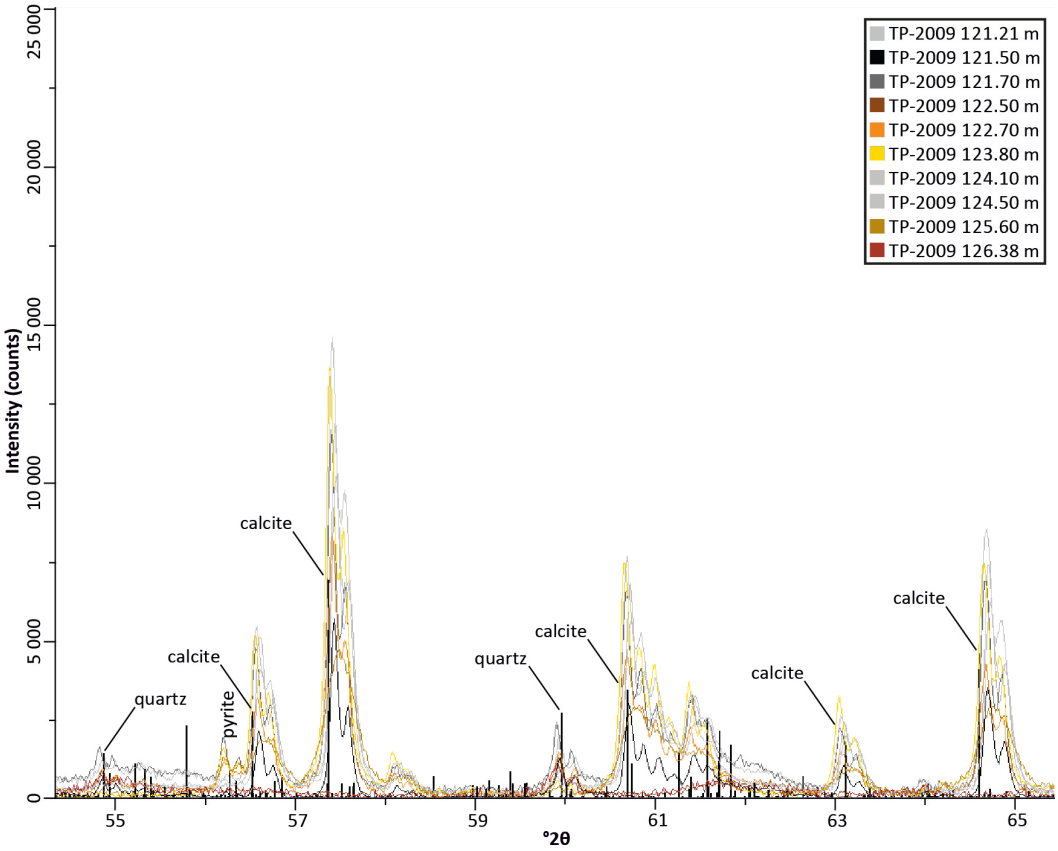


Abb. A12: Diffraktogramm der untersuchten Proben im TP-2009-Kern von 55° bis 65° 2θ, farblich gekennzeichnet anhand ihrer Lithologie: Feinkalkmudde (Grautöne), organikreicher Ton (gelb und orange), Torf (Brauntöne).

9.3 Kryptotephrochronologie

Tab. A3: Aufbereitungsliste der Tephraproben aus dem Tiefenintervall 130–115 m des TP-2009-Kerns: Gewichte, Berechnungen des Wassergehalts und des LOI 550 °C-Wertes, Säurebehandlungen mit HCl und H_2O_2, Sieben, Schweretrennung (SPT) sowie gefundene potentielle Tephragläser.

Date	Upper depth [m]	Lower depth [m]	Mean depth [m]	Sample interval [cm]	Tare weight crucible [g]	Weight crucible and wet sample [g]	Weight wet sample [g]	Weight crucible and dry sample [g]	Weight dry sample [g]	Water content [g]	Weight crucible and ashed sample [g]	Weight ashed sample [g]	LOI 550 °C anor-ganic material [%]	LOI 550 °C orga-nic material [%]	HCl	H_2O_2	Sieving (20-100 µm)	SPT		Potential tephra glass shards		Remark
																		2.0-2.5 g cm^{-3} (20-100 µm)	> 2.5 g cm^{-3} (20-100 µm)	2.0-2.5 g cm^{-3} (20-100 µm)	> 2.5 g cm^{-3} (20-100 µm)	
07.03.2016	115.00	115.10	115.05	10	105.495	145.196	39.701	117.710	12.215	**69.23**	115.609	10.114	82.80	**17.20**	yes	yes	yes	no	no		2?	no glass shard
07.03.2016	115.10	115.20	115.15	10	96.608	126.686	30.078	105.252	8.644	**71.26**	103.323	6.715	77.68	**22.32**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	115.20	115.30	115.25	10	89.090	123.317	34.227	99.250	10.160	**70.32**	97.377	8.287	81.56	**18.44**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	115.30	115.40	115.35	10	92.618	123.887	31.269	100.809	8.191	**73.80**	99.261	6.643	81.10	**18.90**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	115.40	115.50	115.45	10	104.634	135.405	30.771	113.218	8.584	**72.10**	111.735	7.101	82.72	**17.28**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	115.50	115.60	115.55	10	104.157	138.377	34.220	115.347	11.190	**67.30**	113.608	9.451	84.46	**15.54**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	115.60	115.70	115.65	10	103.971	134.078	30.107	112.194	8.223	**72.69**	110.846	6.875	83.61	**16.39**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	115.70	115.80	115.75	10	95.568	132.017	36.449	105.170	9.602	**73.66**	103.604	8.036	83.69	**16.31**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	115.80	115.90	115.85	10	89.962	122.864	32.902	98.457	8.495	**74.18**	96.322	6.360	74.87	**25.13**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	115.90	116.00	115.95	10	92.519	129.827	37.308	104.618	12.099	**67.57**	101.670	9.151	75.63	**24.37**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	116.00	116.10	116.05	10	96.543	126.867	30.324	105.784	9.241	**69.53**	103.141	6.598	71.40	**28.60**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	116.10	116.20	116.15	10	104.059	129.736	25.677	112.422	8.363	**67.43**	110.028	5.969	71.37	**28.63**	yes	yes	yes	no	no		1?	no glass shard
07.03.2016	116.20	116.30	116.25	10	90.784	132.389	41.605	104.406	13.622	**67.26**	101.090	10.306	75.66	**24.34**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	116.30	116.40	116.35	10	98.020	140.261	42.241	109.581	11.561	**72.63**	105.917	7.897	68.31	**31.69**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	116.40	116.50	116.45	10	101.395	144.482	43.087	113.987	12.592	**70.78**	108.320	6.925	55.00	**45.00**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	116.50	116.60	116.55	10	89.660	124.984	35.324	100.774	11.114	**68.54**	96.198	6.538	58.83	**41.17**	yes	yes	yes	no	no		**1**	glass shard → sub-sampling
20.06.2016	116.50	116.51	116.51	1	33.307	35.774	2.467	34.038	0.731	**70.37**	33.777	0.470	64.30	**35.70**	yes	yes	yes	no	no			
20.06.2016	116.51	116.52	116.52	1	34.355	37.102	2.747	35.157	0.802	**70.80**	34.850	0.495	61.72	**38.28**	yes	yes	yes	no	no			
20.06.2016	116.52	116.53	116.53	1	32.796	35.521	2.725	33.562	0.766	**71.89**	33.263	0.467	60.97	**39.03**	yes	yes	yes	no	no			
20.06.2016	116.53	116.54	116.54	1	33.758	35.636	1.878	34.304	0.546	**70.93**	34.110	0.352	64.47	**35.53**	yes	yes	yes	no	no			
20.06.2016	116.54	116.55	116.55	1	34.967	38.316	3.349	35.930	0.963	**71.25**	35.561	0.594	61.68	**38.32**	yes	yes	yes	no	no			
20.06.2016	116.55	116.56	116.56	1	33.316	35.880	2.564	34.081	0.765	**70.16**	33.767	0.451	58.95	**41.05**	yes	yes	yes	no	no			
20.06.2016	116.56	116.57	116.57	1	33.110	35.639	2.529	33.873	0.763	**69.83**	33.548	0.438	57.40	**42.60**	yes	yes	yes	no	no			
20.06.2016	116.57	116.58	116.58	1	33.061	35.303	2.242	33.771	0.710	**68.33**	33.464	0.403	56.76	**43.24**	yes	yes	yes	no	no			
20.06.2016	116.58	116.59	116.59	1	31.870	35.653	3.783	33.043	1.173	**68.99**	32.550	0.680	57.97	**42.03**	yes	yes	yes	no	no			
20.06.2016	116.59	116.60	116.60	1	84.892	87.610	2.718	85.724	0.832	**69.39**	85.372	0.480	57.69	**42.31**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	116.60	116.70	116.65	10	94.705	128.634	33.929	107.229	12.524	**63.09**	104.185	9.480	75.69	**24.31**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	116.70	116.80	116.75	10	94.853	140.444	45.591	107.714	12.861	**71.79**	104.939	10.086	78.42	**21.58**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	116.80	116.90	116.85	10	93.876	127.264	33.388	102.148	8.272	**75.22**	99.344	5.468	66.10	**33.90**	yes	yes	yes	no	no			
07.03.2016	116.90	117.00	116.95	10	89.231	136.192	46.961	102.213	12.982	**72.36**	93.555	4.324	33.31	**66.69**	yes	yes	yes	no	no			
08.03.2016	117.00	117.10	117.05	10	89.611	115.970	26.359	n. a.	n. a.	-	94.176	4.565	-	-	yes	yes	yes	no	no			
08.03.2016	117.10	117.20	117.15	10	87.690	122.547	34.857	n. a.	n. a.	-	94.465	6.775	-	-	yes	yes	yes	no	no			
08.03.2016	117.20	117.30	117.25	10	99.567	135.335	35.768	n. a.	n. a.	-	104.521	4.954	-	-	yes	yes	yes	no	no			
08.03.2016	117.30	117.40	117.35	10	101.189	144.367	43.178	n. a.	n. a.	-	107.462	6.273	-	-	yes	yes	yes	no	no			
08.03.2016	117.40	117.50	117.45	10	93.552	140.922	47.370	n. a.	n. a.	-	101.321	7.769	-	-	yes	yes	yes	no	no			
08.03.2016	117.50	117.60	117.55	10	94.893	147.889	52.996	n. a.	n. a.	-	107.524	12.631	-	-	yes	yes	yes	no	no			
08.03.2016	117.60	117.70	117.65	10	104.623	151.566	46.943	n. a.	n. a.	-	116.969	12.346	-	-	yes	yes	yes	no	no			
08.03.2016	117.70	117.80	117.75	10	92.560	141.445	48.885	n. a.	n. a.	-	107.620	15.060	-	-	yes	yes	yes	no	no			
08.03.2016	117.80	117.90	117.85	10	91.290	136.137	44.847	n. a.	n. a.	-	105.048	13.758	-	-	yes	yes	yes	no	no			
08.03.2016	117.90	118.00	117.95	10	84.876	119.185	34.309	n. a.	n. a.	-	90.157	5.281	-	-	yes	yes	yes	no	no			

Tab. A3: (fortgesetzt).

Date	Upper depth [m]	Lower depth [m]	Mean depth [m]	Sample interval [cm]	Tare weight crucible [g]	Weight crucible and wet sample [g]	Weight wet sample [g]	Weight crucible and dry sample [g]	Weight dry sample [g]	Water content [g]	Weight crucible and ashed sample [g]	Weight ashed sample [g]	LOI 550 °C anor-ganic material [%]	LOI 550 °C orga-nic material [%]	HCl	H_2O_2	Sieving (20-100 µm)	SPT		Potential tephra glass shards		Remark
14.03.2016	118.00	118.10	118.05	10	105.490	135.095	29.605	121.866	16.376	**44.69**	119.244	13.754	83.99	**16.01**	yes	yes	yes	no	no			
14.03.2016	118.10	118.20	118.15	10	96.599	126.233	29.634	113.100	16.501	**44.32**	109.810	13.211	80.06	**19.94**	yes	yes	yes	no	no			
14.03.2016	118.20	118.30	118.25	10	89.088	110.500	21.412	99.473	10.385	**51.50**	96.240	7.152	68.87	**31.13**	yes	yes	yes	no	no			
14.03.2016	118.30	118.40	118.35	10	92.610	117.661	25.051	102.133	9.523	**61.99**	96.956	4.346	45.64	**54.36**	yes	yes	yes	no	no			
14.03.2016	118.40	118.50	118.45	10	104.630	144.617	39.987	118.570	13.940	**65.14**	110.049	5.419	38.87	**61.13**	yes	yes	yes	no	no			
14.03.2016	118.50	118.60	118.55	10	104.157	131.494	27.337	113.099	8.942	**67.29**	106.826	2.669	29.85	**70.15**	yes	yes	yes	no	no			
14.03.2016	118.60	118.70	118.65	10	103.968	134.040	30.072	113.142	9.174	**69.49**	106.426	2.458	26.79	**73.21**	yes	yes	yes	no	no			
14.03.2016	118.70	118.80	118.75	10	95.568	123.894	28.326	104.765	9.197	**67.53**	98.210	2.642	28.73	**71.27**	yes	yes	yes	no	no			
14.03.2016	118.80	118.90	118.85	10	89.959	113.837	23.878	98.347	8.388	**64.87**	93.302	3.343	39.85	**60.15**	yes	yes	yes	no	no			
14.03.2016	118.90	119.00	118.95	10	92.515	124.897	32.382	103.008	10.493	**67.60**	95.742	3.227	30.75	**69.25**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	119.00	119.10	119.05	10	89.603	106.955	17.352	94.919	5.316	**69.36**	90.822	1.219	22.93	**77.07**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	119.10	119.20	119.15	10	87.686	113.841	26.155	96.024	8.338	**68.12**	91.044	3.358	40.27	**59.73**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	119.20	119.30	119.25	10	99.564	126.447	26.883	107.337	7.773	**71.09**	102.146	2.582	33.22	**66.78**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	119.30	119.40	119.35	10	101.187	133.236	32.049	112.502	11.315	**64.69**	108.224	7.037	62.19	**37.81**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	119.40	119.50	119.45	10	93.553	116.613	23.060	100.242	6.689	**70.99**	95.897	2.344	35.04	**64.96**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	119.50	119.60	119.55	10	94.888	119.703	24.815	101.889	7.001	**71.79**	96.427	1.539	21.98	**78.02**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	119.60	119.70	119.65	10	104.618	133.318	28.700	114.789	10.171	**64.56**	108.954	4.336	42.63	**57.37**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	119.70	119.80	119.75	10	92.564	118.306	25.742	100.466	7.902	**69.30**	94.913	2.349	29.73	**70.27**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	119.80	119.90	119.85	10	91.289	120.187	28.898	101.739	10.450	**63.84**	96.918	5.629	53.87	**46.13**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	119.90	120.00	119.95	10	84.877	119.505	34.628	100.162	15.285	**55.86**	95.969	11.092	72.57	**27.43**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	120.00	120.10	120.05	10	105.494	136.816	31.322	115.065	9.571	**69.44**	108.131	2.637	27.55	**72.45**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	120.10	120.20	120.15	10	96.596	117.153	20.557	102.489	5.893	**71.33**	97.466	0.870	14.76	**85.24**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	120.20	120.30	120.25	10	89.090	115.147	26.057	96.561	7.471	**71.33**	90.143	1.053	14.09	**85.91**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	120.30	120.40	120.35	10	92.615	129.166	36.551	103.373	10.758	**70.57**	94.237	1.622	15.08	**84.92**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	120.40	120.50	120.45	10	104.630	131.527	26.897	112.506	7.876	**70.72**	105.493	0.863	10.96	**89.04**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	120.50	120.60	120.55	10	104.152	133.164	29.012	112.321	8.169	**71.84**	105.187	1.035	12.67	**87.33**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	120.60	120.70	120.65	10	103.971	145.643	41.672	115.530	11.559	**72.26**	105.768	1.797	15.55	**84.45**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	120.70	120.80	120.75	10	95.566	138.568	43.002	108.127	12.561	**70.79**	98.206	2.640	21.02	**78.98**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	120.80	120.90	120.85	10	89.959	130.783	40.824	101.796	11.837	**71.00**	92.382	2.423	20.47	**79.53**	yes	yes	yes	no	no			
18.02.2016	120.90	121.00	120.95	10	92.516	125.164	32.648	102.224	9.708	**70.26**	94.777	2.261	23.29	**76.71**	yes	yes	yes	no	no			
16.10.2015	121.00	121.10	121.05	10	105.519	132.609	27.090	120.815	15.296	**43.54**	119.324	13.805	90.25	**9.75**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	121.10	121.20	121.15	10	96.624	122.649	26.025	112.619	15.995	**38.54**	111.461	14.837	92.76	**7.24**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	121.20	121.30	121.25	10	89.111	134.661	45.550	117.531	28.420	**37.61**	115.561	26.450	93.07	**6.93**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	121.30	121.40	121.35	10	92.637	159.678	67.041	134.979	42.342	**36.84**	132.173	39.536	93.37	**6.63**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	121.40	121.50	121.45	10	104.657	138.210	33.553	125.618	20.961	**37.53**	124.138	19.481	92.94	**7.06**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	121.50	121.60	121.55	10	104.183	159.521	55.338	139.267	35.084	**36.60**	137.015	32.832	93.58	**6.42**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	121.60	121.70	121.65	10	103.998	169.219	65.221	144.158	40.160	**38.42**	141.520	37.522	93.43	**6.57**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	121.70	121.80	121.75	10	95.592	157.288	61.696	133.662	38.070	**38.29**	131.152	35.560	93.41	**6.59**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	121.80	121.90	121.85	10	89.980	137.581	47.601	118.757	28.777	**39.55**	116.444	26.464	91.96	**8.04**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	121.90	122.00	121.95	10	92.538	133.965	41.427	116.851	24.313	**41.31**	113.942	21.404	88.04	**11.96**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	122.00	122.10	122.05	10	96.559	143.982	47.423	112.829	16.270	**65.69**	103.581	7.022	43.16	**56.84**	yes	yes	yes	yes	yes			

Tab. A3: (fortgesetzt).

Date	Upper depth [m]	Lower depth [m]	Mean depth [m]	Sample interval [cm]	Tare weight crucible [g]	Weight crucible and wet sample [g]	Weight wet sample [g]	Weight crucible and dry sample [g]	Weight dry sample [g]	Water content [g]	Weight crucible and ashed sample [g]	Weight ashed sample [g]	LOI 550 °C anor-ganic material [%]	LOI 550 °C orga-nic material [%]	HCl	H_2O_2	Sieving (20-100 µm)	SPT		Potential tephra glass shards		Remark
16.10.2015	122.10	122.20	122.15	10	104.079	163.028	58.949	123.398	19.319	**67.23**	111.133	7.054	36.51	**63.49**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	122.20	122.30	122.25	10	90.801	123.998	33.197	101.859	11.058	**66.69**	94.278	3.477	31.44	**68.56**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	122.30	122.40	122.35	10	98.043	119.968	21.925	105.318	7.275	**66.82**	100.023	1.980	27.22	**72.78**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	122.40	122.50	122.45	10	101.413	124.430	23.017	108.740	7.327	**68.17**	103.241	1.828	24.95	**75.05**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	122.50	122.60	122.55	10	89.677	118.358	28.681	100.540	10.863	**62.12**	94.667	4.990	45.94	**54.06**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	122.60	122.70	122.65	10	94.708	130.714	36.006	111.574	16.866	**53.16**	105.817	11.109	65.87	**34.13**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	122.70	122.80	122.75	10	94.876	130.713	35.837	113.660	18.784	**47.58**	109.506	14.630	77.89	**22.11**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	122.80	122.90	122.85	10	93.898	123.963	30.065	108.047	14.149	**52.94**	104.577	10.679	75.48	**24.52**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	122.90	123.00	122.95	10	89.252	117.773	28.521	99.081	9.829	**65.54**	92.977	3.725	37.90	**62.10**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	123.00	123.10	123.05	10	89.634	108.479	18.845	95.475	5.841	**69.01**	92.202	2.568	43.97	**56.03**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	123.10	123.20	123.15	10	87.706	110.925	23.219	94.926	7.220	**68.90**	91.618	3.912	54.18	**45.82**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	123.20	123.30	123.25	10	99.585	137.102	37.517	120.034	20.449	**45.49**	117.896	18.311	89.54	**10.46**	yes	yes	yes	yes	yes	2?	2?	no glass shard
16.10.2015	123.30	123.40	123.35	10	101.206	128.368	27.162	113.845	12.639	**53.47**	111.076	9.870	78.09	**21.91**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	123.40	123.50	123.45	10	93.575	133.450	39.875	116.867	23.292	**41.59**	114.285	20.710	88.91	**11.09**	yes	yes	yes	yes	yes	1?		no glass shard
16.10.2015	123.50	123.60	123.55	10	94.909	127.805	32.896	111.670	16.761	**49.05**	109.517	14.608	87.15	**12.85**	yes	yes	yes	yes	yes			
16.10.2015	123.60	123.70	123.65	10	104.638	135.711	31.073	118.705	14.067	**54.73**	115.860	11.222	79.78	**20.22**	yes	yes	yes	yes	yes		1?	no glass shard
16.10.2015	123.70	123.80	123.75	10	92.580	128.469	35.889	110.026	17.446	**51.39**	107.211	14.631	83.86	**16.14**	yes	yes	yes	yes	yes	1?	1?	no glass shard
16.10.2015	123.80	123.90	123.85	10	91.307	123.672	32.365	105.340	14.033	**56.64**	102.031	10.724	76.42	**23.58**	yes	yes	yes	yes	yes		1?	no glass shard
16.10.2015	123.90	124.00	123.95	10	84.898	107.525	22.627	91.278	6.380	**71.80**	85.889	0.991	15.53	**84.47**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	124.00	124.10	124.05	10	105.537	148.956	43.419	133.445	27.908	**35.72**	131.971	26.434	94.72	**5.28**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	124.10	124.20	124.15	10	96.620	156.061	59.441	135.189	38.569	**35.11**	133.189	36.569	94.81	**5.19**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	124.20	124.30	124.25	10	89.118	130.869	41.751	116.614	27.496	**34.14**	115.102	25.984	94.50	**5.50**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	124.30	124.40	124.35	10	92.637	139.422	46.785	123.142	30.505	**34.80**	121.455	28.818	94.47	**5.53**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	124.40	124.50	124.45	10	104.654	158.673	54.019	139.780	35.126	**34.97**	137.737	33.083	94.18	**5.82**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	124.50	124.60	124.55	10	104.183	155.565	51.382	137.671	33.488	**34.83**	135.717	31.534	94.17	**5.83**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	124.60	124.70	124.65	10	103.996	141.651	37.655	128.479	24.483	**34.98**	127.074	23.078	94.26	**5.74**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	124.70	124.80	124.75	10	95.589	139.862	44.273	124.165	28.576	**35.46**	122.554	26.965	94.36	**5.64**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	124.80	124.90	124.85	10	89.979	142.684	52.705	123.896	33.917	**35.65**	121.953	31.974	94.27	**5.73**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	124.90	125.00	124.95	10	92.537	139.791	47.254	123.353	30.816	**34.79**	121.418	28.881	93.72	**6.28**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	125.00	125.10	125.05	10	96.560	116.331	19.771	102.154	5.594	**71.71**	97.735	1.175	21.00	**79.00**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	125.10	125.20	125.15	10	104.082	133.084	29.002	117.910	13.828	**52.32**	115.527	11.445	82.77	**17.23**	yes	yes	yes	yes	yes	1?		no glass shard
23.10.2015	125.20	125.30	125.25	10	90.805	126.633	35.828	107.955	17.150	**52.13**	105.186	14.381	83.85	**16.15**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	125.30	125.40	125.35	10	98.042	119.276	21.234	106.424	8.382	**60.53**	105.080	7.038	83.97	**16.03**	yes	yes	yes	yes	yes			
23.10.2015	125.40	125.50	125.45	10	101.415	120.424	19.009	108.279	6.864	**63.89**	107.214	5.799	84.48	**15.52**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	125.50	125.60	125.55	10	105.637	129.220	23.583	113.385	7.748	**67.15**	111.363	5.726	73.90	**26.10**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	125.60	125.70	125.65	10	96.628	120.800	24.172	103.511	6.883	**71.52**	98.693	2.065	30.00	**70.00**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	125.70	125.80	125.75	10	89.103	108.229	19.126	94.157	5.054	**73.58**	90.063	0.960	18.99	**81.01**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	125.80	125.90	125.85	10	92.651	112.130	19.479	97.975	5.324	**72.67**	93.500	0.849	15.95	**84.05**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	125.90	126.00	125.95	10	104.810	129.397	24.587	117.198	12.388	**49.62**	115.147	10.337	83.44	**16.56**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	126.00	126.10	126.05	10	104.200	128.673	24.473	111.819	7.619	**68.87**	107.699	3.499	45.92	**54.08**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	126.10	126.20	126.15	10	104.012	123.074	19.062	109.155	5.143	**73.02**	104.871	0.859	16.70	**83.30**	yes	yes	yes	yes	yes			

Tab. A3: (fortgesetzt).

Date	Upper depth [m]	Lower depth [m]	Mean depth [m]	Sample interval [cm]	Tare weight crucible [g]	Weight crucible and wet sample [g]	Weight wet sample [g]	Weight crucible and dry sample [g]	Weight dry sample [g]	Water content [g]	Weight crucible and ashed sample [g]	Weight ashed sample [g]	LOI 550 °C anor-ganic material [%]	LOI 550 °C orga-nic material [%]	HCl	H_2O_2	Sieving (20-100 µm)	SPT		Potential tephra glass shards		Remark
29.10.2015	126.20	126.30	126.25	10	95.654	122.543	26.889	102.861	7.207	**73.20**	96.847	1.193	16.55	**83.45**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	126.30	126.40	126.35	10	89.983	108.817	18.834	95.853	5.870	**68.83**	91.129	1.146	19.52	**80.48**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	126.40	126.50	126.45	10	92.553	114.870	22.317	99.844	7.291	**67.33**	95.378	2.825	38.75	**61.25**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	126.50	126.60	126.55	10	96.592	128.702	32.110	106.546	9.954	**69.00**	102.070	5.478	55.03	**44.97**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	126.60	126.70	126.65	10	104.090	132.864	28.774	113.499	9.409	**67.30**	110.785	6.695	71.16	**28.84**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	126.70	126.80	126.75	10	90.896	122.803	31.907	101.982	11.086	**65.26**	99.084	8.188	73.86	**26.14**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	126.80	126.90	126.85	10	98.046	132.544	34.498	109.516	11.470	**66.75**	105.538	7.492	65.32	**34.68**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	126.90	127.00	126.95	10	101.416	136.246	34.830	113.458	12.042	**65.43**	109.459	8.043	66.79	**33.21**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	127.00	127.10	127.05	10	89.674	108.462	18.788	95.373	5.699	**69.67**	90.818	1.144	20.07	**79.93**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	127.10	127.20	127.15	10	94.733	120.321	25.588	102.652	7.919	**69.05**	96.812	2.079	26.25	**73.75**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	127.20	127.30	127.25	10	94.896	112.280	17.384	100.114	5.218	**69.98**	96.355	1.459	27.96	**72.04**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	127.30	127.40	127.35	10	93.998	113.447	19.449	100.470	6.472	**66.72**	96.482	2.484	38.38	**61.62**	yes	yes	yes	yes	yes		1?	no glass shard
29.10.2015	127.40	127.50	127.45	10	89.335	119.836	30.501	98.186	8.851	**70.98**	96.013	6.678	75.45	**24.55**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	127.50	127.60	127.55	10	89.650	122.133	32.483	98.553	8.903	**72.59**	96.366	6.716	75.44	**24.56**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	127.60	127.70	127.65	10	87.748	111.230	23.482	94.661	6.913	**70.56**	92.990	5.242	75.83	**24.17**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	127.70	127.80	127.75	10	99.618	128.826	29.208	108.905	9.287	**68.20**	107.017	7.399	79.67	**20.33**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	127.80	127.90	127.85	10	101.213	136.132	34.919	112.436	11.223	**67.86**	108.692	7.479	66.64	**33.36**	yes	yes	yes	yes	yes			
29.10.2015	127.90	128.00	127.95	10	93.586	136.548	42.962	108.713	15.127	**64.79**	101.272	7.686	50.81	**49.19**	yes	yes	yes	yes	yes			
15.02.2016	128.00	128.10	128.05	10	105.498	136.078	30.580	118.631	13.133	**57.05**	113.010	7.512	57.20	**42.80**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	128.10	128.20	128.15	10	96.604	129.423	32.819	111.191	14.587	**55.55**	105.621	9.017	61.82	**38.18**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	128.20	128.30	128.25	10	89.091	118.839	29.748	102.677	13.586	**54.33**	97.645	8.554	62.96	**37.04**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	128.30	128.40	128.35	10	92.617	125.024	32.407	105.354	12.737	**60.70**	98.878	6.261	49.16	**50.84**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	128.40	128.50	128.45	10	104.634	150.017	45.383	119.760	15.126	**66.67**	109.903	5.269	34.83	**65.17**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	128.50	128.60	128.55	10	104.161	161.631	57.470	123.527	19.366	**66.30**	111.851	7.690	39.71	**60.29**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	128.60	128.70	128.65	10	103.974	131.532	27.558	112.927	8.953	**67.51**	106.868	2.894	32.32	**67.68**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	128.70	128.80	128.75	10	95.573	124.750	29.177	105.306	9.733	**66.64**	98.652	3.079	31.63	**68.37**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	128.80	128.90	128.85	10	89.963	120.556	30.593	99.957	9.994	**67.33**	93.017	3.054	30.56	**69.44**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	128.90	129.00	128.95	10	92.522	138.369	45.847	116.431	23.909	**47.85**	112.317	19.795	82.79	**17.21**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	129.00	129.10	129.05	10	96.548	149.341	52.793	128.265	31.717	**39.92**	125.098	28.550	90.01	**9.99**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	129.10	129.20	129.15	10	104.064	140.083	36.019	122.834	18.770	**47.89**	119.207	15.143	80.68	**19.32**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	129.20	129.30	129.25	10	90.790	136.316	45.526	113.189	22.399	**50.80**	109.002	18.212	81.31	**18.69**	yes	yes	yes	no	no		1?	no glass shard
15.02.2016	129.30	129.40	129.35	10	98.023	126.625	28.602	108.462	10.439	**63.50**	103.177	5.154	49.37	**50.63**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	129.40	129.50	129.45	10	101.398	125.462	24.064	108.582	7.184	**70.15**	102.719	1.321	18.39	**81.61**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	129.50	129.60	129.55	10	89.658	114.402	24.744	100.246	10.588	**57.21**	96.650	6.992	66.04	**33.96**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	129.60	129.70	129.65	10	94.708	120.573	25.865	106.040	11.332	**56.19**	103.692	8.984	79.28	**20.72**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	129.70	129.80	129.75	10	94.857	127.303	32.446	106.411	11.554	**64.39**	103.395	8.538	73.90	**26.10**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	129.80	129.90	129.85	10	93.880	136.789	42.909	110.976	17.096	**60.16**	106.862	12.982	75.94	**24.06**	yes	yes	yes	no	no			
15.02.2016	129.90	130.00	129.95	10	89.236	116.866	27.630	99.024	9.788	**64.57**	96.890	7.654	78.20	**21.80**	yes	yes	yes	no	no			

9.4 Magnetostratigraphie

Die paläomagnetischen Werte jeder untersuchten Probe des Tiefenintervalls 129,90–121,00 m von TP-2009 sind auf dem beigefügten Datenträger zu finden.

Tab. A4: Paläomagnetischen Daten aus dem Tiefenintervall 130–121 m des TP-2009-Kerns: Natürliche remanente Magnetisierung (NRM), Inklination der charakteristischen Remanentmagnetisierung, maximale Winkelabweichung und Polarität. Die farbliche Kodierung entspricht normaler (schwarz) und inverser (weiß) Polarität. Graue Felder repräsentieren Proben ohne eindeutiges paläomagnetisches Signal.

Depth [m]	NRM [A m^{-1}]	ChRM inclination [°]	MAD [°]	Polarity	Depth [m]	NRM [A m^{-1}]	ChRM inclination [°]	MAD [°]	Polarity
121.00	345.0E-6	-53.8	11.6		127.10	266.0E-6	-71.1	29.7	
121.21	10.5E-3	72.0	1.3		127.20	32.7E-6	12.4	28.9	
121.70	6.7E-3	54.7	1.7		127.30	71.0E-6	26.4	32.9	
122.20	22.1E-6	-20.1	18.1		127.40	22.8E-6	-75.8	12.4	
122.70	3.2E-3	50.7	2.6		127.51	23.3E-6	10.1	26.2	
123.20	79.2E-6	-40.8	33.7		127.63	111.0E-6	-57.4	35.8	
123.70	5.6E-3	64.9	0.4		127.70	79.9E-6	17.5	23.6	
124.18	738.0E-6	-51.7	13.6		127.80	26.3E-6	35.9	22.4	
124.30	14.6E-3	52.4	2.4		127.90	3.4E-6	52.1	25.5	
124.50	53.9E-6	1.6	16.7		128.00	84.3E-6	13.1	27.2	
124.70	14.5E-3	61.0	1.6		128.10	51.6E-6	61.5	12.9	
124.80	12.7E-3	48.2	1.5		128.20	136.0E-6	58.0	5.9	
125.00	19.1E-6	-53.9	20.0		128.30	641.0E-6	7.0	5.4	
125.10	159.0E-6	-13.4	26.9		128.40	15.1E-6	51.2	41.7	
125.20	3.8E-3	53.1	2.2		128.50	28.6E-6	56.4	20.3	
125.30	101.0E-6	-34.4	18.5		128.60	17.8E-6	33.2	34.5	
125.45	172.0E-6	0.6	18.2		128.70	63.1E-6	36.9	20.8	
125.60	45.2E-6	-14.5	16.6		128.80	48.1E-6	34.7	20.8	
125.70	73.1E-6	12.4	32.7		128.90	79.6E-6	21.5	13.4	
125.80	46.9E-6	52.7	30.3		128.97	2.1E-3	16.2	27.0	
125.90	17.2E-6	5.7	20.0		129.00	1.2E-3	-36.4	5.0	
126.00	30.4E-6	16.7	36.4		129.10	9.7E-6	-68.0	2.6	
126.12	68.4E-6	72.3	35.7		129.20	39.9E-6	-48.6	20.9	
126.20	62.4E-6	11.3	29.7		129.30	52.2E-6	-32.4	13.2	
126.28	128.0E-6	1.7	12.6		129.40	9.2E-6	65.7	27.5	
126.38	7.4E-6	60.6	34.6		129.52	239.0E-6	17.0	13.5	
126.47	1.4E-3	52.6	3.8		129.60	92.1E-6	60.9	5.4	
126.60	89.2E-6	-12.1	35.3		129.70	26.0E-6	70.0	23.2	
126.71	331.0E-6	46.8	15.6		129.80	11.1E-6	-25.4	36.5	
126.80	43.8E-6	10.3	25.9		129.90	1.5E-3	-47.6	16.4	
127.02	78.7E-6	13.0	27.3						

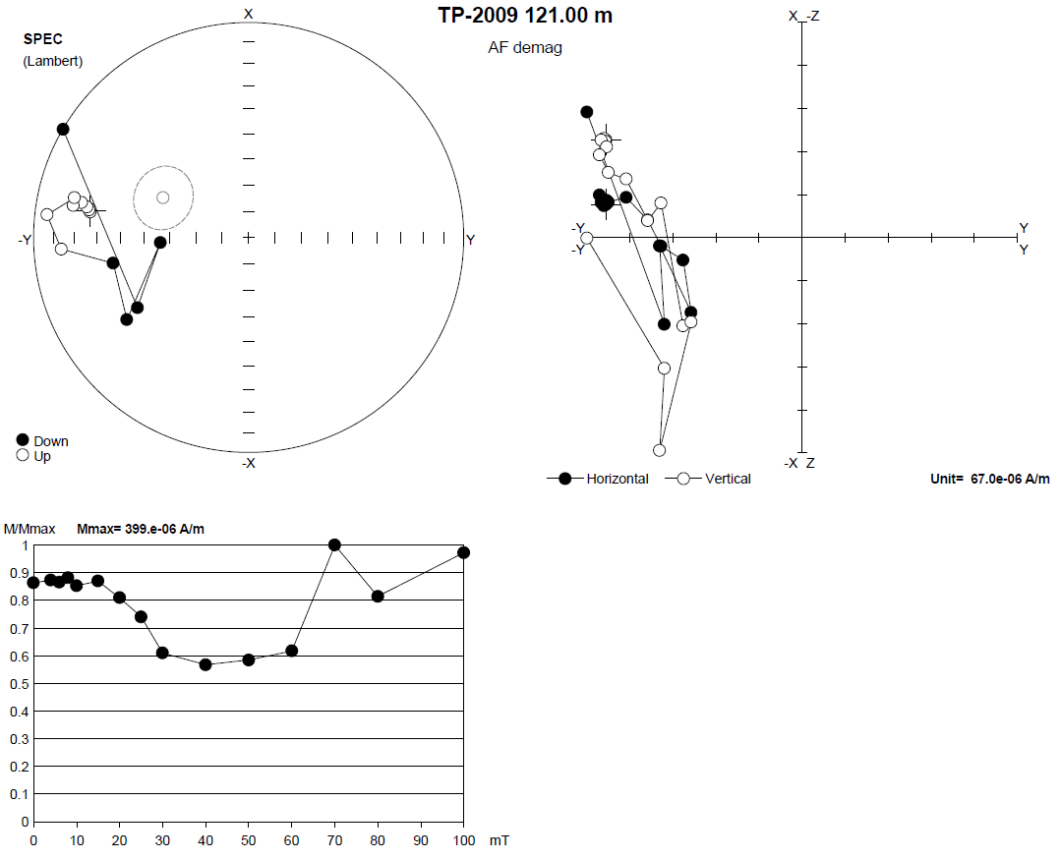


Abb. A13: Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 121,00 m. Oben links: Darstellung der Werte in der Lambert'schen Azimutalprojektion. Punkte projizieren Endpunkte des Magnetisierungsvektors (gefüllt = unten, leer = oben). Graue Punkte entsprechen der Richtung der ChRM aus den gewählten Schritten 10 mT bis 30 mT. Gestrichelte graue Kreise stellen die MAD der ChRM dar. Oben rechts: Darstellung der Werte im Zijderveld-Entmagnetisierungsdiagramm. Punkte projizieren Endpunkte des Magnetisierungsvektors (gefüllt = Projektion auf der horizontalen Fläche, leer = Projektion auf der vertikalen Fläche). Unten links: Abnahme der Intensität (Y-Achse) des Wechselfelds (X-Achse). X = Norden, Y = Osten und Z = Unten im mathematischen Rechtssystem.

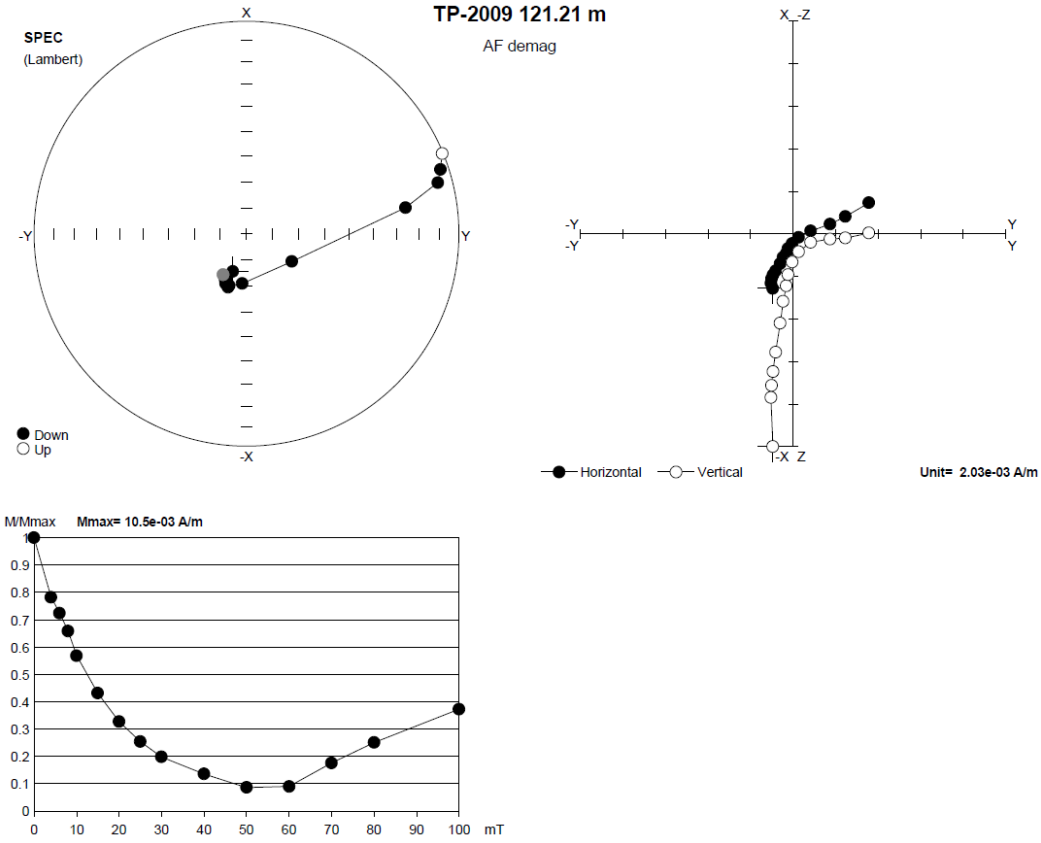


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 121,21 m).

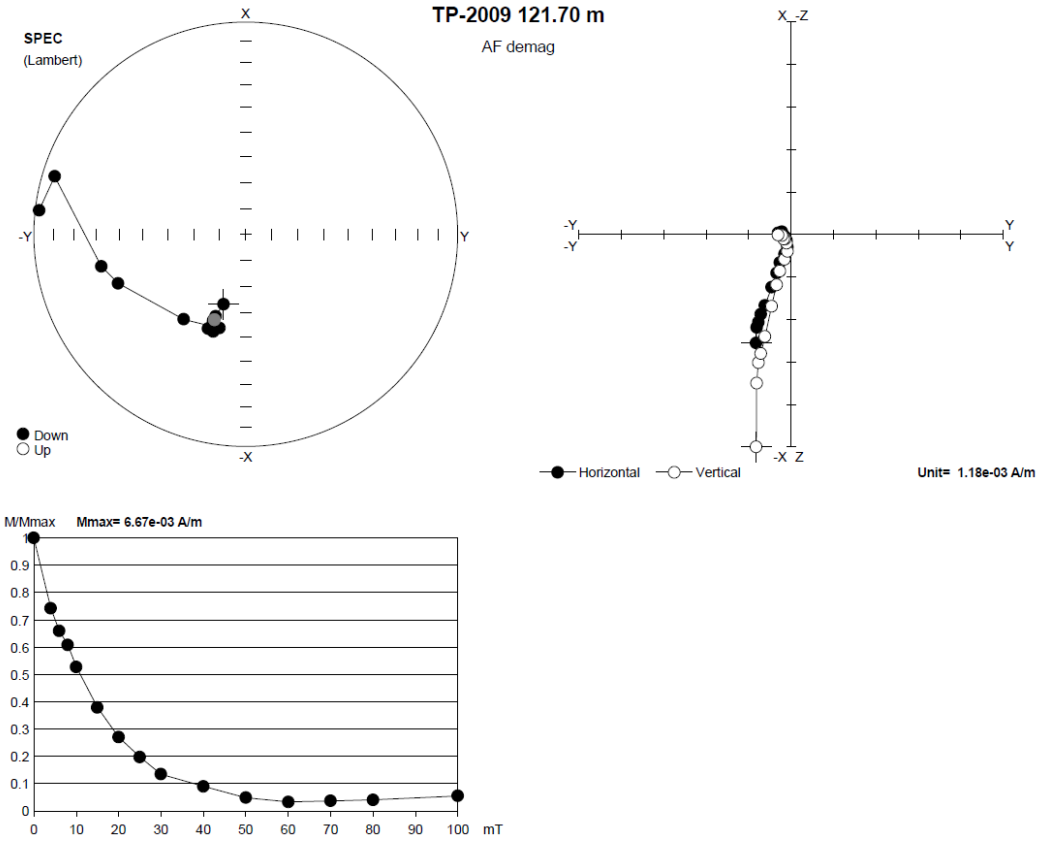


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 121,70 m).

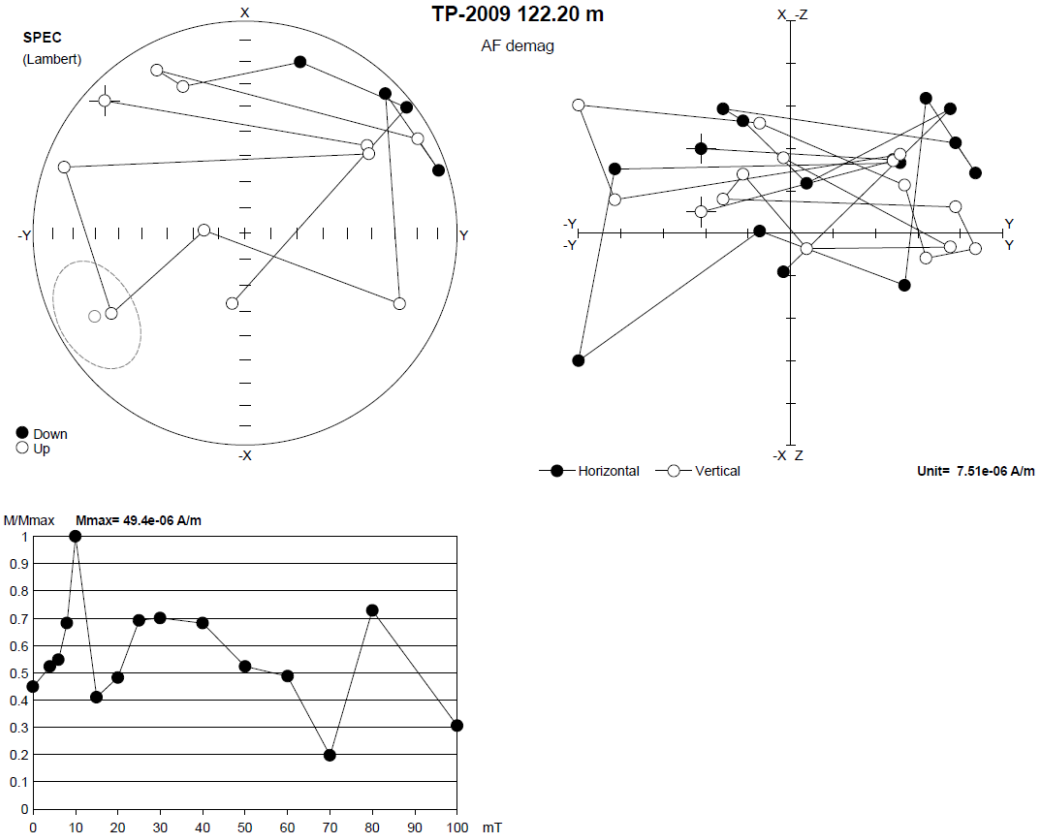


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 122,20 m).

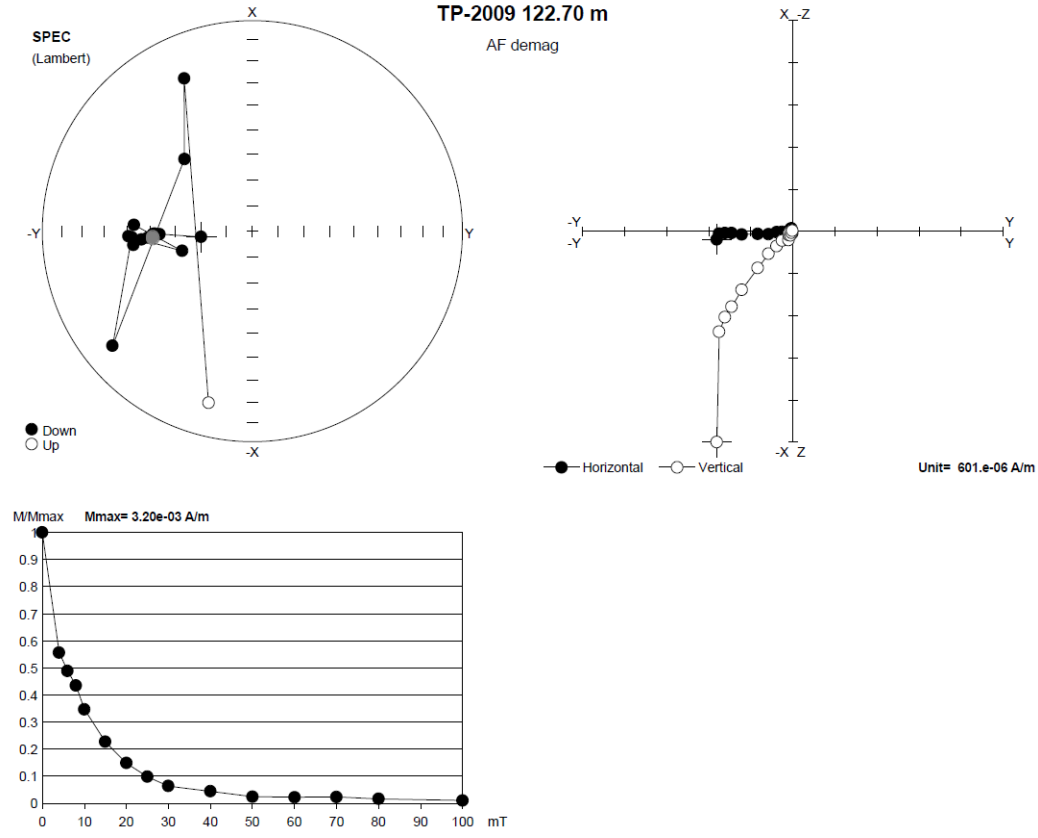


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 122,70 m).

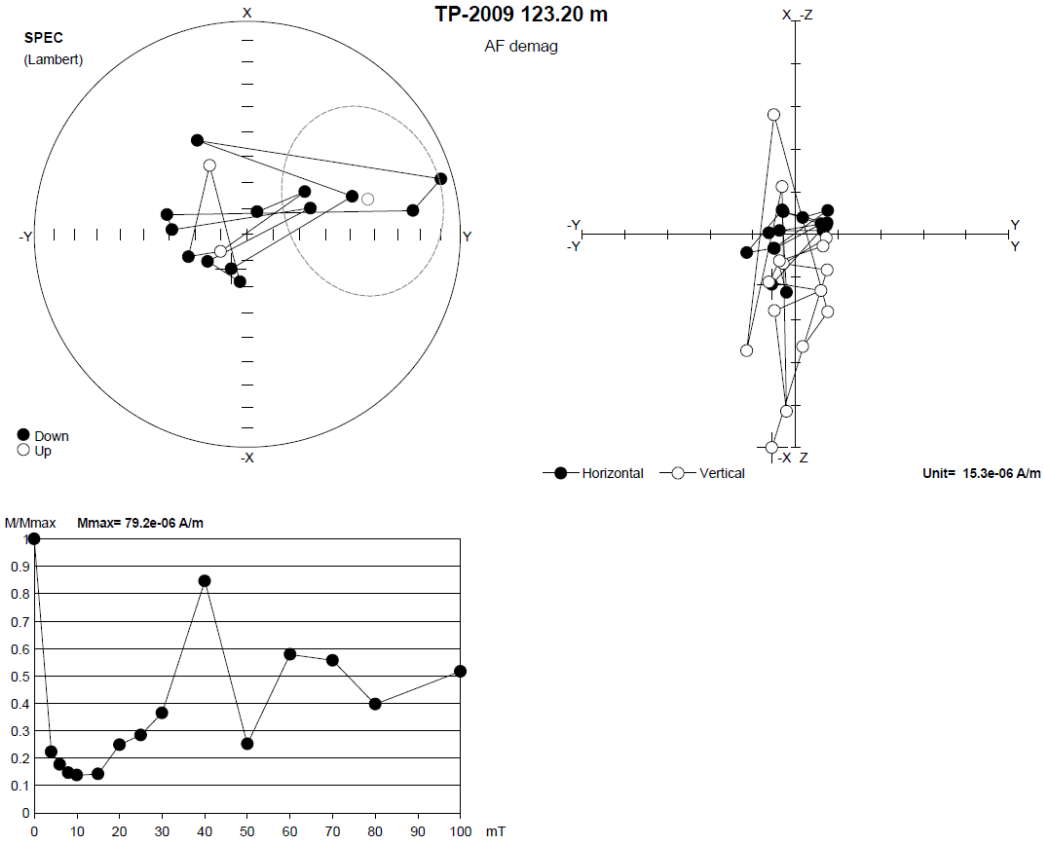


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 123,20 m).

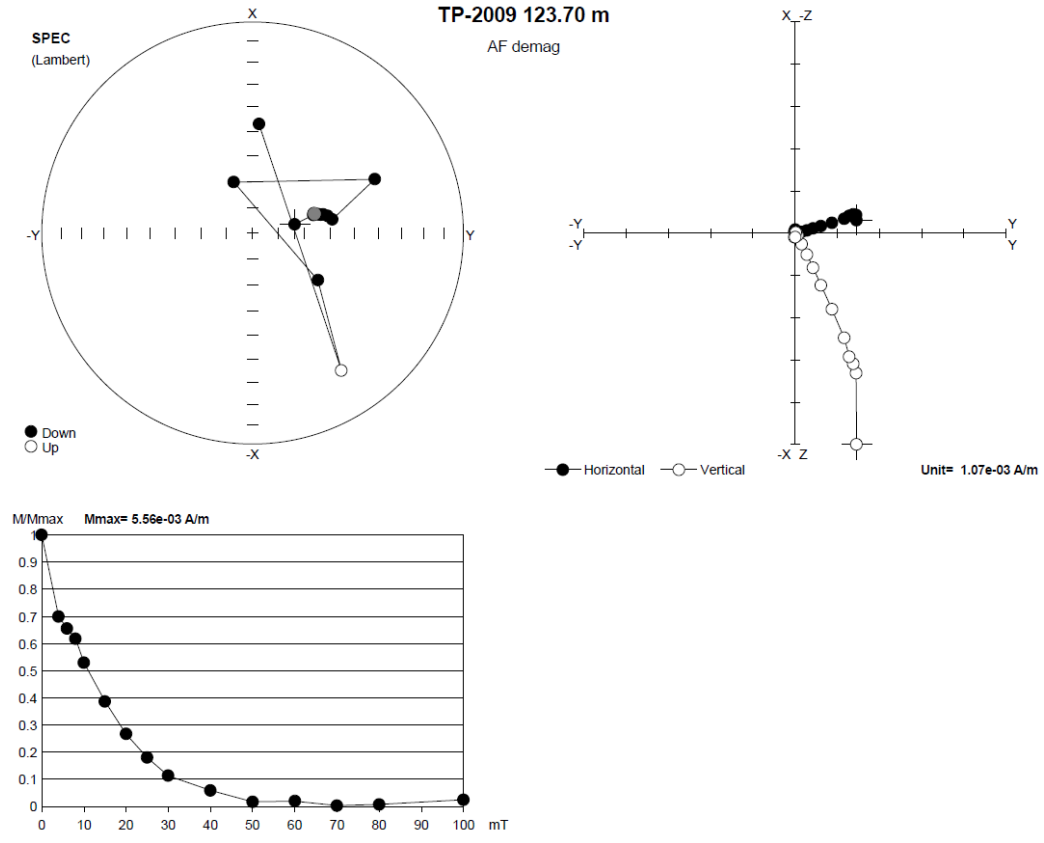


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 123,70 m).

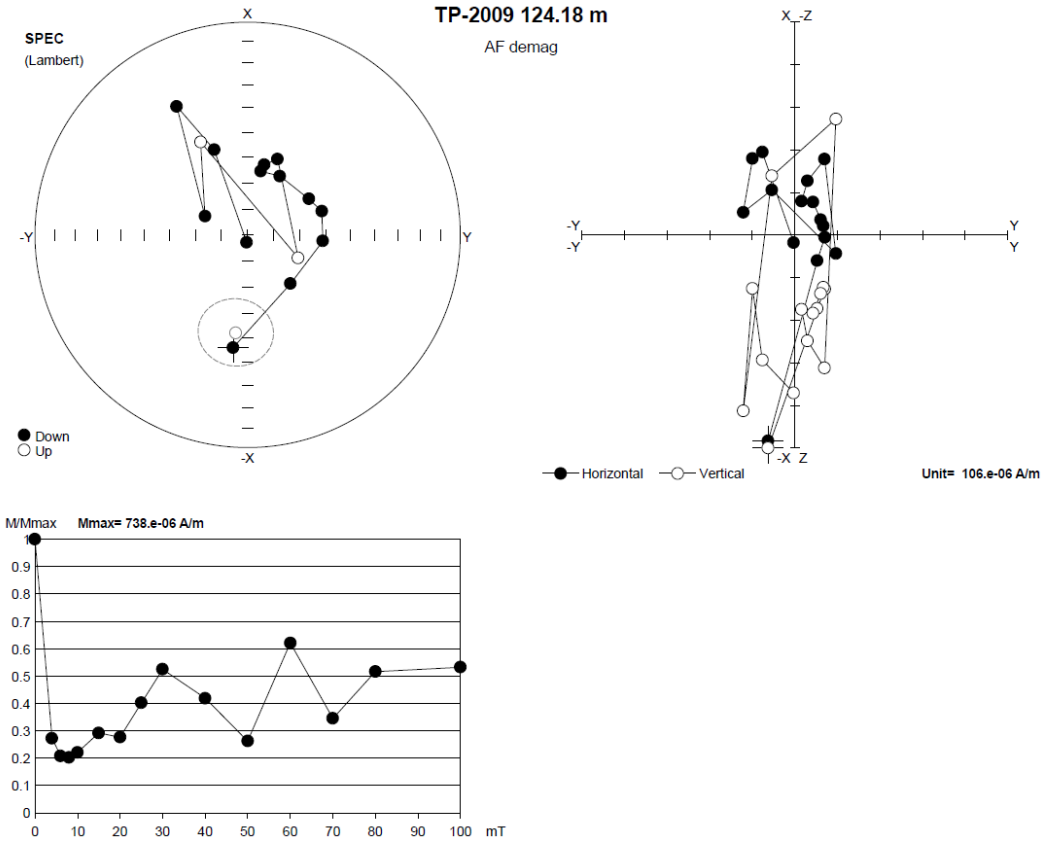


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 124,18 m).

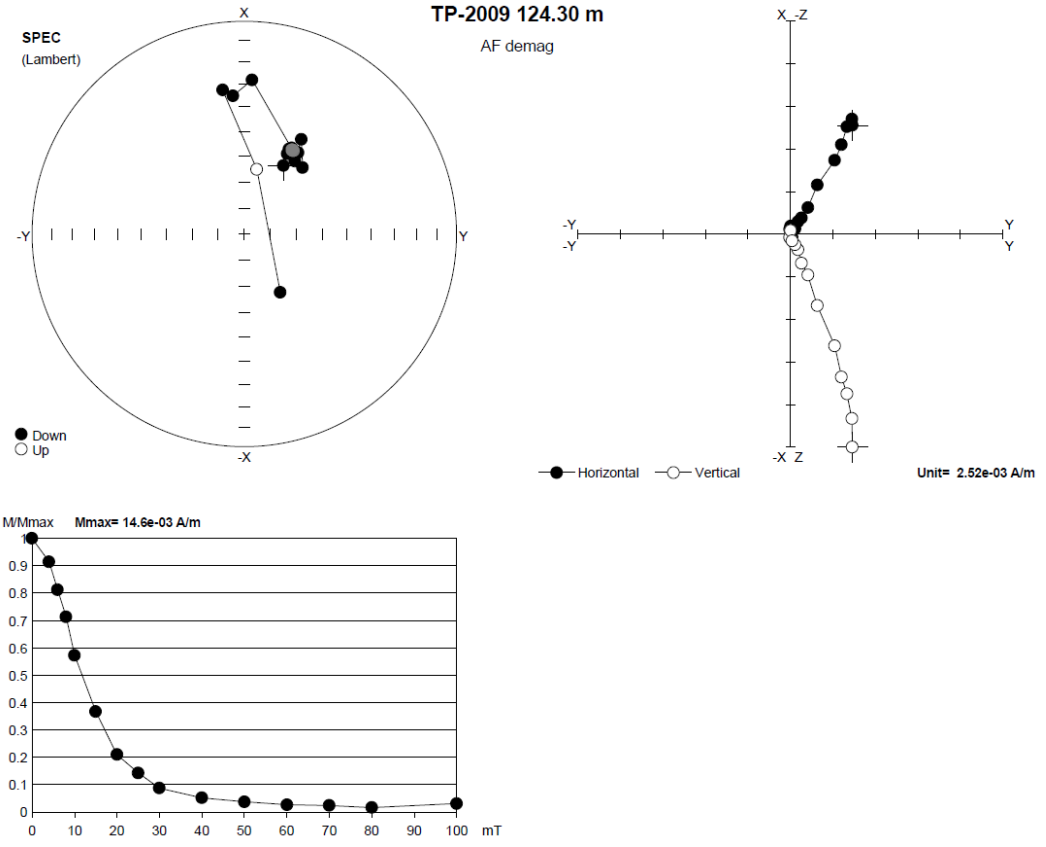


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 124,30 m).

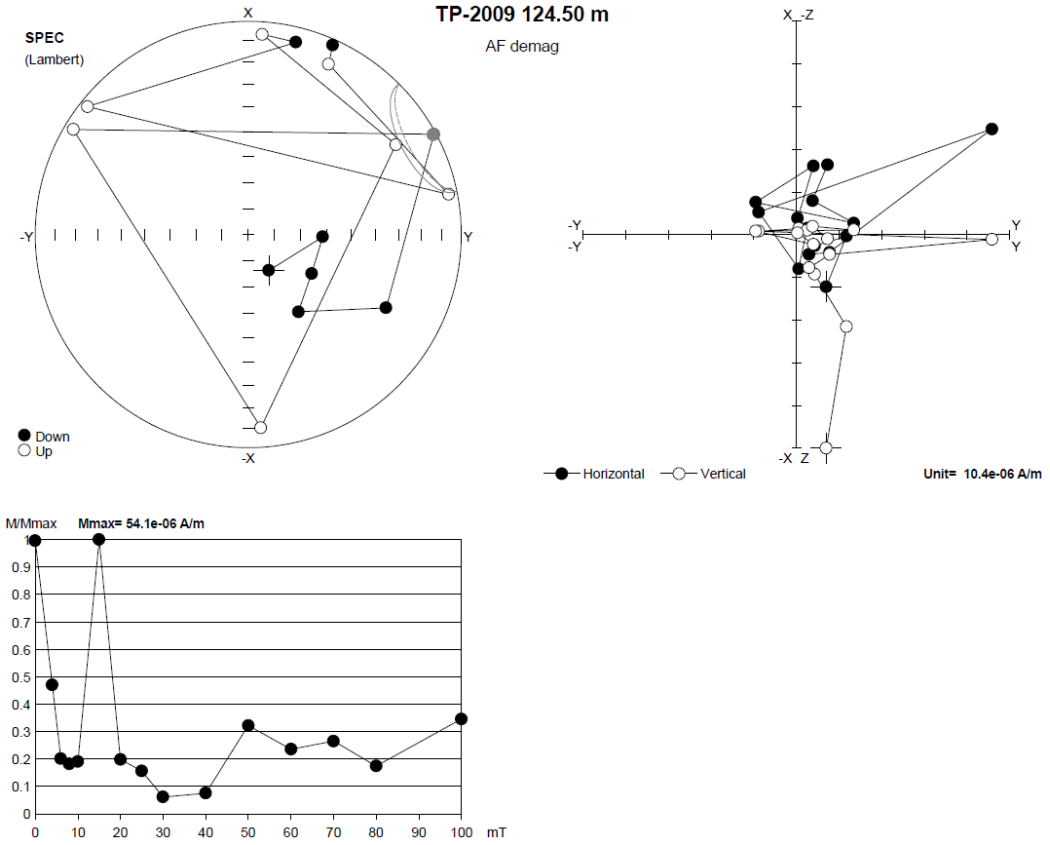


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 124,50 m).

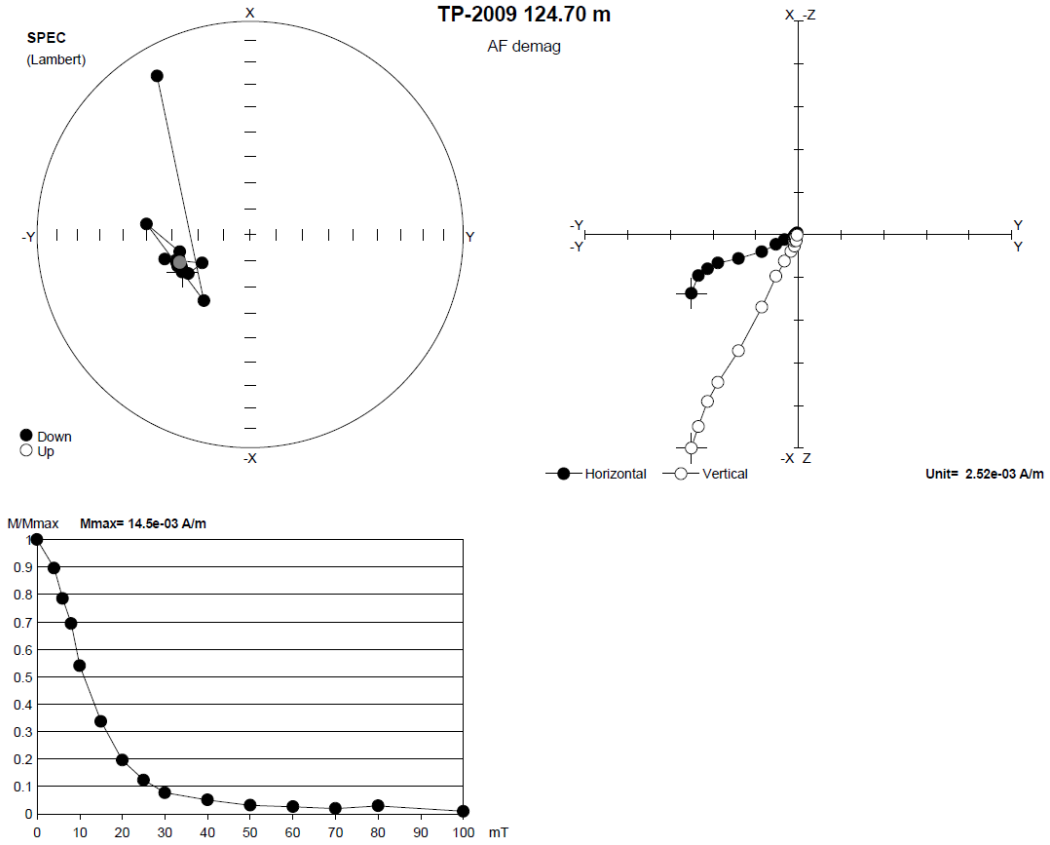


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 124,70 m).

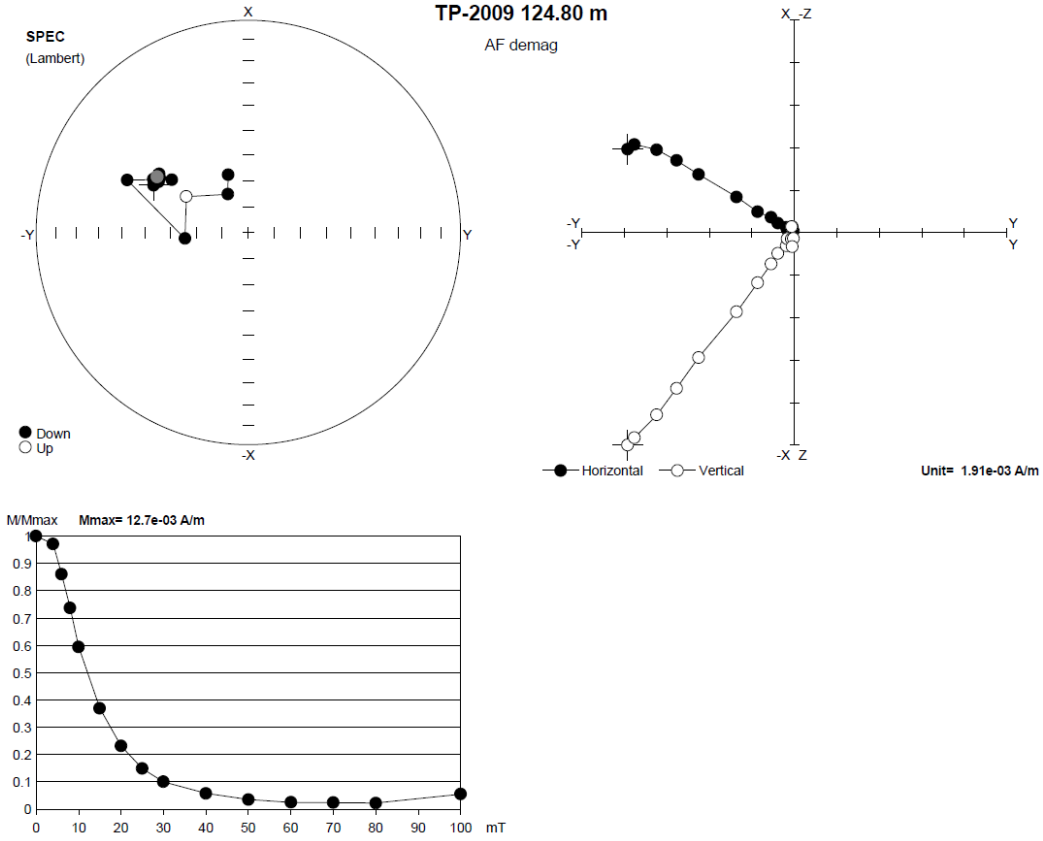


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 124,80 m).

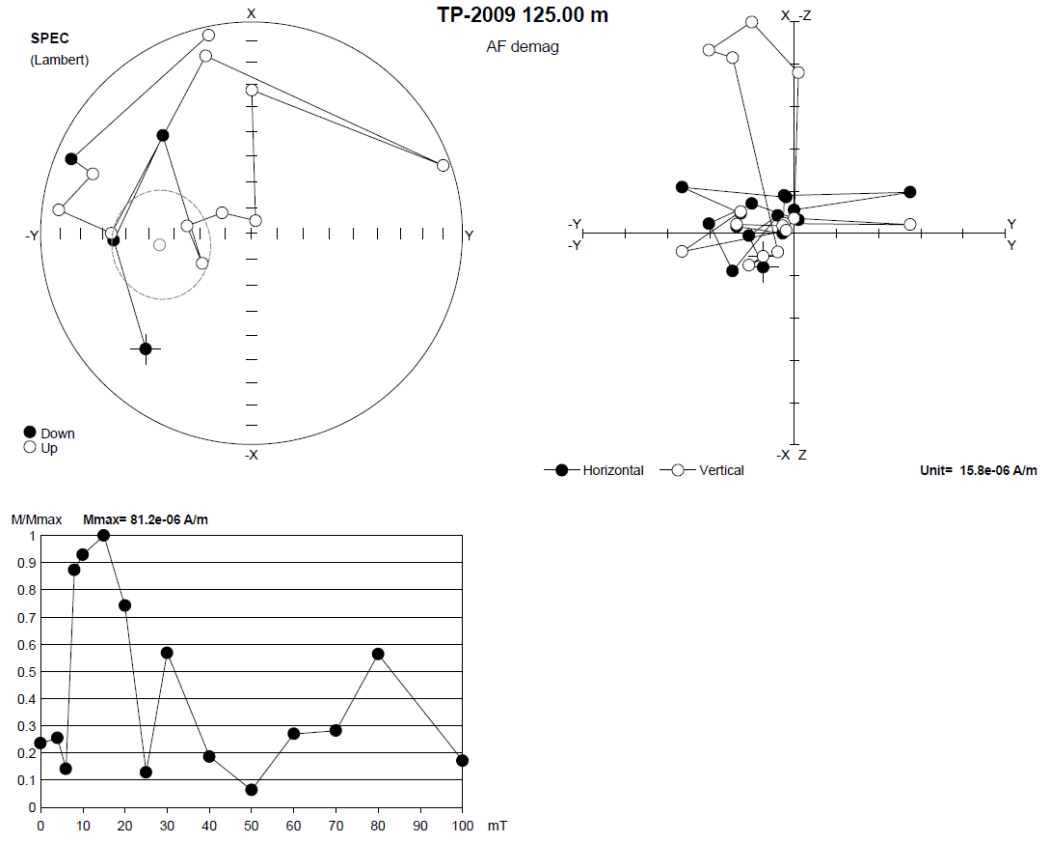


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 125,00 m).

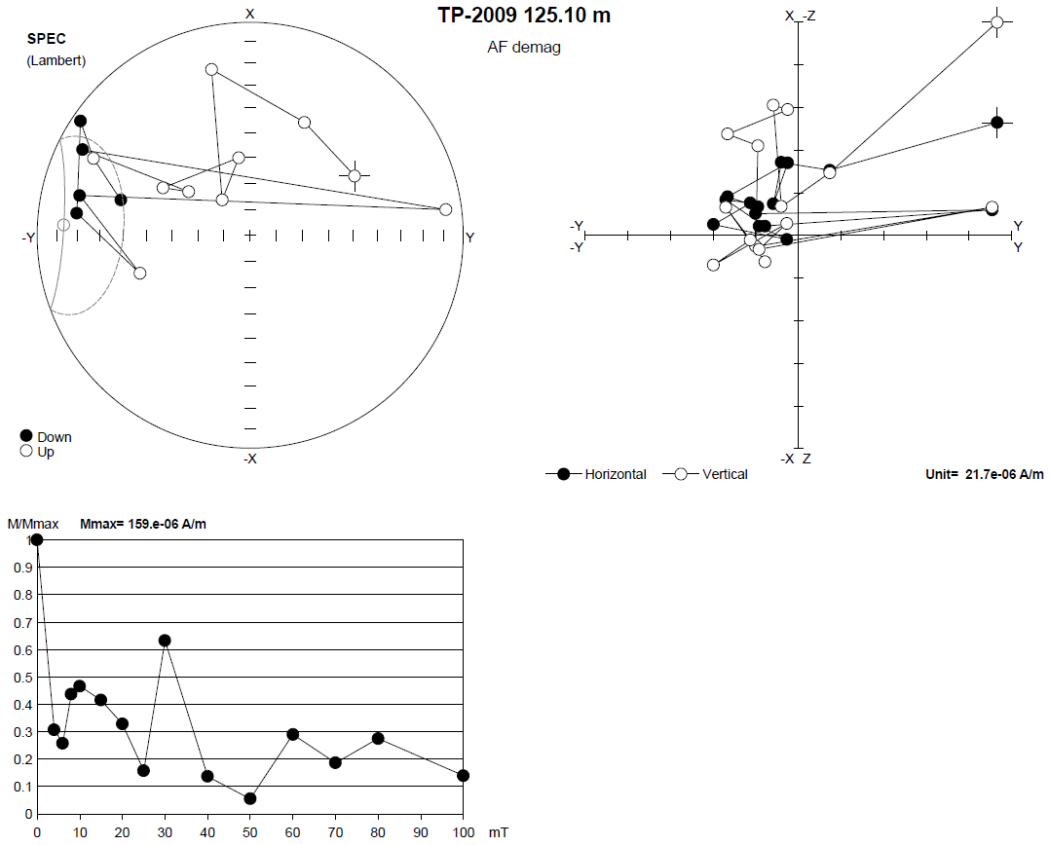


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 125,10 m).

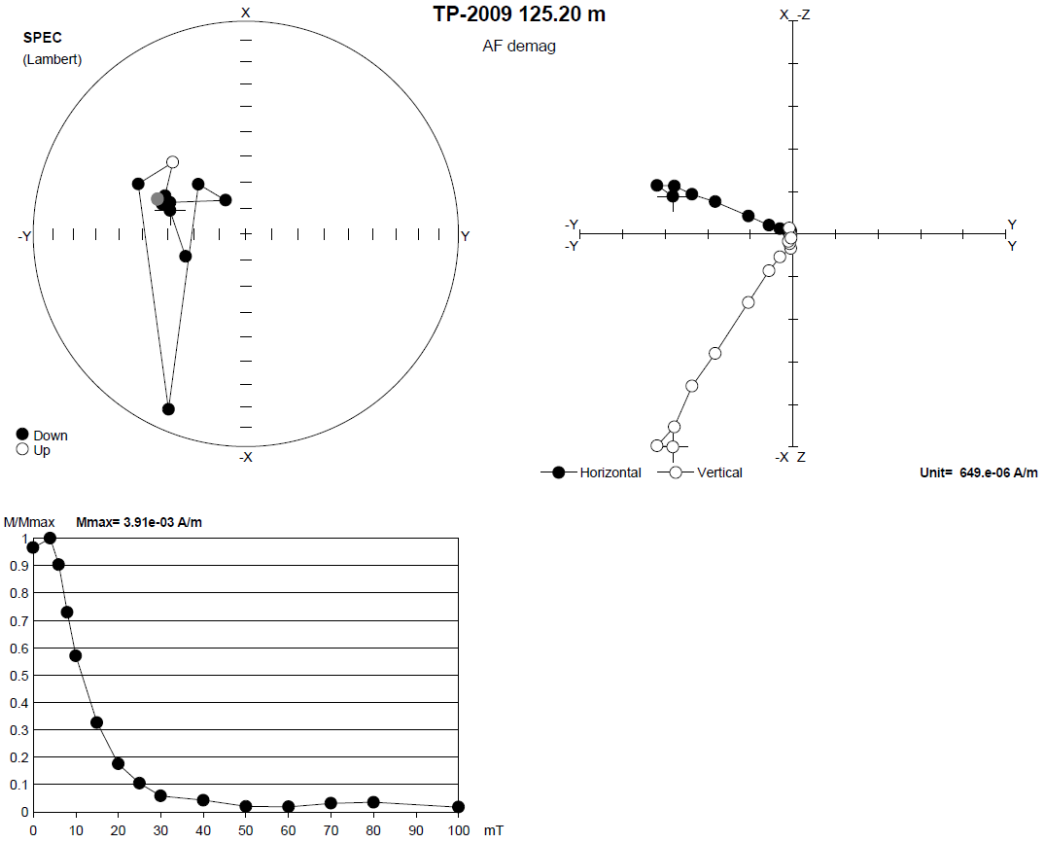


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 125,20 m).

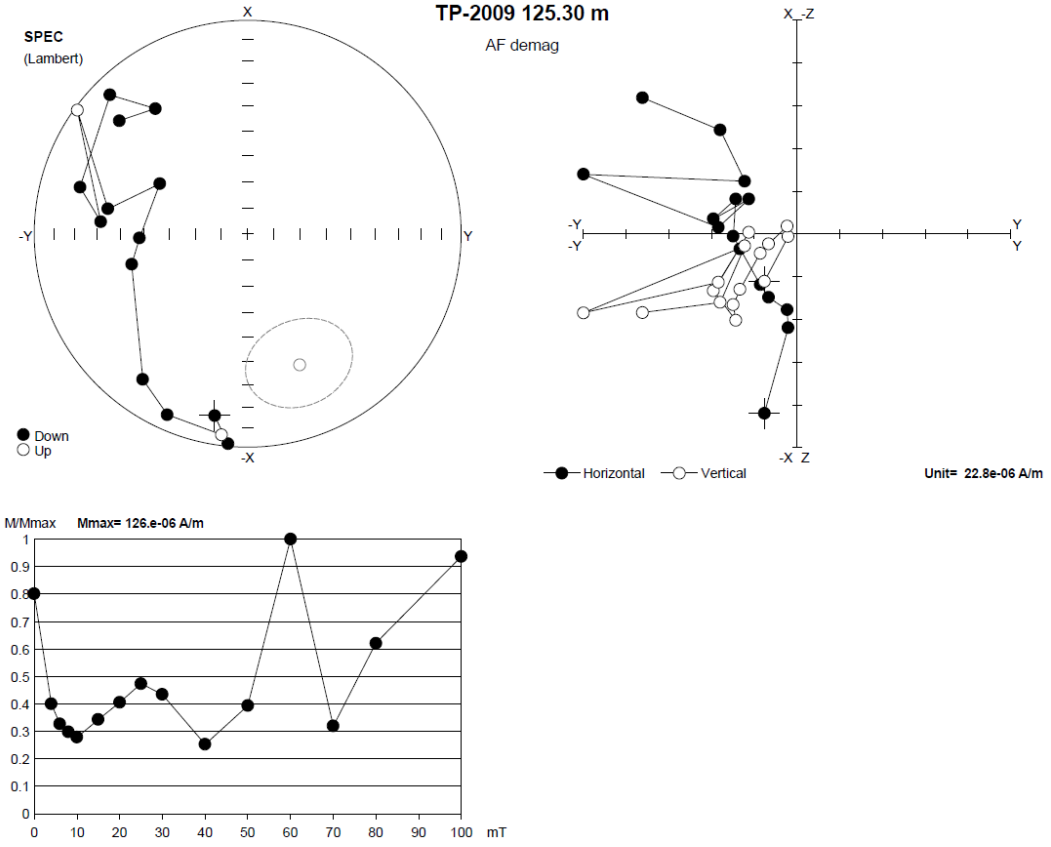


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 125,30 m).

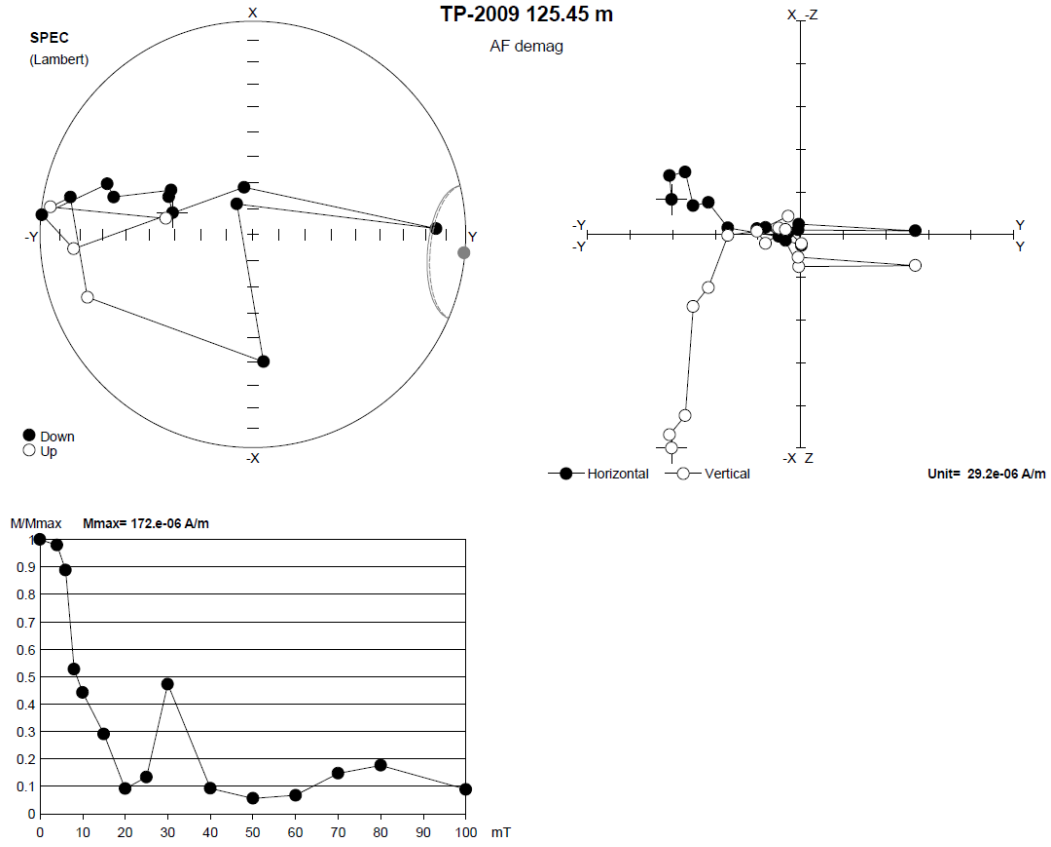


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 125,45 m).

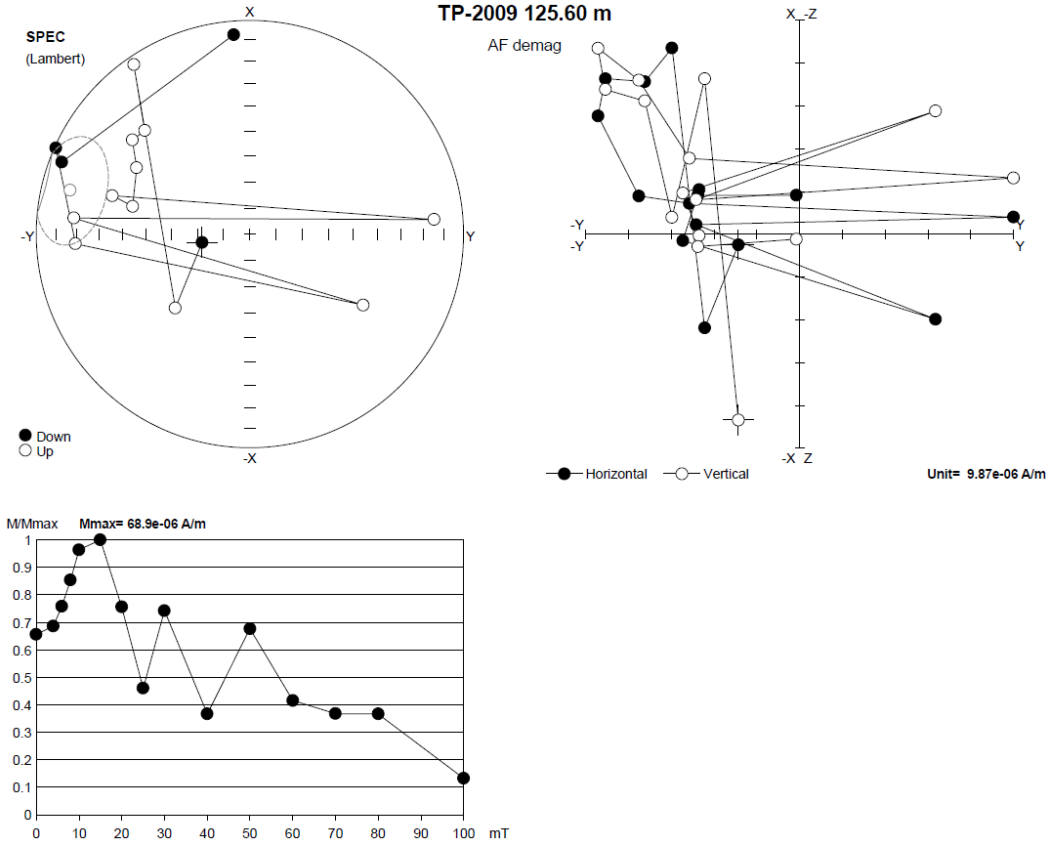


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 125,60 m).

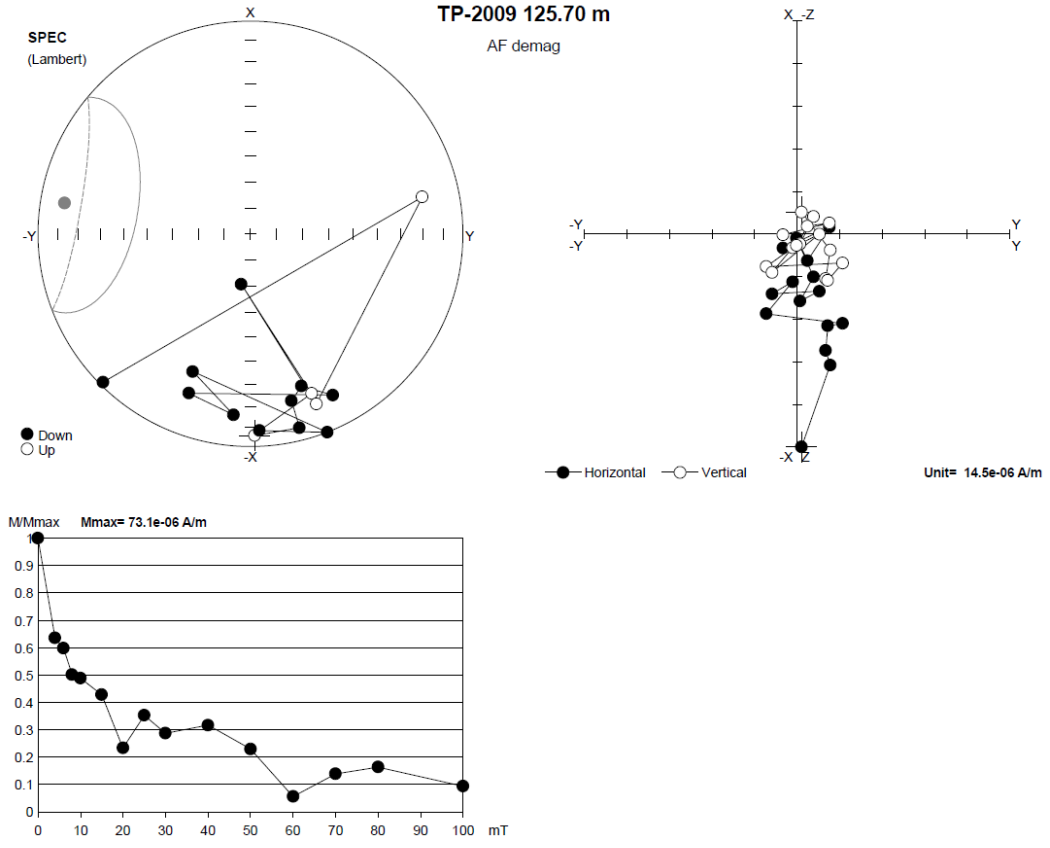


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 125,70 m).

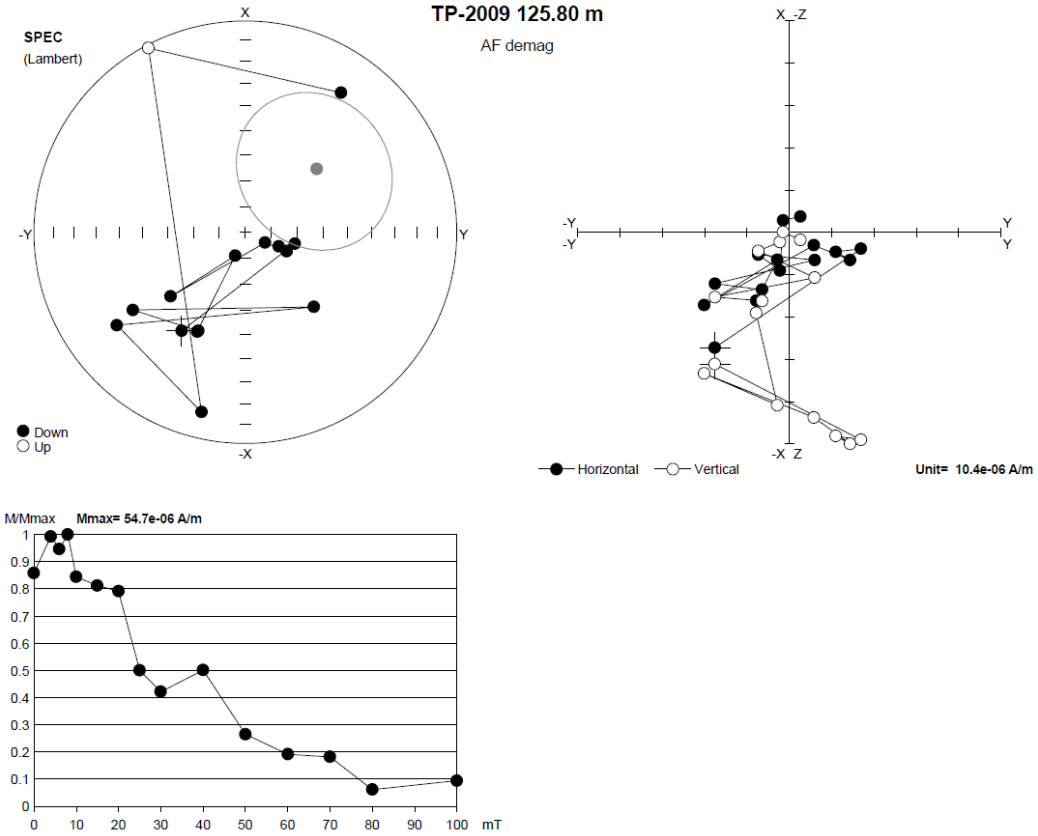


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 125,80 m).

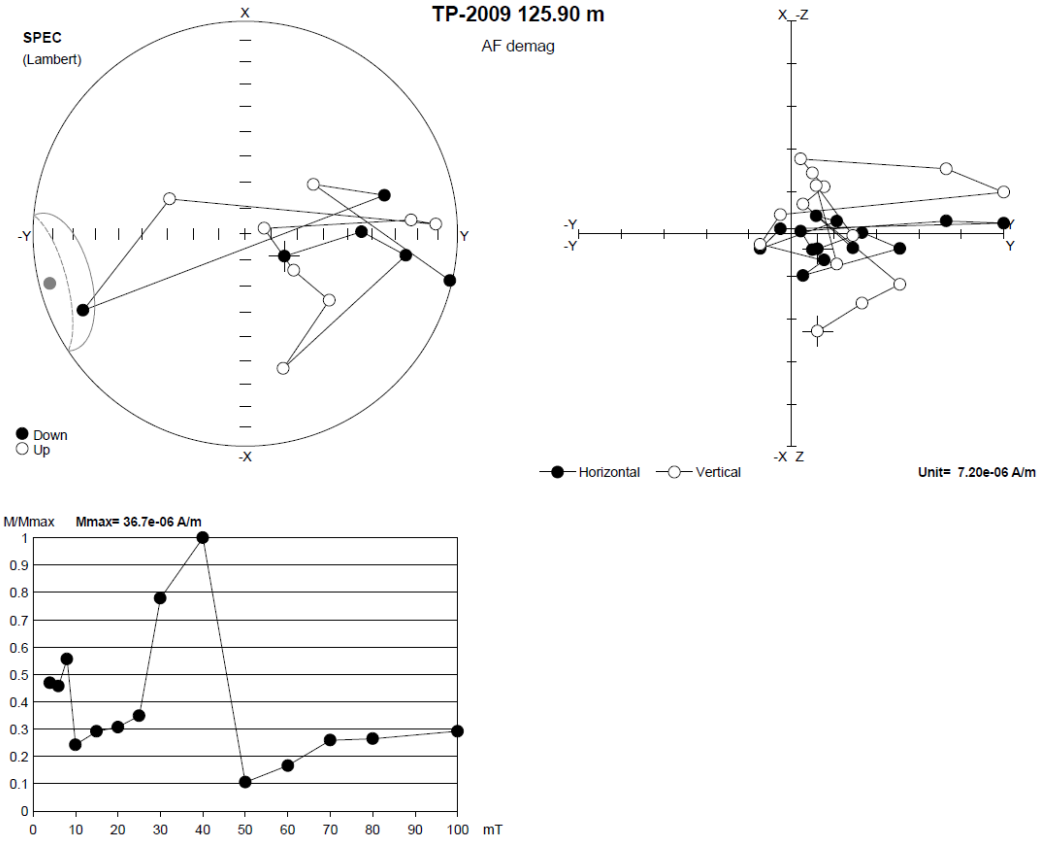


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 125,90 m).

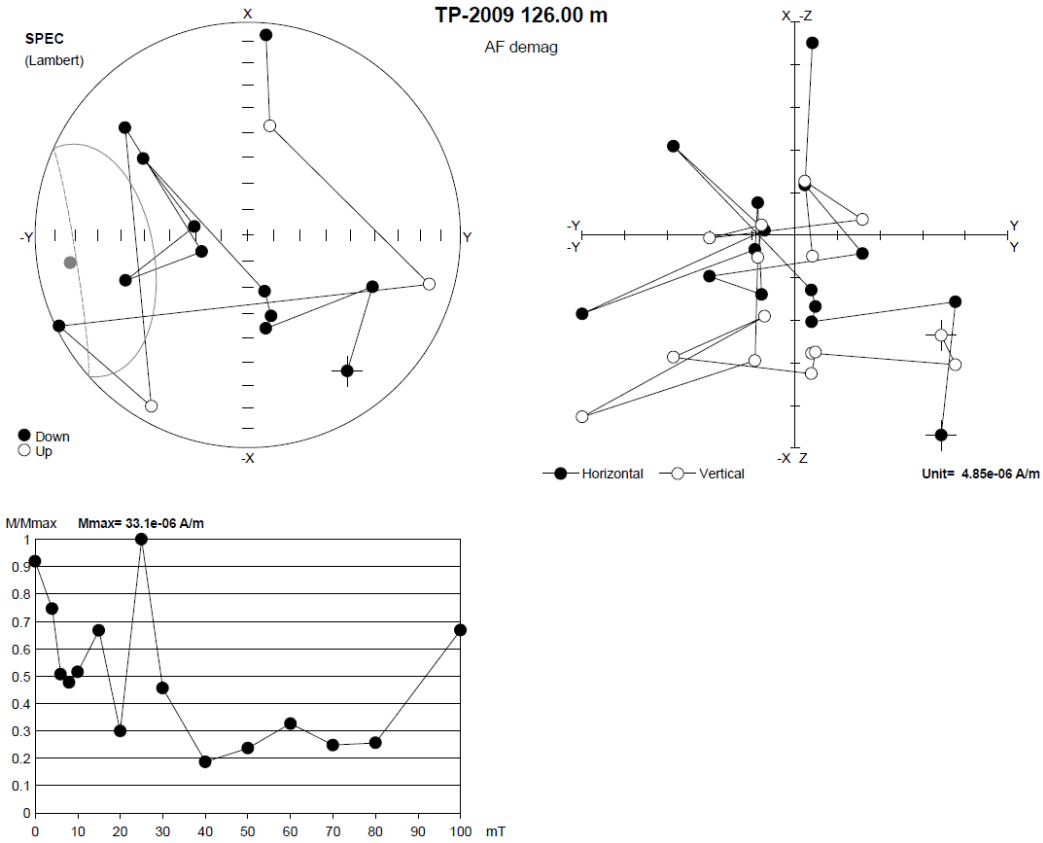


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 126,00 m).

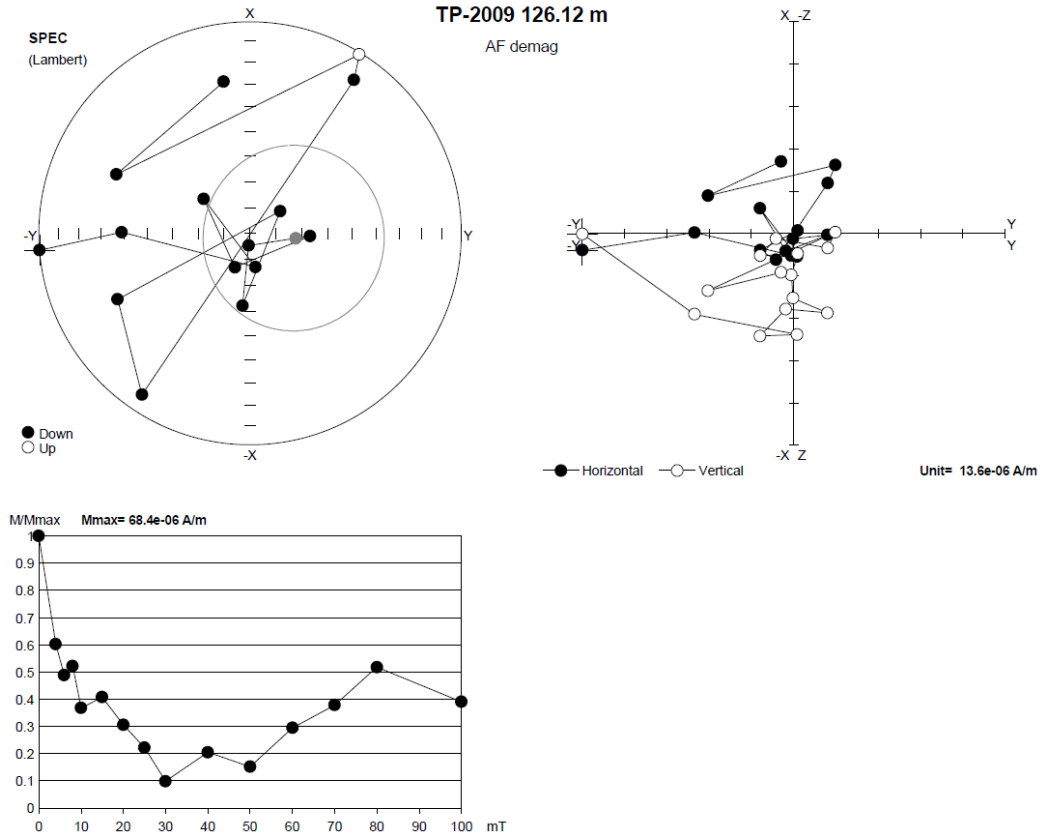


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 126,12 m).

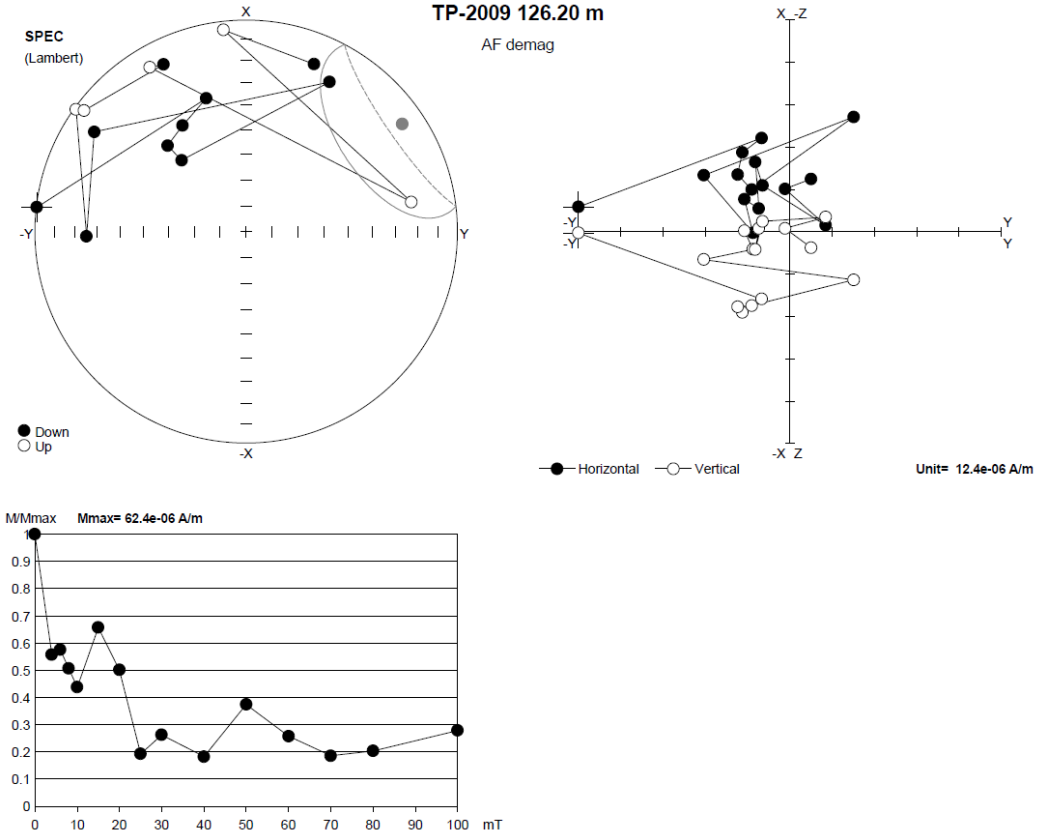


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 126,20 m).

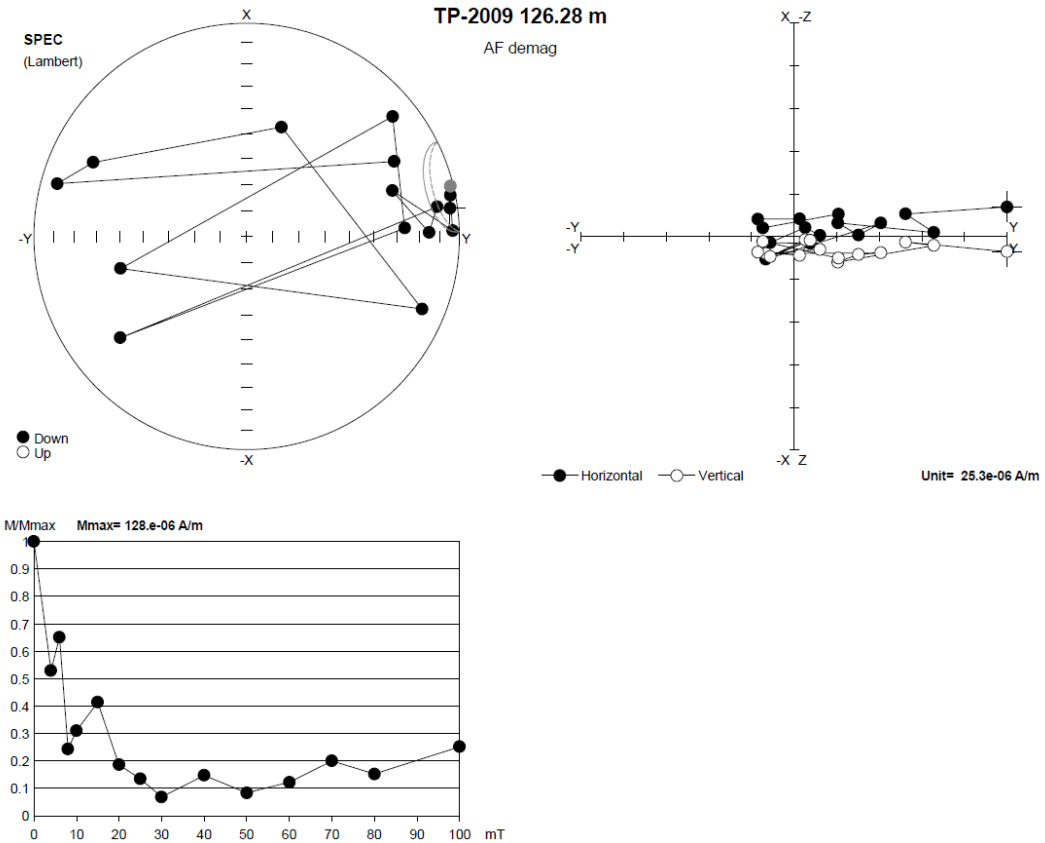


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 126,28 m).

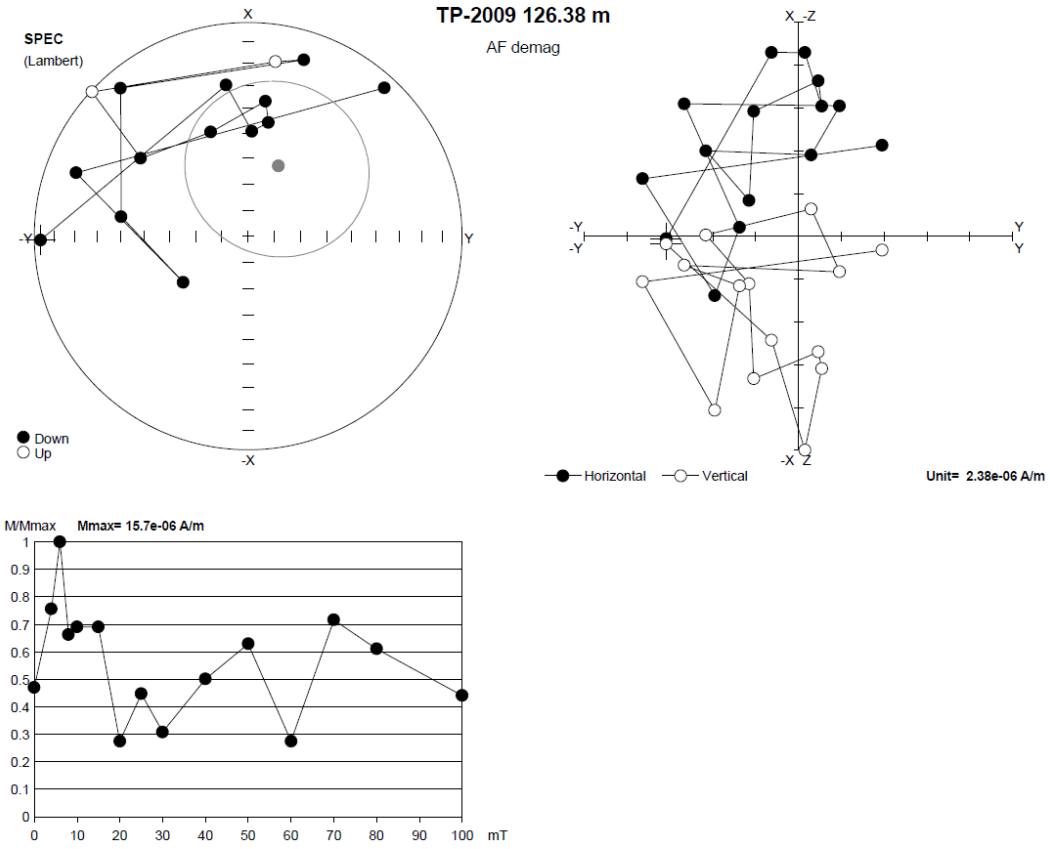


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 126,38 m).

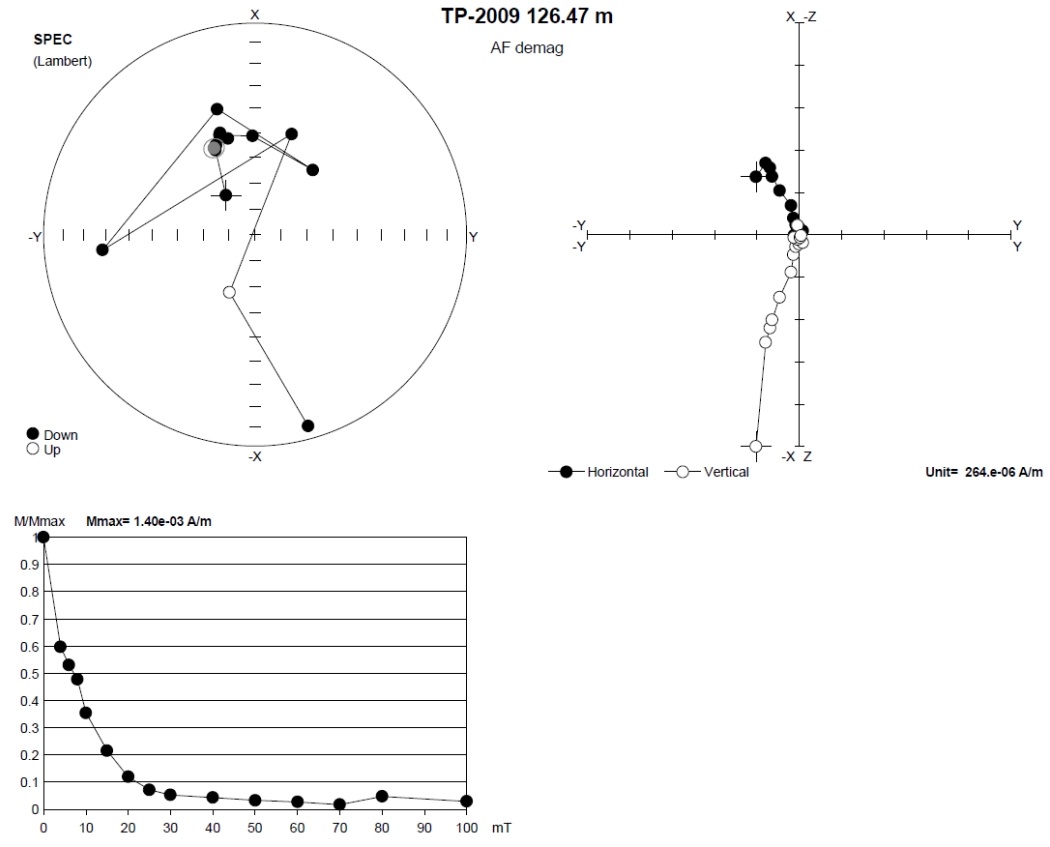


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 126,47 m).

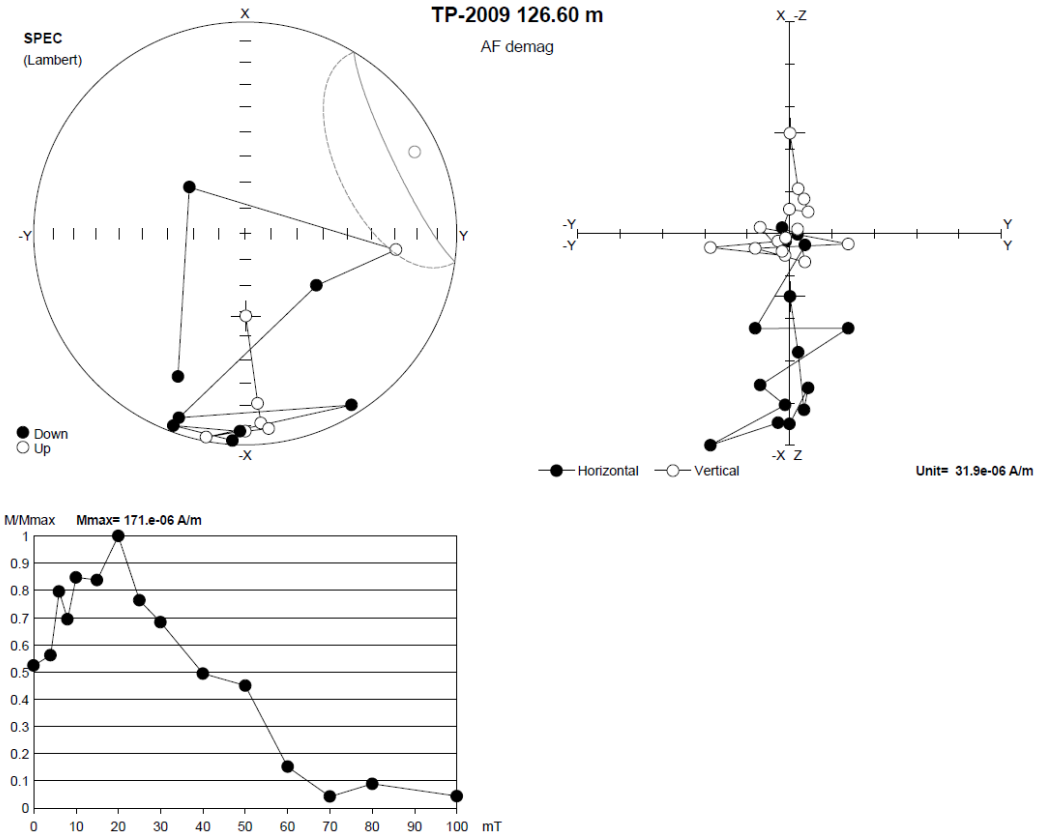


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 126,60 m).

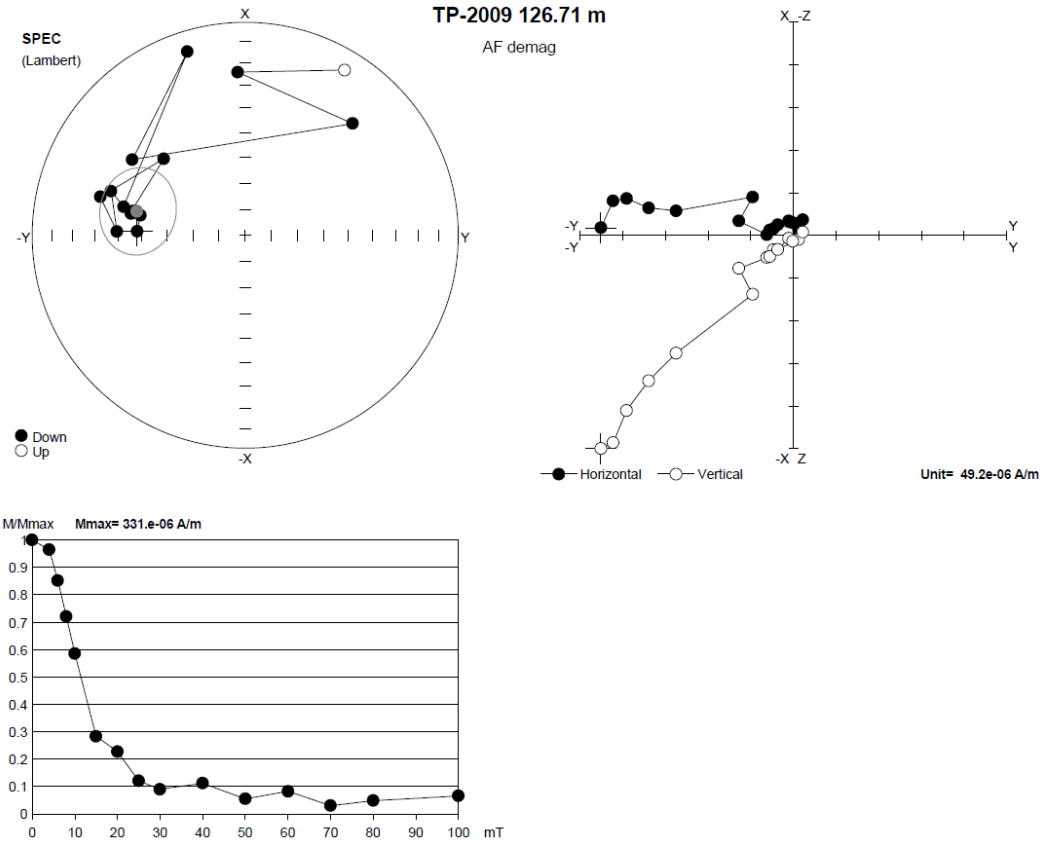


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 126,71 m).

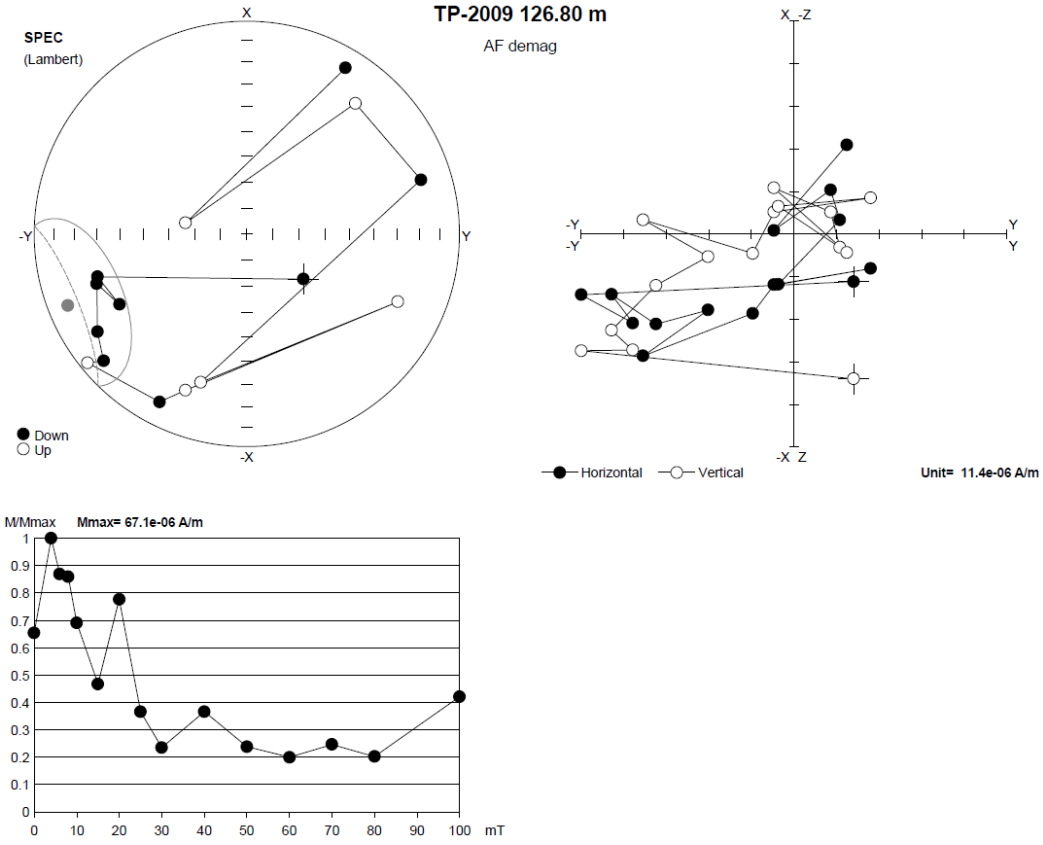


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 126,80 m).

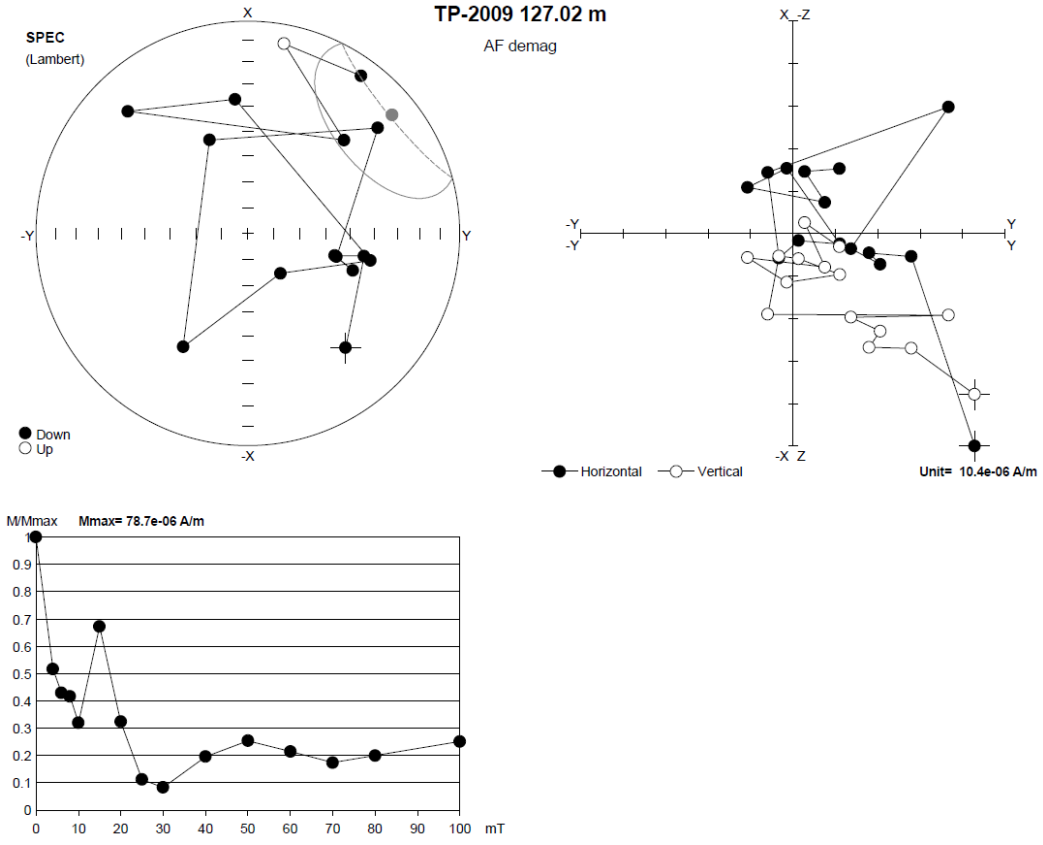


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 127,02 m).

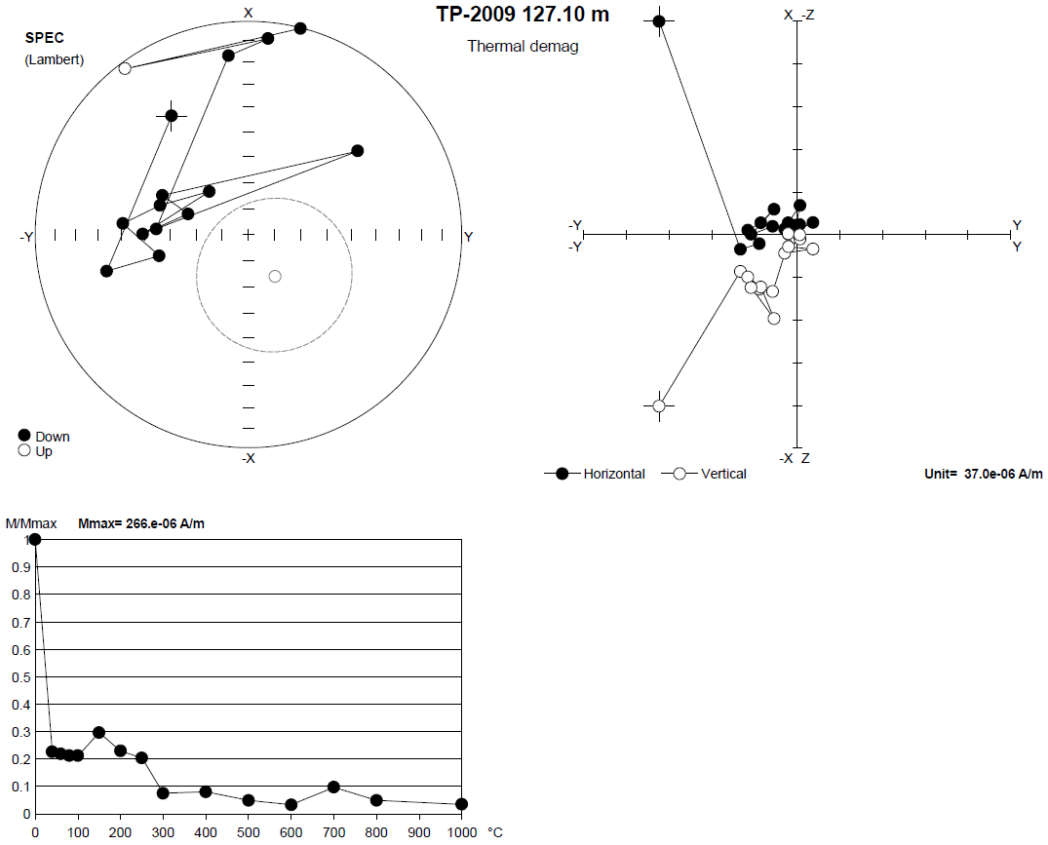


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 127,10 m).

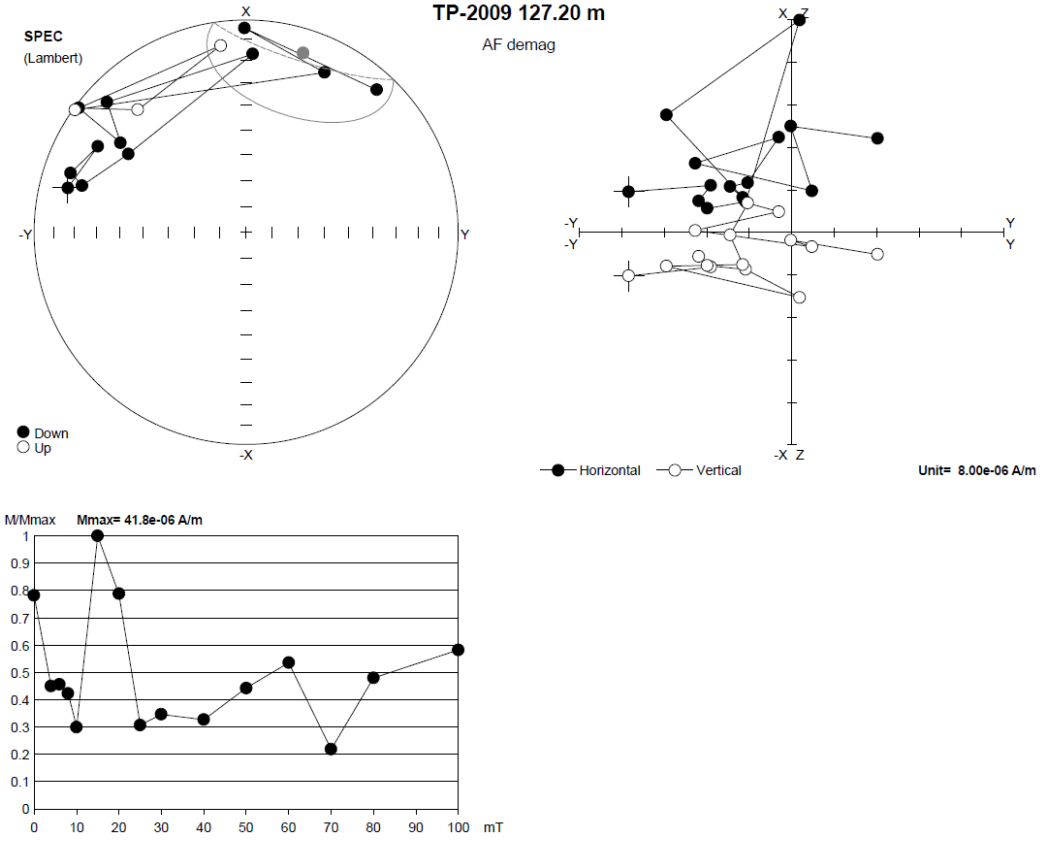


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 127,20 m).

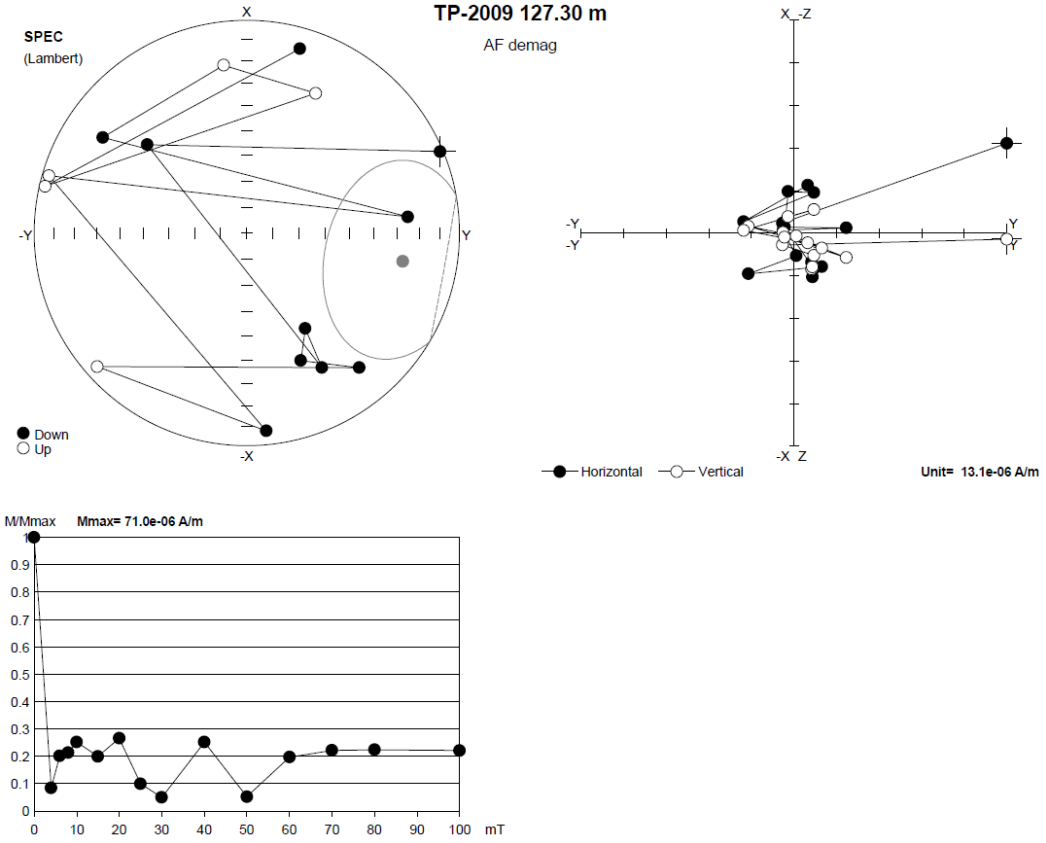


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 127,30 m).

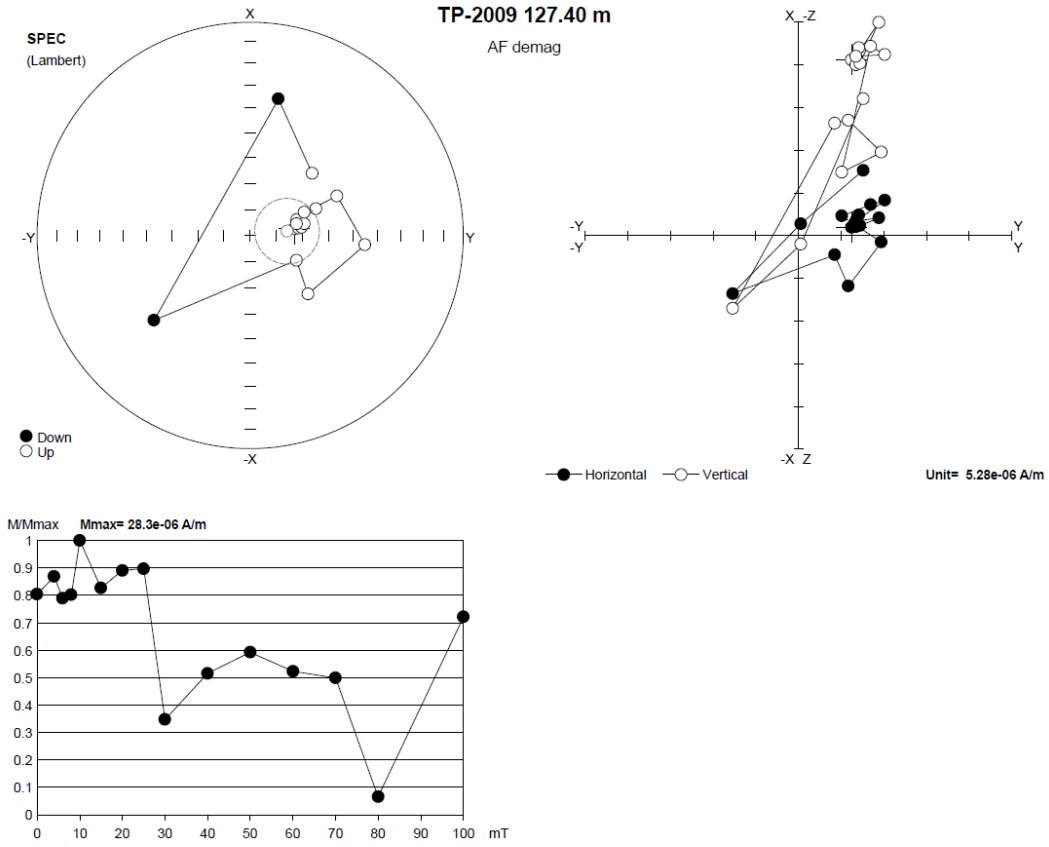


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 127,40 m).

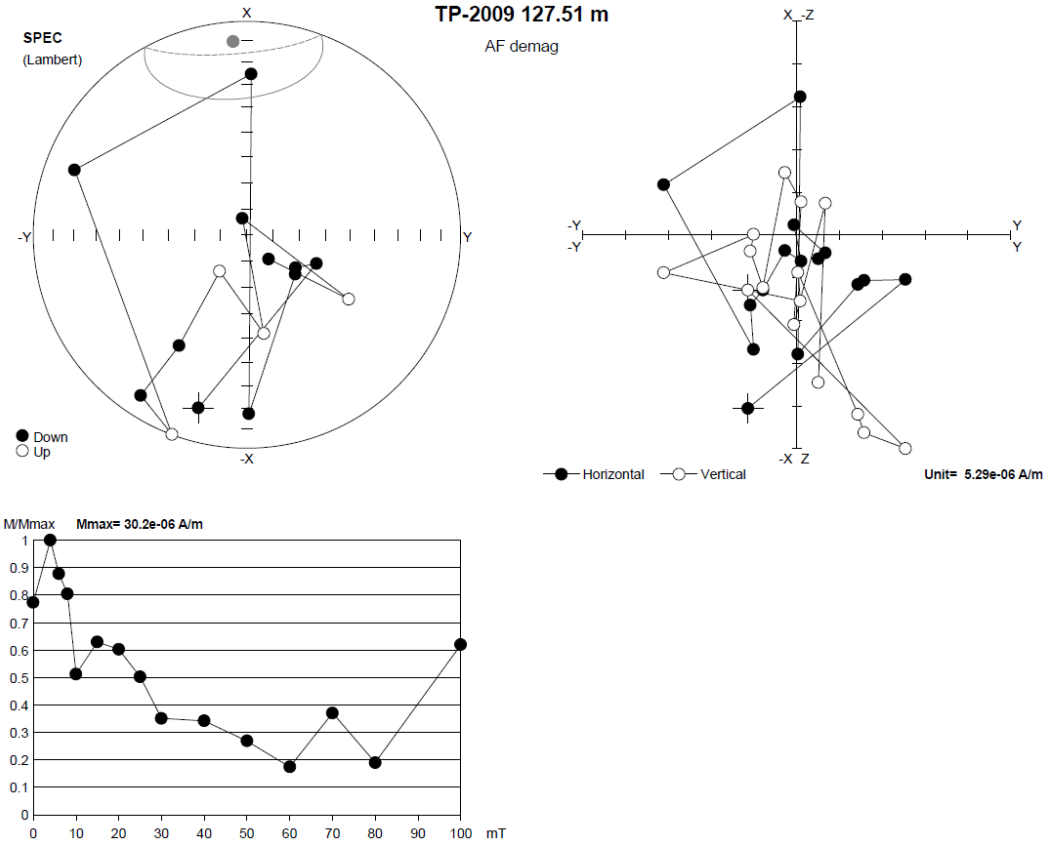


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 127,51 m).

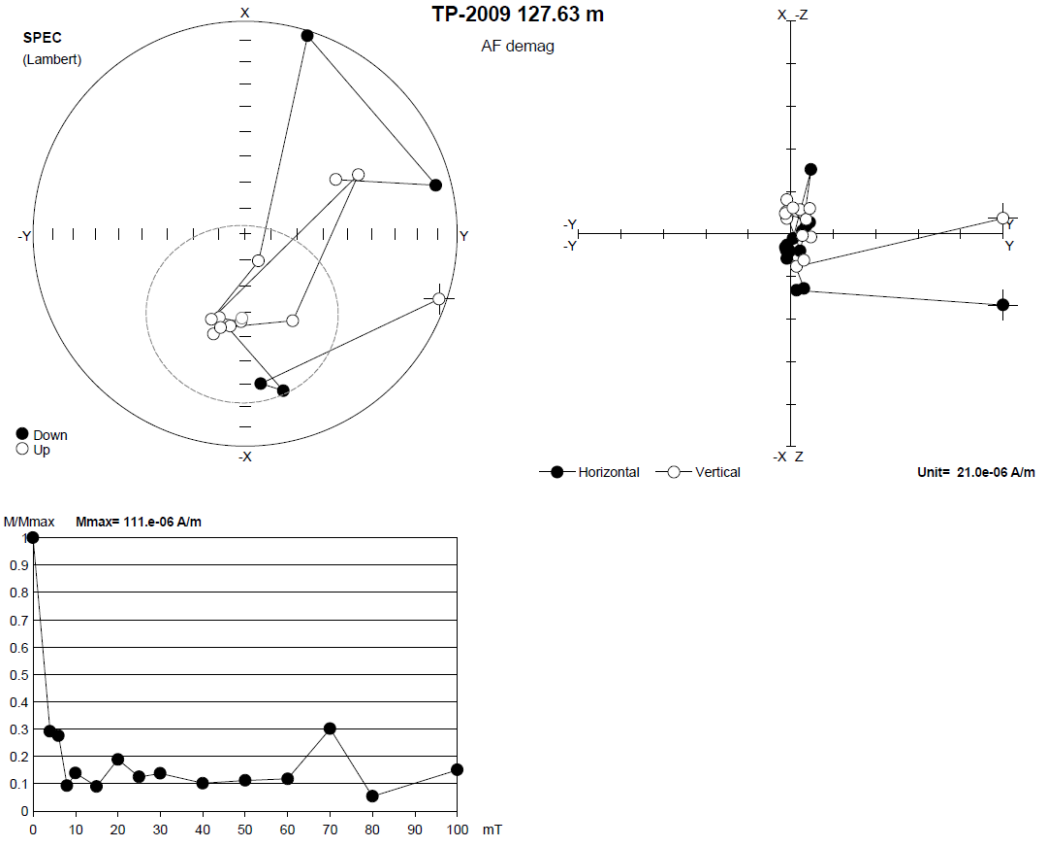


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 127,63 m).

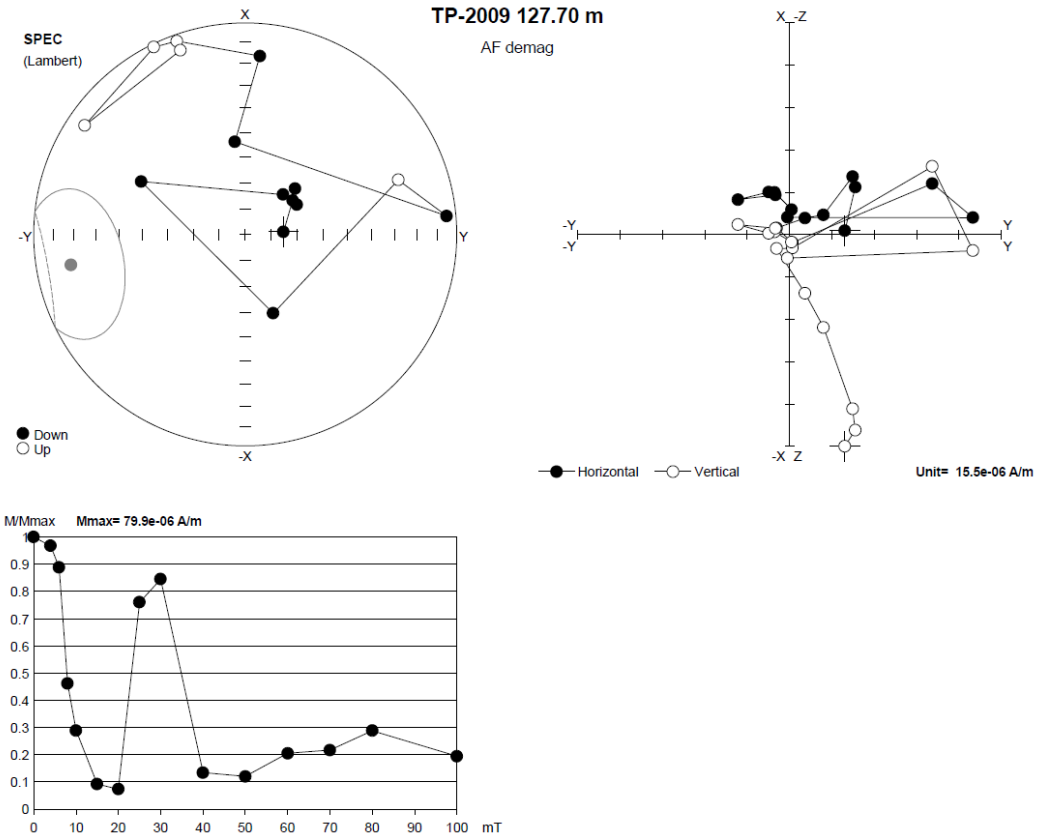


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 127,70 m).

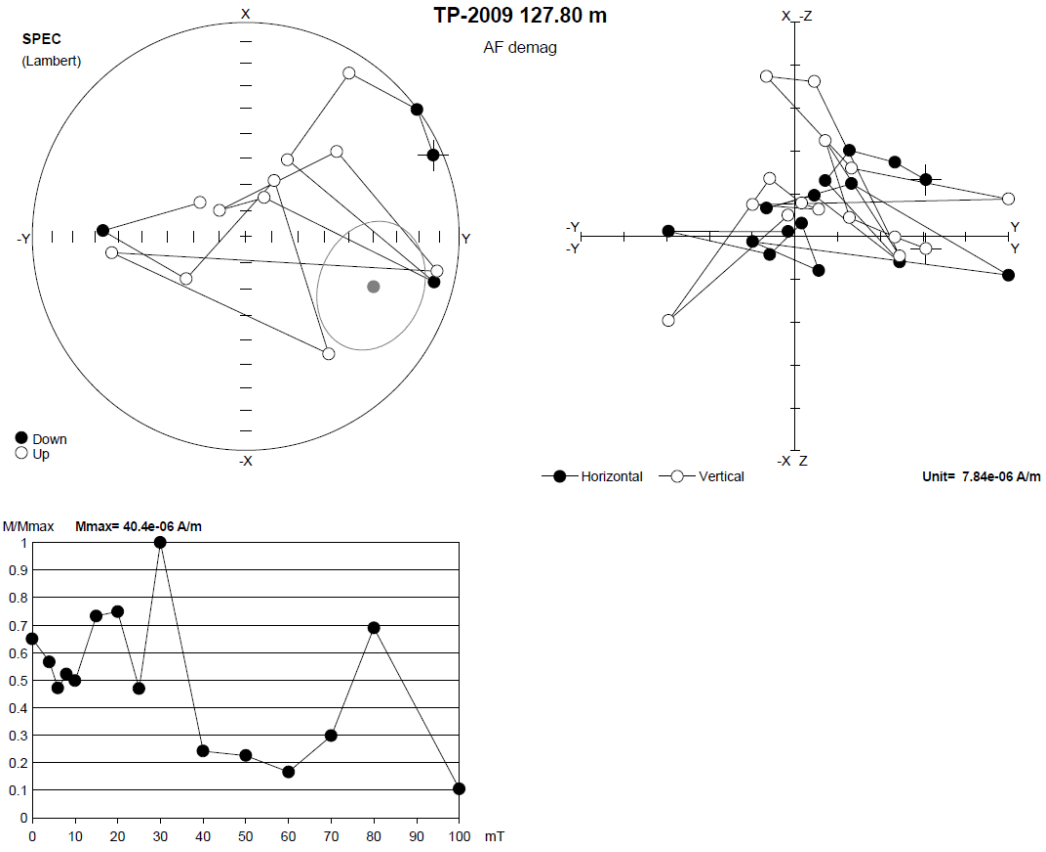


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 127,80 m).

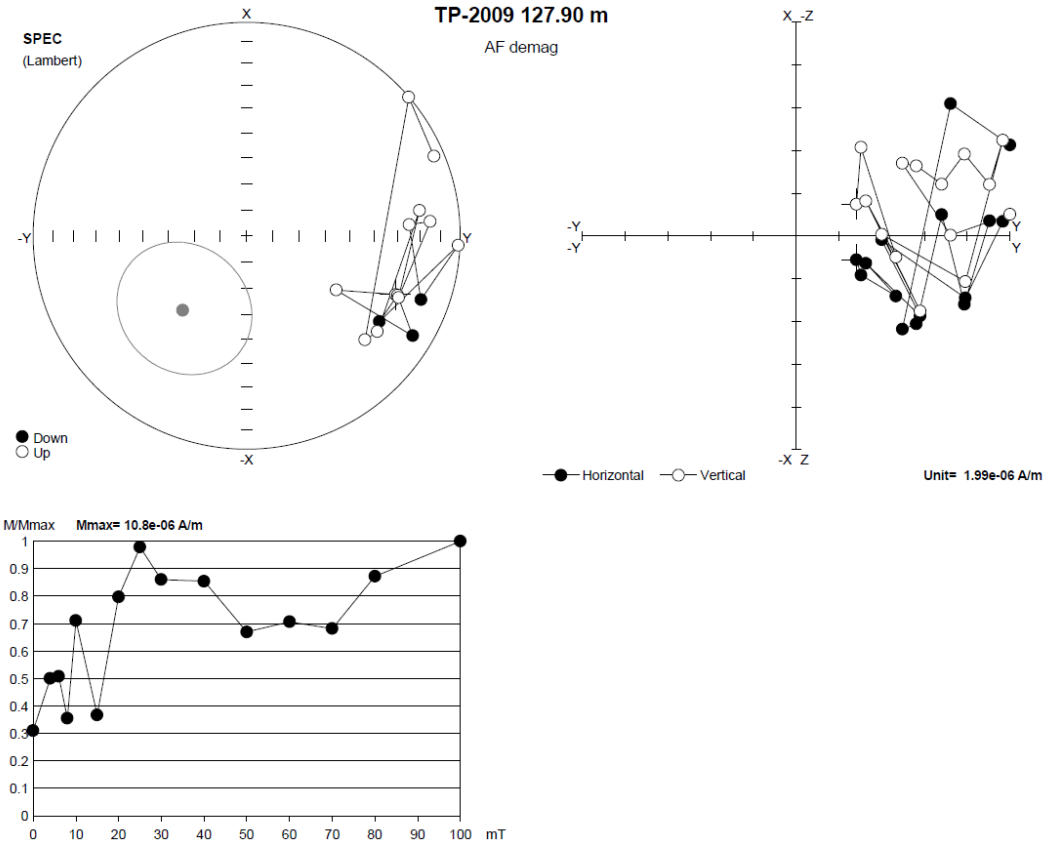


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 127,90 m).

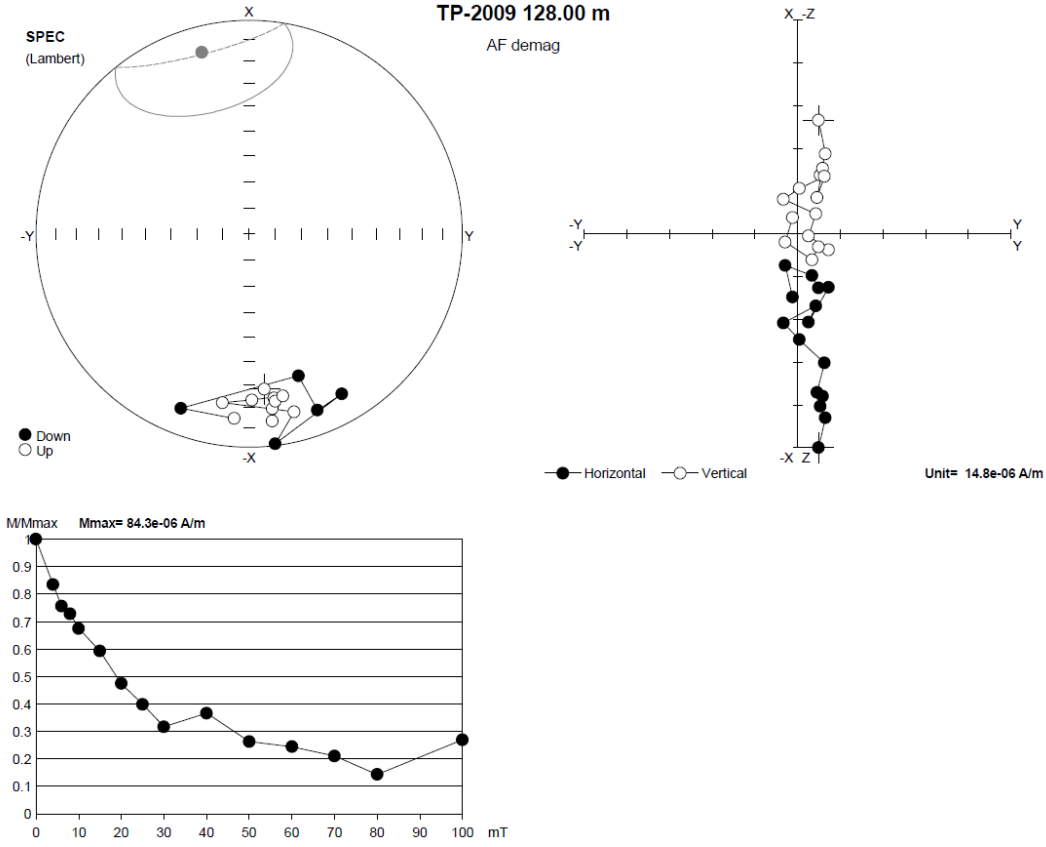


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,00 m).

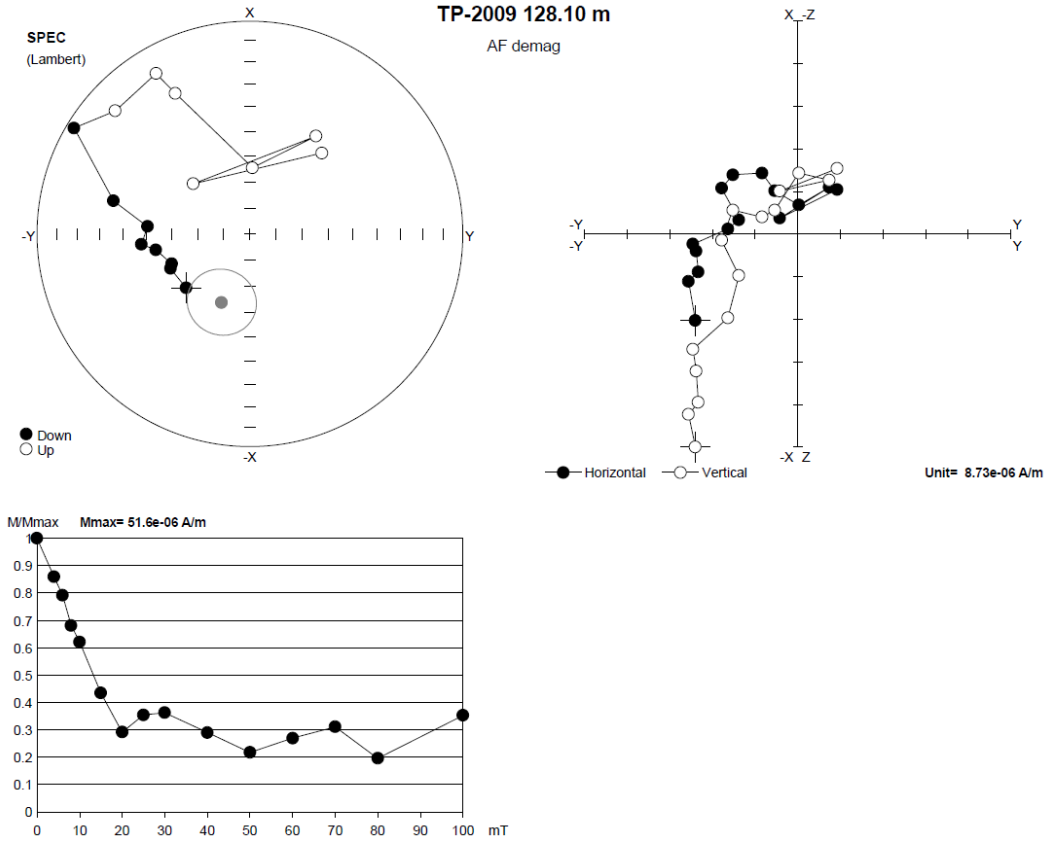


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,10 m).

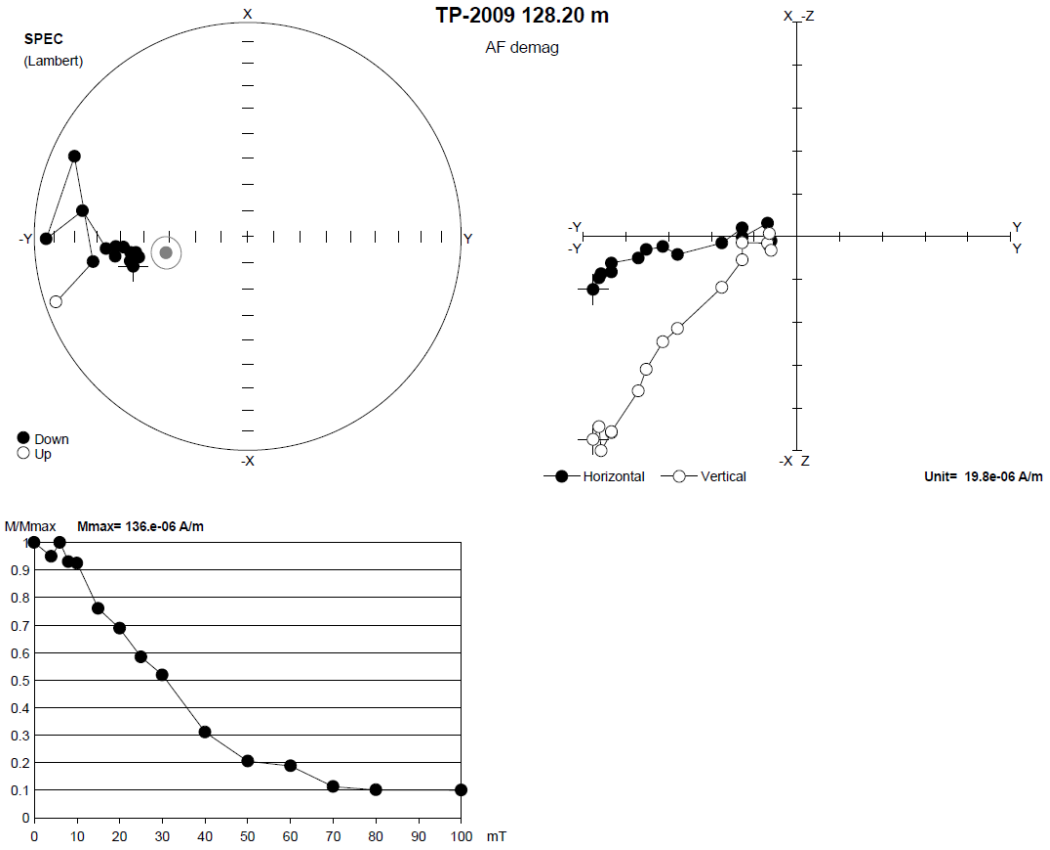


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,20 m).

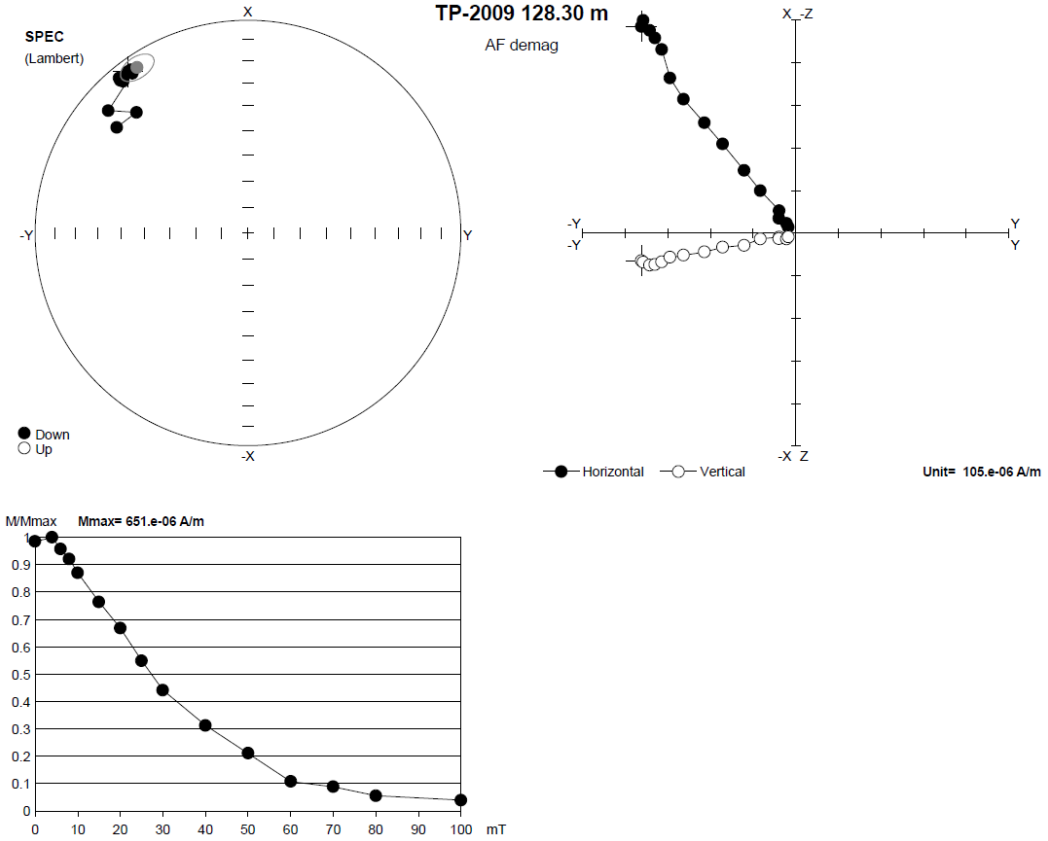


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,30 m).

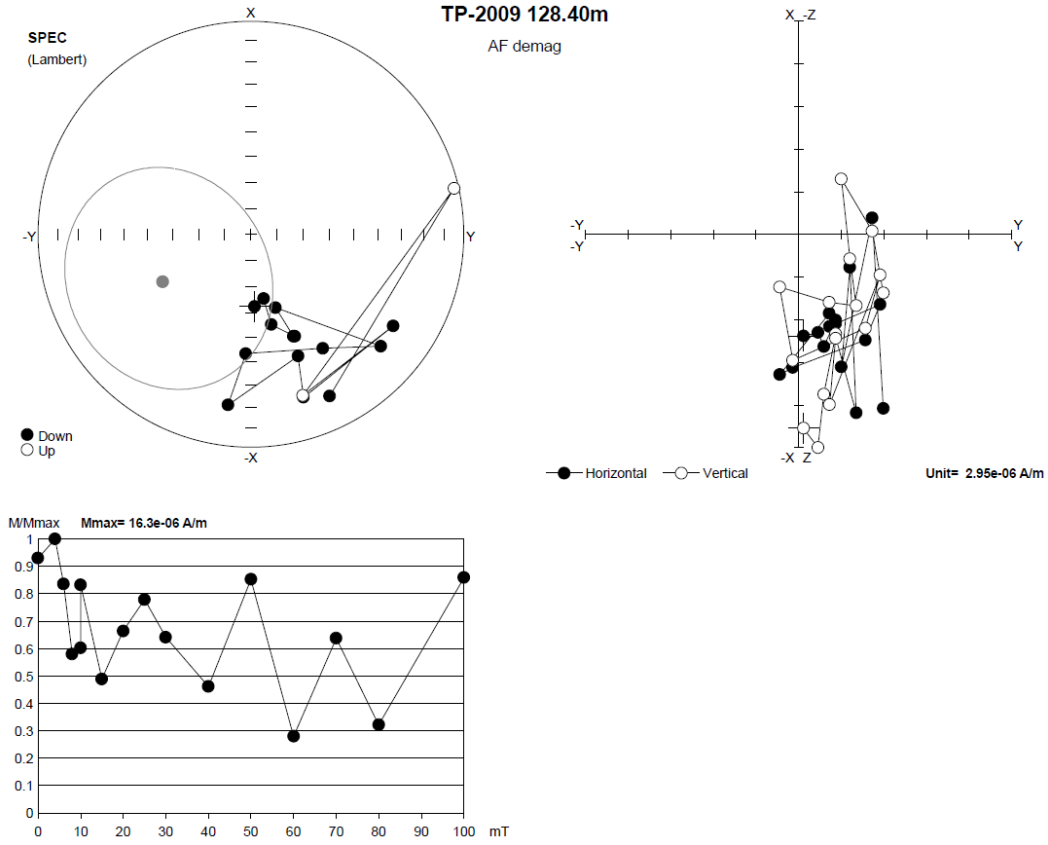


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,40 m).

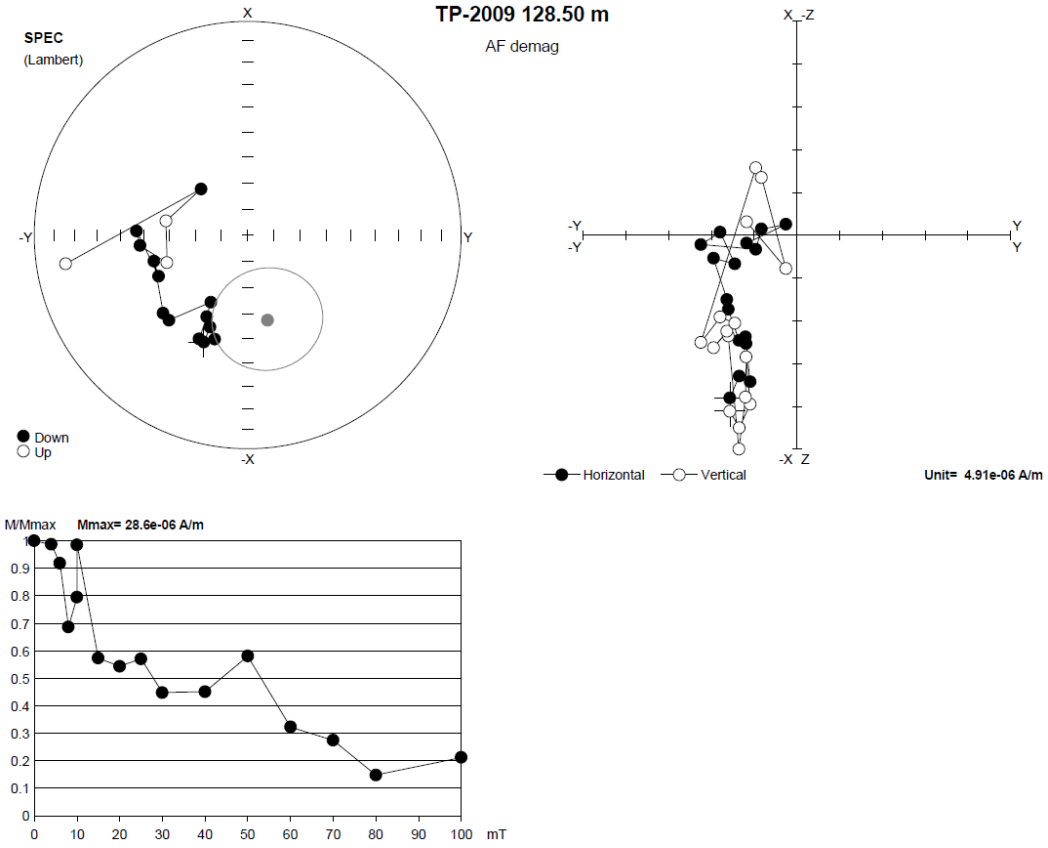


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,50 m).

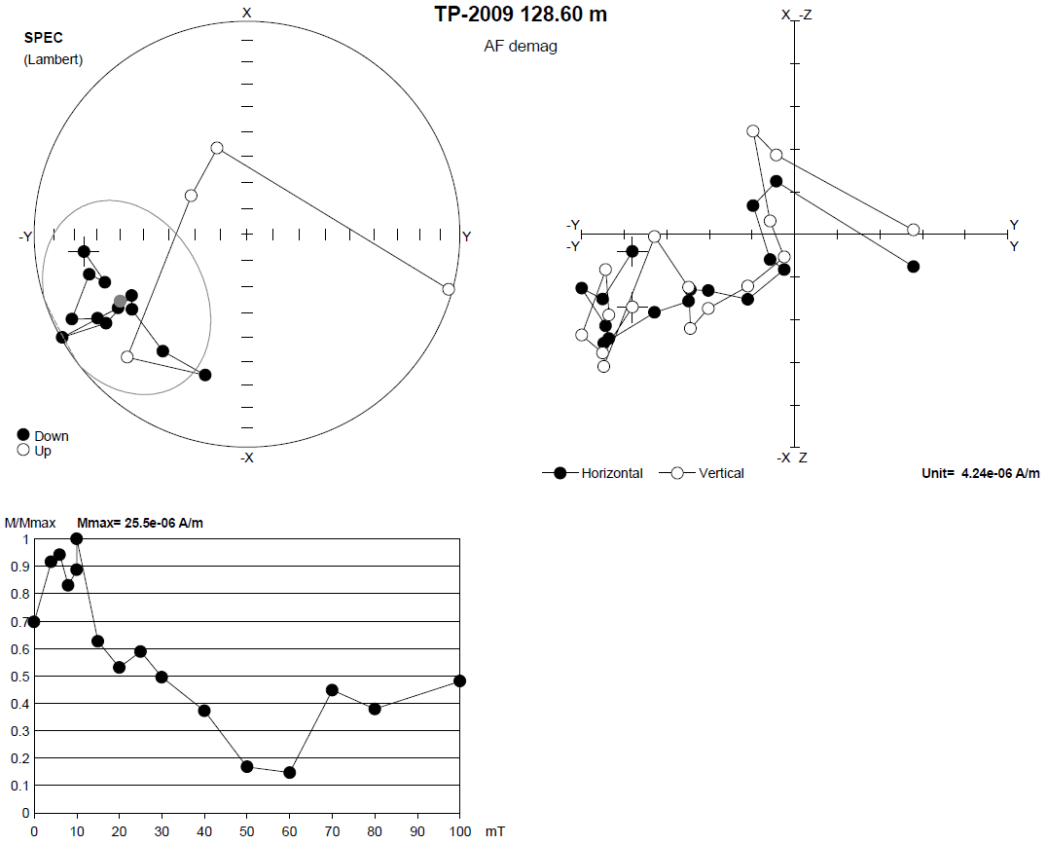


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,60 m).

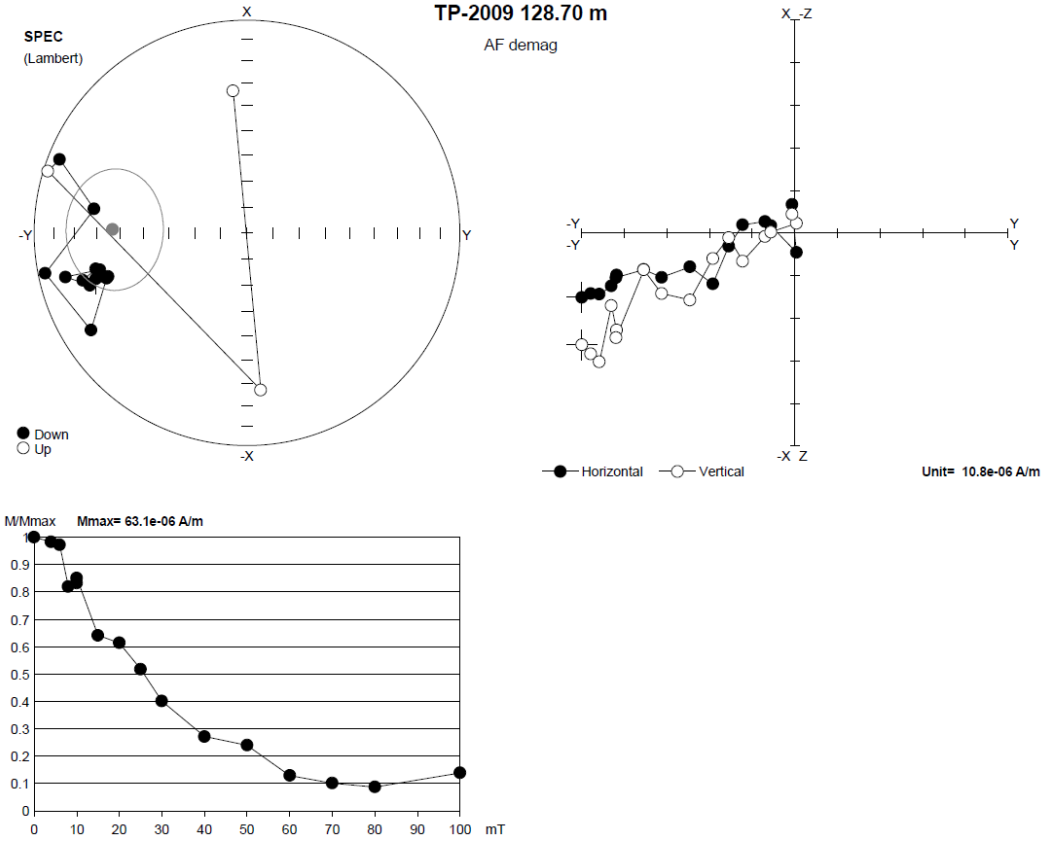


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,70 m).

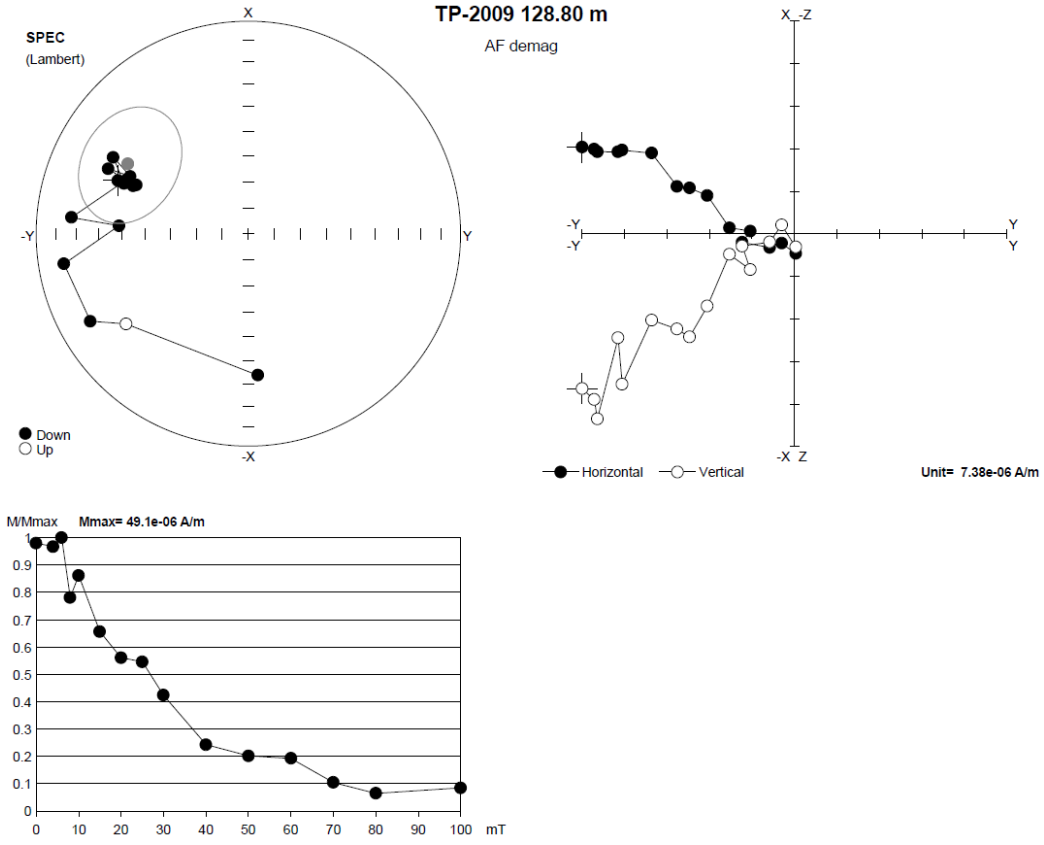


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,80 m).

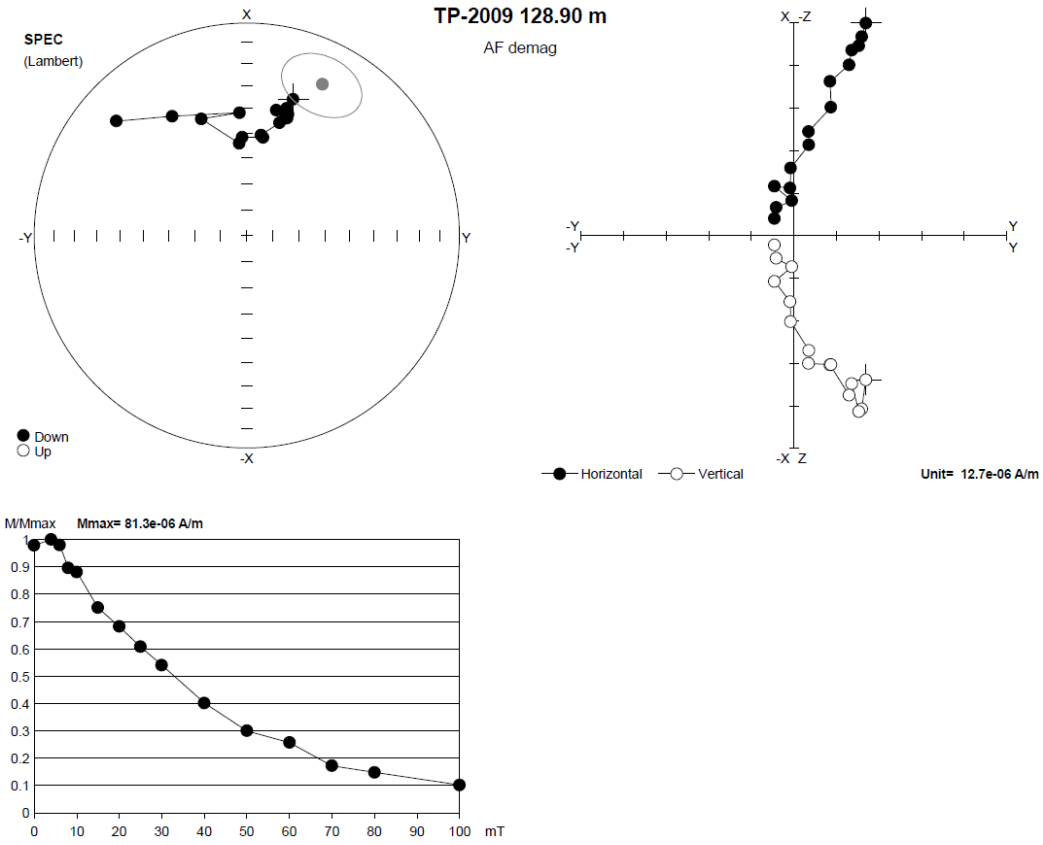


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,90 m).

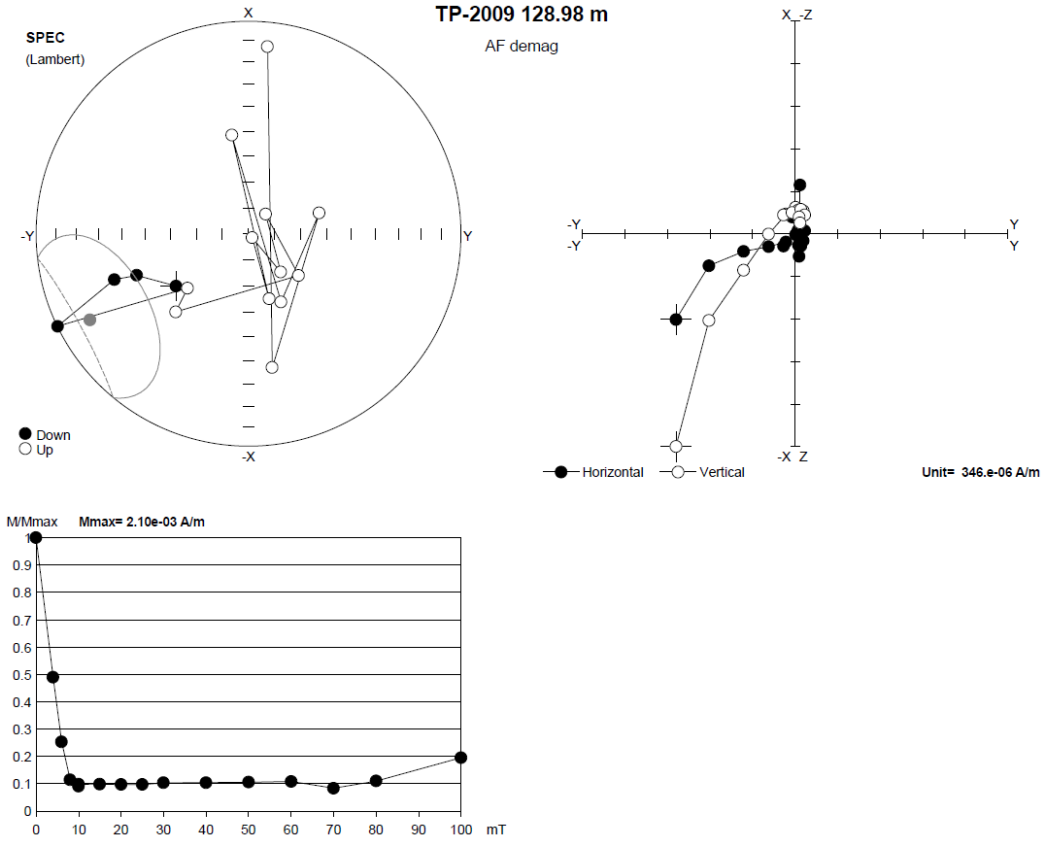


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 128,98 m).

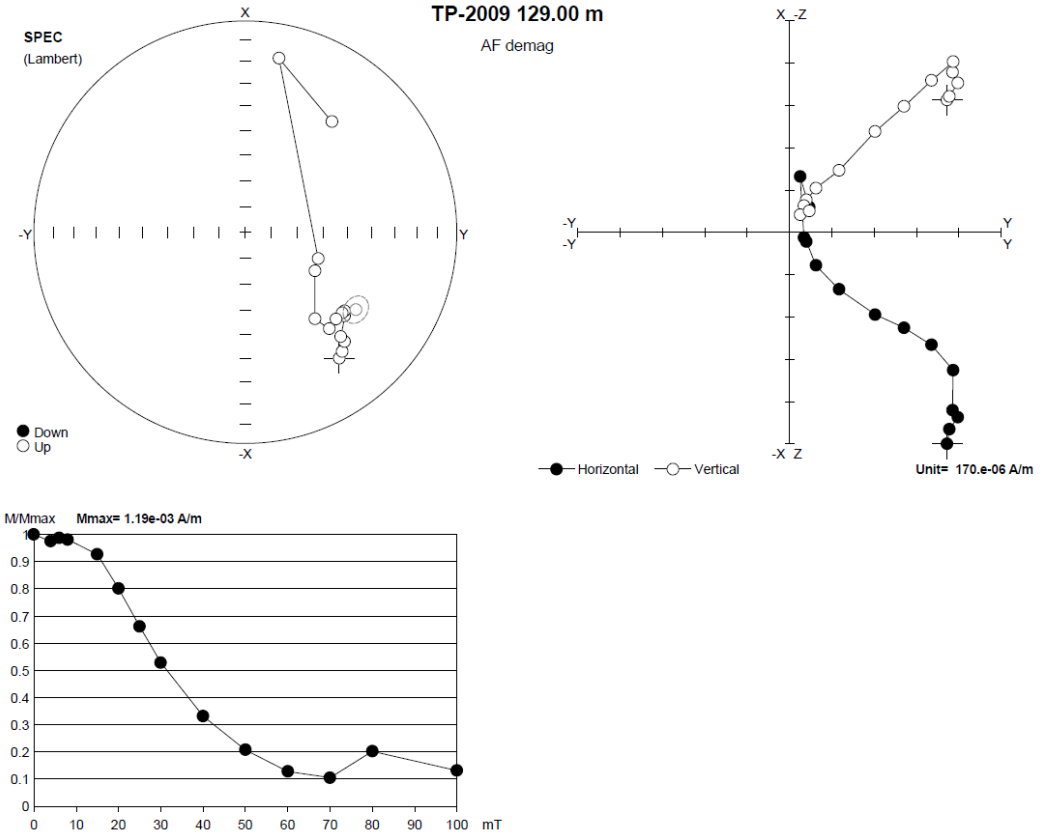


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 129,00 m).

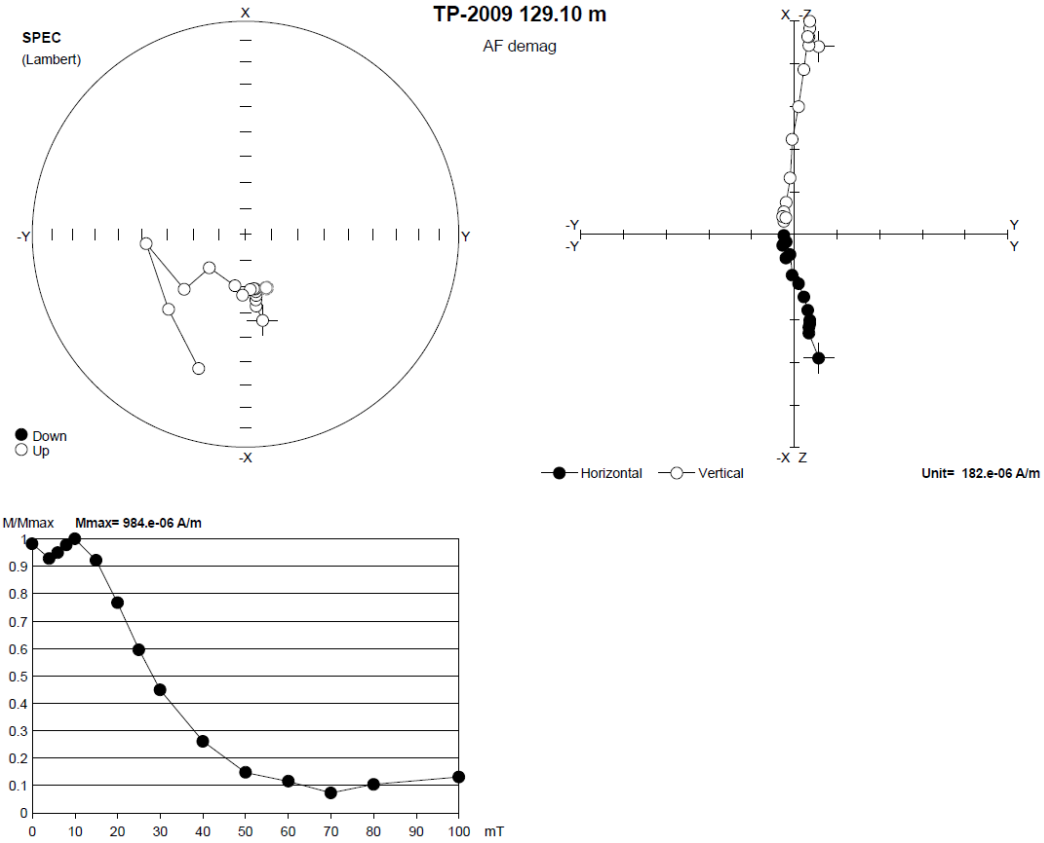


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 129,10 m).

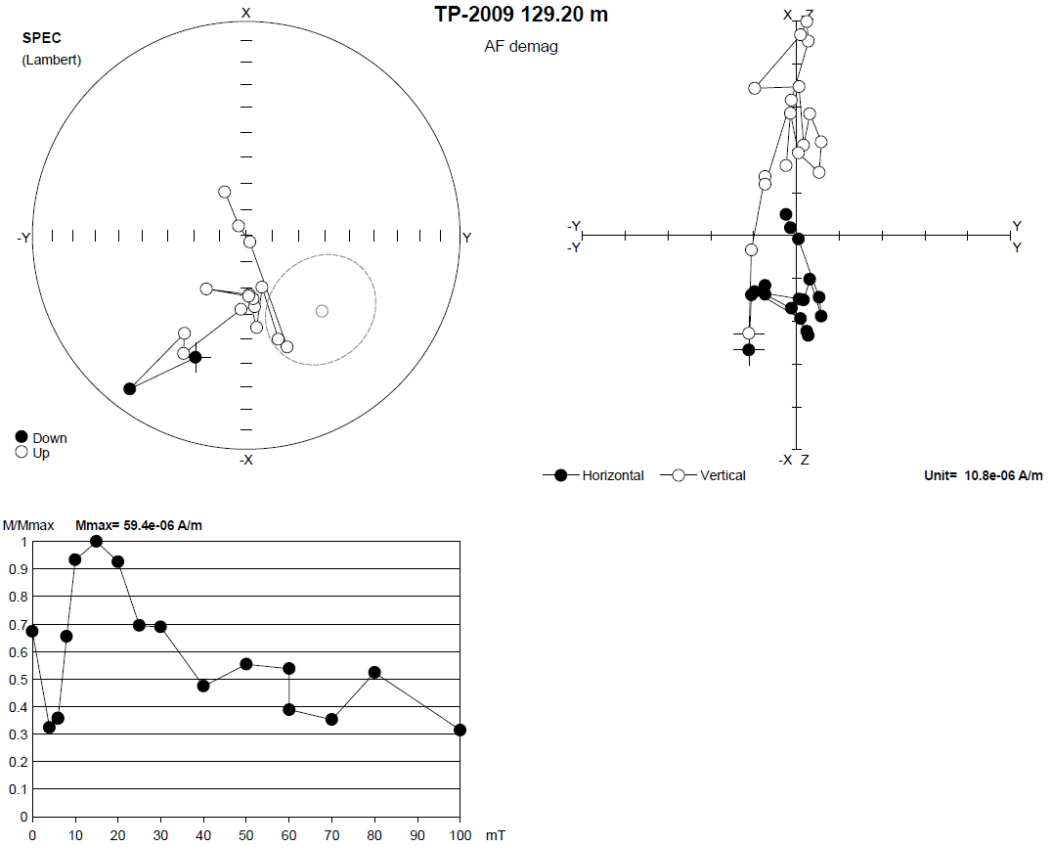


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 129,20 m).

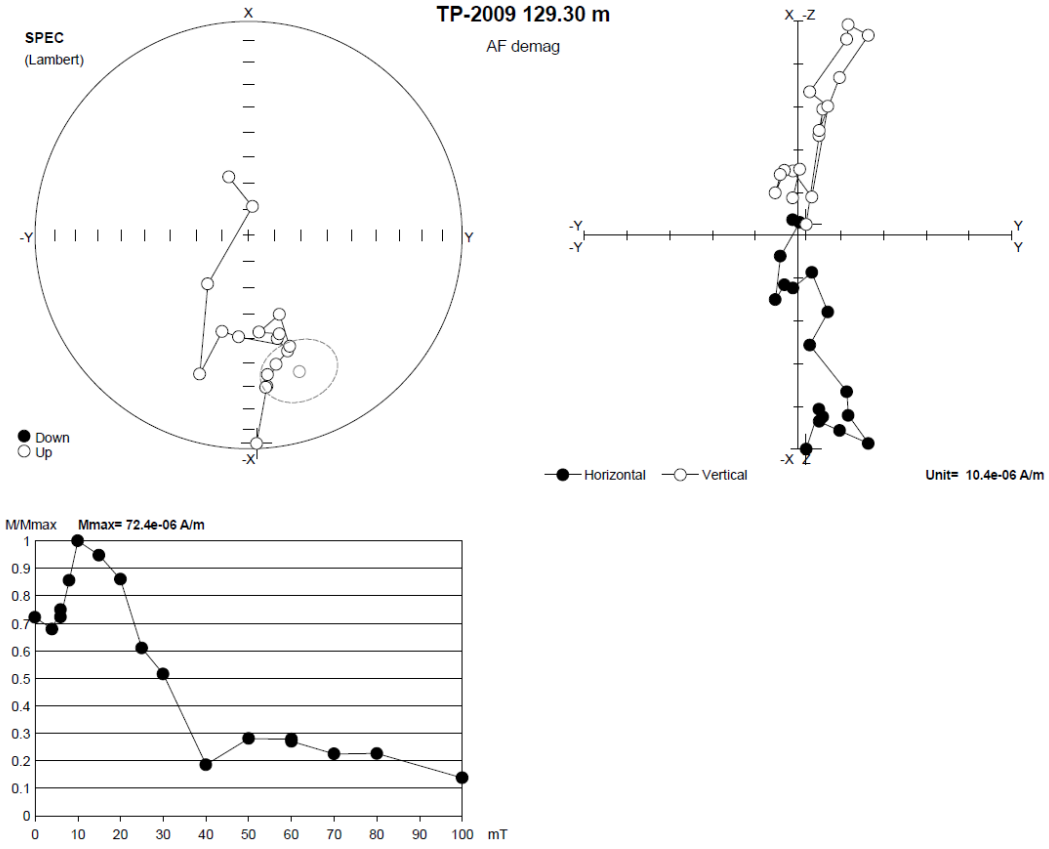


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 129,30 m).

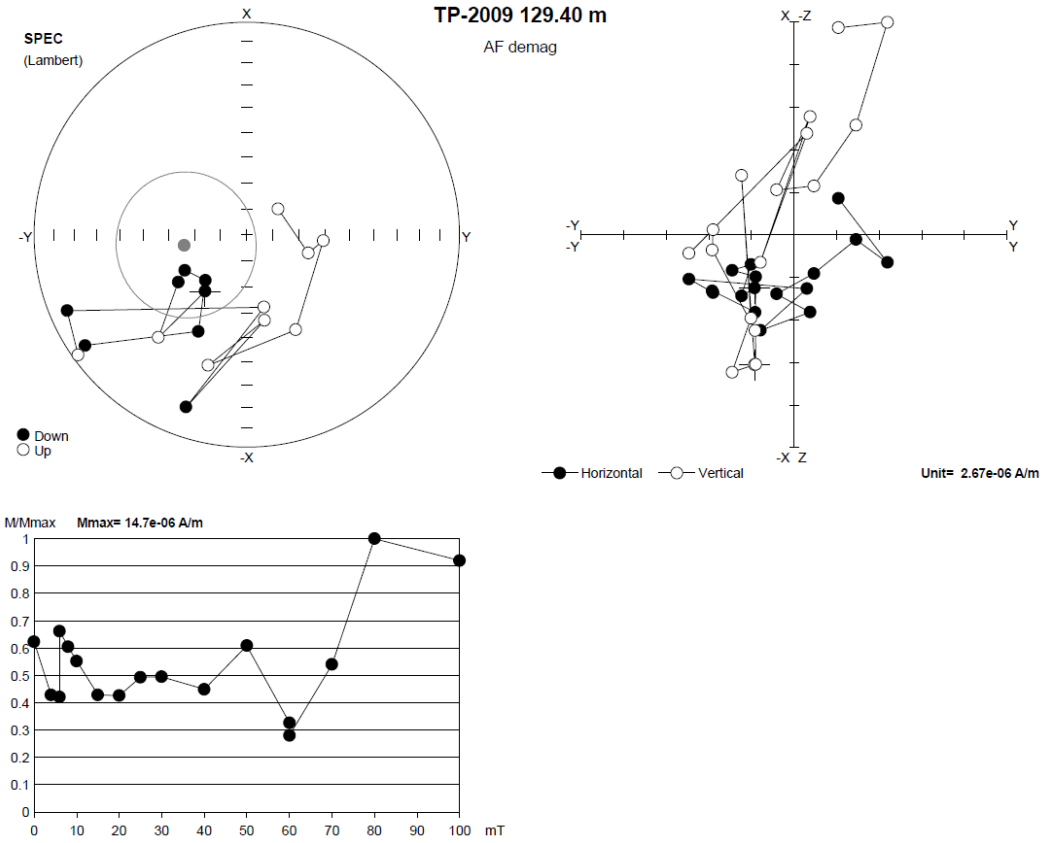


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 129,40 m).

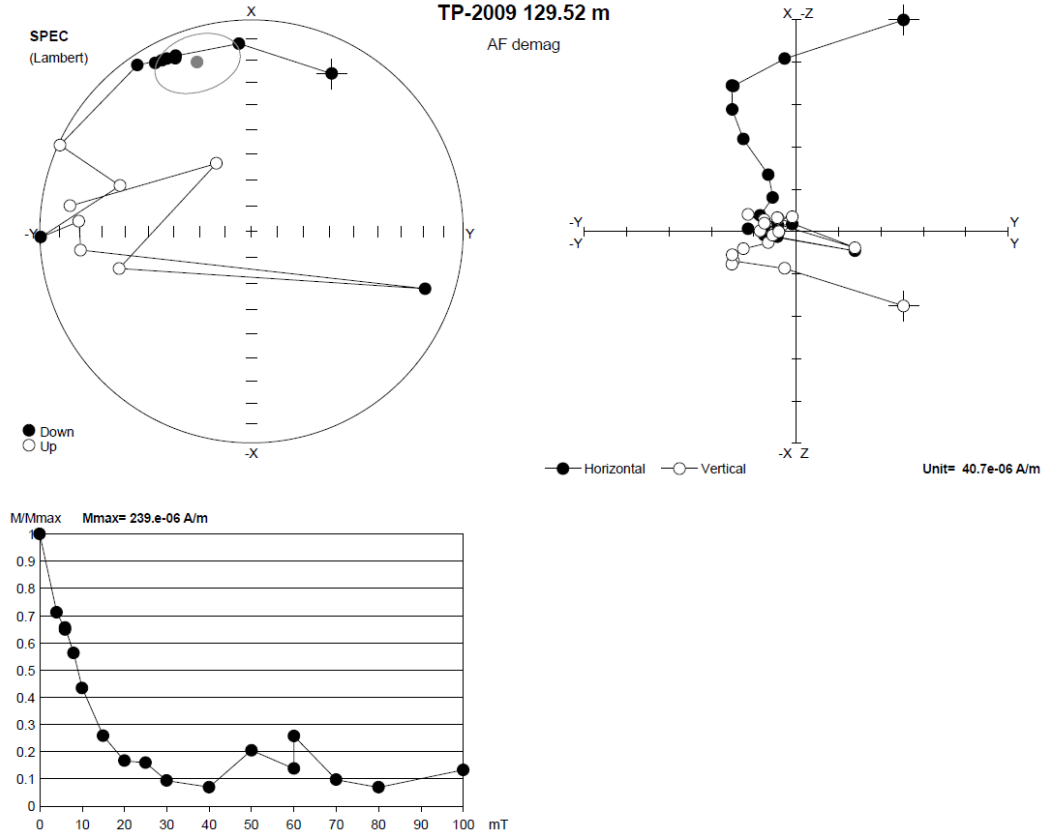


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 129,52 m).

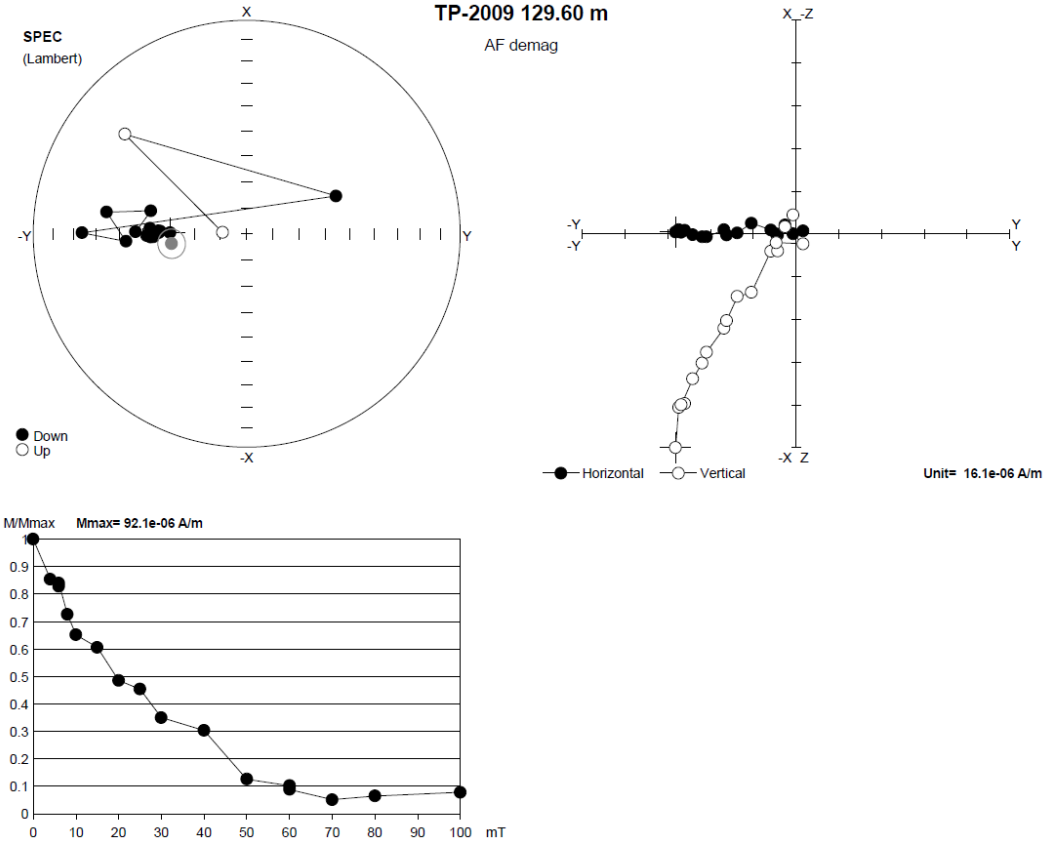


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 129,60 m).

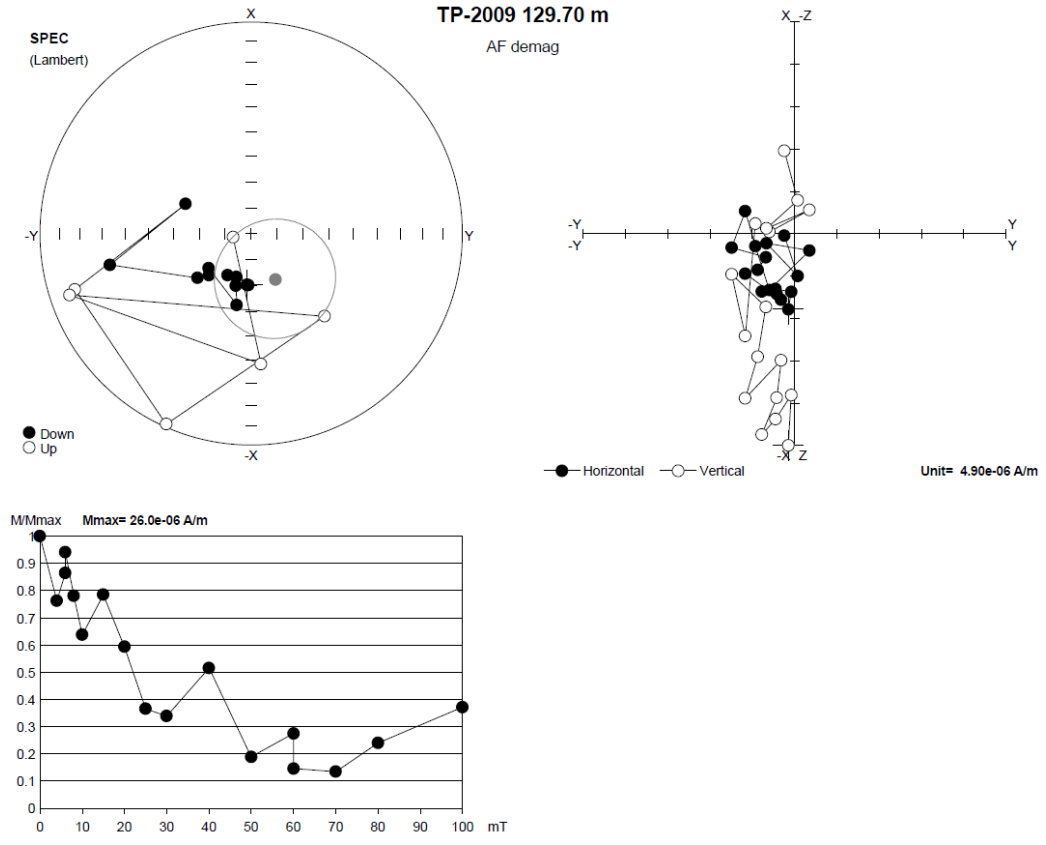


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 129,70 m).

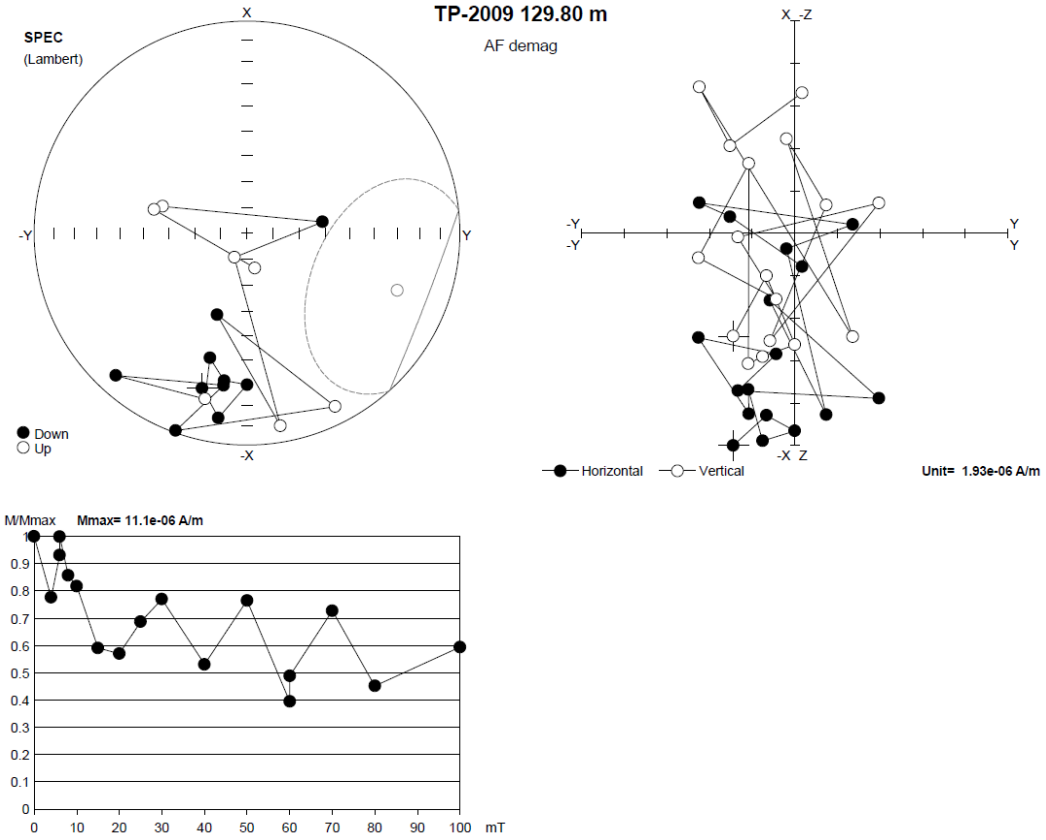


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 129,80 m).

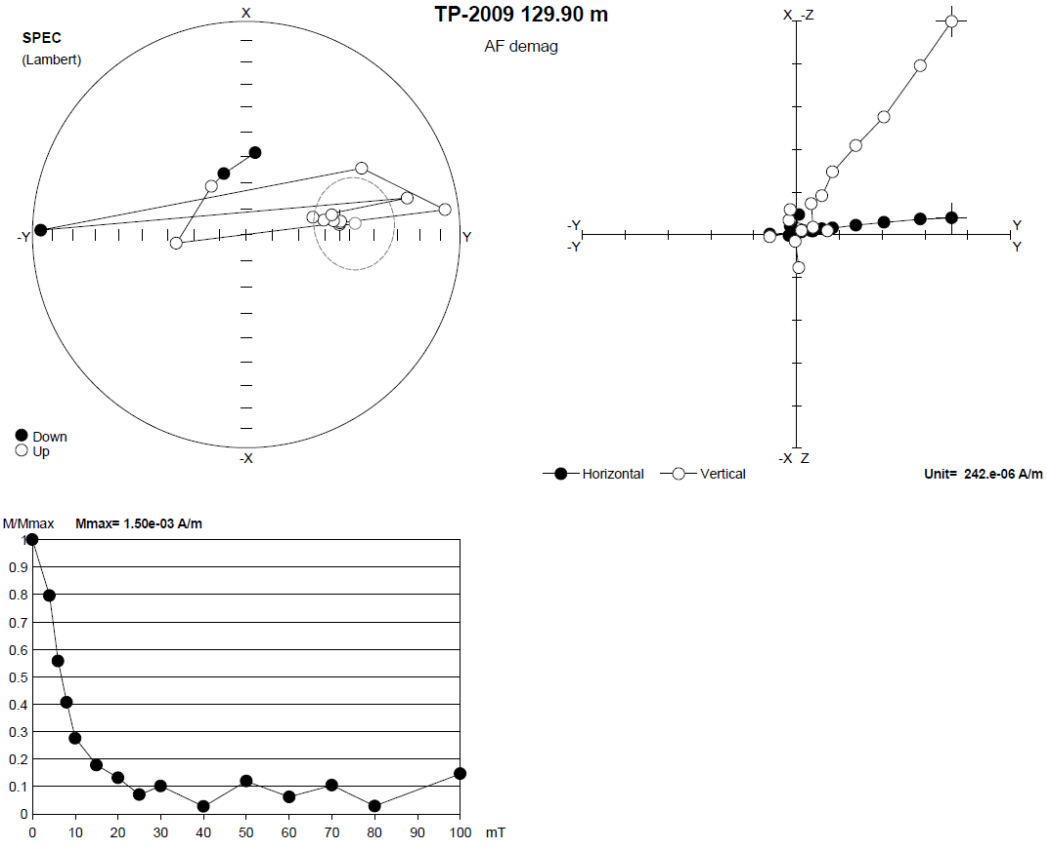


Abb. A13: (fortgesetzt; Wechselfeldentmagnetisierungsdiagramm von Probe TP-2009 129,90 m).

9.5 Palynologische Analyse

Tab. A7: PCA-Werte der einzelnen Taxa sowie die erklärte Varianz der ersten drei Komponenten des Intervalls MIS 20–18 von Tenaghi Philippon.

	Axis 1	**Axis 2**	**Axis 3**		**Axis 1**	**Axis 2**	**Axis 3**
Explained variability [%]	**35.06**	**28.91**	**18.25**				
Taxon scores				**Taxon scores**			
Alisma group	0.00	0.00	0.00	*Nymphaea*	0.58	0.53	-0.13
Apiaceae	0.01	-0.03	-0.05	*Ornithogalum* type	0.00	0.00	0.00
Artemisia	-2.01	0.11	5.56	Orobanchaceae	0.00	0.00	0.00
Asphodelus group	0.00	0.00	0.00	*Oxalis stricta* type	0.00	0.00	0.00
Asteraceae p.p.	0.06	-0.02	-0.08	Papaveraceae	0.00	0.00	0.00
Boraginaceae	0.00	0.00	0.00	*Persicaria amphibia*	0.00	0.00	0.00
Brassicaceae	-0.09	-0.94	-2.88	Plantaginaceae	0.02	-0.06	-0.09
Callitriche obtusangula	0.00	0.00	0.00	Plumbaginaceae	0.00	0.00	0.00
Callitriche stagnalis	0.00	0.00	0.00	Poaceae	7.19	0.02	2.33
Campanulaceae	0.00	0.00	0.00	Polygonaceae	-0.03	-0.06	0.01
Caryophyllaceae	-0.01	0.00	0.03	*Potamogeton* type	0.28	0.03	0.13
Chenopodiaceae	-1.33	0.41	3.37	Primulaceae	0.01	0.01	-0.01
Cistus	0.00	0.00	0.00	Ranunculaceae p.p.	0.01	0.00	0.05
Convolvulaceae	0.00	0.00	0.00	*Ranunculus acris* type	-0.06	-0.04	0.07
Cyperaceae	-0.04	7.57	-0.54	Rosaceae	0.00	0.00	0.00
Daphne	0.00	0.00	0.00	Rubiaceae	0.13	0.07	-0.01
Dictamnus albus	0.00	0.00	0.00	*Sagittaria sagittifolia*	0.00	0.00	0.00
Dipsacaceae	0.00	-0.01	-0.01	Saxifragaceae	0.00	-0.01	0.00
Epipactis	0.00	0.00	0.00	*Scheuchzeria palustris*	0.00	0.00	0.00
Ericaceae	0.01	0.00	-0.01	Scrophulariaceae	0.01	0.00	-0.01
Euphorbiaceae	0.00	0.00	0.00	*Sedum* type	0.00	0.00	0.00
Fabaceae	0.00	0.00	0.00	Solanaceae	0.00	0.00	0.00
Hottonia	0.00	0.00	0.00	*Sparganium* type	-0.07	0.07	1.07
Lamiaceae	0.00	0.00	-0.04	*Stratiotes aloides*	0.12	-0.02	0.03
Lemnaceae	0.00	0.00	0.00	*Typha latifolia* type	0.15	-0.05	0.02
Liliaceae	0.00	0.00	0.00	Urticaceae/Moraceae	0.00	0.00	0.00
Lythrum	0.06	0.03	-0.02	*Utricularia*	0.02	0.00	0.01
Menyanthes trifoliata	0.00	0.00	0.00	Varia NAP	0.07	0.00	-0.09
Myriophyllum	-0.98	-0.55	1.25	*Verbena officinalis*	0.00	0.00	0.00

9.6 Fossilium Catalogus Palynomorphae

Die im Rahmen der Pollenanalyse identifizierten Taxa des untersuchten Intervalls von 128 m bis 117 m des TP-2009-Kerns wurden in einem Fossilienkatalog zusammengefasst. Dieser ist in einem eigenen Band mit dem Titel „*Palynomorph classification based on MIS 20–18 samples (128–117 m depth) from Tenaghi Philippon (Drama Basin, NE Greece)*" auf dem beigefügten Datenträger zu finden.

Tab. A5: Datentabelle mit der Anzahl an gezählten Palynomorphen jedes Taxons des Tiefenintervalls 116,50 m bis 127,99 m von Tenaghi Philippon. Die Reihenfolge der Taxa entspricht ihrer systematischen Einordnung. Pollentypen nach Beug (2004). Grün = AP, orange = NAP, blau = aquatische Spermatophyten, türkis = Algen, violett = Sporenpflanzen, grau unterlegte Zahlen = *confer* (cf.), rot unterlegte Zahlen = bei Durchsicht des Objektträgers im Anschluss an die Pollenzählung entdeckt. Abbildungen zu den Typennummern der Sporen und Indeterminata sind im Fossilienkatalog (Kapitel 9.6) zu finden.

| | | | | | | | | | | | | Pinaceae | | | | | | | | | | Betulaceae | | | | | | | Rosaceae | | | Oleaceae | | | Fagaceae | | | | | | | | | | | |

Tab. A5: (fortgesetzt).

Vial no.	Depth [m]	Age [ka]	Vial tare weight [g]	Vial total sample dry weight [g]	Total sample dry weight [g]	Bag sample residue dry weight [g]	Bag tare weight (mean value) [g]	Sample residue dry weight [g]	Processed sample dry weight [g]	Date of counting	Pinaceae				Ephedra distachya type	Ephedra fragilis type	Juniperus	cf. Juniperus phoenica	Carya	Juglans	Pterocarya	Populus	Taxus	Betulaceae					Humulus type	Acer	Rosaceae			Oleaceae			Fagaceae						ct. Eucommia	Frangula (= Rhamnus)	Hippophaë	Cornus mas type	Salix	Tamarix	Hedera helix	Tilia cordata type	Tilia platyphyllos type	Vitis
											Abies	Cedrus	Picea	Pinus										Betula	Carpinus orientalis/Ostrya carpinifolia type	Corylus	Alnus	Carpinus betulus			Prunus type	Rubus type	Sorbus group	Fraxinus excelsior type	Fraxinus ornus	Phillyrea	Quercus cerris type	Quercus ilex type	Quercus robur/pubescens type	Castanea	Fagus														
-	118.52	726.47	7.3545	8.3676	1.0131	1.6597	1.0949	0.5648	0.4483	04.09.17	1		1	94			4										1					1				21	9	15							1			1		
-	118.56	726.89	7.3932	8.2120	0.8188	1.3877	1.0949	0.2928	0.5260	01.09.17	1.5		3	128.5			6							4	1		2	1					1			16	10	22				1		1						
-	118.60	727.31	7.3982	8.1547	0.7565	1.4054	1.0949	0.3105	0.4460	01.09.17	2.5		3	122			6							2			2	1								30	7	21					1							
-	118.64	727.72	7.4137	8.3104	0.8967	1.4629	1.0949	0.3680	0.5287	31.08.17			0.5	80.5										3			1									5	4	6					1		1					
-	118.68	728.14	7.4443	8.2193	0.7750	-	-	-	0.7750	10.10.17	0.5		1.5	99			4							3									1	1	1	9	2	6							1				
-	118.72	728.56	7.4404	8.5393	1.0989	-	-	-	1.0989	10.10.17	1			71.5										2						1				1		1	4												
-	118.76	728.98	7.4867	8.4160	0.9293	-	-	-	0.9293	09.10.17			0.5	93.5	1		4							1			1			1		1				4	6	6					1							
-	118.80	729.39	7.4368	8.5315	1.0947	-	-	-	1.0947	06.10.17	1			125.5			5							4		1				1						17	3	13												
-	118.84	729.81	7.3732	8.6437	1.2705	-	-	-	1.2705	06.10.17	0.5			111.5										1	1		3	1								10	11	15												
-	118.88	730.23	7.4071	8.4770	1.0699	-	-	-	1.0699	06.10.17			0.5	96		1											2			1				1		14	7	14					1							
-	118.92	730.65	7.4267	8.5282	1.1015	-	-	-	1.1015	05.10.17	2.5			124			3							3			1	2		1			1	2		20	11	22												
-	118.96	731.06	7.4707	8.3105	0.8398	-	-	-	0.8398	05.10.17			3.5	101.5			2													5				1		25	13	45												
-	119.04	731.90	7.5141	8.9817	1.4676	1.7072	1.0949	0.6123	0.8553	04.10.17			4	48.5			7								1					2				2		10	7	16												
-	119.08	732.32	7.6600	8.9297	1.2697	1.5755	1.0949	0.4806	0.7891	02.10.17	1.5		2	64			7								1		1					2				14	17	23												
-	119.12	732.73	7.5995	9.1742	1.5747	1.6570	1.0949	0.5621	1.0126	27.09.17	2.5		1.5	91			6										1			1						25	11	36							1					
-	119.16	733.15	7.5697	8.9169	1.3472	1.4173	1.0949	0.3224	1.0248	27.09.17	2.5		2	71			2										2			5			1			27	26	49							1					
-	119.20	733.57	7.5945	8.6307	1.0362	1.5974	1.0949	0.5025	0.5337	26.09.17	2.5		1	59			6							2						1		1				51	17	51					1		2					
-	119.22	733.78	7.5401	8.5329	0.9928	-	-	-	0.9928	08.11.17	4.5		7.5	71			8							2						2		1		1		37	9	52				1			1					
-	119.28	734.40	7.5960	8.6501	1.0541	1.4158	1.0949	0.3209	0.7332	26.09.17	7		1.5	77			7									2	1	1		2						31	12	46												
-	119.32	734.82	7.6127	9.2844	1.6717	1.4946	1.0949	0.3997	1.2720	25.09.17	1			63		2	2								1		1									37	34	49												
-	119.36	735.24	7.5395	9.2499	1.7104	1.6822	1.0949	0.5873	1.1231	22.09.17	1		3	80.5			2								1										1	38	36	40						1				2	
-	119.40	735.65	7.6064	9.1202	1.5138	1.7550	1.0949	0.6601	0.8537	21.09.17	0.5		1	65.5		1	9							1			3					1				29	31	45											3	
-	119.44	736.07	7.6292	8.6877	1.0585	1.5295	1.1686	0.3609	0.6976	17.05.16	4.5		2	71			7							2	1	2				1						20	14	54							1				1	
-	119.48	736.49	7.5346	8.4365	0.9019	1.4649	1.0949	0.3700	0.5319	20.09.17	1.5		4.5	81.5			10								1					2		1		1		31	28	45							1					
-	119.52	736.91	7.5748	8.5942	1.0194	1.4011	1.0949	0.3062	0.7132	19.09.17	1		1.5	46			8							1						2				1		27	26	53												
-	119.56	737.32	7.5678	8.5719	1.0041	1.7043	1.1686	0.5357	0.4684	13.05.16	1		2.5	77			7										1	1								30	17	55							2					
-	119.60	737.74	7.6231	8.7436	1.1205	1.7156	1.0949	0.6207	0.4998	19.09.17	3.5		1.5	53			6							2			2	2						1		46	26	58							1					
-	119.64	738.16	7.5701	8.6223	1.0522	1.4610	1.0949	0.3661	0.6861	18.09.17	3		3.5	62.5		1	5								1	1				1			1			38	20	57												
-	119.68	738.58	7.5368	8.2267	0.6899	1.3642	1.1686	0.1956	0.4943	09.05.16	2		3	77			3							2				3					1		1	34	33	51											2
-	119.72	738.99	7.5244	8.4799	0.9555	1.6299	1.0949	0.5350	0.4205	18.09.17			1	54			10										1			1			1			43	34	51							1				1	
-	119.76	739.41	7.6716	8.6711	0.9995	1.4751	1.0949	0.3802	0.6193	13.09.17	1		0.5	73.5			8							4				1		1						32	26	39							2					
-	119.80	739.83	7.6401	8.9170	1.2769	1.5777	1.1686	0.4091	0.8678	06.05.16	2		2	130			7							2										1		19	5	39							1					
-	119.84	740.25	7.5671	8.3311	0.7640	1.3579	1.0949	0.2630	0.5010	12.09.17	2		1	77.5			6							2				3		1						38	21	30							3					
-	119.88	740.66	7.6353	9.6316	1.9963	2.2968	1.0949	1.2019	0.7944	11.09.17				42.5	1		4							3			1						1			15		9					3							
-	119.92	741.08	7.6323	9.5162	1.8839	1.7198	1.1686	0.5512	1.3327	06.05.16	1			23										1						1				1		7	3	3												
-	119.96	741.50	7.6180	9.3297	1.7117	1.8680	1.0949	0.7731	0.9386	11.09.17				21.5	1		4							2												8	1	5												
-	119.98	741.71	7.5655	9.7373	2.1718	2.2912	1.0949	1.1963	0.9755	07.11.17				17.5	1									3			1			2						2	1	4												
-	120.02	742.13	7.6038	8.3364	0.7326	-	-	-	0.7326	07.11.17	0.5		1.5	79.5			6							4		1	3	1		5						33	21	66							2					
-	120.04	742.33	7.5426	8.2715	0.7289	1.4921	1.1686	0.3235	0.4054	04.05.16	0.5		0.5	60.5			6		1					4			1			1						34	32	54	1						1					
-	120.08	742.75	7.5476	8.4086	0.8610	1.7012	1.1686	0.5326	0.3284	05.09.16	1.5		0.5	69.5			5							2	1												37	30	50							1					
-	120.12	743.17	7.5698	8.1245	0.5547	1.4350	1.1686	0.2664	0.2883	02.09.16	0.5		2.5	68		1	2							1	1	1	1								3	35	42	43							2				
-	120.16	743.59	7.5979	8.1645	0.5666	1.3310	1.1686	0.1624	0.4042	03.05.16	3.5		7	88			2							6	1							2			2	31	13	35							1					
-	120.20	744.00	7.6103	8.5543	0.9440	1.5253	1.1686	0.3567	0.5873	01.09.16	2.5		0.5	53.5			6							1				1		1			1	1		24	36	61						1	1					
-	120.24	744.42	7.6208	8.3140	0.6932	1.4950	1.1686	0.3264	0.3668	31.08.16	0.5		3.5	54.5			2							2				1		2				2		35	43	60												
-	120.28	744.84	7.5554	8.3589	0.8035	1.5079	1.1686	0.3393	0.4642	03.05.16	2		3.5	80			5							1	2			2	1				1		1	25	21	42												
-	120.32	745.26	7.6016	8.3476	0.7460	1.4962	1.1686	0.3276	0.4184	30.08.16			1	69.5			2															1		1	24	26	26												
-	120.36	745.67	7.5431	8.2694	0.7263	1.5130	1.1686	0.3444	0.3819	29.08.16	0.5		5	78			5								1		2	1					1			35	36	52							2					
-	120.40	746.09	7.5416	8.0614	0.5198	1.4303	1.1686	0.2617	0.2581	02.05.16	1.5		6.5	50.5		1	7							3			1	2			1					49	34	78							1	1		2		
-	120.44	746.51	7.5288	8.2787	0.7499	1.5027	1.1686	0.3341	0.4158	26.08.16			5	59.5			6							3			2	1			2		1			45	30	56												
-	120.48	746.93	7.6187	8.2838	0.6651	1.3677	1.1686	0.1991	0.4660	25.08.16	0.5		2.5	68	1	1	5							1			1			4						32	22	31							3			1		

Tab. A5: (fortgesetzt).

Vial no.	Depth [m]	Age [ka]	Vial tare weight [g]	Vial total sample dry weight [g]	Total sample dry weight [g]	Bag sample residue dry weight [g]	Bag tare weight (mean value) [g]	Sample residue dry weight [g]	Processed sample dry weight [g]	Date of counting	Pinaceae				Ephedra distachya type	Ephedra fragilis type	Juniperus	cf. Juniperus phoenica	Carya	Juglans	Pterocarya	Populus	Taxus	Betulaceae					Humulus type	Acer	Rosaceae			Oleaceae			Fagaceae					cf. Eucommia	Frangula (= Rhamnus)	Hippophaë	Cornus mas type	Salix	Tamarix	Hedera helix	Tilia cordata type	Tilia platyphyllos type	Vitis
											Abies	Cedrus	Picea	Pinus										Betula	Carpinus orientalis/Ostrya carpinifolia type	Corylus	Alnus	Carpinus betulus			Prunus type	Rubus type	Sorbus group	Fraxinus excelsior type	Fraxinus ornus	Phillyrea	Quercus cerris type	Quercus ilex type	Quercus robur/pubescens type	Castanea	Fagus											
-	120.52	747.34	7.5192	8.0706	0.5514	1.3625	1.1686	0.1939	0.3575	29.04.16	1.5		4.5	80			5							3			2			1					2	30	15	26						1	1		1		
-	120.56	747.76	7.5625	8.0621	0.4996	1.3390	1.1686	0.1704	0.3292	24.08.16	1.5		2.5	68.5			2							1			1			2					2	26	11	34						1			1		
-	120.60	748.18	7.5333	8.4785	0.9452	1.6306	1.1686	0.4620	0.4832	23.08.16	2		3.5	88		1	8							2			1			3			1		5	27	16	29						2					
-	120.64	748.60	7.6312	8.3559	0.7247	1.6574	1.1686	0.4888	0.2359	27.04.16	1		2	82.5		1	8							1			3							1		17	7	30											
-	120.68	749.01	7.6009	8.2963	0.6954	1.3522	1.1686	0.1836	0.5118	22.08.16	2		1	91		2	4										2							1		19	20	29						2	1				
-	120.72	749.43	7.6321	8.6113	0.9792	1.6408	1.1686	0.4722	0.5070	19.08.16	1		2	87			7							1											3	22	8	31											
-	120.76	749.85	7.6656	8.6333	0.9677	1.5765	1.1686	0.4079	0.5598	28.04.16	0.5		2.5	97.5			5							2	1										1	14	14	46						4					
-	120.80	750.27	7.6102	8.5925	0.9823	1.7011	1.1686	0.5325	0.4498	18.08.16	1.5		3	79.5	1		1							1			2					1				28	21	29											
-	120.84	750.68	7.6031	8.5955	0.9924	1.6940	1.1686	0.5254	0.4670	17.08.16	4		1.5	90.5		1	9							1						1			1	1	1	17	7	23						2			2		
-	120.88	751.10	7.6545	8.7149	1.0604	1.7919	1.1686	0.6233	0.4371	26.04.16	2.5		2	146			4									1										4	1	8					1				1			
-	120.92	751.52	7.5952	8.4904	0.8952	1.6785	1.1686	0.5099	0.3853	16.08.16			0.5	98.5			15							6			3						1		2	7	4	5											
-	120.96	751.83	7.5875	8.8210	1.2335	1.8884	1.1686	0.7198	0.5137	15.08.16	1			49.5	1		6							2			2									4	1	6						1					
-	120.98	751.96	-	-	-	-	-	-	-	09.10.14			2	41.5	1	7	9							1						1					1		16	5											
1	121.00	752.09	9.6239	13.7528	4.1289	4.1430	1.1686	2.9744	1.1545	21.01.15				24.5			4							4			1							1				3											
3	121.04	752.35	9.4235	11.6715	2.2480	2.6563	1.1686	1.4877	0.7603	08.01.15			1	36			14							1												2		4											
5	121.08	752.61	9.5502	12.4404	2.8902	2.8718	1.1686	1.7032	1.1870	11.02.15	0.5		3	25.5			4							2			3	4								2		1											
7	121.12	752.87	9.5774	12.0330	2.4556	2.6345	1.1686	1.4659	0.9897	09.12.16			6.5	10.5		2	6																											1					
9	121.16	753.13	9.5605	12.3306	2.7701	2.8297	1.1686	1.6611	1.1090	20.01.15			2.5	31.5			7							3			2																						
10	121.21	753.46	9.6144	12.6798	3.0654	3.1277	1.1686	1.9591	1.1063	30.10.14				20			4		1					3														3						2	2				
12	121.25	753.72	9.5485	12.7138	3.1653	3.2961	1.1686	2.1275	1.0378	22.12.14			1	24.5			1							6											1								3					
14	121.29	753.98	9.5317	12.9193	3.3876	3.4030	1.1686	2.2344	1.1532	19.12.14	1.5		0.5	16			1							3											1					1								
16	121.33	754.24	9.5403	12.9048	3.3645	3.7232	1.1686	2.5546	0.8099	02.02.15			2.5	13			2							2			3											2						1					
18	121.37	754.50	9.6139	12.7405	3.1266	3.1829	1.1686	2.0143	1.1123	19.01.15			0.5	13.5			6							2			2			1								1											
20	121.41	754.77	9.6031	13.2124	3.6093	3.7246	1.1686	2.5560	1.0533	03.11.14				18.5			3										2											1	2	1	1					1	3				
22	121.45	755.03	9.5021	12.8376	3.3355	3.2017	1.1686	2.0331	1.3024	18.12.14			1	28			1							2																									
24	121.49	755.29	9.5231	13.8956	4.3725	4.3809	1.1686	3.2123	1.1602	20.11.14				14			1																			2		1						1					
26	121.53	755.55	9.5530	14.0462	4.4932	4.5708	1.1686	3.4022	1.0910	30.01.15				18			3							2			1											1		1									
28	121.57	755.81	9.6253	13.2858	3.6605	3.6952	1.1686	2.5266	1.1339	19.01.15			1.5	26.5			4							3			1																						
30	121.61	756.07	9.5474	13.3312	3.7838	3.7929	1.1686	2.6243	1.1595	05.11.14				20.5		1	4										2											1											
32	121.65	756.33	9.5634	13.7910	4.2276	4.3224	1.1686	3.1538	1.0738	18.12.14	1.5			16.5		1	5							7																									
34	121.69	756.59	9.5150	12.0257	2.5107	2.7294	1.1686	1.5608	0.9499	21.11.14			1.5	20			8							2											1		3											
36	121.73	756.86	9.5916	12.4501	2.8585	3.0972	1.1686	1.9286	0.9299	29.01.15	0.5		2	7			3							2								1				1	1	1						1					
38	121.77	757.12	9.6087	12.7850	3.1763	3.6133	1.1686	2.4447	0.7316	16.01.15	0.5		1	17		1	2							4			1									1								1					
40	121.81	757.38	9.4929	12.8624	3.3695	3.6725	1.1686	2.5039	0.8656	06.11.14				31			5							3												1		1							1				
42	121.85	757.64	9.4848	12.3290	2.8442	3.1597	1.1686	1.9911	0.8531	17.12.14	0.5			32.5			1											1																1					
44	121.89	757.90	9.4817	14.2373	4.7556	4.9031	1.1686	3.7345	1.0211	24.11.14				52			5							1			2								1	1	1											
46	121.93	758.16	9.5940	13.1843	3.5903	3.6915	1.1686	2.5229	1.0674	29.01.15			1	56.5			4							4			1											3					1						
48	121.97	758.42	9.5347	12.1305	2.5958	3.0407	1.1686	1.8721	0.7237	15.01.15	1		4.5	51			1							1				1								2		4											
50	122.00	758.62	9.6112	10.6758	1.0646	1.9588	1.1686	0.7902	0.2744	11.11.14			3	77			9							1												3	2	4										1	
52	122.04	758.88	9.5517	10.3255	0.7738	1.7809	1.1686	0.6123	0.1615	16.12.14				41.5		1																				2	1							1	1				
54	122.08	759.14	9.5726	10.5400	0.9674	1.9632	1.1686	0.7946	0.1728	05.02.15			1	38			2																			2		2	1										
56	122.12	759.40	9.5775	10.6758	1.0983	2.1076	1.1686	0.9390	0.1593	28.01.15			2.5	77			4																	1		1		3											
58	122.16	759.66	9.5467	10.2312	0.6845	1.7497	1.1686	0.5811	0.1034	11.02.15			5	48.5			3							1			1			1						2	1	4											
60	122.20	759.93	9.4743	10.5199	1.0456	2.0268	1.1686	0.8582	0.1874	06.02.15			3	72		1	2							1													1											
63	122.26	760.32	9.5413	10.2528	0.7115	1.7125	1.1686	0.5439	0.1676	05.02.15			3.5	61.5			1																				1							2					
65	122.30	760.58	9.5918	10.5642	0.9724	1.9654	1.1686	0.7968	0.1756	05.02.15			5	76		1	2							2												1	4	1	2					1		1			
67	122.34	760.84	9.5447	10.7283	1.1836	2.1735	1.1686	1.0049	0.1787	26.01.15			2	74.5	1		2							4			1					1					1	3										
69	122.38	761.10	9.5086	10.2200	0.7114	1.7076	1.1686	0.5390	0.1724	05.02.15			2	93.5		1	5							1													2	4							3					
71	122.42	761.36	9.5926	10.4889	0.8963	1.9077	1.1686	0.7391	0.1572	14.11.14	0.5		2	107			4										1								1	1		2								1			
72	122.44	761.49	9.6026	10.3784	0.7758	1.7480	1.1686	0.5794	0.1964	04.02.15			3	73			3							1						1							2		15						2					

Tab. A5: (fortgesetzt).

| Vial no. | Depth [m] | Age [ka] | Vial tare weight [g] | Vial total sample dry weight [g] | Total sample dry weight [g] | Bag sample residue dry weight [g] | Bag tare weight (mean value) [g] | Sample residue dry weight [g] | Processed sample dry weight [g] | Date of counting | Pinaceae | | | | Ephedra distachya type | Ephedra fragilis type | Juniperus | cf. Juniperus phoenica | Carya | Juglans | Pterocarya | Populus | Taxus | Betulaceae | | | | | Humulus type | Acer | Rosaceae | | | Oleaceae | | | Fagaceae | | | | |

Tab. A5: (fortgesetzt).

Vial no.	Depth [m]	Age [ka]	Vial tare weight [g]	Vial total sample dry weight [g]	Total sample dry weight [g]	Bag sample residue dry weight [g]	Bag tare weight (mean value) [g]	Sample residue dry weight [g]	Processed sample dry weight [g]	Date of counting	Pinaceae				Ephedra distachya type	Ephedra fragilis type	Juniperus	cf. Juniperus phoenica	Carya	Juglans	Pterocarya	Populus	Taxus	Betulaceae					Humulus type	Acer	Rosaceae			Oleaceae			Fagaceae																		Vitis
											Abies	Cedrus	Picea	Pinus										Betula	Carpinus orientalis/Ostrya carpinifolia type	Corylus	Alnus	Carpinus betulus			Prunus type	Rubus type	Sorbus group	Fraxinus excelsior type	Fraxinus ornus	Phillyrea	Quercus cerris type	Quercus ilex type	Quercus robur/pubescens type	Castanea	Fagus	cf. Eucommia	Frangula (= Rhamnus)	Hippophaë	Cornus mas type	Salix	Tamarix	Hedera helix	Tilia cordata type	Tilia platyphyllos type	
351	124.40	772.96	9.6146	11.7833	2.1687	2.4275	1.1686	1.2589	0.9098	30.03.15			1.5	27			3									2	1	12									34	10	90	1						2		4		
353	124.44	773.18	9.5821	11.7577	2.1756	2.4070	1.1686	1.2384	0.9372	27.05.15			0.5	23.5			3						3	2	1		7		1	1				1	6	57	44	57						1			3	2	
355	124.48	773.40	9.4682	11.8349	2.3667	2.6224	1.1686	1.4538	0.9129	22.04.15	0.5		1.5	22.5			4						1	1	4		10				1	1	2	2	72	22	79						1			4		
-	124.50	773.51				-	-	-	-	26.09.14	3.5		2	25			6			1			2		1	1	11		1				1	1	59	12	81									2	2	
357	124.52	773.61	9.6147	13.5620	3.9473	3.4581	1.16859	2.28951	1.65779	18.05.15	1		0.5	14			7						1	2	3	6	11						1	5	41	48	78	1				1	1			1		
359	124.56	773.83	9.5432	11.5495	2.0063	2.2656	1.1686	1.0970	0.9093	11.05.15			2.5	30.5			4						1	1	1	3	12		1			1	3	1	1	43	20	74					1				2		
49	124.60	774.05	9.6380	11.5605	1.9225	2.0513	1.1686	0.8827	1.0398	31.03.15	1		5.5	34	1		3						1	1		3	10						2		1	43	13	111									4		
302	124.64	774.26	11.1383	13.7465	2.6082	2.5455	1.1686	1.3769	1.2313	27.05.15			8.5	20.5		1	2							1	2	1	13	1					3		2	55	30	57						1			2		
306	124.68	774.48	10.9039	14.1380	3.2341	2.7380	1.1686	1.5694	1.6647	23.04.15	0.5		3	35			3					1		3	1	3	19		2						4	65	24	59						1	3				
309	124.72	774.70	11.0880	12.9952	1.9072	2.1370	1.1686	0.9684	0.9388	19.05.15			1.5	34.5			7						2	3	2	2	20						3	2	4	86	55	109									3		
311	124.76	774.91	11.0118	12.9323	1.9205	2.1369	1.1686	0.9683	0.9522	06.05.15	0.5		1	15			10						1	3	2	1	9						3		7	66	25	68					1	2	3	2		
313	124.80	775.13	11.1169	13.2207	2.1038	2.4071	1.1686	1.2385	0.8653	01.04.15			4.5	28	1		4						1	1	1		12		1				2	5	52	13	85						1			2		
315	124.84	775.35	10.9456	13.3239	2.3783	2.6332	1.1686	1.4646	0.9137	28.05.15	1		3	27.5			3						3	1		2	12						2		4	48	44	71						1	1		4		
318	124.88	775.56	10.9820	14.3103	3.3283	3.3712	1.1686	2.2026	1.1257	24.04.15	0.5		3	26			2							3		3	14		2				1			96	19	112	1					1			10		
335	124.92	775.78	11.1173	15.1328	4.0155	3.8892	1.1686	2.7206	1.2949	20.05.15	1		5	18.5			1						2	3			11		2			1		1	1	60	45	77									6		
329	124.96	776.00	11.1466	15.0102	3.8636	3.6445	1.1686	2.4759	1.3877	07.05.15			4	23			6						1		3	2	8		1				3	1	5	62	20	56				1		1	1	2	1	
150	125.00	776.21	9.5489	9.9269	0.3780	1.3313	1.1686	0.1627	0.2153	13.04.15			9	51.5		1	4						1	2			2		3			2		1		41	5	79	1					1	1		2		
152	125.04	776.43	9.5449	9.9940	0.4491	1.4044	1.1686	0.2358	0.2133	24.02.16	0.5		5	73.5			3						2		2		1		1	1		1	1			35	19	35						3					
154	125.08	776.65	9.5416	10.5593	1.0177	1.9953	1.1686	0.8267	0.1910	23.02.16			3	72.5				1					2			1	1		2		1				54	12	26						1	1		3		
156	125.12	776.86	9.4211	10.1077	0.6866	1.6700	1.1686	0.5014	0.1852	21.05.15			1.5	72	3		5						3						1				1	10	5	15												
158	125.16	777.08	9.6072	11.3564	1.7492	2.1434	1.1686	0.9748	0.7744	22.06.15			1.5	46.5			1						1			1							1	1	1	7												
160	125.20	777.30	9.5817	11.7601	2.1784	2.4768	1.1686	1.3082	0.8702	26.06.15				39	3		1						4						1						4	4	4						1					
162	125.24	777.51	9.6787	11.2190	1.5403	2.0150	1.1686	0.8464	0.6939	16.06.15			3.5	37.5				1					1			1								1	7	2	7							1					
164	125.28	777.73	9.5517	11.4796	1.9279	2.2517	1.1686	1.0831	0.8448	16.07.15			4	33									1	1												8	5	13						2					
166	125.32	777.95	9.6828	11.6509	1.9681	2.5903	1.1686	1.4217	0.5464	30.06.15	0.5		2.5	45			2						2			2	2					1				29	23	55									1		
168	125.36	778.16	9.5564	10.6717	1.1153	1.7635	1.1686	0.5949	0.5204	23.06.15	1		1	55.5			1						3										2	44	39	55						1			1		
169	125.38	778.27	9.6330	11.7344	2.1014	2.5023	1.1686	1.3337	0.7677	17.07.15	1		5.5	43.5			5							1		1	1						1			45	23	75										1	
170	125.40-125.43	778.49	9.4916	10.9198	1.4282	2.0012	1.1686	0.8326	0.5956	17.06.15			1	52		1	1						2			2			1					1	39	25	52									1		
172	125.46	778.70	9.6654	11.4070	1.7416	2.4485	1.1686	1.2799	0.4617	25.04.16	2		6.5	39.5									1			2	5									45	26	101									4		
173	125.48	778.81	9.5826	10.9919	1.4093	1.9025	1.1686	0.7339	0.6754	23.02.16	2.5		3	45	2	1	2							1		1	5	1	1				1	1		49	32	64											
175	125.52	779.03	9.5629	10.6193	1.0564	1.8417	1.1686	0.6731	0.3833	23.02.16	5.5		9.5	52.5									3	4	2	3	2						1		1	40	32	57		1			3	1		1		
176	125.56	779.24	9.3857	10.1933	0.8076	1.5551	1.1686	0.3865	0.4211	22.02.16	8		6	43			2						3				6		3					1	40	25	93									1		
178	125.60	779.46	9.5391	10.4243	0.8852	1.6208	1.1686	0.4522	0.4330	29.06.15	4		5	64		1	6									2	4			3			4	2	49	24	56	1										
180	125.64	779.68	9.5835	10.5105	0.9270	1.7206	1.1686	0.5520	0.3750	19.06.15	0.5		3	54.5			10						1			2	2				1	2		6	35	28	60						1	1				
182	125.68	779.89	9.5525	10.5297	0.9772	1.7795	1.1686	0.6109	0.3663	24.07.15	2		1.5	39.5			15						3		1	1	1		1		1				46	32	79						2	1		1		
184	125.72	780.11	9.5988	10.3750	0.7762	1.6749	1.1686	0.5063	0.2699	16.07.15	2		5	60.5			5						1				1					1	1	1	49	34	54		1					3				
186	125.76	780.33	9.5331	10.3521	0.8190	1.7923	1.1686	0.6237	0.1953	04.08.15	0.5	1	0.5	47		1	4						2			1	2									57	25	67						1			3		1
188	125.80	780.54	9.5630	10.5628	0.9998	1.8274	1.1686	0.6588	0.3410	09.08.16	3		2.5	62			3						2			1			1				1		45	25	71									1		
190	125.84	780.76	9.4035	10.0803	0.6768	1.7115	1.1686	0.5429	0.1339	18.05.16	4		9	75.5			4				1		4	1	2	1	2									49	14	63					1				5		
191	125.86	780.87	9.5750	-	-	1.7128	1.16859	0.54421	-	22.02.16	1.5			54.5			4						2	2		1	1									31	37	80									1		
192	125.88	780.98	9.6742	10.3580	0.6838	1.6526	1.1686	0.4840	0.1998	14.12.16			2	55.5			1							2		1	6					1	1		1	40	8	57					1		1		2		
193	125.90	781.09	9.6776	-	-	1.9008	1.16859	0.73221	-	17.02.16	0.5		1	69.5									4				1		1							27	10	23	1					2					
194	125.92	781.19	9.6713	12.0966	2.4253	2.4966	1.1686	1.3280	1.0973	27.07.15				61	1		3						1				1									10	8	15											
195	125.94	781.30	9.6885	-	-	2.4612	1.16859	1.29261	-	18.02.16			1	66.5			3							1	2	1	2						2	1		13	8	29											
196	125.96	781.41	9.6214	12.2446	2.6232	2.8654	1.1686	1.6968	0.9264	18.01.16			5.5	94			3						1			2									6	4	25	1										
197	125.98	781.52	9.5585	-	-	2.1255	1.16859	0.95691	-	19.02.16	1			92.5			2						2				1						1	2	10	6	16											
198	126.00	781.63	9.5240	10.5441	1.0201	1.8255	1.1686	0.6569	0.3632	06.08.15	3.5		6	68.5		1	1						3				3									63	18	59									1	1	
200	126.04	781.84	9.6233	10.4088	0.7855	1.5469	1.1686	0.3783	0.4072	28.08.15	3		3.5	93.5			1						3			3	4						1			36	20	64											
202	126.08	782.06	9.5535	10.3536	0.8001	1.6429	1.1686	0.4743	0.3258	19.05.15	0.5		4	62									4			2	1							1	41	25	73						1					

Tab. A5: (fortgesetzt).

Vial no.	Depth [m]	Age [ka]	Vial tare weight [g]	Vial total sample dry weight [g]	Total sample dry weight [g]	Bag sample residue dry weight [g]	Bag tare weight (mean value) [g]	Sample residue dry weight [g]	Processed sample dry weight [g]	Date of counting	Pinaceae				Ephedra distachya type	Ephedra fragilis type	Juniperus	cf. Juniperus phoenica	Carya	Juglans	Pterocarya	Populus	Taxus	Betulaceae				Humulus type	Rosaceae			Oleaceae		Fagaceae			Cf. Eucommia	Frangula (= Rhamnus)	Hippophaë	Cornus mas type	Salix	Tamarix	Hedera helix	Tilia cordata type	Tilia platyphyllos type	Vitis
											Abies	Cedrus	Picea	Pinus										Betula	Carpinus orientalis/Ostrya carpinifolia type	Corylus	Alnus	Carpinus betulus		Acer	Prunus type	Rubus type	Sorbus group	Fraxinus excelsior type	Fraxinus ornus	Phillyrea	Quercus cerris type	Quercus ilex type	Quercus robur/pubescens type	Castanea	Fagus									
203	126.12	782.28	9.4011	10.2866	0.8855	1.6704	1.1686	0.5018	0.3837	22.02.16	7		3.5	80.5			5							4		1			2	1			1		2	41	17	65						2	1				1
205	126.16	782.49	9.4122	9.8705	0.4583	1.3829	1.1686	0.2143	0.2440	09.09.16	6		1	87.5			6							7	4			1		1	2		6			51	24	74							1		1
207	126.20	782.71	9.4166	10.0691	0.6525	1.5500	1.1686	0.3814	0.2711	19.05.16	4		4	74			11							3	1		3	2						3		43	16	54					1			1		
209	126.24	782.93	9.4742	10.0861	0.6119	1.5336	1.1686	0.3650	0.2469	12.09.16	3		1	106.5			5								3	1	3	2		1				1		32	21	56										
211	126.28	783.14	9.6966	10.5410	0.8444	1.7538	1.1686	0.5852	0.2592	21.09.16	2.5		2	50.5			8							7	3		2	1				2		1		49	27	51					3			1		
213	126.32	783.36	9.4930	10.1420	0.6490	1.5037	1.1686	0.3351	0.3139	22.09.16	3.5		2.5	49.5		1	4							1	5		3	2						2		63	14	63		1						1		
215	126.36	783.58	9.5142	10.2453	0.7311	1.5841	1.1686	0.4155	0.3156	22.02.16	2.5		2	42.5			7							3	1								1	1	53	25	79						2	1			
217	126.40	783.79	9.5332	10.2646	0.7314	1.5715	1.1686	0.4029	0.3285	08.02.16	0.5		1	39.5	1		7							1	2	2		1		1			1			56	39	58	1				1	1				
219	126.44	784.01	9.5499	10.3490	0.7991	1.5393	1.1686	0.3707	0.4284	07.09.15	1		1	46.5			2	2							1		1	2						2		53	35	66										
221	126.48	784.23	9.5502	10.5060	0.9558	1.6447	1.1686	0.4761	0.4797	08.02.16	1.5		1.5	36			7																1	1		59	37	82								1		
223	126.52	784.44	9.5375	10.5015	0.9640	1.7326	1.1686	0.5640	0.4000	03.02.16	2.5		2	49		1	11								1		2	3		2			1		4	47	34	59				2				1	
225	126.56	784.66	9.5799	10.4734	0.8935	1.6322	1.1686	0.4636	0.4299	03.02.16	2		4	67			6							1			1	1					5	2	41	32	80										
227	126.60	784.88	9.5464	10.9391	1.3927	2.0339	1.1686	0.8653	0.5274	03.02.16	2		1	53.5			1										2			2			1	1	52	41	81					1					
229	126.64	785.09	9.5442	10.7826	1.2384	1.8829	1.1686	0.7143	0.5241	02.02.16	3.5		3.5	57		1	1																2		45	27	96							1	2		
278	126.68	785.31	9.4889	10.4773	0.9884	1.7010	1.1686	0.5324	0.4560	29.09.16	5.5		5	9.5	1		3							1	1			1		1						54	13	109								4		
280	126.72	785.52	9.4972	10.8173	1.3201	1.9810	1.1686	0.8124	0.5077	20.05.16	6		6.5	57		1									1			5		1						53	13	81					1			3		
282	126.76	785.74	9.5420	11.2865	1.7445	2.4729	1.1686	1.3043	0.4402	23.05.16	8.5		6	56.5										1	1					1		2	1			49	19	75										
284	126.80	785.96	9.4816	10.7030	1.2214	1.9888	1.1686	0.8202	0.4012	17.08.15	3		1	46.5			2							1				2							4	45	21	91								3		
286	126.84	786.17	9.5315	10.7465	1.2150	2.0604	1.1686	0.8918	0.3232	11.10.16	7		1.5	38.5	1		4							1	1			4		1					1	63	28	78				1	1			2		
288	126.88	786.39	9.7003	10.6105	0.9102	1.7034	1.1686	0.5348	0.3754	20.10.16	5		0.5	45			1									2	9		2					1	46	13	80					1			2		
290	126.92	786.61	9.5556	10.7290	1.1734	1.8336	1.1686	0.6650	0.5084	26.10.16	7.5		3.5	47.5										1			1	6		1						32	21	69										
292	126.96	786.82	9.7168	11.3968	1.6800	2.0717	1.1686	0.9031	0.7769	04.11.16	2		5	42													1	1		1				1	43	14	87										
293	126.98	786.93	9.5512	11.1256	1.5744	1.9531	1.1686	0.7845	0.7899	07.11.16	7		1.5	26													3		1						57	22	93	1		1			1		2		
230	127.02	787.04	9.5866	10.6017	1.0151	1.9011	1.1686	0.7325	0.2826	23.05.16	2		2	39	1		15								1			9		5			4	5	29	27	67						1	1		1		
232	127.06	787.15	9.5468	10.7092	1.1624	1.9557	1.1686	0.7871	0.3753	18.11.16	4.5		5.5	57			9										3	1				2	1	1	2	30	36	56										
234	127.10	787.37	9.5698	10.8775	1.3077	2.0093	1.1686	0.8407	0.4670	20.08.15	6		2	38			10										1	1					5	2	41	23	70				1	1			2		
236	127.14	787.58	9.4752	10.3489	0.8737	1.7011	1.1686	0.5325	0.3412	24.11.16	3		1	37			11		3						1	1	1	1		1		1	3	1		49	42	81			2			1	2	3		
238	127.18	787.80	9.6082	10.4560	0.8478	1.8046	1.1686	0.6360	0.2118	24.08.15	3		3.5	38.5			4	2						1				3		1					6	22	20	67						3	1	2		1
240	127.22	788.02	9.6012	10.1917	0.5905	1.4637	1.1686	0.2951	0.2954	24.05.16	7		2	33.5			8	2							2			3		2		2	1	3	36	22	53				1				6		
253	127.26	788.23	9.6968	10.4177	0.7209	1.5085	1.1686	0.3399	0.3810	29.11.16	5.5	1		35.5			1		1							2		11				1		2	5	85	36	106								9		
243	127.30	788.45	9.5317	10.4447	0.9130	1.7435	1.1686	0.5749	0.3381	24.05.16	1.5		1	19			5																1		21	9	33								2		
245	127.34	788.93	9.5796	10.4588	0.8792	1.6574	1.1686	0.4888	0.3904	03.08.15				14.5			2										1	1		1				2	12	5	17								5	1	
247	127.38	789.88	9.5934	10.4121	0.8187	1.6164	1.1686	0.4478	0.3709	05.01.16			3	11			4													1						8	3	16								4	1	
249	127.42	790.83	9.5576	10.2972	0.7396	1.5774	1.1686	0.4088	0.3308	26.08.15				5.5		1	3																1		12	4	20								4		
251	127.46	791.79	9.5917	10.3516	0.7599	1.7218	1.1686	0.5532	0.2067	12.01.16				40																		3			17	9	17						1		2	2	
254	127.52	794.17	9.5520	10.4690	0.9170	1.6847	1.1686	0.5161	0.4009	27.08.15				9		1																			8	6	19								4		
256	127.56	795.12	9.5365	10.2884	0.7519	1.5035	1.1686	0.3349	0.4170	18.01.16				17.5																					4	2	17								1		
257	127.58	795.60	9.5179	10.3905	0.8726	1.6746	1.1686	0.5060	0.3666	25.05.16				21.5			3													3				2	4	2	12								1		
258	127.63	796.79	9.5018	10.4509	0.9491	1.7083	1.1686	0.5397	0.4094	08.07.16				9			3							1											1	11	10	17								4		
260	127.67	797.74	9.6000	10.4453	0.8453	1.6907	1.1686	0.5221	0.3232	02.08.16	1.5		4.5	40.5			1											1								14	5	24							1	2		
262	127.71	798.69	9.4788	10.2572	0.7784	1.6628	1.1686	0.4942	0.2842	02.08.16	0.5			24																1						4	9	20										
264	127.75	799.64	9.5619	10.2830	0.7211	1.5754	1.1686	0.4068	0.3143	03.08.16	1.5		0.5	36										1			1				1		2		2	1	7										
266	127.79	800.52	9.3747	10.2285	0.8538	1.7800	1.1686	0.6114	0.2424	04.08.16	2.5		0.5	90													2			2		1	2		4	6	14					1	1				
268	127.83	801.28	9.5716	10.3678	0.7962	1.5370	1.1686	0.3684	0.4278	05.08.16	3		1.5	107.5			1													2		1		3	10	5	18					1					
270	127.87	802.05	9.5329	10.3626	0.8297	1.6471	1.1686	0.4785	0.3512	08.08.16	1.5		4.5	74.5			1							2				1	1	2		1		3	8	4	16				2		1	1			
272	127.91	802.82	9.5726	10.4098	0.8372	1.6199	1.1686	0.4513	0.3859	08.08.16	0.5		1	83.5		2	5										2			3					10	8	17	1					1	3		1		
274	127.95	803.58	9.5237	10.4206	0.8969	1.6660	1.1686	0.4974	0.3995	28.01.16	1		2.5	66			3							1						3		1	1		6	2	19							1	1		
276	127.99	804.35	9.5098	10.5036	0.9938	1.7342	1.1686	0.5656	0.4282	28.01.16				45.5			3							1			1			1		1			6	2	15					1					

Tab. A5: (fortgesetzt).

| Depth [m] | Sambucus ebulus | Loranthus europaeus | Celtis | Pistacia | Ulmus type | Zelkova | Buxus | Epipactis | Ericaceae | Asteraceae | | |

Tab. A5: (fortgesetzt).

| Depth [m] | Sambucus ebulus | Loranthus europaeus | Celtis | Pistacia | Ulmus type | Zelkova | Buxus | Epipactis | Ericaceae | Asteraceae | Asteraceae varia | Ambrosia/Xanthium spinosum type | Crepis type | Scorzonera humilis type | Artemisia | Carthamus type | Centaurea cyanus | Centaurea montana type | Centaurea scabiosa type | Centaurea jacea type | Cirsium type | Crupina | Echinops | Matricaria/Achillea type | Saussurea/Arctium type | Senecio/Solidago type | Asphodelus group | Liliaceae varia | Ornithogalum type | Caprifoliaceae | Dipsacaceae varia | Knautia | Scabiosa type | Valerianella | Centranthus | Valeriana officinalis group | Rosaceae | Alchemilla group | Aphanes arvensis type | Sanguisorba minor type | Geum type | Potentilla type | Convolvulaceae | Convolvulus type | Cuscuta europaea type | Calystegia | Papaveraceae | Papaver rhoeas type | Papaver argemone | Ranunculaceae | Aconitum group | Ranunculus acris type | Helleborus viridis type | Anemone coronaria | Thalictrum | Pulsatilla alpina | Orobanchaceae | Rhinanthus group | Odontites type | Saxifraga aizoides group | Saxifraga hirculus type | Saxifraga stellaris type | Caryophyllaceae | Polycarpon tetraphyllum | Spergularia type | Dianthus type | Cerastium type | Gypsophila repens type | Herniaria group |
|---|---|---

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Sambucus ebulus	Loranthus europaeus	Celtis	Pistacia	Ulmus type	Zelkova	Buxus	Epipactis	Ericaceae	Asteraceae																		Asphodelus group	Liliaceae varia	Ornithogalum type	Caprifoliaceae						Rosaceae					Convolvulaceae			Papaveraceae		Ranunculaceae					Orobanchaceae		Caryophyllaceae								
										Asteraceae varia	Ambrosia/Xanthium spinosum type	Crepis type	Scorzonera humilis type	Artemisia	Carthamus type	Centaurea cyanus	Centaurea montana type	Centaurea scabiosa type	Centaurea jacea type	Cirsium type	Crupina	Echinops	Matricaria/Achillea type	Saussurea/Arctium type	Senecio/Solidago type				Dipsacaceae varia	Knautia	Scabiosa type	Valerianella	Centranthus	Valeriana officinalis group	Alchemilla group	Aphanes arvensis type	Sanguisorba minor type	Geum type	Potentilla type	Convolvulus type	Cuscuta europaea type	Calystegia	Papaver rhoeas type	Papaver argemone	Aconitum group	Ranunculus acris type	Helleborus viridis type	Anemone coronaria	Thalictrum	Pulsatilla alpina	Rhinanthus group	Odontites type	Saxifraga aizoides group	Saxifraga hirculus type	Saxifraga stellaris type	Polycarpon tetraphyllum	Spergularia type	Dianthus type	Cerastium type	Gypsophila repens type	Herniaria group
120.52					1				1			1		30	1							21		1					1														1									1		
120.56									1					21					1			6	1																		4								1		
120.60									1			1		36		1			1			14		1																	4										1
120.64									1			1		42					3			16		2								1									1										
120.68										1				22					1			13		2			1									1	1				1								1		
120.72											1			32					1			15																				1								1		
120.76					1									28								18		1																	1				2				1		
120.80					1									33					4			25																			4								1		2
120.84											1	1		44								13																			3										1
120.88														49								15		1																	1										
120.92														66								17		2																	1										
120.96														145					4			7																			2		2						1		
120.98														117					3			10								2																		1			
121.00					1									143					1			4		1																	4			4						1		
121.04												3		128				1				4		3																	1			1						1		1
121.08												2		144								7		1																	10										
121.12												3		156					2			4		5																	2			3								
121.16					1							1		138					1			7	1	3																	3			4								
121.21					1							1		143								4		2																	5			4					1			1
121.25												2		147					1			8	1	2																	7			1						1		1
121.29												4		146					1			8		2																	1			3						1		1
121.33												3		150					1			9		5																	6			4								
121.37												3		220		1			1			3	1	5																	19			2					1			
121.41					1							4		132					1			5																			9			3								
121.45												3		158					2			5		2																	3			2								
121.49												1		149					2			9																			2			4								2
121.53			1									3		137					2			11																			1			1								
121.57												6		140								5		4																	1			3								
121.61	1											2		138				1				2		1																	9			1								
121.65					1									151				1	1			6		1																	2			2								
121.69					1							5		143					3			4	1																			4			5								
121.73					1							2		178								3		1																	6			5								
121.77												2		131					3			9		3																	5			6								
121.81												6		131								5					1														4			1								
121.85												1		136								5		2																				2								2		
121.89												2		109					1			6		2	1																2			2					1			1
121.93												4		84	1							11																			2			1								
121.97					1							1		96					1			6		2																	4								1		1
122.00														75						1		9		1																	1			3								
122.04												1		121					1			8		3																	1			1								2
122.08												1		112					2			11		1																				6								
122.12												3		89					3			7		6																				1		1						
122.16														107					2			10		1																				1								1
122.20														88					1			8		4																	1										
122.26														64					1			8		3																				1								
122.30												1		79								7																							3								1
122.34														77					1			9		3																				3								
122.38												1		71					3			7																							2								1		
122.42												1		75					1			16																							2								1		1
122.44						1								59					1			6																			1										1		

Tab. A5: (fortgesetzt).

| Depth [m] | Sambucus ebulus | Loranthus europaeus | Celtis | Pistacia | Ulmus type | Zelkova | Buxus | Epipactis | Ericaceae | Asteraceae | Asteraceae varia | Ambrosia/Xanthium spinosum type | Crepis type | Scorzonera humilis type | Artemisia | Carthamus type | Centaurea cyanus | Centaurea montana type | Centaurea scabiosa type | Centaurea jacea type | Cirsium type | Crupina | Echinops | Matricaria/Achillea type | Saussurea/Arctium type | Senecio/Solidago type | Asphodelus group | Liliaceae varia | Ornithogalum type | Caprifoliaceae | Dipsacaceae varia | Knautia | Scabiosa type | Valerianella | Centranthus | Valeriana officinalis group | Rosaceae | Alchemilla group | Aphanes arvensis type | Sanguisorba minor type | Geum type | Potentilla type | Convol-vulaceae | Convolvulus type | Cuscuta europaea type | Calystegia | Papa-vera-ceae | Papaver rhoeas type | Papaver argemone | Ranun-culaceae | Aconitum group | Ranunculus acris type | Helleborus viridis type | Anemone coronaria | Thalictrum | Pulsatilla alpina | Oro-ban-cha-ceae | Rhinanthus group | Odontites type | Saxifraga aizoides group | Saxifraga hirculus type | Saxifraga stellaris type | Caryophyllaceae | Polycarpon tetraphyllum | Spergularia type | Dianthus type | Cerastium type | Gypsophila repens type | Herniaria group |
|---|---|---

Tab. A5: (fortgesetzt).

| Depth [m] | Sambucus ebulus | Loranthus europaeus | Celtis | Pistacia | Ulmus type | Zelkova | Buxus | Epipactis | Ericaceae | Asteraceae | | |

Tab. A5: (fortgesetzt).

| Depth [m] | Sambucus ebulus | Loranthus europaeus | Celtis | Pistacia | Ulmus type | Zelkova | Buxus | Epipactis | Ericaceae | Asteraceae | Asteraceae varia | Ambrosia/Xanthium spinosum type | Crepis type | Scorzonera humilis type | Artemisia | Carthamus type | Centaurea cyanus | Centaurea montana type | Centaurea scabiosa type | Centaurea jacea type | Cirsium type | Crupina | Echinops | Matricaria/Achillea type | Saussurea/Arctium type | Senecio/Solidago type | Asphodelus group | Liliaceae varia | Ornithogalum type | Caprifoliaceae | Dipsacaceae varia | Knautia | Scabiosa type | Valerianella | Centranthus | Valeriana officinalis group | Rosaceae | Alchemilla group | Aphanes arvensis type | Sanguisorba minor type | Geum type | Potentilla type | Convolvulaceae | Convolvulus type | Cuscuta europaea type | Calystegia | Papaveraceae | Papaver rhoeas type | Papaver argemone | Ranunculaceae | Aconitum group | Ranunculus acris type | Helleborus viridis type | Anemone coronaria | Thalictrum | Pulsatilla alpina | Orobanchaceae | Rhinanthus group | Odontites type | Saxifraga aizoides group | Saxifraga hirculus type | Saxifraga stellaris type | Caryophyllaceae | Polycarpon tetraphyllum | Spergularia type | Dianthus type | Cerastium type | Gypsophila repens type | Herniaria group |
|---|---|---

Tab. A5: (fortgesetzt).

| Depth [m] | Minuartia verna type | Scleranthus | Apiaceae | Apiaceae varia | Tordylium maximum | Bupleurum | Conium type | Eryngium | Pimpinella major/saxifraga type | Polygonaceae | Polygonum alpinum (= Persicaria alpina) | Polygonum aviculare type | Polygonum bistorta type | Persicaria maculosa type | Rumex acetosa type | Solanaceae | Verbena officinalis | Sedum type | Brassicaceae | Plumbaginaceae | Plumbaginaceae varia | Armeria | Limonium | Lamiaceae | Ballota type | Galeopsis type | Mentha type | Prunella type | Salvia pratensis group | Salvia verticillata | Stachys | Oxalis stricta type | Euphorbiaceae | Euphorbiaceae varia | Mercurialis perennis type | Fabaceae | Fabaceae varia | Lotus type | Coronilla type | Ononis type | Trifolium type | Genista group | Primulaceae | Anagallis type | Lysimachia vulgaris type | Primula clusiana type | Primula veris group | Cistus | Dictamnus albus | Gentiana pneumonanthe type | Gentianella germanica type | Scrophulariaceae | Scrophulariaceae varia | Verbascum | Campanulaceae | Campanulaceae varia | Jasione montana type | Legousia type | Rubiaceae | Pulmonaria type | Symphytum | Chenopodiaceae | Daphne | Urticaceae/Moraceae varia | Urtica pilulifera | Plantaginaceae | Gratiola | Littorella type | Plantago albicans type | Plantago coronopus type | Plantago lanceolata type |
|---|---|---

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	*Minuartia verna* type	*Scleranthus*	Apiaceae						Polygonaceae					Solanaceae	*Verbena officinalis*	*Sedum* type	Brassicaceae	Plumbaginaceae			Lamiaceae							*Oxalis stricta* type	Euphorbiaceae		Fabaceae							Primulaceae				*Cistus*	*Dictamnus albus*	*Gentiana pneumonanthe* type	*Gentianella germanica* type	Scrophulariaceae		Campanulaceae			Rubiaceae	*Pulmonaria* type	*Symphytum*	Chenopodiaceae	*Daphne*	Urticaceae/Moraceae varia	*Urtica pilulifera*	Plantaginaceae				
			Apiaceae varia	*Tordylium maximum*	*Bupleurum*	*Conium* type	*Eryngium*	*Pimpinella major/saxifraga* type	*Polygonum alpinum (= Persicaria alpina)*	*Polygonum aviculare* type	*Polygonum bistorta* type	*Persicaria maculosa* type	*Rumex acetosa* type					Plumbaginaceae varia	*Armeria*	*Limonium*	*Ballota* type	*Galeopsis* type	*Mentha* type	*Prunella* type	*Salvia pratensis* group	*Salvia verticillata*	*Stachys*			Euphorbiaceae varia	*Mercurialis perennis* type	Fabaceae varia	*Lotus* type	*Coronilla* type	*Ononis* type	*Trifolium* type	*Genista* group	*Anagallis* type	*Lysimachia vulgaris* type	*Primula clusiana* type	*Primula veris* group					Scrophulariaceae varia	*Verbascum*	Campanulaceae varia	*Jasione montana* type	*Legousia* type																			
118.52			2							1			4																			1																	5			36																	
118.56			2							1			4								1																1													9			14								1	1						
118.60			2		2		1						9				2																														1			17			26						3							
118.64			4				1						2				4			1			1																					1					14			35						1							
118.68										2			2				1							1														1										12			56															
118.72										2							4																					1										11			59						1							
118.76			4							1			2				3					1																					2					7			33															
118.80			5										5				2																															11			17															
118.84			8							1			3				2			1				1																				1					13			36						1							
118.88			2							1			3				5																															13			40															
118.92			3							2			1				1																															8			35															
118.96			3									1					1																							1									7			28															
119.04	2		2							1			11				1			1																			2					1	1				14			43															
119.08		2	5		1					5			13				5							1																								10			28															
119.12	2		1							2			8				1			2				1															1	1								8			25															
119.16			4										7				1			1		1																										14			20															
119.20			1							1			7				1																															26			27															
119.22			1										7				2								1						1															1	1				26			21															
119.28			5										2				3					1																										19			20															
119.32			1							2			6				1																															9			17															
119.36													5				1																															8			18															
119.40			2							1			7				3																														1			9			20															
119.44			3										11				4																				1									3			27			21														1	
119.48			7							1			8				2																							2										16			25															
119.52			1							2			6				5								1																								6			25															
119.56			2		1								18				3			1					2																								15			17															
119.60			3							2			18				4			1					1																								9			15															
119.64			1				1						9				4	1		3					2					1									1									10			6															
119.68			2										4				1				1				1																								5			9															
119.72			1				1						4				3								1																								6			14	1	1													
119.76			2		1								3				1								1																								12			28															
119.80			3										9				2			1																													6			22														1	
119.84			4	1			1						13																											1									10			17															
119.88										2			17				5																							1									4			52															
119.92			5							2							3																															3			91															
119.96			1				1			5			3				3																															3			108															
119.98			1							6			2							1																													9			112															
120.02	1				1					2			1																											2									6			49															
120.04			1							2			1				4																															5			42															
120.08					1					1			4				3								1																								5			32															
120.12			2							1			5				1																															2			27						1							
120.16							1						14				1																															8			39															
120.20			1										4				2																							1									9			24															
120.24			6							1			9				2																															4			31														1	
120.28			2				1						5																											1									5			36															
120.32			2										3				11																															2			47															
120.36			1										6				5			1																													8			27															
120.40			3										7				1								1															1									3			15															
120.44			1										9				3																															9			31															
120.48	3		2		1							1	9				5																															5			32															

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	*Minuartia verna* type	*Scleranthus*	Apiaceae						Polygonaceae					Solanaceae	*Verbena officinalis*	*Sedum* type	Brassicaceae	Plumbaginaceae			Lamiaceae							Euphorbiaceae		Fabaceae							Primulaceae				Cistus	*Dictamnus albus*	*Gentiana pneumonanthe* type	*Gentianella germanica* type	Scrophulariaceae		Campanulaceae			Rubiaceae	*Pulmonaria* type	*Symphytum*	Chenopodiaceae	*Daphne*	Urticaceae/Moraceae varia	*Urtica pilulifera*	Plantaginaceae				
			Apiaceae varia	*Tordylium maximum*	*Bupleurum*	*Conium* type	*Eryngium*	*Pimpinella major/saxifraga* type	*Polygonum alpinum (= Persicaria alpina)*	*Polygonum aviculare* type	*Polygonum bistorta* type	*Persicaria maculosa* type	*Rumex acetosa* type					Plumbaginaceae varia	*Armeria*	*Limonium*	*Ballota* type	*Galeopsis* type	*Mentha* type	*Prunella* type	*Salvia pratensis* group	*Salvia verticillata*	*Stachys*	*Oxalis stricta* type	Euphorbiaceae varia	*Mercurialis perennis* type	Fabaceae varia	*Lotus* type	*Coronilla* type	*Ononis* type	*Trifolium* type	*Genista* group	*Anagallis* type	*Lysimachia vulgaris* type	*Primula clusiana* type	*Primula veris* group					Scrophulariaceae varia	*Verbascum*	Campanulaceae varia	*Jasione montana* type	*Legousia* type																									
120.52			3		1								14				5																		1		1					1					5			34																			
120.56			1							1			3				80																													3			23																			
120.60			1										9				2																													3			41																			
120.64			2										15				9								2												1							1			12			39																			
120.68			3		1								7				35																													7			33																			
120.72			2							1			2				45																													3			34																			
120.76			2							2			4				7			3																									1			11			33																			
120.80			2		1					1			3				3								1												2										8			42																			
120.84			4										9																								1										13			57																			
120.88										2			2				3																												1		7			57																	2		
120.92			1							2			1				1			2	1															1										11			50																		1	
120.96			1							2							1			1																1										4			68																			
120.98		1	2							1							2																											1			3			89																			
121.00										2			2				1																													3			99																			
121.04			4		1		1			1			4				2																													8			74																			
121.08			2							2			1				3			1								1																			81																		1	
121.12										7			8				1																													3			87																			
121.16			1									1	1				4																													3			84																			
121.21	1	1	2					2		5			1				3											1																			1			100																			
121.25			1					1		6		1	2				3			1																											3			84																			
121.29			1							5			4				4																													3			96																			
121.33	1		1							5			3																																	3			111	1																			
121.37	1				1					4		1	7				3																													6			132																		2	
121.41			2							2			4				2																													6			95																			
121.45			1					1		1		1	13				3								2																					2			108																	1		1
121.49			2					1		3			7				2																													8			116																			
121.53			3							1			6				1																					1										2			104																		1
121.57	1		2							4			2				2																													3			109																		1	
121.61			5							8		1	4																																	4			93																		1	
121.65			1							3		1	3				3																													6			82																			
121.69		1	2					1		2		1	6				1																												1		5			109																			
121.73			2			1		1		3			7				1				1																											6			103																			
121.77		1	4		1					2			7	1			1								2																							5			92																		2
121.81			1							2			10				4																													11			87																			
121.85			2		1			1		1		1	6				3								1																							6			117																			
121.89	1		1							2			5				2		1									1																			3			112																		1	
121.93	2		4			1				6			5				2																												1	1	4			110																			
121.97	1	1								7			10				19																													8			83																	1	1
122.00			1							1			1				30			1													2													4			64																		1
122.04			2		1												23																							1					1			9			85																			
122.08			2							1			1				17																													9			93																			
122.12	2		3														17																													6			73																			
122.16			1														3																													4			96																			
122.20			2							1		1	1				29																													1			80																			
122.26			3							1	1		1				53				1						1																			11			78																			
122.30			1							3			1				16	1							1						1															10			79																			
122.34			3					1					2				21													1						1									1		6			79																			
122.38			1							1			4				17				1																											6			73																			
122.42			4							3			1				22																													12			61																			
122.44			5					1		1		1	1				78			1																											6			35																			

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Minuartia verna type	Scleranthus	Apiaceae						Polygonaceae					Solanaceae	Verbena officinalis	Sedum type	Brassicaceae	Plumbaginaceae			Lamiaceae							Euphorbiaceae		Fabaceae							Primulaceae				Cistus	Dictamnus albus	Gentiana pneumonanthe type	Gentianella germanica type	Scrophulariaceae		Campanulaceae			Rubiaceae	Pulmonaria type	Symphytum	Chenopodiaceae	Daphne	Urticaceae/Moraceae varia	Urtica pilulifera	Plantaginaceae				
			Apiaceae varia	Tordylium maximum	Bupleurum	Conium type	Eryngium	Pimpinella major/saxifraga type	Polygonum alpinum (= Persicaria alpina)	Polygonum aviculare type	Polygonum bistorta type	Persicaria maculosa type	Rumex acetosa type					Plumbaginaceae varia	Armeria	Limonium	Ballota type	Galeopsis type	Mentha type	Prunella type	Salvia pratensis group	Salvia verticillata	Stachys	Oxalis stricta type	Euphorbiaceae varia	Mercurialis perennis type	Fabaceae varia	Lotus type	Coronilla type	Ononis type	Trifolium type	Genista group	Anagallis type	Lysimachia vulgaris type	Primula clusiana type	Primula veris group					Scrophulariaceae varia	Verbascum	Campanulaceae varia	Jasione montana type	Legousia type														
122.48			2					1		1			2				31																													13			61																			
122.52			1										4				14																													15			93																			
122.56			5										4				5																													8			83																			
122.60			1										2				2																				1							1		11			79																			
122.64			2							1			2				4																				3							1		3			68																			
122.68			1										3				2																													6			69																			
122.72	1		2										3				4																													11			46																		1	
122.76			1							1			3				2																												1	8			85																			
122.80			2							2			2				1																		1											7			28																			
122.84										1	1	1	1				2																													5			70																			
122.88			5		1								3				4																													4			99																		1	
122.92			1							1			2				3								1																				7			40																			
122.96			1		2			1					4				4						1																							9			23																			
123.00	1		2														1																	1									2			2			11																			
123.04			3		2			1		2			6				11																					1									18			15																			
123.08										1			1														1																			1			6																		1	
123.12	1		1										1				4																													9			11																			
123.16			2										3				16	1																													6			28																			
123.20			3										2				33																													7			22																			
123.24			1										3				5																													5			49																			
123.28			4				1		1				1				1		1																												7			48																			
123.32			3		1		1		1								2																													3			54																			
123.36			2														1																													2			60																			
123.40			7				1		1				1				6																													6			73																			
123.44	3		1		1				1								3																									1					3			57																			
123.48			3				1		3				2				1																												1			6			56																			
123.52			4						2				1				4																													5			54																			
123.56									2				4				1																													7			76																		1	
123.60			1						2				1				2																													7			61																		2	
123.64			3				2		6				4				12																													6			71																			
123.68			7						1	1			6				1			1	1																									9			57			3																	
123.72			2						2				5				5										1																			9			102			1																	
123.76			2						1				2				2				1																									10			92		1																	1	
123.80			2						1				7				4																					1								1	6			94																			
123.84	1		1										7				1									1																			1	8			104																			
123.88			5										2												1												1	2	1					6	1			13			53																			
123.92			3				1		4				8				4	1																				1									33			42																			
123.94			2										8				5																				1									21			24																			
123.96			1			2			3				9				7													1													1	1			17		1	41		1															1	
123.98			2										5				2																				1									7			21				1															1
124.00			1						1				7				1	2																											6			10		1																			
124.04						1							6																																	6			6																		1	
124.08			2				1		1				15				3																						1		1						8			6																		1	3
124.12			1						1				11											1														1								5			14																			
124.16	1	1			1		1		6				13				3				2		1		1						1					1									7			4																			
124.20			2						1		1		13				4																						1								12			8																		3	
124.24			1				1		2				6											1	2																					7			6																		1	
124.28					1				3				9				3				1																									6			9																	1	1	
124.32			1						3				9				2																													5			12																		1	
124.36			4						3				20											1																					3			10																		1	

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	*Minuartia verna* type	*Scleranthus*	Apiaceae						Polygonaceae				Solanaceae	*Verbena officinalis*	*Sedum* type	Brassicaceae	Plumbaginaceae		Lamiaceae						*Oxalis stricta* type	Euphorbiaceae		Fabaceae						Primulaceae			*Cistus*	*Dictamnus albus*	*Gentiana pneumonanthe* type	*Gentianella germanica* type	Scrophulariaceae		Campanulaceae			Rubiaceae	*Pulmonaria* type	*Symphytum*	Chenopodiaceae	*Daphne*	Urticaceae/Moraceae varia	*Urtica pilulifera*	Plantaginaceae				
			Apiaceae varia	*Tordylium maximum*	*Bupleurum*	*Conium* type	*Eryngium*	*Pimpinella major/saxifraga* type	*Polygonum alpinum (= Persicaria alpina)*	*Polygonum aviculare* type	*Polygonum bistorta* type	*Persicaria maculosa* type	*Rumex acetosa* type					Plumbaginaceae varia	*Armeria*	*Limonium*	*Ballota* type	*Galeopsis* type	*Mentha* type	*Prunella* type	*Salvia pratensis* group	*Salvia verticillata*	*Stachys*		Euphorbiaceae varia	*Mercurialis perennis* type	Fabaceae varia	*Lotus* type	*Coronilla* type	*Ononis* type	*Trifolium* type	*Genista* group	*Anagallis* type	*Lysimachia vulgaris* type	*Primula clusiana* type	*Primula veris* group					Scrophulariaceae varia	*Verbascum*	Campanulaceae varia	*Jasione montana* type	*Legousia* type													
124.40			1					1		4			10			1																			1									10			10								2
124.44										2			11			1			1	2													2		1									7			6					1			
124.48			2							6			14		1	2				1																									6			8						1		2
124.50			1		1					1			9			1										1														1					1			6						2	3
124.52			2		1					4			12		1	1			1	1				1												1									5			13							2
124.56			1				1			4			13							1			1	3																2					4			8						2	
124.60													2										1	1										1												2							1	
124.64			2				1			2			10							1				1																					3			13							2	
124.68			1							4			10			2								3												1							1		5			4							
124.72			2							7			13			1				1				1					1												1		1		10			10						2	1
124.76			8						1	5			18							1				1													1	1							11			16						2	
124.80			1				3			5			24			2				2				4																					5			10						1	
124.84							2			1			9			1								1																					7	1		7						1	2	1
124.88			5							7			8			2		1		1				1		1											1								2			7			1				
124.92			2							2			3																												1						1			10						2	1
124.96					2		2			6			16			2				1	1			2																					9			14			1				
125.00			1							1			12			5	1			1		1																					2		10			21							1
125.04			2		1		1						13			10				1				3						1												1			5			27							
125.08			6			1							10			9				1				4																					7			25		1	1				
125.12			3					2		1			4			7																										2			5			50							
125.16													2			2																													10			78							
125.20			1							4			1																															6			71							
125.24			1										5							1																									6			86							
125.28			2							1			1			1																													7			68							
125.32			4													2								1																					8			39							
125.36										2			3			1																													5			26							1
125.38			4				2			1																																	10			27		1					
125.40-125.43			2							1						1								1																					6			43							
125.46			2										1			3																													2			19							
125.48										1			2			2							1																					1			6			22							
125.52			1										5			2																													8			12							
125.56			1							1			2		2	3														1															7			12						1	
125.60			1							1			2			2				1				2																					6			10						1	
125.64			5										1			1								1																					16			20		1					1
125.68		1	5							2																																	9			19							
125.72			4							1			8			1				1					1				1							1							1	1		13			12		1					
125.76			4										8			2						1		1																					6			16							
125.80													1			1				1																									7			16							
125.84			1		1					1			7																															9			13							
125.86			1										5			2																															15									2	
125.88			1				1			1			5			5										3																			9			17		1					
125.90													3			1								1																			1			9			43							
125.92										4						1																													8			44							
125.94			5							1		2				1																												1			9			43					1		
125.96											1	1				2																													2			49							
125.98			2							1	3	1							1																											7			53							
126.00												1				2								1																					10			7							
126.04			1		2					1						3																													14			7					1		
126.08			2				1		1							3	1																													6			10							

Tab. A5: (fortgesetzt).

| Depth [m] | Minuartia verna type | Scleranthus | Apiaceae | Apiaceae varia | Tordylium maximum | Bupleurum | Conium type | Eryngium | Pimpinella major/saxifraga type | Polygonaceae | Polygonum alpinum (= Persicaria alpina) | Polygonum aviculare type | Polygonum bistorta type | Persicaria maculosa type | Rumex acetosa type | Solanaceae | Verbena officinalis | Sedum type | Brassicaceae | Plumbaginaceae | Plumbaginaceae varia | Armeria | Limonium | Lamiaceae | Ballota type | Galeopsis type | Mentha type | Prunella type | Salvia pratensis group | Salvia verticillata | Stachys | Oxalis stricta type | Euphorbiaceae | Euphorbiaceae varia | Mercurialis perennis type | Fabaceae | Fabaceae varia | Lotus type | Coronilla type | Ononis type | Trifolium type | Genista group | Primulaceae | Anagallis type | Lysimachia vulgaris type | Primula clusiana type | Primula veris group | Cistus | Dictamnus albus | Gentiana pneumonanthe type | Gentianella germanica type | Scrophulariaceae | Scrophulariaceae varia | Verbascum | Campanulaceae | Campanulaceae varia | Jasione montana type | Legousia type | Rubiaceae | Pulmonaria type | Symphytum | Chenopodiaceae | Daphne | Urticaceae/Moraceae varia | Urtica pilulifera | Plantaginaceae | Gratiola | Littorella type | Plantago albicans type | Plantago coronopus type | Plantago lanceolata type |
|---|---|---

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Plantaginaceae: *Plantago major/media* type	Plantaginaceae: *Plantago maritima* type	Plantaginaceae: *Plantago tenuiflora* type	Varia NAP	Poaceae	Cyperaceae	*Scheuchzeria palustris*	*Typha latifolia* type	*Calitriche obtusangula*	*Calitriche stagnalis*	cf. *Hydrocharis* type	*Potamogeton* type	*Nymphaea*	*Sparganium* type	Lemnaceae	*Stratiotes aloides*	*Menyanthes trifoliata*	*Hottonia*	*Myriophyllum alterniflorum*	*Myriophyllum spicatum*	*Myriophyllum verticillatum*	*Utricularia*	*Lythrum*	*Alisma* group	*Sagittaria sagittifolia*	*Persicaria amphibia*	*Rumex aquaticus* type	*Botryococcus*	*Coelastrum*	*Monactinus simplex*	*Pediastrum duplex/P. boryanum* var. *cornutum*	*Pseudopediastrum boryanum* type	*Pseudopediastrum kawraiskyi*	*Zygnemataceae* Type 58/66/74 van Geel, 1978	*Zygnemataceae* Type 62 van Geel, 1978	*Mougeotia* Type 61 van Geel, 1978	*Spirogyra*	Monolete spores varia	*Asplenium*	*Cystopteris*	*Polypodium*	Trilete spores varia	*Diphasium*	*Selaginella*	Ascospores	*Lycopodium* counts	*Lycopodium* batch no.	*Lycopodium* spores per two added tablets	Indeterminata pollen grains
116.50	2			1	86	190						5	1	1									2												2	2	6	1263				5			60	102	1031	41697	1
116.54				2	118	62		1				2	1			1																		1	3	7	12	4421							23	184	1031	41697	
116.58				3	92	73		2				2											1											3	13	3	4	2394				1			34	115	1031	41697	1
116.62			1	3	84	81						2	3																					27	6	11	797				2			2	159	1031	41697	
116.66	1			1	92	57		1				1	1	4									1								0.5	2		1	14	10	9	493				1			2	144	1031	41697	
116.70	1				163	93		1					2	1									1								0.5	2		2	22	6	7	374				2			3	268	1031	41697	
116.74	2		1	3	178	101						1	4	2						1			3									2.5		1	29	9	10	391							3	123	1031	41697	
116.78	3			1	156	53		1				3	3																			2			2	1	8	120							2	88	1031	41697	
116.82	4				153	46							23	2									1									0.5						87								55	1031	41697	1
116.86	6			2	122	148						2	46	2		1							5									1				1	5	299								69	1031	41697	1
116.90	1			5	178	87							31	2									13											1			21	965							3	154	1031	41697	2
116.94	8		1	2	175	63		1					29	5									4											4	1	5	20	1162							3	109	1031	41697	
116.98	3	1	1	7	188	39		2				1	35	6									10											2	5	2	21	806				1			204	146	1031	41697	1
117.02				1	242	16		5				4	13	4		1							8											21	10	1	46	315				4			42	59	1031	41697	3
117.06	1			7	187	20		4				2	8			4							4											8	12	2	56	672				5			53	72	1031	41697	1
117.10	3			7	217	57						1	12	4		2							14		1									6	8	9	53	577				41			9	166	1031	41697	1
117.14	1				227	178		3					27	3		5							10											10	7	3	17	1222				48			37	141	1031	41697	
117.18	2			1	178	200							40	3									7											19	6	1	9	865				63			30	64	1031	41697	1
117.22	2			2	179	269							29	1									13		2									9	13	2	14	1201	2		1	98			21	79	1031	41697	
117.26				5	156	139		1					32	3		1							9											14	12	6	9	1029	5			52			64	102	1031	41697	1
117.30	1			4	183	172		2					47										16											10	13	1	11	1832				24			84	110	1031	41697	1
117.34	2			4	196	377							9	7									27											8				2088							58	151	1031	41697	2
117.38				4	145	43		1				1	1	10									1											49	1		3	1080				3			9	100	1031	41697	1
117.42					105	87						1	5	13									8											33	19		6	122							32	96	1031	41697	
117.46			1	4	174	208						5	2	69		2							6		2									50	3		4	297				1			79	112	1031	41697	
117.50	4	1		3	253	204						2	1	67									11											83	6	1	2	255				1			46	80	1031	41697	1
117.54				2	147	220							8	18									4											104	4	2	5	58							11	91	1031	41697	4
117.58		1		3	65	133						1	1	3		1																	66	1		4	13							6	118	1031	41697	
117.62		2			47	130							2	6									2											77	1	4	1	9							7	68	1031	41697	
117.66	1			1	97	315						1	6	10								1	2											93	5	1	7	22							84	85	1031	41697	
117.70				1	93	237						2	7	5									6											59	5	4	2	54							3	89	1031	41697	
117.74				1	58	91						1	10	4									5											44		1		12							11	81	1031	41697	
117.78	5				262	110						2	33	11		2							5											87	3		3	10							15	91	1031	41697	
117.82	1			1	70	119							25	2									6											89	2			12							22	90	1031	41697	
117.86				4	69	86							24	4									9											59	1		1	7							11	91	1031	41697	
117.90	3	1	1	2	143	185						3	7	3									2											70			1	40							17	36	1031	41697	
117.94	1		1	2	237	124							2	3								1	1											36	1			978			1				226	79	1031	41697	2
117.98				1	286	9							16	15																				40			4	59		1					83	70	1031	41697	
118.04				9	186	49						2	5	27																			5		113	18	4	9	6							37	52	1031	41697	1
118.08				1	155	53							4	13																				127	12	3	7	13							1	40	1031	41697	1
118.12				2	209	91							3	10								1												118	25	2	13	10							1	15	1031	41697	
118.16		1		3	162	93							1	5																			1	144	13	4	10	10							8	37	1031	41697	
118.20	1		1	4	151	103							3	6								1												105	17	2	7	10				1				4	1031	41697	5
118.24	1	1		2	117	213							40	3																				32	3	3	3	10								27	1031	41697	
118.26	2			3	133	141							40	4																			1	52		1		2								43	1031	41697	
118.32	3			3	98	204		1					7	2									1											16	9	9	10	2							4	29	1031	41697	
118.36	1			3	152	332						1	11	28																				18	11	6	8	11							12	82	1031	41697	
118.40		2		9	124	99						7	23	95																			2	48	7	2	13	7				1			45	63	1031	41697	2
118.44	1			2	114	135						1	17	6																			2	24	9	1	4	2					1		20	52	1031	41697	1
118.48				2	84	148						2	16	1																			1	13	3	3	6	5				1			21	26	1031	41697	

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Plantaginaceae: *Plantago major/media* type	Plantaginaceae: *Plantago maritima* type	Plantaginaceae: *Plantago tenuiflora* type	Varia NAP	Poaceae	Cyperaceae	*Scheuchzeria palustris*	*Typha latifolia* type	*Callitriche obtusangula*	*Callitriche stagnalis*	cf. *Hydrocharis* type	*Potamogeton* type	*Nymphaea*	*Sparganium* type	Lemnaceae	*Stratiotes aloides*	*Menyanthes trifoliata*	*Hottonia*	*Myriophyllum alterniflorum*	*Myriophyllum spicatum*	*Myriophyllum verticillatum*	*Utricularia*	*Lythrum*	*Alisma* group	*Sagittaria sagittifolia*	*Persicaria amphibia*	*Rumex aquaticus* type	*Botryococcus*	*Coelastrum*	*Monactinus simplex*	*Pediastrum duplex/P. boryanum* var. *cornutum*	*Pseudopediastrum boryanum* type	*Pseudopediastrum kawraiskyi*	*Zygnemataceae* Type 58/66/74 van Geel, 1978	*Zygnemataceae* Type 62 van Geel, 1978	*Mougeotia* Type 61 van Geel, 1978	*Spirogyra*	Monolete spores varia	*Asplenium*	*Cystopteris*	*Polypodium*	Trilete spores varia	*Diphasium*	*Selaginella*	Ascospores	*Lycopodium* counts	*Lycopodium* batch no.	*Lycopodium* spores per two added tablets	Indeterminata pollen grains
118.52	1	2			105	69							5	3													1						27	1	2	2	6							10	48	1031	41697	1
118.56				4	89	52							38																				3				9							4	84	1031	41697	
118.60		1		1	118	60							31	1									5										7			1	8			1				9	90	1031	41697	
118.64	2			5	102	62							21																				7	4	2	4	8							61	66	1031	41697	
118.68		2		3	82	95							7	2																			7	2	1	3	3							77	31	1031	41697	1
118.72				2	83	39							24										1										16	1	2	6								105	10	1031	41697	
118.76		2		2	105	52							13	4									1					1					10	4	2	9	7							90	38	1031	41697	2
118.80		1			110	70							15							1													14	6		7	5							29	39	1031	41697	1
118.84				1	73	47							37														1	1					9	2		5	14							21	24	1031	41697	
118.88				2	114	80							31	3									4										16	2		2	40							32	36	1031	41697	
118.92	1			3	64	53							31									1	1					2					9			6	22							13	19	1031	41697	
118.96		1		3	81	81						1	55							1			1										4		2	7	19			1				5	26	1031	41697	
119.04	1	1		4	128	45						1	7	2							1	1	1										1	5	8	20	137							94	46	1031	41697	
119.08	3				145	99							19							2			2					1				1	3	7	4	10	118			1			1	62	50	1031	41697	
119.12	2			5	131	102						1	16	2							3		2					2					2	5	6	13	52							30	33	1031	41697	
119.16	2			3	128	58						1	15															1			1	1	7		2	11	32							16	37	1031	41697	1
119.20	2			4	100	57						1	13										1					3					3	1	1	24	35							5	89	1031	41697	
119.22	1			2	95	94							17										4					1					3	3	1	15	32							1	47	1031	41697	2
119.28	1	1		2	69	97		1				1	16																				3	2	1	16	38							59	71	1031	41697	2
119.32	2			1	78	52		2					11															2					1		2	18	17							17	54	1031	41697	
119.36	2	1		3	85	54						1	8	1														2				1	1	5	1	23	34							17	54	1031	41697	
119.40	7			2	120	60							13	1								1	1										1	1	1	14	63			1				61	66	1031	41697	1
119.44	3			6	137	157						2	17										2					1				4.5		10	4	2	9	53							11	31	483216	37166	1
119.48	2	2		4	120	97							27	1									4										2	7	3	27	68							15	150	1031	41697	1
119.52	2			4	117	86							12										3									1	4	5	1	28	58				1			76	26	1031	41697	
119.56	3			2	174	345						2	15	1														1					11	6	3	12	60				1			86	39	483216	37166	
119.60	3			1	128	232							1	1									2											3	2	23	54							69	126	1031	41697	2
119.64	2		2	1	122	176						1	10	1									1										2	3	3	7	85							63	74	1031	41697	1
119.68	1			1	74	128		1				2	37										5										6	4	1	26	82							114	118	483216	37166	
119.72				1	76	134						1	27										3										1			17	103							55	85	1031	41697	1
119.76	2	1		5	139	142						1	16	4																			4	1	1	8	99							64	29	1031	41697	
119.80	3		1		111	221							14	1																			6	1		4	110							62	38	483216	37166	
119.84	4	1		3	111	77							77																						1	3	56							83	175	1031	41697	
119.88				1	735	4							15	8								2											11		2	24	21							15	139	1031	41697	
119.92	1			2	192	54		2				3	17	1														1				7	94	9		3	15				4			94	20	483216	37166	
119.96				2	180	54							26	3																			36	9	3	9	24							86	110	1031	41697	1
119.98	2			2	139	63							32	3														1					43	2	2	3	15							17	39	1031	41697	1
120.02				4	103	347							11	2								1	5										4	3	3	7	67							60	45	1031	41697	2
120.04	2	1		2	149	219						7	5	1																			14	11	3	13	50				2			43	30	483216	37166	
120.08				2	116	160							18										3					1				1.5		14	1		3	26							3	25	1031	41697	
120.12	2				87	34							31															12				19		3		2	5	68							32	74	1031	41697	
120.16	2				150	19		1				1	57	2									1					2						13	3	1	9	27							70	67	483216	37166	
120.20	1	1		4	136	109							19	1									1					1				2.5	0.5	11			4	56							53	20	1031	41697	2
120.24	1				116	165							25										1											12	2		2	48				1			121	116	1031	41697	2
120.28	1			1	132	46		1					31	4					1	1			2					1				5.5		9		1	1	53							110	50	483216	37166	1
120.32		1		1	127	64		1					20	4									1					2				5.5		18		1	1	31							65	46	1031	41697	1
120.36	3				125	120		5				1	25										3					1						17				47							156	57	1031	41697	
120.40	5	2		2	88	2		2				1	15	1									1					15				5.5		1				39							28	103	483216	37166	
120.44	2	2			78	1						1	14	3								1	1					3				5		2				49							5	57	1031	41697	
120.48	2			1	118	3		2					32	3									2					8				5.5				2	40				1			31	133	1031	41697	1

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Plantaginaceae: *Plantago major/media* type	Plantaginaceae: *Plantago maritima* type	Plantaginaceae: *Plantago tenuiflora* type	Plantaginaceae: Varia NAP	Poaceae	Cyperaceae	*Scheuchzeria palustris*	*Typha latifolia* type	*Callitriche obtusangula*	*Callitriche stagnalis*	cf. *Hydrocharis* type	*Potamogeton* type	*Nymphaea*	*Sparganium* type	Lemnaceae	*Stratiotes aloides*	*Menyanthes trifoliata*	*Hottonia*	*Myriophyllum alterniflorum*	*Myriophyllum spicatum*	*Myriophyllum verticillatum*	*Utricularia*	*Lythrum*	*Alisma* group	*Sagittaria sagittifolia*	*Persicaria amphibia*	*Rumex aquaticus* type	*Botryococcus*	*Coelastrum*	*Monactinus simplex*	*Pediastrum duplex/P. boryanum* var. *cornutum*	*Pseudopediastrum boryanum* type	*Pseudopediastrum kawraiskyi*	*Zygnemataceae* Type 58/66/74 van Geel, 1978	Zygnemataceae Type 62 van Geel, 1978	*Mougeotia* Type 61 van Geel, 1978	*Spirogyra*	Monolete spores varia	*Asplenium*	*Cystopteris*	*Polypodium*	Trilete spores varia	*Diphasium*	*Selaginella*	Ascospores	*Lycopodium* counts	*Lycopodium* batch no.	*Lycopodium* spores per two added tablets	Indeterminata pollen grains
120.52	4			3	199	6		11					70	2								1	15					4				14.5		3		1	10	53							116	113	483216	37166	
120.56	3	2			104	14		8				2	97	7														4				0.5		1		2	7	23							377	86	1031	41697	
120.60	4				101	9		1				2	93	2							1													9	1	2	8	31							333	58	1031	41697	
120.64	2			3	199	54		1				34	40	3									2											24	7	3	21	105				1			229	116	483216	37166	
120.68					101	19		1				12	35	4									2											6	2	3	6	346							251	78	1031	41697	3
120.72	1	1			96	19		5				3	30	8		2							1											3	5	10	9	468							165	33	1031	41697	2
120.76	1	1		9	150	197		4				8	34	6														1					1	24	7	2	9	893							87	33	483216	37166	1
120.80	3			1	174	405		1					45	5									2											4			1	1009							46	46	1031	41697	3
120.84	2			1	146	199		1				1	55	3																				9	1			2778							108	35	1031	41697	
120.88				1	112	59		4				1	32	4																0.5				1			4	4542							76	86	483216	37166	1
120.92			1	6	146	427		1					40	5								1	5											5		2		4612		1					410	62	1031	41697	2
120.96	1		1		92	100								4									3											6	1		1	4782			1				181	51	1031	41697	
120.98		1		2	159	18	1	1				5	2	2							1		1											74	3	2		469		3					79		-	-	
121.00		1			69	2						2		124		3		6	34			1						22	1		31	263.5	104.5	17	3										11	62	483216	37166	
121.04	2	3			80	13						9	1	75				4	32									24	6	2	59	297.5	147.5	10	2			2							10	77	483216	37166	
121.08		1			91	8						1		44		2		9	48					1				17			52	233.5	119.5				1	3						4	66	483216	37166	
121.12	3	2		1	67	2						4		25				2	42									32			71.5	250	312	7		1		4							1	71	483216	37166	
121.16				1	54	6						3		13				1	60					1				54			31.5	110	285	1								1			84	483216	37166	
121.21	3			2	91	6						3		23				6	45									45			54	168	159	2	1		2	1							73	483216	37166	
121.25	1	1			50	2		1				1		21				4	59									29			47	89.5	278	7	1			2			2				5	97	483216	37166	
121.29		1		1	71	3						2		59				3	51					1				29	1		34.5	77	124.5	7	1			2			2				6	66	483216	37166	
121.33	1	3			68	3						2		57				5	82									33			16.5	59.5	81.5	5				3							6	150	483216	37166	
121.37	2				71	3		1				7		58				16	101									26			13	38	60.5	8				1							8	87	483216	37166	
121.41				2	88	12						22		35		1		7	68									24			47.5	63.5	165	19		4										10	100	483216	37166	
121.45		3		1	85	6		2				15	1	40		1		16	93					1		1		38	3		20.5	53	127.5	14	4		4	8	1						13	116	483216	37166	
121.49					56	4		4				6	1	32				8	100									20	3		21	58	89.5	2				5							14	96	483216	37166	
121.53		2			53	11		2				11	1	27				9	92									46	8		28.5	134	128.5	1	2		1	2							7	99	483216	37166	
121.57	2				73	12						12		17				5	53									50	11		42.5	138	185.5	8				2							1	86	483216	37166	
121.61	1	1			84	5						10		20				3	62									36	4		54	110	237.5	17		5		5							1	75	483216	37166	
121.65		1			44	3								13				14	83									21	1		35	106	229.5	7				2							5	94	483216	37166	
121.69	3				62	2		1				4		6				8	83					1				38	10		30.5	220.5	218.5	3	1		1	2							1	128	483216	37166	1
121.73					78	1						3		6				1	56									35	23		19.5	111.5	211	4		1	1	1							3	74	483216	37166	
121.77	1	1			101	6						2		14					33									65	57	2	65.5	431	384.5	1			1	5							2	109	483216	37166	
121.81	5	1			98	4						3	2	18				3	50									62	54	2	101	757	373	4		3		5							1	93	483216	37166	
121.85	1				88	2								9		1		9	59	1								17	23		58.5	165	103.5	3	1			1								72	483216	37166	
121.89		1	1	3	89	3		1				11	4	1				3	42						1			112	100	3	14.5	643	69	9	1		3	17							1	111	483216	37166	
121.93	2				75	12						3	4	3				8	63									80	179		24	1296.5	13.5	2		4	2	19	1						3	93	483216	37166	
121.97					142	94						10	8	8		1		1	30				1					43	98		7.5	2033	11.5	67	5	7		87		1					16	68	483216	37166	
122.00				2	112	340		1				1	15	6		1			1				2					2	3			1.5	1	64	20	14	14	97							24	123	483216	37166	
122.04				1	74	183						2	10	5																			1	35	17	12	20	101		1					15	331	483216	37166	
122.08				3	119	346						5	16	18		1							2					2						125	27	5	12	109				1			7	250	483216	37166	
122.12	1			1	88	106							15	15		2			1									3				1		57	6	21	25	544							12	201	483216	37166	
122.16	1	1		1	95	259						2	18	25		3																	89	27	22	31	656							38	173	483216	37166	1
122.20				2	88	132						2	13	48		5							3											80	15	9	29	816				2			46	206	483216	37166	
122.26				1	69	59						15	17	46		3						1	1					1						67	32	18	17	317							37	167	483216	37166	
122.30	1			2	124	132		1				12	41	119		3						1	1	2				3						117	33	26	18	663			2				30	96	483216	37166	1
122.34				2	126	212						20	53	82									7		1			6						157	36	19	13	674							22	97	483216	37166	
122.38		1		1	134	141		5				48	56	21		3		1	1									3						124	12	20	13	1006							13	109	483216	37166	
122.42	1		1	5	198	14		3				12	27	34		1			1				2											64	3	3	8	1386							33	150	483216	37166	
122.44	3			3	191	39		18				16	59	134		10					6				1			6						87	6	8	8	451			1				74	103	483216	37166	

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Plantaginaceae: *Plantago major/media* type	Plantaginaceae: *Plantago maritima* type	Plantaginaceae: *Plantago tenuiflora* type	Varia NAP	Poaceae	Cyperaceae	*Scheuchzeria palustris*	*Typha latifolia* type	*Callitriche obtusangula*	*Callitriche stagnalis*	cf. *Hydrocharis* type	*Potamogeton* type	*Nymphaea*	*Sparganium* type	Lemnaceae	*Stratiotes aloides*	*Menyanthes trifoliata*	*Hottonia*	*Myriophyllum alterniflorum*	*Myriophyllum spicatum*	*Myriophyllum verticillatum*	*Utricularia*	*Lythrum*	*Alisma* group	*Sagittaria sagittifolia*	*Persicaria amphibia*	*Rumex aquaticus* type	*Botryococcus*	*Coelastrum*	*Monactinus simplex*	*Pediastrum duplex/P. boryanum* var. *cornutum*	*Pseudopediastrum boryanum* type	*Pseudopediastrum kawraiskyi*	*Zygnemataceae* Type 58/66/74 van Geel, 1978	*Zygnemataceae* Type 62 van Geel, 1978	*Mougeotia* Type 61 van Geel, 1978	*Spirogyra*	Monolete spores varia	*Asplenium*	*Cystopteris*	*Polypodium*	Trilete spores varia	*Diphasium*	*Selaginella*	Ascospores	*Lycopodium* counts	*Lycopodium* batch no.	*Lycopodium* spores per two added tablets	Indeterminata pollen grains
122.48					431	65		2				26	29	62		13				2			3					1				1	0.5	83	18	9	7	3161							26	99	483216	37166	2
122.52	1			2	165	204						59	14	86		4				1					1			4						184	48	8	10	358							39	96	483216	37166	1
122.56	1			3	424	156						70	26	162		2				1				1				11				0.5		101	14	8	9	30							27	55	483216	37166	2
122.60	3			5	294	160						11	20	33		1				1			1	1										76	12	2	7	9							2	9	483216	37166	
122.64					159	246						10	31	11								2						6				0.5		150	14	11	23	25							1	8	483216	37166	
122.68		1			169	130						4	20	3						1								2				0.5		135	7	4	10	11							2	6	483216	37166	
122.72	1				117	58		1				3	28	4								1						16				1.5		36	2	7	12	8								7	483216	37166	1
122.76				1	165	65						2	91	10														23				5.5		16	3	2	13	18								55	483216	37166	
122.80				1	133	174						3	26	6														3				16		36	4	8	9	5							2	38	483216	37166	
122.84	1			1	101	81							60	5														11				4.5		25	1	2	10	11							3	94	483216	37166	1
122.88					118	111							45	2					1									10						24	1		9	11							2	90	483216	37166	
122.92	1				174	81		1				2	86	2								1		1				7				2		29	1	4	14	25					1		3	58	483216	37166	
122.96			1		198	217						1	38										2					2						22	9	4	16	30							15	41	483216	37166	
123.00	7	2		3	157	117						1	65									1	1											1			14	23							22	108	483216	37166	
123.04	2			1	194	41		2				11	42	4																		0.5		10	9	5	11	34					1		93	33	483216	37166	4
123.08	2				113	142						1	37									1	1	2								37.5		2	5	4	26	57					1		48	79	483216	37166	
123.12				2	172	12		1				2	45	5									2									1.5		9	10	6	14	42							77	187	483216	37166	
123.16	1			2	360	12						2	7	7		1						1	1		4			2				1		3	21	9	13	65					1		280	300	483216	37166	
123.20	5	1		3	374	76		1				15	15	1		1							4					1				0.5		31	19	7	19	148				1			68	74	483216	37166	1
123.24		1		1	231	22						5	22	5														2				2		32	6		3	29							18	109	483216	37166	
123.28		3		1	101	52						1	21	2										1				3						7			9	19							15	185	483216	37166	
123.32	4	2			151	31							59	10										2				3				9.5		11			2	15							10	50	483216	37166	
123.36	2	3			346	5						1	104	37								1												36	3		6	6							2	113	483216	37166	
123.40	1				510	33		2				9	4	35										2				3				0.5		66		1	5	3					1		40	75	483216	37166	
123.44				2	167	51							11	2														2				1		29	2	4	11	11					1		3	76	483216	37166	1
123.48	1				129	108							9	6														5				2.5		39	3		10	13							4	105	483216	37166	
123.52				1	137	25							16	4														9				17.5		24			5	6							1	289	483216	37166	
123.56	4	1			168	14						3	30	8														6				5.5		23			6	14					1		1	115	483216	37166	
123.60	2	3			113	4						8	26	10														3				5.5		11	2	2	9	8							2	164	483216	37166	
123.64	1	1			133	8							31	90										2				22				7.5		18	2			8							91	131	483216	37166	
123.68	3	2		1	154	28						2	47	8									1	1				7				26		33	7	2	2	19					1		20	134	483216	37166	
123.72		1			109	25		1				2	24	7										11	1			6				3		19			2	3							133	108	483216	37166	
123.76				3	127	46						1	41	1									1					3				1.5		64	3		1	2							19	75	483216	37166	
123.80				1	96	32						1	31															3				7		7	1		5	5		2					9	167	483216	37166	1
123.84	2			1	137	24							49	3										4	1			4				4		4			5	9							6	153	483216	37166	
123.88	1			3	244	63		5		8			111	2		1			1			6	5	1				12				12		8	3	3	11	125							134	118	483216	37166	3
123.92	2			2	362	17		25		1			59	21		12				2		2	14	1				4				1		11	18	13	20	4708							135	236	483216	37166	1
123.94	1			9	486	12		21					24	35		20				1		1	10					2						13	5	8	12	1199							344	214	483216	37166	2
123.96	2	1		2	641	18		25		10	3	35	29	15						1		4	16					5				8.5		15	20	14	15	9881							283	212	483216	37166	
123.98	2			5	381	7		32					66	17		32				3		1	2					7				6		12	5	15	13	1667					1		328	222	483216	37166	1
124.00	8	1	3	3	111	8						5		3					1	7								28	1330	127.5		89.5			1		1								1	128	483216	37166	3
124.04	9	2		4	138	6						5		3					2	20								43	816	10.5		105.5		1	2		1								1	103	483216	37166	
124.08	2	2	1		120	9						15		1					1	11					1			45	1302	6.5		142.5		1	1		6	1							1	94	483216	37166	3
124.12	9	1		5	142	7		1				8	1	1						16								57	602	15.5		115					6	3							1	73	483216	37166	
124.16	8			4	135	8				1		3		1						4								27	98	17		49		1	2	2		2		1					1	75	483216	37166	3
124.20	5	1		1	155	6						6		1						6								55	342	20.5		99		1				3							3	72	483216	37166	3
124.24	8	2		3	159	7						2		1						10					1			103	238	15		84.5											1			135	483216	37166	2
124.28	11			1	138	4								1						7					2			45	127	26		50.5			2		3	5								65	483216	37166	2
124.32	4	2		3	168	5						2								1								82	273	24		75													1	99	483216	37166	2
124.36	9		1	1	158	4						2	1	1						7								52	354	41		62		1	2		1	2							2	80	483216	37166	2

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Plantaginaceae: *Plantago major/media* type	Plantaginaceae: *Plantago maritima* type	Plantaginaceae: *Plantago tenuiflora* type	Varia NAP	Poaceae	Cyperaceae	*Scheuchzeria palustris*	*Typha latifolia* type	*Calitriche obtusangula*	*Calitriche stagnalis*	cf. *Hydrocharis* type	*Potamogeton* type	*Nymphaea*	*Sparganium* type	Lemnaceae	*Stratiotes aloides*	*Menyanthes trifoliata*	*Hottonia*	*Myriophyllum alterniflorum*	*Myriophyllum spicatum*	*Myriophyllum verticillatum*	*Utricularia*	*Lythrum*	*Alisma* group	*Sagittaria sagittifolia*	*Persicaria amphibia*	*Rumex aquaticus* type	*Botryococcus*	*Coelastrum*	*Monactinus simplex*	*Pediastrum duplex/P. boryanum* var. *cornutum*	*Pseudopediastrum boryanum* type	*Pseudopediastrum kawraiskyi*	*Zygnemataceae* Type 58/66/74 van Geel, 1978	*Zygnemataceae* Type 62 van Geel, 1978	*Mougeotia* Type 61 van Geel, 1978	*Spirogyra*	Monolete spores varia	*Asplenium*	*Cystopteris*	*Polypodium*	Trilete spores varia	*Diphasium*	*Selaginella*	Ascospores	*Lycopodium* counts	*Lycopodium* batch no.	*Lycopodium* spores per two added tablets	Indeterminata pollen grains
124.40	8		1	2	114	2						4		1					1	11								64	352	20.5		39			1		1							94	483216	37166	2
124.44	2	1		5	119	6						1							2	8								85	851	63.5		45					3	1						69	483216	37166	1
124.48	2	1		4	176	2						3		2						7	1							124	1670	128.5		86.5		1			5	3						95	483216	37166	1
124.50	1	1		6	111	13						2	1	7						4				1				61	395	123.5		26					2	1				2						2				
124.52	5	2	1	3	139	6						1		1						11			1					65	555	50		26.5			1			5						53	483216	37166	3
124.56	6	3		4	140	9						3	1	1						9								89	2098	138		63.5		1	1		1	2						78	483216	37166	
124.60	6			2	103	3						2		1					1	8								58	1680	269		86			1		3	4		1				79	483216	37166	2
124.64	4			5	144	5		1				8		3						9						1		67	2125	199.5		79.5		1			3	3				2		56	483216	37166	3
124.68	3	4		3	132	3						5	2	1					1	8								77	1697	258.5		77.5					1	5				1		51	483216	37166	1
124.72	2	1		5	175	11						1	1						1	2					2			113	3547	207.5		73			2		2	8				2		93	483216	37166	
124.76	6	1		2	219	5						4		4					2	11				1	1			82	3824	120.5		81.5			2		2	7				2		58	483216	37166	1
124.80	3	1		1	136	5						6		2					1	10					1			52	1905	126		63		2	2	1	4	3				1		71	483216	37166	2
124.84	1		1	1	124	9						2	2	5					1	6								97	1378	76.5		36.5					2	10						78	483216	37166	3
124.88	2			1	134	2		1				1	1	1					1	23								87	1186	108.5		66						6				1		89	483216	37166	
124.92	2	1		3	130	13			1			1	1	1					1	14								99	1377	198.5		72			2		5	8				1		74	483216	37166	
124.96	2	1	1	2	166	5				1		3	3	4				2		11					3			79	3114	195.5		93					7	11				1		42	483216	37166	1
125.00	1	2		1	110	15		3		1		2	22	21						1				1				24	6	12.5		19			3	1	1	11	108						36	207	483216	37166	3
125.04				2	149	24		10				3	37	18					1	1				11	2			47	1			6			1	1	1	2	163						73	172	483216	37166	
125.08		1		1	171	15		12		2		1	35	26										8				26	1	1		8.5			11	3	2	7	144	1	1			3	72	137	483216	37166	
125.12	2			4	186	68		1		4		6	159	25					1	1		1	20	1				9				1.5			6	8		3	303	1					146	130	483216	37166	2
125.16	1			4	95	30						6	37	5						1				1				1				1.5			50	5	1	8	18						8	75	483216	37166	2
125.20	1			3	144	18		1				1	35	5														2				1.5			61	2	3	12	14						2	54	483216	37166	1
125.24				5	226	23							18	18											1			6							81	47	2	24	18	3					1	67	483216	37166	
125.28	1			2	223	18						4	21	10																		1			77	57	5	21	15						2	62	483216	37166	
125.32	2				329	38						2	15	8			1	1														1			33	6	3	23	9						1	110	483216	37166	4
125.36	1			1	291	40							24	5																					29	6	3	33	18		1				1	119	483216	37166	5
125.38	1	1			229	31							13	2																		1			36	10	2	19	17						2	62	483216	37166	6
125.40-125.43				4	225	39							23	6														5							15	7	3	31	30			1			1	130	483216	37166	9
125.46	3	1		1	117	55		1		1			82	2										1								2			5	6	7	17	23						6	236	483216	37166	1
125.48	3	1	1	1	158	65		1					71	1										1	1			42				10			13	4	1	15	54				1		6	193	483216	37166	2
125.52	4	1		7	92	233		1					78	2										1	1			1	1			18			10	5	12	27	84						4	132	483216	37166	4
125.56	4	1		3	132	38							56	2						1			1	3				3	2	0.5		40.5			10	4	6	13	50						22	120	483216	37166	2
125.60	2			4	107	40							18	5										18								87.5				5		2	146							81	483216	37166	2
125.64	4			2	174	57							17	6										3	1			1				1			3	5	3	12	47					1	3	34	483216	37166	8
125.68	5	1		3	128	68							6	3										2								12			7		2	8	72							49	483216	37166	3
125.72	2	1		4	82	36							36	5										3								8			4	1	2	8	40				2		13	46	483216	37166	2
125.76	2	1		4	84	14							4	1										1								1			1			5	7		1				110	74	483216	37166	2
125.80	1	1		2	53	10							18	1										2								1			3			3	23						395	63	483216	37166	1
125.84	2			4	118	29		1				1	129	4					1					1											5	2	1	35	34				1		143	192	483216	37166	2
125.86	2			2	125	8		1					25	1										1	1			1							10	8	1	35	28						125	160	483216	37166	
125.88	3			5	395	27						129	36	9										1				6	1			0.5			12	7	11	13	12					1		400	263	483216	37166	
125.90				7	226	12						7	34	10										1	2			2							34	9	6	14	19							174	65	483216	37166	2
125.92	1			4	210	16		1				5	32	11																					44	16	1	29	12							26	56	483216	37166	
125.94				7	171	12						2	24	8														3							48	7	6	19	11							29	36	483216	37166	1
125.96	2			1	172	16						5	25	6										1				2	12	4		2.5			47	7	6	17	12					2		24	79	483216	37166	3
125.98	1			1	139	10		4				3	23	18										1					2			1			38	12	2	19	9							44	36	483216	37166	1
126.00	1				67	25		1					19	1										1	2							40			1			10	24						1	83	483216	37166	2
126.04	2		1	1	107	28						1	53	4														4				13.5			1	8	4	7	9							12	57	483216	37166	
126.08	1	1			137	71		1					40	3										4				2				7				4	2	4	104							28	119	483216	37166	2

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Plantaginaceae: *Plantago major/media* type	Plantaginaceae: *Plantago maritima* type	Plantaginaceae: *Plantago tenuiflora* type	Varia NAP	Poaceae	Cyperaceae	*Scheuchzeria palustris*	*Typha latifolia* type	*Callitriche obtusangula*	*Callitriche stagnalis*	cf. *Hydrocharis* type	*Potamogeton* type	*Nymphaea*	*Sparganium* type	Lemnaceae	*Stratiotes aloides*	*Menyanthes trifoliata*	*Hottonia*	*Myriophyllum alterniflorum*	*Myriophyllum spicatum*	*Myriophyllum verticillatum*	*Utricularia*	*Lythrum*	*Alisma* group	*Sagittaria sagittifolia*	*Persicaria amphibia*	*Rumex aquaticus* type	*Botryococcus*	*Coelastrum*	*Monactinus simplex*	*Pediastrum duplex/P. boryanum* var. *cornutum*	*Pseudopediastrum boryanum* type	*Pseudopediastrum kawraiskyi*	*Zygnemataceae* Type 58/66/74 van Geel, 1978	*Zygnemataceae* Type 62 van Geel, 1978	*Mougeotia* Type 61 van Geel, 1978	*Spirogyra*	Monolete spores varia	*Asplenium*	*Cystopteris*	*Polypodium*	Trilete spores varia	*Diphasium*	*Selaginella*	Ascospores	*Lycopodium* counts	*Lycopodium* batch no.	*Lycopodium* spores per two added tablets	Indeterminata pollen grains
126.12	3			4	83	89		1				1	31	1									3					3				2.5		6	7	8	5	13		1		3			45	37	483216	37166	2
126.16	3			4	96	69		4				1	51	7								1	56							0.5	4	3.5		1	7	9	8	156				1			255	242	483216	37166	3
126.20				2	71	32							18										7									5.5			2	1	3	117							155	156	483216	37166	1
126.24	1	1		1	102	26		12				1	41	1									1												4	1		4	90							223	145	483216	37166	2
126.28	3				96	13		4					50											1				1				2				4	3	334							449	188	483216	37166	
126.32	3				153	35		2					112	2								1						1						4	1	2	10	14							160	217	483216	37166	1
126.36	1			5	101	19		1					10										1	1										23	9	1	14	12							330	82	483216	37166	3
126.40				1	209	22		1					54	2									6											21	8	6	65	74							277	103	483216	37166	1
126.44	1		1	2	407	25		1				5	90	2									2											412	6	9	19	38							216	80	483216	37166	2
126.48		1	1	5	200	27						1	57	5									1											29	4	4	10	32							92	63	483216	37166	4
126.52	5			3	242	44						59	31	2														1					1	3	2	1	27	14				1			46	60	483216	37166	
126.56	3	1		3	321	41		5				6	32	3																				17	13	8	38	30							241	50	483216	37166	3
126.60	1			6	113	18		2				11	11	3														2						3	2	2	20	41				1			124	69	483216	37166	2
126.64	1			1	127	18		2				1	6	2														1						1	4	3	31	63				1			28	96	483216	37166	4
126.68	3	2		4	118	27		1					13	4									2					1						6	1		10	54							35	163	483216	37166	1
126.72		1		3	148	19		2					8	1						1														2	3	7	12	35							32	159	483216	37166	2
126.76	5	1		1	220	60		1				2	3	4																0.5				18	8	8	27	29							10	98	483216	37166	4
126.80	1			5	152	47							3	3											1							0.5		11	6	1	15	18							4	78	483216	37166	14
126.84		1		3	163	51		3				1	15	2																		1.5		6	4	10	31	42							18	127	483216	37166	1
126.88	1			2	133	29						2	9	2	6																			4	10	10	21	46							66	277	483216	37166	3
126.92	6	1			227	50		4				22	4	12																				3	4	6	59	23							105	155	483216	37166	1
126.96	1			3	128	48		3				3	8	4														1				5		4	12	10	35	27							115	286	483216	37166	5
126.98	2			2	112	45					1	3	8	8	1								1					2						2	7	11	19	23							117	215	483216	37166	4
127.02	1			4	282	34		6				32	22	8	7							1						1						7	16	22	21	174							315	65	483216	37166	3
127.06	4	1		3	173	64		2				11	31	5	4								3									1		3	11	24	32	318	9		1	2			268	57	483216	37166	1
127.10	4			13	236	33		3				22	25	5	2						1	1	4					3						6	11	20	30	163				1	1		297	49	483216	37166	1
127.14	2			11	230	56		2				7	21	1	8								5											2	5	12	45	344	39			2			291	121	483216	37166	3
127.18	5		1	4	272	39		2				17	56	5	1	1																2.5		2	6	14	69	460							130	91	483216	37166	2
127.22	1			9	191	65		7				27	21	6	3																	3.5		1		20	76	313	9			1			72	67	483216	37166	2
127.26	5	2		6	111	15		19				3	174	4	3							1										1		2	35	102	119	169							337	261	483216	37166	3
127.30	1			7	69	4						8	18	17	2																			1	7	13	26	84	4						110	67	483216	37166	4
127.34				1	148	5						27	10	36																				5	5	6	7	71	1						88	101	483216	37166	6
127.38	2	1		2	131	3						6	3	2																				3	1	8		51	1		1	4		1	16	60	483216	37166	3
127.42	3			3	122	2						5	6	1		1																		30	6	34	4	56							7	27	483216	37166	3
127.46	2			2	216	11		7				8	3	2	10					1			3											13	42	34	82	73	1			33			7	253	483216	37166	3
127.52	1			1	88							5	2	6	4																			3	22	26	33	95				9			8	93	483216	37166	
127.56	1			7	141	4						5	3	3	2								1					1						8	35	31	19	88				38			11	101	483216	37166	3
127.58	1			1	102	6						11	6	9	1								2											10	23	38	34	40		6		28			12	130	483216	37166	1
127.63				3	139	8						6	3	4									1											22	20	20	15	105				54			13	49	483216	37166	
127.67	2			2	121	11						10	9	21	1																			4	25	19	42	75				22			22	181	483216	37166	3
127.71	3			4	73	7						2	1	14																				7	19	29	58	211				4			245	529	483216	37166	1
127.75	4			2	61	47		1					6	5																				24	40	57	53	664				2			11	523	483216	37166	1
127.79	1	1		8	90	49		2				2	2										2											8	23	22	27	5094	1		1	6			7	342	483216	37166	1
127.83	4			4	99	7		8					5	4	2										1									4	8	19	18	11681				4			27	342	483216	37166	
127.87	3			7	153	8		5				6	6	4									4											7	39	7	16	11542				1			32	270	483216	37166	3
127.91	2			9	163	12		4				5	3	6	3								1											9	7	14	7	1548				11			64	171	483216	37166	2
127.95	7		1	10	252	2							3	5	1								4							0.5				2	1	1	10416				2			16	175	483216	37166	
127.99				2	216	7						1	7	8									2					1	4	0.5				8	2	1	4	485							66	113	483216	37166	

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Total count	Remarks
116.50	2285	Spore type 001, 007, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009
116.54	5346.12	Spore type 001, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 012
116.58	3290.24	Spore type 001, 007, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 012
116.62	1669.86	Spore type 001, 007, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 012
116.66	1343.98	Spore type 001, 007, Indeterminata type 002, 003, 005
116.70	1329.6	Spore type 001, 005, 007, Indeterminata type 003, 005, 007, 011, 014
116.74	1397.22	Spore type 001, 008, Indeterminata type 003, 005, 007
116.78	1006.84	Spore type 001, 008, Indeterminata type 003, 005
116.82	1014.46	Spore type 001, Indeterminata type 003, 005
116.86	1301.58	Spore type 001, 008, Indeterminata type 003, 005, 007, 012
116.90	1961.7	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 012
116.94	2124.82	Spore type 001, 005, 008, Indeterminata type 002, 003, 007, 012
116.98	1981.44	Spore type 001, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 008, 012
117.02	1389.56	Spore type 001, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 012, 014
117.06	1692.18	Spore type 001, 003, 004, 007, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 012, 014
117.10	1679.3	Spore type 001, 007, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 012, 014
117.14	2451.92	Spore type 001, 008, Indeterminata type 003, 005, 007, 008, 010, 012, 014
117.18	2080.04	Spore type 001, 005, 007, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 014
117.22	2506.16	Spore type 001, 007, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 012, 014
117.26	2203.78	Spore type 001, 003, 008, 010, 011, Indeterminata type 003, 005, 007, 008, 012, 014
117.30	3047.9	Spore type 001, 007, 008, 010, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 012, 014
117.34	3439.02	Spore type 001, 004, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008
117.38	2007.14	Spore type 001, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 012, 014
117.42	1144.26	Spore type 001, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
117.46	1573.38	Spore type 001, 007, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
117.50	1586.5	Spore type 001, 007, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 014
117.54	1269.12	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 014
117.58	966.24	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 014
117.62	968.86	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 014
117.66	1318.98	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008
117.70	1144.6	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008
117.74	896.72	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 010, 014
117.78	1205.34	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
117.82	1001.96	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
117.86	955.58	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
117.90	1133.2	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 007, 012
117.94	2265.82	Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 005
117.98	1168.44	Spore type 001, 003, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
118.04	1120.62	Varia NAP type 019, Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 008, 012, 014, 025
118.08	1061.74	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 014
118.12	1155.36	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 014
118.16	1138.48	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 014
118.20	1126.1	Spore type 001, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 014
118.24	1079.72	Spore type 001, 003, Indeterminata type 005
118.26	1045.28	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
118.32	1038.46	Spore type 001, Indeterminata type 005
118.36	1255.08	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 014
118.40	1140.2	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 012, 014
118.44	1011.32	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005
118.48	982.44	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Total count	Remarks
118.52	888.56	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 014
118.56	869.68	Spore type 001, 003
118.60	934.3	Spore type 001, 003, Indeterminata type 012
118.64	927.92	Spore type 001, Indeterminata type 012
118.68	959.04	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 005
118.72	955.66	Indeterminata type 002, 003, 005, 012
118.76	971.28	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 014
118.80	920.9	Spore type 003, Indeterminata type 002, 003, 005
118.84	900.52	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 005
118.88	991.14	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 008, 010, 012
118.92	890.26	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 005
118.96	934.88	Spore type 001, 005, Indeterminata type 002, 005
119.04	1120.62	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 014
119.08	1135.74	Spore type 001, 003, Indeterminata type 003, 005, 014
119.12	1026.36	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 018
119.16	938.98	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 005
119.20	928.1	Spore type 001, Indeterminata type 003, 005, 012
119.22	947.66	Spore type 001, Indeterminata type 003, 005
119.28	967.34	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 012
119.32	869.96	Spore type 001, Indeterminata type 003, 005, 012
119.36	903.58	Spore type 001
119.40	1008.2	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 012
119.44	1082.32	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
119.48	1089.94	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 012
119.52	1054.06	Spore type 001, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 005
119.56	1385.18	Spore type 002, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 010
119.60	1187.8	Spore type 001, 008, Indeterminata type 003, 012, 014
119.64	1138.92	Spore type 001, 008, Indeterminata type 003, 012, 021
119.68	1146.04	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 005, 007, 009, 010, 012
119.72	1081.16	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003
119.76	1159.28	Spore type 001, Indeterminata type 003
119.80	1202.4	Spore type 002, 003, 005, Indeterminata type 003
119.84	1072.02	Spore type 001
119.88	1498.14	Spore type 001, 005, Indeterminata type 002, 003, 005
119.92	1164.76	Spore type 002, 007, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009, 012
119.96	1114.38	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 012
119.98	1047.44	Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 018
120.02	1349.56	Spore type 001, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 014
120.04	1193.62	Spore type 002, 008, 011, Indetermianta type 002, 003, 005, 007, 012, 014
120.08	1007.24	Spore type 002, 003, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 010, 018
120.12	957.36	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 009, 010
120.16	1021.98	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 010
120.20	1062.1	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
120.24	1164.22	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 010
120.28	1066.84	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 009, 010
120.32	1004.96	Pediastrum integrum/P. orientale "warm type" in P. boryanum included, Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008
120.36	1163.58	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 008, 009, 010
120.40	872.2	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003
120.44	831.82	P. boryanum is only P. integrum "warm type", Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 007
120.48	910.94	P. boryanum is only P. integrum "warm type", Spore type 002, Indeterminata type 002, 005, 008

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Total count	Remarks
120.52	1174.06	Spore type 002, Indeterminata type 003, 005, 008, 010
120.56	1314.68	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 010
120.60	1263.3	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009, 010
120.64	1392.42	Spore type 002, 003, 008, 010, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 009, 010, 012, 014
120.68	1457.04	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
120.72	1490.16	Spore type 002, 003, Indeterminata type 003, 005
120.76	2099.78	Spore type 002, 003, 005, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 010, 012
120.80	2363.4	Spore type 002, 003, 004, 005, 008, Indeterminata type 002, 003, 005
120.84	3975.52	Spore type 002, 003, 005, 008, Indeterminata type 002, 003, 005
120.88	5511.64	Spore type 002, 003, 004, 008, Indeterminata type 001, 005
120.92	6325.76	Spore type 002, 003, 005, 008, Indeterminata type 002, 003
120.96	5849.38	Spore type 002, 003, 005, 008, Indeterminata type 002, 003
120.98	1505.44	Varia NAP type 001, 002, 003, 004, 005, Spore type 002, 003, 004, 005, 009, Indeterminata type 002, 003, 007, 009; Knipping sample
121.00	1362.5	Indeterminata type 001, 002, 003, 005, 006
121.04	1438.12	Spore type 002, 005, Indeterminata type 002, 003, 005, 009, 011
121.08	1300.24	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
121.12	1496.86	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
121.16	1283.98	Indeterminata type 003
121.21	1288.63	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003
121.25	1274.75	Varia NAP type 012, Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 009
121.29	1144.87	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
121.33	1119.99	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 009
121.37	1218.61	Spore type 002, Indeterminata type 001, 002, 003, 005, 009
121.41	1231.73	Varia NAP type 006, 014, Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
121.45	1259.35	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
121.49	1114.97	Spore type 001, 002, 004, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
121.53	1234.59	Spore type 004, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
121.57	1297.71	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003
121.61	1322.83	Varia NAP type 007, 014, Indeterminata type 002, 003
121.65	1229.45	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
121.69	1392.07	Varia NAP type 013, Spore type 001, Indeterminata type 002, 003, 009
121.73	1261.69	Spore type 002
121.77	1844.81	Spore type 002, Indeterminata type 008
121.81	2222.43	Varia NAP type 006, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, P. musteri in P. boryanum included
121.85	1233.55	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 008, 009
121.89	1818.17	Spore type 001, 002, 004, Indeterminata type 003, 005, 009
121.93	2471.29	Varia NAP type 011, Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005
121.97	3347.41	Very small Pediastrum-coenobia, Varia NAP type 015, Spore type 001, 002, 003, 004, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 008, 009
122.00	1387.5	Spore type 001, 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007
122.04	1151.62	Spore type 001, 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 008, 009
122.08	1466.24	Spore type 002, 004, 006, Indeterminata type 001, 002, 003, 005, 007, 008, 009
122.12	1564.86	Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009
122.16	1932.98	Spore type 002, 004, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009
122.20	1956.6	Spore type 001, 002, 004, 007, Indeterminata type 001, 002, 003, 005, 006, 00, 009
122.26	1366.78	Spore type 001, 002, 004, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 008, 009
122.30	1998.9	Varia NAP type 011, Spore type 002, 003, 004, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009
122.34	2095.52	Varia NAP type 005, Spore type 002, 003, 004, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009
122.38	2270.64	Spore type 001, 002, 003, 004, 005, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 009
122.42	2482.76	Varia type 005 (= Phillyrea), Spore type 002, 003, 004, 005, Indeterminata type 002, 003, 005, 008
122.44	1786.32	M. spic./vertic. is only M. verticillatum, Spore type 002, 003, 005, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 008, 009, 010

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Total count	Remarks
122.48	4614.94	Varia NAP type 013, Spore type 002, 004, 005, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008
122.52	1854.06	Varia NAP type 018, Spore types 002, 003, 004, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 008, 009
122.56	1714.68	Varia NAP type 012, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009
122.60	1314.3	Varia NAP type 002, 009, Spore type 001, 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
122.64	1361.92	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
122.68	1205.04	Spore type 002, Indeterminata type 003, 005, 006, 007, 009
122.72	970.66	Varia NAP type 011, Spore type 001, 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
122.76	1124.78	Varia NAP type 013, Spore type 002, 005, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 009
122.80	1106.9	Varia NAP type 010, Spore type 002, Indeterminata type 003, 005, 009
122.84	1018.52	Spore type 001, 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 009
122.88	1011.14	Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 005
122.92	1151.26	Spore type 002, 008, Indeterminata type 001, 002, 003, 005, 007, 010
122.96	1234.88	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 012
123.00	1079.5	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
123.04	1148.12	Varia NAP type 019, Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009, 010
123.08	1154.74	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 001, 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 010
123.12	1076.36	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 009, 010, 018
123.16	1473.48	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 009, 012
123.20	1455.6	Spore type 002, 007, 008, Indeterminata 002, 003, 005, 007, 008, 009, 012, 018
123.24	1053.72	Spore type 002, 005, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009
123.28	907.34	Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009
123.32	982.96	P. boryanum is only P. integrum, Spore type 002, 005, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
123.36	1231.58	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 018
123.40	1388.2	P. boryanum is only P. integrum, Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009, 012
123.44	984.32	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 003, 005, 007, 009
123.48	1000.94	P. boryanum is only P. integrum, Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
123.52	930.06	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005
123.56	974.68	P. boryanum is only P. integrum, Spore type 002, Indeterminata type 003, 005, 007, 009, 010
123.60	879.3	Spore type 001, 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009, 010, 012
123.64	1104.92	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 009, 010
123.68	1045.54	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009, 010, 016
123.72	1028.66	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 009, 010, 011
123.76	999.28	P. boryanum is only P. integrum, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 009, 010, 012, 016
123.80	877.9	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009, 010, 012
123.84	930.52	Spore type 002, Indeterminata type 002, 005, 006, 009, 010, 012, 018
123.88	1449.14	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002, 003, 005, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 009, 012
123.92	6101.76	Spore type 002, 008, Indeterminata type, 002, 003, 005, 008, 009, 012, 019
123.94	2870.32	Spore type 002, 003, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 009, 020
123.96	11718.38	Spore type 002, 005, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 008, 010, 012
123.98	3273.94	Spore type 002, 005, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
124.00	2399.5	small Coelastrum coenobia, Pediastrum musteri in P. boryanum included, Indeterminata type 002, 003, 005, 006
124.04	1840.12	Indeterminata type 006
124.08	2349.74	Spore type 002, Indeterminata type 002, 006
124.12	1693.86	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002
124.16	1042.48	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Varia NAP type 011, 019, 023, Spore type 002
124.20	1396.6	Pediastrum musteri in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 019
124.24	1340.72	Spore type 009, Indeterminata type 003, 009, 019
124.28	1102.84	Spore type 002
124.32	1350.96	-
124.36	1390.58	Spore type 001, 002, Indeterminata type 003, 005

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Total count	Remarks
124.40	1291.2	Pediastrum musteri in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 019
124.44	1862.82	Varia NAP type 026, Pediastrum musteri in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 003, 006
124.48	2916.94	Varia NAP type 019, 022, Spore type 002, Indeterminata type 003, 004
124.50	1434.5	Varia NAP type 013, Pediastrum musteri in P. boryanum included, Indeterminata type 006; Knipping sample, Vial.-No. 16
124.52	1602.56	Spore type 002, Indeterminata type 002, 005, 006
124.56	3242.18	Spore type 002, Indeterminata type 003, 004, 005, 006, 009
124.60	2898.3	Varia NAP type 021, Pediastrum musteri in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 004, 019
124.64	3337.92	Spore type 002, Indeterminata type 006, 018, 019
124.68	2964.54	Spore type, Indeterminata type 003, 004, 019
124.72	4988.66	Varia NAP type 019, 024, Spore type 002, Indeterminata type 003, 006
124.76	5108.78	Varia NAP type 011, Spore type 002, Indeterminata type 002, 006, 014
124.80	3029.9	Spore type 002, Indeterminata type 003, 006, 019
124.84	2450.02	Varia NAP type 027, Pediastrum musteri in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 003, 005, 006, 019
124.88	2405.64	Spore type 002, Indeterminata type 003
124.92	2616.76	Spore type 002, 004, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
124.96	4401.38	Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 005, 009
125.00	1093	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
125.04	1235.12	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
125.08	1232.24	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 001, 002, 003, 004, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
125.12	1628.36	Pediastrum boryanum is only Pediastrum integrum/P. orientale, Spore type 002, 005, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 008, 009
125.16	960.98	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009, 018
125.20	989.1	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009, 011
125.24	1164.72	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003 005, 007, 008, 009, 010, 012, 019
125.28	1138.84	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009, 018
125.32	1155.96	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009
125.36	1133.58	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009, 018
125.38	1054.14	Spore type 002, Indeterminata 002, 003, 005, 007, 009
125.40-125.43	699	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009
125.46	1002.38	Pediastrum boryanum is only Pediastrum integrum/P. orientale, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
125.48	1127.94	Pediastrum boryanum is only Pediastrum integrum/P. orientale, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009, 018
125.52	1251.06	Pediastrum boryanum is only Pediastrum integrum/P. orientale, Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 009, 010
125.56	1072.68	Spore type 002, Indeterminata type 001, 002, 003, 005, 009
125.60	1123.3	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
125.64	1019.92	Pediastrum boryanum is only Pediastrum integrum/P. orientale, Spore type 002, Indeterminata type 003, 005, 007
125.68	1007.04	Pediastrum boryanum is only Pediastrum integrum/P. orientale, Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009
125.72	930.66	Pediastrum boryanum is only Pediastrum integrum/P. orientale, Spore type 002, 010, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
125.76	924.28	Spore type 002, Indeterminata type 005, 009
125.80	1188.9	Spore type 002, Indeterminata type 003, 005
125.84	1196.02	Spore type 002, 003, Inderterminata type 003, 005, 007, 009, 010
125.86	1047.58	Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 010, 012
125.88	1746.64	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 009, 012
125.90	1242.7	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008
125.92	1096.76	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009, 020
125.94	1038.32	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009
125.96	1052.88	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, P. boryanum with short processi, Spore types 002, 003, Indeterminata types 002, 003, 005, 009, 014, 018, 021
125.98	1019.44	Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 007
126.00	872	Pediastrum integrum/P. orientale in P. boryanum included, Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 009, 012
126.04	937.62	Varia NAP type 028, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009, 012, 021
126.08	1092.74	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 009

Tab. A5: (fortgesetzt).

Depth [m]	Total count	Remarks
126.12	994.86	Spore type 003, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 009
126.16	1482.98	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 009
126.20	1093.1	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003
126.24	1188.22	Spore type 002, 003, Indeterminata type 003, 009
126.28	1639.84	Spore type 002, 005, Indeterminata type 002, 009
126.32	1177.46	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 012
126.36	1216.08	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 009, 012, 019, 020
126.40	1429.2	Spore type 002, 008, Indeterminata type 002, 005, 006, 007, 009, 019, 022
126.44	1917.82	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 009
126.48	1158.44	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 009
126.52	1167.06	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 009, 018
126.56	1450.68	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 009, 012, 023
126.60	1035.3	Spore type 002, Indeterminata type 001, 002, 003, 005, 006, 007, 009, 022
126.64	976.92	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 009, 012
126.68	959.04	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 006, 007, 009
126.72	952.66	Spore type 002, 003, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 009
126.76	1090.78	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 009, 019, 021
126.80	958.4	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 009
126.84	1051.02	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 007, 009, 019
126.88	1031.14	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 006, 007, 009, 013
126.92	1201.26	Spore type 002, 013, Indeterminata type 007, 008, 009, 012, 019
126.96	1090.88	Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 009
126.98	1047.44	Varia NAP type 029, Spore type 002, Indeterminata type 002, 003, 005, 009, 012
127.02	1633.06	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 009, 012, 018, 021
127.06	1646.18	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 009
127.10	1554.3	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 005, 006, 007, 009
127.14	1827.42	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 007, 009, 012
127.18	1766.04	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009, 021
127.22	1502.66	Spore type 002, 003, 008, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 008, 009, 012, 019
127.26	1891.78	Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 006, 007, 008, 009, 010, 012, 018
127.30	1052.4	Spore type 002, 003, 009, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009
127.34	1107.52	Spore type 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 018
127.38	932.14	Brassicaceae in pollen bundles (+7 pollen in bundle), Spore type 001, 003, 011, 012, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009, 012
127.42	985.76	Brassicaceae in pollen bundles (+61 pollen in bundle), Spore type 002, 003, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009, 018
127.46	1231.38	Spore type 001, 003, 011, 013, Indeterminata type 002, 003, 005, 006, 007, 008, 009, 012, 018
127.52	990.56	Spore type 002, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 018
127.56	1086.18	Spore type 002, 003, 010, 011, 013, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 009, 014, 018
127.58	1017.24	Spore type 002, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009, 012, 014
127.63	1092.89	Spore type 002, 010, 011, Indetermianta type 002, 003, 005, 007, 008, 009, 012
127.67	1075.51	Spore type 003, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009, 014, 023
127.71	1358.63	Spore type 002, 003, 004, 017, Indeterminata type 002, 003, 007, 008, 009, 012, 014
127.75	1666.25	Spore type 002, 008, 011, Indeterminata 002, 003, 004, 005, 007, 009, 012, 018
127.79	6023.37	Spore type 002, 003, 004, 005, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 005, 008, 009, 014, 018
127.83	12580.49	Spore type 002, 003, 005, 008, 011, 013, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 014
127.87	12519.11	Spore type 002, 003, 005, 011, 013, Indeterminata type 002, 003, 005, 007, 008, 009
127.91	2543.73	Spore type 002, 003, 005, 007, 008, 011, Indeterminata type 002, 003, 009
127.95	11390.85	Spore type 002, 003, 005, 008, 011, Indeterminata type 003, 005, 007, 008, 009
127.99	1501.97	Spore type 002, 003, 005, Indeterminata type 002, 003, 009, 012, 014, 021

Tab. A6: Prozentwerte und Konzentrationen von Palynomorphen, Werte der Indexes der Waldzusammensetzung, der Aridität und der lokalen Wassertiefe sowie Werte der Rate der Waldveränderung der Pollenanalyse des Tiefenintervalls 116,50 m bis 127,99 m von Tenaghi Philippon. Grün = AP, orange = NAP, blau = aquatische Spermatophyten, türkis = Algen, AP = Baumpollen, NAP = Pollen krautiger Pflanzen, Brass. = Brassicaceae, Po. = Poaceae, Cyp. = Cyperaceae. Für die Definition der Pollengruppen siehe Kapitel 3.5.2.

Depth [m]	Age [ka]	AP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	Temperate tree taxa [%]	Mediterranean taxa [%]	*Abies* [%]	*Picea* [%]	*Pinus* [%]	*Ephedra* [%]	*Juniperus* [%]	*Betula* [%]	*Carpinus & Ostrya* [%]	*Alnus* [%]	*Acer* [%]	*Corylus* [%]	*Fraxinus* [%]	*Phillyrea* [%]	Total *Quercus* [%]	*Quercus cerris/robur* type [%]	*Quercus ilex* type [%]	*Fagus* [%]	*Salix* [%]	*Tilia* [%]	*Celtis* [%]	*Pistacia* [%]	Ulmaceae [%]	Steppe taxa [%]	Ericaceae [%]	*Crepis* [%]	*Artemisia* [%]	*Centaurea* [%]	*Matricaria/Achillea* type [%]	*Ranunculus acris* type [%]	*Thalictrum* [%]	Caryophyllaceae [%]	Apiaceae [%]	*Polygonum aviculare* type [%]	*Rumex acetosa* type [%]	Brassicaceae [%]	Rubiaceae [%]	Chenopodiaceae [%]
116.50	-	37.22	62.78	11.35	2.72	0.00	0.00	4.77	0.00	0.45	0.00	0.15	0.32	0.00	0.00	0.15	0.00	11.95	9.23	2.72	0.00	0.15	0.30	0.00	0.00	1.51	3.63	0.00	0.15	2.42	0.45	0.91	0.00	0.15	0.15	1.21	0.15	0.15	18.76	1.06	1.21
116.54	-	40.06	59.94	13.83	1.15	0.00	0.07	7.20	0.00	0.43	0.29	0.58	0.87	0.14	0.00	0.00	0.00	10.37	9.22	1.15	0.00	0.00	0.72	0.14	0.00	2.88	4.32	0.00	0.86	1.87	0.72	2.45	0.29	0.29	0.00	0.58	0.00	0.14	14.98	1.01	2.45
116.58	-	32.08	67.92	7.64	1.80	0.07	0.00	4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.30	0.00	0.15	0.00	8.39	6.59	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	3.00	0.00	0.45	1.65	0.00	2.40	0.15	0.00	0.15	1.80	0.00	0.00	23.23	1.35	1.35
116.62	-	35.37	64.63	11.30	2.29	0.00	0.00	3.66	0.00	0.00	0.15	0.00	0.33	0.00	0.15	0.00	0.00	11.61	9.31	2.29	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	1.53	4.89	0.00	0.76	2.75	0.61	2.75	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	18.02	0.92	2.14
116.66	-	35.32	64.68	10.08	2.90	0.00	0.00	3.90	0.00	0.00	0.15	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	11.77	8.86	2.90	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.92	4.74	0.00	0.31	2.90	0.31	1.99	0.00	0.15	0.00	1.22	0.00	0.00	18.18	1.53	1.83
116.70	-	44.56	55.44	17.23	2.61	0.00	0.00	6.15	0.00	0.15	0.15	0.15	0.67	0.31	0.00	0.00	0.00	16.46	13.84	2.61	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	2.15	4.92	0.00	1.08	3.08	0.46	4.15	0.00	0.00	0.31	0.46	0.31	0.00	6.92	0.15	1.85
116.74	-	45.52	54.48	16.17	3.17	0.00	0.00	6.72	0.00	1.51	0.00	0.45	0.64	0.15	0.15	0.00	0.00	15.72	12.54	3.17	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	2.27	6.50	0.15	0.91	3.93	0.60	3.32	0.00	0.15	0.60	0.15	0.15	0.15	4.23	0.91	2.57
116.78	-	49.29	50.71	17.69	4.27	0.00	0.08	7.93	0.00	1.07	0.15	0.15	0.65	0.00	0.00	0.00	0.15	18.45	14.33	4.12	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	2.74	7.62	0.15	0.30	4.57	0.61	3.05	0.00	0.15	0.30	0.30	0.00	0.15	0.91	0.91	3.05
116.82	-	54.40	45.60	23.25	7.85	0.00	0.00	5.49	0.00	1.00	0.00	0.00	0.29	0.14	0.43	0.00	0.00	26.25	18.40	7.85	0.00	0.14	0.57	0.14	0.00	3.28	4.71	0.00	0.14	3.00	0.57	2.85	0.00	0.57	0.14	0.29	0.00	1.28	0.14	0.57	1.71
116.86	-	54.72	45.28	21.69	6.28	0.00	0.00	7.63	0.00	0.75	0.30	0.00	0.94	0.30	0.00	0.15	0.00	24.38	18.10	6.28	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	2.99	3.74	0.00	0.30	1.65	0.00	2.24	0.00	0.45	0.00	0.00	0.30	0.60	1.20	0.30	2.09
116.90	-	44.31	55.69	14.27	1.97	0.00	0.00	8.50	0.00	1.37	0.30	0.15	0.32	0.15	0.00	0.00	0.00	12.75	10.78	1.97	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	2.28	6.98	0.00	0.15	2.73	0.30	5.47	0.00	0.46	0.00	0.15	0.00	1.67	0.91	1.97	4.25
116.94	-	48.86	51.14	15.16	3.37	0.00	0.15	11.03	0.00	0.92	0.00	0.15	0.33	0.15	0.00	0.00	0.00	16.24	12.87	3.37	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	1.07	4.75	0.00	0.00	2.30	0.31	4.60	0.00	0.15	0.15	0.31	0.15	0.31	0.77	1.68	2.45
116.98	-	47.15	52.85	16.40	2.73	0.00	0.08	9.26	0.00	0.46	0.30	0.00	0.33	0.30	0.00	0.00	0.00	17.31	14.58	2.73	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	1.21	4.25	0.00	0.00	1.82	0.30	3.04	0.00	0.15	0.00	0.91	0.00	1.52	1.21	3.95	2.43
117.02	-	31.25	68.75	8.71	0.92	0.00	0.00	2.67	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.31	0.61	0.00	0.00	8.40	7.49	0.92	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.31	5.50	0.00	0.31	2.90	0.76	3.06	0.00	0.31	0.00	2.29	0.15	0.31	18.33	1.53	2.60
117.06	-	28.44	71.56	5.96	0.76	0.08	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.31	0.00	0.00	0.00	6.27	5.50	0.76	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.15	4.74	0.00	0.15	1.83	0.15	3.97	0.00	0.31	0.00	0.61	0.00	0.61	21.40	2.14	2.90
117.10	-	31.63	68.37	8.99	0.75	0.00	0.00	3.15	0.00	0.30	0.45	0.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	9.74	8.99	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.89	0.00	0.15	4.95	0.45	5.69	0.00	0.30	0.30	0.75	0.60	0.75	13.49	2.25	1.95
117.14	-	27.58	72.42	4.43	0.31	0.00	0.00	2.98	0.15	0.76	0.46	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	4.58	4.28	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	10.99	0.00	0.31	6.57	0.61	6.72	0.15	0.15	0.00	0.46	0.00	0.92	13.44	1.53	4.43
117.18	-	23.66	76.34	2.13	0.46	0.00	0.00	2.05	0.15	0.61	0.30	0.00	0.33	0.15	0.00	0.00	0.00	2.28	1.82	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	13.83	0.00	0.15	8.97	0.61	5.93	0.00	0.00	0.46	1.37	0.61	1.37	11.85	3.34	4.86
117.22	-	25.56	74.44	3.99	0.46	0.00	0.00	2.38	0.00	0.00	0.61	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	3.37	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	13.03	0.00	0.15	7.36	0.77	4.91	0.00	0.15	0.00	0.31	0.31	0.46	15.49	1.84	5.67
117.26	-	23.30	76.70	2.09	0.30	0.00	0.00	1.79	0.00	0.45	0.89	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79	1.49	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	12.37	0.00	0.15	7.90	0.60	6.56	0.00	0.00	0.15	0.45	0.15	0.15	18.19	1.79	4.47
117.30	-	25.97	74.03	1.84	0.31	0.00	0.08	3.30	0.00	0.92	0.92	0.15	0.67	0.15	0.00	0.00	0.00	1.53	1.23	0.31	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.31	14.73	0.00	0.15	7.52	1.07	6.90	0.00	0.15	0.46	1.53	0.31	0.46	7.82	3.07	7.21
117.34	-	22.54	77.46	1.95	0.30	0.00	0.07	1.12	0.00	0.15	0.30	0.00	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.20	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	33.28	0.00	0.15	19.49	0.30	3.30	0.00	0.15	0.75	0.30	0.45	0.45	0.15	0.90	13.79
117.38	-	19.63	80.37	0.46	0.00	0.00	0.00	0.30	0.46	0.15	0.30	0.15	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.96	0.00	0.15	20.94	0.30	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.46	20.03
117.42	-	18.29	81.71	0.42	0.00	0.00	0.00	0.70	0.14	0.28	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.58	0.00	0.00	24.54	0.42	0.98	0.00	0.14	0.28	0.42	0.42	0.00	0.56	0.56	20.05
117.46	-	19.28	80.72	0.74	0.15	0.00	0.00	0.30	0.00	0.15	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.74	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	40.22	0.00	0.00	23.09	0.15	0.60	0.00	0.30	0.00	0.00	0.30	0.00	1.04	0.89	17.13
117.50	-	19.97	80.03	0.46	0.15	0.00	0.00	0.46	0.31	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.46	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	37.95	0.00	0.15	18.97	0.00	1.53	0.00	0.00	0.15	0.00	0.46	0.00	0.92	0.46	18.97
117.54	-	20.03	79.97	1.75	0.00	0.00	0.00	0.22	0.15	0.29	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	41.37	0.00	0.00	22.36	0.29	1.02	0.00	0.00	0.15	0.15	0.58	0.44	0.29	0.44	19.00
117.58	-	19.20	80.80	0.74	0.00	0.00	0.00	0.07	0.15	0.30	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	42.10	0.00	0.00	24.99	0.00	0.74	0.00	0.30	0.30	0.15	0.30	0.00	0.00	0.74	17.11
117.62	-	18.54	81.46	0.15	0.15	0.00	0.00	0.15	0.44	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.93	0.00	0.00	25.48	0.00	1.17	0.00	0.00	0.00	0.29	0.44	0.00	0.15	0.44	18.45
117.66	-	19.36	80.64	0.30	0.00	0.00	0.00	0.44	0.15	0.44	0.15	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	41.93	0.00	0.00	23.41	0.15	0.30	0.00	0.30	0.30	0.44	0.15	0.15	0.30	0.15	18.52
117.70	-	19.65	80.35	0.75	0.15	0.00	0.00	0.22	0.30	0.15	0.45	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.75	0.60	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.99	0.00	0.00	23.52	0.15	0.90	0.00	0.15	0.15	0.60	0.30	0.30	0.60	0.90	16.48
117.74	-	20.04	79.96	1.06	0.30	0.00	0.00	0.08	0.30	0.30	0.15	0.00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	1.06	0.76	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.14	0.00	0.15	24.40	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.61	17.73
117.78	-	19.75	80.25	0.60	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.45	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	41.67	0.00	0.00	25.67	0.15	0.75	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.45	16.00
117.82	-	20.05	79.95	1.22	0.00	0.00	0.00	0.08	0.15	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	1.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.77	0.00	0.00	26.26	0.00	1.22	0.00	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.15	0.31	14.50
117.86	-	19.70	80.30	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.29	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.63	0.00	0.15	24.69	0.15	1.02	0.00	0.29	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.58	16.94
117.90	-	19.84	80.16	0.91	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.30	0.15	0.00	0.32	0.00	0.15	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.02	0.00	0.15	23.86	0.00	0.60	0.00	0.76	0.15	0.00	0.15	0.15	0.00	0.45	16.16
117.94	-	19.42	80.58	0.15	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.45	0.00	0.15	24.32	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.15	0.00	0.15	17.13
117.98	720.84	20.52	79.48	0.76	0.31	0.00	0.00	0.53	0.15	0.31	0.31	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.76	0.61	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	37.84	0.00	0.00	22.43	0.00	0.61	0.00	0.00	0.31	0.76	0.76	0.92	0.31	0.76	15.41
118.04	721.46	23.16	76.84	0.61	0.46	0.00	0.00	3.57	0.00	0.46	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.46	0.46	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	27.03	0.00	0.15	16.70	0.00	1.21	0.15	0.46	0.00	0.46	0.15	0.00	7.44	2.13	10.32
118.08	721.88	25.50	74.50	1.04	0.30	0.00	0.00	5.87	0.00	0.59	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	0.89	0.30	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	28.24	0.00	0.00	20.36	0.00	1.04	0.00	0.89	0.00	0.30	0.30	0.15	6.09	1.04	7.88
118.12	722.30	26.05	73.95	0.74	0.30	0.00	0.00	5.50	0.00	1.64	0.15	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.59	0.30	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	27.66	0.00	0.00	19.78	0.00	2.53	0.00	0.30	0.30	0.74	0.30	0.15	4.16	1.93	7.88
118.16	722.71	33.04	66.96	1.75	1.02	0.00	0.15	11.20	0.15	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.76	1.75	1.02	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	26.76	0.00	0.00	18.62	0.00	0.73	0.00	0.29	0.00	0.44	0.58	0.00	1.02	1.60	8.15
118.20	723.13	33.10	66.90	2.10	0.00	0.00	0.28	12.66	0.00	0.84	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.99	0.00	0.00	19.86	0.14	1.96	0.00	0.42	0.00	0.28	0.56	0.28	0.00	1.54	7.13
118.24	723.55	37.10	62.90	2.75	0.31	0.08	0.38	12.96	0.31	1.22	0.92	0.15	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	2.44	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	21.20	0.00	0.00	16.62	0.15	0.92	0.00	0.46	0.00	0.46	0.46	0.46	0.15	1.07	4.58
118.26	723.76	27.23	72.77	1.34	0.30	0.07	0.07	7.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	1.34	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.09	0.00	0.00	24.28	0.60	1.94	0.00	0.74	0.15	0.15	0.30	0.15	0.15	1.64	5.81
118.32	724.38	44.54	55.46	4.89	0.44	0.07	0.22	19.76	0.00	0.44	0.89	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	5.18	4.74	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.40	0.00	0.30	10.07	0.00	1.48	0.00	0.44	0.15	0.00	0.00	0.30	0.15	0.89	5.33
118.36	724.80	41.10	58.90	5.86	1.50	0.15	0.08	14.66	0.00	0.45	0.15	0.15	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	6.92	5.41	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	16.09	0.00	0.00	11.13	0.00	1.95	0.00	0.30	0.30	0.15	0.00	0.30	0.60	1.95	4.96
118.40	725.22	35.59	64.41	2.26	1.05	0.00	0.15	12.95	0.15	0.60	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	3.31	2.26	1.05	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	20.48	0.00	0.00	14.30	0.45	2.86	0.00	0.30	0.15	0.15	0.00	0.30	0.15	1.51	6.17
118.44	725.64	37.29	62.71	2.37	1.19	0.00	0.07	15.50	0.00	0.00	0.30	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	2.37	1.19	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	22.84	0.00	0.15	16.46	0.15	2.52	0.15	0.30	0.00	0.15	0.15	0.00	0.15	0.00	6.38
118.48	726.05	45.47	54.53	6.19	1.92	0.07	0.22	17.84	0.29	0.29	1.03	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	8.11	6.19	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.59	0.00	0.15	10.47	0.15	1.77	0.00	0.44	0.15	0.15	0.15	0.00	0.15	0.74	4.13
118.52	726.47	41.05	58.95	5.94	1.37	0.15	0.15	14.32	0.00	0.61	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	6.85	5.48	1.37	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.30	18.28	0.00	0.00	12.79	0.00	1.37	0.00	0.46	0.00	0.30	0.15	0.61	0.00	0.76	5.48

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	AP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	Temperate tree taxa [%]	Mediterranean taxa [%]	*Abies* [%]	*Picea* [%]	*Pinus* [%]	*Ephedra* [%]	*Juniperus* [%]	*Betula* [%]	*Carpinus & Ostrya* [%]	*Alnus* [%]	*Acer* [%]	*Corylus* [%]	*Fraxinus* [%]	*Phillyrea* [%]	Total *Quercus* [%]	*Quercus cerris/robur* type [%]	*Quercus ilex* type [%]	*Fagus* [%]	*Salix* [%]	*Tilia* [%]	*Celtis* [%]	*Pistacia* [%]	Ulmaceae [%]	Steppe taxa [%]	Ericaceae [%]	*Crepis* [%]	*Artemisia* [%]	*Centaurea* [%]	*Matricaria/Achillea* type [%]	*Ranunculus acris* type [%]	*Thalictrum* [%]	Caryophyllaceae [%]	Apiaceae [%]	*Polygonum aviculare* type [%]	*Rumex acetosa* type [%]	Brassicaceae [%]	Rubiaceae [%]	Chenopodiaceae [%]
118.56	726.89	47.36	52.64	6.82	1.48	0.22	0.44	19.05	0.00	0.89	0.59	0.30	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	7.11	5.63	1.48	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.44	11.26	0.00	0.00	9.19	0.00	1.48	0.00	0.59	0.15	0.30	0.15	0.59	0.00	1.33	2.08
118.60	727.31	45.88	54.12	7.79	1.01	0.36	0.43	17.60	0.00	0.87	0.29	0.14	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	8.37	7.36	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	10.39	0.00	0.14	6.63	0.14	2.45	0.00	0.72	0.00	0.72	0.00	1.30	0.29	2.45	3.75
118.64	727.72	33.59	66.41	1.67	0.61	0.00	0.08	12.25	0.00	0.00	0.46	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	2.28	1.67	0.61	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	21.46	0.00	0.15	16.14	0.15	1.67	0.00	0.76	0.00	0.76	0.00	0.30	0.61	2.13	5.33
118.68	728.14	36.33	63.67	2.50	0.44	0.07	0.22	14.58	0.00	0.59	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	2.50	2.21	0.29	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	22.68	0.00	0.15	14.43	0.29	1.91	0.00	0.15	0.29	0.00	0.00	0.29	0.15	1.77	8.25
118.72	728.56	29.65	70.35	0.88	0.29	0.15	0.00	10.54	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	0.74	0.59	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	28.73	0.00	0.15	20.04	0.29	2.36	0.00	0.74	0.00	0.00	0.29	0.00	0.59	1.62	8.69
118.76	728.98	35.72	64.28	1.79	0.89	0.00	0.07	13.93	0.15	0.60	0.15	0.00	0.32	0.15	0.00	0.00	0.00	2.38	1.49	0.89	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.15	20.41	0.00	0.15	15.49	0.15	3.43	0.15	0.45	0.30	0.60	0.15	0.30	0.45	1.04	4.92
118.80	729.39	43.79	56.21	4.98	0.45	0.15	0.00	18.93	0.00	0.75	0.60	0.00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	4.98	4.53	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	13.73	0.00	0.00	11.16	0.00	2.26	0.00	0.45	0.00	0.75	0.00	0.75	0.30	1.66	2.56
118.84	729.81	39.66	60.34	4.05	1.59	0.07	0.00	16.15	0.00	0.00	0.14	0.29	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	5.21	3.62	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	17.96	0.00	0.00	12.74	0.14	2.17	0.00	0.43	0.14	1.16	0.14	0.43	0.29	1.88	5.21
118.88	730.23	38.43	61.57	4.80	1.05	0.00	0.07	14.39	0.15	0.00	0.00	0.30	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	5.25	4.20	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.14	0.00	0.15	12.14	0.30	2.85	0.00	0.45	0.00	0.30	0.15	0.45	0.75	1.95	6.00
118.92	730.65	45.25	54.75	6.97	1.60	0.36	0.00	18.02	0.00	0.44	0.44	0.29	0.30	0.15	0.00	0.44	0.00	7.70	6.10	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.82	0.00	0.44	9.73	0.58	1.02	0.00	0.44	0.15	0.44	0.29	0.15	0.15	1.16	5.09
118.96	731.06	46.68	53.32	11.38	1.92	0.00	0.52	15.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.15	0.00	12.26	10.34	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	12.71	0.15	0.15	8.57	0.00	1.92	0.00	0.59	0.00	0.44	0.00	0.00	0.15	1.03	4.14
119.04	731.90	32.49	67.51	4.78	1.05	0.00	0.60	7.24	0.00	1.05	0.00	0.15	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00	4.93	3.88	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	18.97	0.15	0.00	12.54	0.45	4.93	0.00	0.60	0.45	0.30	0.15	1.64	0.15	2.09	6.42
119.08	732.32	38.38	61.62	6.05	2.57	0.23	0.30	9.69	0.00	1.06	0.00	0.15	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	8.17	5.60	2.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	14.38	0.00	0.00	10.14	0.15	3.33	0.00	0.61	0.30	0.91	0.76	1.97	0.76	1.51	4.24
119.12	732.73	45.06	54.94	9.86	1.67	0.38	0.23	13.80	0.00	0.91	0.00	0.00	0.33	0.15	0.00	0.00	0.00	10.92	9.25	1.67	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.30	10.31	0.30	0.00	6.52	0.15	1.97	0.00	0.61	0.61	0.15	0.30	1.21	0.15	1.21	3.79
119.16	733.15	46.87	53.13	12.93	3.91	0.38	0.30	10.68	0.00	0.30	0.00	0.00	0.65	0.75	0.00	0.00	0.00	15.34	11.43	3.91	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.60	8.72	0.00	0.15	5.71	0.15	2.86	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	1.05	0.15	2.11	3.01
119.20	733.57	46.59	53.41	16.08	2.49	0.37	0.15	8.62	0.00	0.88	0.29	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	17.40	14.91	2.49	0.00	0.15	0.29	0.00	0.00	0.73	8.77	0.00	0.00	4.82	0.44	2.78	0.00	0.00	0.29	0.15	0.15	1.02	0.15	3.80	3.95
119.22	733.78	47.41	52.59	14.57	1.47	0.66	1.10	10.45	0.00	1.18	0.29	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.15	14.42	13.09	1.32	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.88	7.65	0.00	0.15	4.56	0.15	2.06	0.00	0.59	0.15	0.15	0.00	1.03	0.29	3.83	3.09
119.28	734.40	47.37	52.63	13.44	1.81	1.06	0.23	11.63	0.00	1.06	0.00	0.15	0.33	0.30	0.30	0.00	0.00	13.44	11.63	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.06	7.85	0.00	0.00	4.83	0.15	3.02	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.30	0.45	2.87	3.02
119.32	734.82	46.62	53.38	13.43	5.07	0.15	0.00	9.40	0.30	0.30	0.00	0.15	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	17.91	12.84	5.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	8.96	0.30	0.30	6.42	0.60	3.73	0.00	0.15	0.00	0.15	0.30	0.90	0.15	1.34	2.54
119.36	735.24	48.30	51.70	12.23	5.37	0.15	0.45	12.00	0.00	0.30	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	11.63	5.37	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	7.90	0.00	0.30	5.22	0.89	3.58	0.00	0.15	0.30	0.00	0.00	0.75	0.15	1.19	2.68
119.40	735.65	46.98	53.02	12.70	4.63	0.07	0.15	9.79	0.15	1.34	0.15	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.69	11.06	4.63	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.75	7.77	0.00	0.00	4.78	0.60	3.44	0.00	0.45	0.00	0.30	0.15	1.05	0.45	1.34	2.99
119.44	736.07	44.79	55.21	11.91	2.08	0.67	0.30	10.57	0.00	1.04	0.30	0.15	0.00	0.15	0.30	0.00	0.00	13.10	11.01	2.08	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	0.15	8.48	0.15	0.00	5.36	0.00	1.34	0.00	0.00	0.30	0.45	0.00	1.64	0.60	4.02	3.13
119.48	736.49	46.10	53.90	11.70	4.04	0.21	0.63	11.35	0.00	1.39	0.00	0.14	0.00	0.28	0.00	0.00	0.14	14.49	10.59	3.90	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.56	10.31	0.00	0.28	6.83	0.14	3.62	0.00	0.14	0.00	0.98	0.14	1.11	0.28	2.23	3.48
119.52	736.91	44.41	55.59	13.59	4.08	0.15	0.23	6.95	0.00	1.21	0.15	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.15	16.01	12.08	3.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	10.72	0.00	0.00	6.95	0.15	3.78	0.00	0.45	0.15	0.15	0.30	0.91	0.76	0.91	3.78
119.56	737.32	47.75	52.25	13.77	2.54	0.15	0.37	11.52	0.00	1.05	0.00	0.15	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	15.27	12.72	2.54	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.90	6.44	0.00	0.00	3.89	0.15	1.95	0.00	0.75	0.15	0.45	0.00	2.69	0.45	2.24	2.54
119.60	737.74	48.54	51.46	16.25	4.17	0.52	0.22	7.90	0.00	0.89	0.30	0.30	0.64	0.00	0.00	0.00	0.15	19.38	15.50	3.88	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	0.45	5.96	0.00	0.00	3.73	0.00	2.98	0.00	0.30	0.15	0.45	0.30	2.68	0.60	1.34	2.24
119.64	738.16	47.84	52.16	15.21	3.01	0.45	0.53	9.41	0.15	0.75	0.00	0.15	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	17.32	14.31	3.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	4.97	0.00	0.15	4.07	0.75	3.46	0.00	0.60	0.15	0.30	0.00	1.36	0.60	1.51	0.90
119.68	738.58	50.70	49.30	14.56	5.10	0.30	0.45	11.56	0.00	0.45	0.30	0.45	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	17.72	12.76	4.95	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.90	7.36	0.30	0.00	6.01	0.00	2.40	0.00	0.45	0.00	0.30	0.00	0.60	0.15	0.75	1.35
119.72	738.99	48.36	51.64	15.08	5.13	0.00	0.15	8.14	0.00	1.51	0.00	0.00	0.33	0.15	0.00	0.00	0.00	19.30	14.17	5.13	0.00	0.15	0.15	0.15	0.00	0.30	6.03	0.00	0.00	3.92	0.30	4.67	0.00	1.06	0.00	0.30	0.00	0.60	0.45	0.90	2.11
119.76	739.41	45.68	54.32	11.47	3.82	0.15	0.07	10.80	0.00	1.18	0.59	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	14.26	10.44	3.82	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.44	9.26	0.00	0.15	5.14	0.44	3.97	0.00	0.44	0.29	0.44	0.00	0.44	0.15	1.76	4.12
119.80	739.83	49.35	50.65	9.52	0.74	0.30	0.30	19.33	0.00	1.04	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	9.37	8.63	0.74	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.59	8.18	0.00	0.00	4.91	0.30	1.78	0.00	0.30	0.30	0.45	0.00	1.34	0.30	0.89	3.27
119.84	740.25	46.44	53.56	11.75	3.16	0.30	0.15	11.67	0.00	0.90	0.30	0.45	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	13.40	10.24	3.16	0.00	0.15	0.45	0.00	0.00	0.45	8.43	0.00	0.00	5.87	0.00	2.41	0.15	0.30	0.00	0.90	0.00	1.96	0.00	1.51	2.56
119.88	740.66	30.31	69.69	4.39	0.00	0.00	0.00	6.43	0.15	0.61	0.45	0.00	0.33	0.00	0.00	0.15	0.00	3.63	3.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	25.11	0.00	0.15	17.24	0.00	2.72	0.00	0.15	0.30	0.00	0.30	2.57	0.76	0.61	7.87
119.92	741.08	23.91	76.09	1.50	0.60	0.15	0.00	3.44	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	1.94	1.50	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.30	0.00	2.09	18.69	0.30	1.35	0.00	0.45	0.00	0.75	0.30	0.00	0.45	0.45	13.61
119.96	741.50	23.77	76.23	1.90	0.15	0.00	0.00	3.15	0.15	0.59	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	1.90	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.95	0.00	1.76	18.15	0.15	2.05	0.00	0.15	0.29	0.29	0.73	0.44	0.44	0.44	15.80
119.98	741.71	20.85	79.15	1.10	0.14	0.00	0.00	2.41	0.14	0.00	0.41	0.00	0.27	0.28	0.00	0.00	0.00	0.96	0.83	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.20	0.00	0.41	24.78	0.00	2.06	0.00	0.14	0.00	0.14	0.83	0.28	0.00	1.24	15.42
120.02	742.13	46.90	53.10	14.84	2.86	0.07	0.20	10.82	0.00	0.82	0.54	0.14	0.80	0.68	0.14	0.00	0.00	16.34	13.48	2.86	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.14	14.02	0.00	0.00	7.35	0.27	2.86	0.00	0.27	0.14	0.14	0.27	0.14	0.00	0.82	6.67
120.04	742.33	46.78	53.22	13.30	4.73	0.07	0.07	8.94	0.00	0.89	0.59	0.00	0.32	0.15	0.00	0.00	0.00	17.74	13.01	4.73	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	11.82	0.00	0.00	5.62	0.00	2.96	0.00	0.00	0.15	0.15	0.30	0.15	0.59	0.74	6.21
120.08	742.75	48.06	51.94	13.47	4.54	0.23	0.08	10.52	0.00	0.76	0.30	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.71	13.17	4.54	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	9.84	0.00	0.15	4.99	0.00	2.42	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.61	0.45	0.76	4.84
120.12	743.17	48.79	51.21	12.49	6.77	0.08	0.38	10.24	0.15	0.30	0.15	0.15	0.33	0.00	0.15	0.00	0.45	18.06	11.74	6.32	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.15	9.78	0.00	0.00	5.72	0.00	2.41	0.00	0.30	0.15	0.30	0.15	0.75	0.15	0.30	4.06
120.16	743.59	46.80	53.20	10.21	2.25	0.53	1.05	13.21	0.00	0.30	0.90	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	11.86	9.91	1.95	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	10.96	0.00	0.00	5.11	0.00	1.80	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	2.10	0.15	1.20	5.86
120.20	744.00	46.64	53.36	13.51	5.40	0.38	0.08	8.03	0.00	0.90	0.15	0.15	0.00	0.15	0.00	0.30	0.00	18.17	12.76	5.40	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	9.91	0.00	0.00	6.31	0.15	2.55	0.00	0.45	0.15	0.15	0.00	0.60	0.30	1.35	3.60
120.24	744.42	48.67	51.33	14.64	6.72	0.07	0.52	8.14	0.00	0.30	0.30	0.15	0.00	0.30	0.00	0.00	0.30	20.62	14.20	6.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.26	0.00	0.15	4.63	0.00	1.49	0.00	0.45	0.00	0.90	0.15	1.34	0.30	0.60	4.63
120.28	744.84	46.72	53.28	11.69	3.15	0.30	0.52	11.99	0.00	0.75	0.15	0.60	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	13.19	10.04	3.15	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.60	11.54	0.00	0.00	6.14	0.30	2.40	0.00	0.30	0.15	0.45	0.00	0.75	0.00	0.75	5.39
120.32	745.26	40.97	59.03	7.69	4.07	0.00	0.15	10.48	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	11.46	7.54	3.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.52	0.00	0.00	8.44	0.60	2.86	0.00	0.15	0.30	0.30	0.00	0.45	1.66	0.30	7.08
120.36	745.67	51.07	48.93	13.71	5.43	0.08	0.75	11.75	0.00	0.75	0.00	0.30	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	18.54	13.11	5.43	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	7.38	0.00	0.00	3.32	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.90	0.75	1.21	4.07
120.40	746.09	53.42	46.58	19.59	5.05	0.22	0.96	7.50	0.15	1.04	0.45	0.30	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	23.90	18.85	5.05	0.00	0.15	0.30	0.00	0.00	0.15	5.49	0.00	0.00	3.27	0.00	1.19	0.00	0.15	0.00	0.45	0.00	1.04	0.15	0.45	2.23
120.44	746.51	49.63	50.37	15.25	4.64	0.00	0.75	8.90	0.00	0.90	0.45	0.15	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	19.59	15.10	4.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	8.07	0.00	0.00	3.44	0.30	1.50	0.00	0.45	0.00	0.15	0.00	1.35	0.45	1.35	4.64
120.48	746.93	44.45	55.55	10.42	3.32	0.08	0.38	10.27	0.30	0.75	0.15	0.00	0.33	0.60	0.00	0.00	0.00	12.83	9.51	3.32	0.00	0.45	0.15	0.00	0.00	0.15	10.87	0.15	0.00	6.04	0.00	2.72	0.00	0.75	0.60	0.45	0.00	1.36	0.75	0.75	4.83
120.52	747.34	44.05	55.95	8.82	2.54	0.22	0.67	11.97	0.00	0.75	0.45	0.00	0.65	0.15	0.00	0.00	0.30	10.62	8.38	2.24	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	0.15	9.57	0.15	0.15	4.49	0.00	3.14	0.15	0.45	0.15	0.60	0.00	2.09	0.75	0.75	5.09
120.56	747.76	41.32	58.68	9.73	1.95	0.22	0.37	10.25	0.00	0.30	0.15	0.00	0.33	0.30	0.00	0.30	0.30	10.63	8.98	1.65	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	6.59	0.15	0.00	3.14	0.15	0.90	0.00	0.60	0.15	0.15	0.15	0.45	11.97	0.45	3.44

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	AP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	Temperate tree taxa [%]	Mediterranean taxa [%]	*Abies* [%]	*Picea* [%]	*Pinus* [%]	*Ephedra* [%]	*Juniperus* [%]	*Betula* [%]	*Carpinus & Ostrya* [%]	*Alnus* [%]	*Acer* [%]	*Corylus* [%]	*Fraxinus* [%]	*Phillyrea* [%]	Total *Quercus* [%]	*Quercus cerris/robur* type [%]	*Quercus ilex* type [%]	*Fagus* [%]	*Salix* [%]	*Tilia* [%]	*Celtis* [%]	*Pistacia* [%]	Ulmaceae [%]	Steppe taxa [%]	Ericaceae [%]	*Crepis* [%]	*Artemisia* [%]	*Centaurea* [%]	*Matricaria/Achillea* type [%]	*Ranunculus acris* type [%]	*Thalictrum* [%]	Caryophyllaceae [%]	Apiaceae [%]	*Polygonum aviculare* type [%]	*Rumex acetosa* type [%]	Brassicaceae [%]	Rubiaceae [%]	Chenopodiaceae [%]
120.60	748.18	46.11	53.89	8.80	3.13	0.30	0.52	13.13	0.15	1.19	0.30	0.00	0.32	0.45	0.00	0.00	0.75	10.74	8.35	2.39	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	11.49	0.15	0.15	5.37	0.30	2.09	0.00	0.60	0.15	0.15	0.00	1.34	0.30	0.45	6.12
120.64	748.60	40.95	59.05	7.17	1.05	0.15	0.30	12.32	0.15	1.20	0.15	0.00	0.98	0.00	0.00	0.15	0.00	8.07	7.02	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.10	0.15	0.15	6.27	0.45	2.39	0.00	0.15	0.00	0.30	0.00	2.24	1.34	1.79	5.83
120.68	749.01	44.24	55.76	7.36	3.00	0.30	0.15	13.66	0.30	0.60	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.15	0.00	10.21	7.21	3.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	8.26	0.00	0.00	3.30	0.15	1.95	0.00	0.15	0.15	0.60	0.00	1.05	5.25	1.05	4.95
120.72	749.43	42.57	57.43	7.98	1.66	0.15	0.30	13.10	0.00	1.05	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	9.18	7.98	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.94	0.00	0.00	4.82	0.15	2.26	0.00	0.00	0.15	0.30	0.15	0.30	6.78	0.45	5.12
120.76	749.85	45.76	54.24	9.17	2.22	0.07	0.37	14.43	0.00	0.74	0.30	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	10.95	8.88	2.07	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.15	9.03	0.00	0.00	4.14	0.00	2.66	0.00	0.15	0.15	0.30	0.30	0.59	1.04	1.63	4.88
120.80	750.27	43.36	56.64	8.68	3.14	0.22	0.45	11.89	0.15	0.15	0.15	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	11.67	8.53	3.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	11.22	0.00	0.00	4.94	0.60	3.74	0.00	0.60	0.45	0.45	0.15	0.45	0.45	1.20	6.28
120.84	750.68	41.93	58.07	6.52	1.19	0.59	0.22	13.42	0.15	1.33	0.15	0.00	0.00	0.15	0.00	0.15	0.15	6.97	5.93	1.04	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	14.97	0.00	0.15	6.52	0.00	1.93	0.00	0.44	0.15	0.59	0.00	1.33	0.00	1.93	8.45
120.88	751.10	43.16	56.84	2.22	0.15	0.37	0.30	21.63	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	1.93	1.78	0.15	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	15.70	0.00	0.00	7.26	0.00	2.22	0.00	0.15	0.00	0.00	0.30	0.30	0.44	1.04	8.44
120.92	751.52	39.31	60.69	1.94	0.90	0.00	0.07	14.73	0.00	2.24	0.90	0.00	0.98	0.00	0.00	0.15	0.30	2.39	1.79	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.35	0.00	0.00	9.87	0.00	2.54	0.00	0.15	0.00	0.15	0.30	0.15	0.15	1.64	7.48
120.96	751.83	28.67	71.33	1.47	0.15	0.15	0.00	7.30	0.15	0.88	0.29	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62	1.47	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	31.40	0.00	0.00	21.37	0.59	1.03	0.29	0.29	0.29	0.15	0.29	0.00	0.15	0.59	10.02
120.98	751.96	29.98	70.02	0.88	2.48	0.00	0.29	6.05	1.17	1.31	0.15	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	3.06	0.73	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.05	0.00	0.00	17.07	0.44	1.46	0.00	0.00	0.58	0.29	0.15	0.00	0.29	0.44	12.98
121.00	752.09	23.86	76.14	0.75	0.00	0.00	0.00	3.66	0.00	0.60	0.60	0.00	0.33	0.00	0.00	0.15	0.00	0.45	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	36.20	0.00	0.00	21.39	0.15	0.60	0.60	0.60	0.15	0.00	0.30	0.30	0.15	0.45	14.81
121.04	752.35	26.96	73.04	0.90	0.00	0.00	0.15	5.42	0.00	2.11	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.42	0.00	0.45	19.27	0.15	0.60	0.15	0.15	0.15	0.90	0.15	0.60	0.30	1.20	11.14
121.08	752.61	24.93	75.07	1.05	0.00	0.08	0.45	3.83	0.00	0.60	0.30	0.60	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.77	0.00	0.30	21.61	0.00	1.05	1.50	0.00	0.00	0.30	0.30	0.15	0.45	0.00	12.16
121.12	752.87	21.75	78.25	0.00	0.00	0.00	0.96	1.55	0.30	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	35.93	0.00	0.44	23.06	0.30	0.59	0.30	0.44	0.00	0.00	1.03	1.18	0.15	0.44	12.86
121.16	753.13	25.35	74.65	0.15	0.00	0.00	0.38	4.75	0.00	1.06	0.45	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	33.46	0.00	0.15	20.80	0.15	1.06	0.45	0.60	0.00	0.15	0.00	0.15	0.60	0.45	12.66
121.21	753.46	23.03	76.97	0.59	0.00	0.00	0.00	2.93	0.00	0.59	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.44	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.15	35.60	0.00	0.15	20.95	0.00	0.59	0.73	0.59	0.44	0.59	0.73	0.15	0.44	0.15	14.65
121.25	753.72	23.33	76.67	0.15	0.00	0.00	0.15	3.62	0.00	0.15	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.16	0.00	0.30	21.74	0.15	1.18	1.04	0.15	0.30	0.30	0.89	0.30	0.44	0.44	12.42
121.29	753.98	21.66	78.34	0.30	0.00	0.22	0.07	2.38	0.00	0.15	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.07	0.00	0.60	21.76	0.15	1.19	0.15	0.45	0.30	0.15	0.75	0.60	0.60	0.45	14.31
121.33	754.24	21.02	78.98	0.29	0.00	0.00	0.36	1.86	0.00	0.29	0.29	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.29	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	37.37	0.00	0.43	21.47	0.14	1.29	0.86	0.57	0.14	0.14	0.72	0.43	0.00	0.43	15.89
121.37	754.50	18.26	81.74	0.25	0.00	0.00	0.06	1.67	0.00	0.74	0.25	0.00	0.45	0.12	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.61	0.00	0.37	27.26	0.25	0.37	2.35	0.25	0.12	0.12	0.50	0.87	0.37	0.74	16.35
121.41	754.77	23.27	76.73	0.60	0.15	0.00	0.00	2.78	0.00	0.45	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.30	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.15	34.10	0.00	0.60	19.83	0.15	0.75	1.35	0.45	0.00	0.30	0.30	0.60	0.30	0.90	14.27
121.45	755.03	21.54	78.46	0.00	0.00	0.00	0.14	3.93	0.00	0.14	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.34	0.00	0.42	22.18	0.28	0.70	0.42	0.28	0.14	0.28	0.14	1.82	0.42	0.28	15.16
121.49	755.29	20.32	79.68	0.43	0.00	0.00	0.00	2.02	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.43	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	38.32	0.00	0.14	21.55	0.29	1.30	0.29	0.58	0.29	0.43	0.43	1.01	0.29	1.16	16.78
121.53	755.55	22.15	77.85	0.60	0.00	0.00	0.00	2.68	0.00	0.45	0.30	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	35.94	0.00	0.45	20.43	0.30	1.64	0.15	0.15	0.15	0.45	0.15	0.89	0.15	0.30	15.51
121.57	755.81	22.91	77.09	0.00	0.00	0.00	0.22	3.85	0.00	0.58	0.44	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.21	0.00	0.87	20.36	0.00	0.73	0.15	0.44	0.29	0.29	0.58	0.29	0.29	0.44	15.85
121.61	756.07	22.58	77.42	0.15	0.00	0.00	0.00	3.06	0.15	0.60	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.51	0.00	0.30	20.62	0.15	0.30	1.34	0.15	0.30	0.75	1.20	0.60	0.00	0.60	13.89
121.65	756.33	23.22	76.78	0.15	0.00	0.23	0.00	2.48	0.15	0.75	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.15	34.99	0.00	0.00	22.67	0.30	0.90	0.30	0.30	0.45	0.15	0.45	0.45	0.45	0.90	12.31
121.69	756.59	22.64	77.36	0.72	0.00	0.00	0.21	2.86	0.00	1.15	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.43	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	36.07	0.00	0.72	20.47	0.43	0.57	0.57	0.72	0.14	0.43	0.29	0.86	0.14	0.72	15.60
121.73	756.86	20.13	79.87	0.42	0.14	0.07	0.28	0.99	0.00	0.42	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.28	0.14	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.14	39.76	0.00	0.28	25.19	0.00	0.42	0.85	0.71	0.14	0.57	0.42	0.99	0.14	0.85	14.57
121.77	757.12	22.27	77.73	0.15	0.00	0.07	0.15	2.52	0.15	0.30	0.59	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	33.05	0.00	0.30	19.41	0.44	1.33	0.74	0.89	0.15	0.74	0.30	1.04	0.15	0.74	13.63
121.81	757.38	24.00	76.00	0.29	0.00	0.00	0.00	4.54	0.00	0.73	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.94	0.00	0.88	19.20	0.00	0.73	0.59	0.15	0.44	0.15	0.29	1.47	0.59	1.61	12.75
121.85	757.64	22.79	77.21	0.14	0.00	0.07	0.00	4.69	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	36.53	0.00	0.14	19.64	0.00	0.72	0.00	0.29	0.29	0.58	0.14	0.87	0.43	0.87	16.89
121.89	757.90	26.77	73.23	0.14	0.29	0.00	0.00	7.53	0.00	0.72	0.14	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.14	0.29	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	0.00	0.29	15.78	0.14	0.87	0.29	0.29	0.29	0.14	0.29	0.72	0.29	0.43	16.22
121.93	758.16	28.33	71.67	0.59	0.00	0.00	0.15	8.32	0.00	0.59	0.59	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.56	0.00	0.59	12.37	0.00	1.62	0.29	0.15	0.29	0.74	0.88	0.74	0.29	0.59	16.19
121.97	758.42	27.86	72.14	1.18	0.00	0.15	0.67	7.54	0.00	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	26.46	0.00	0.15	14.19	0.15	0.89	0.59	0.00	0.44	0.00	1.03	1.48	2.81	1.18	12.27
122.00	758.62	33.23	66.77	1.20	0.30	0.00	0.45	11.53	0.00	1.35	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.05	0.30	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	20.81	0.00	0.00	11.23	0.00	1.35	0.15	0.45	0.30	0.15	0.15	0.15	4.49	0.60	9.58
122.04	758.88	25.09	74.91	0.15	0.30	0.00	0.00	6.14	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.15	0.30	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	30.49	0.00	0.15	17.91	0.15	1.18	0.15	0.15	0.30	0.44	0.00	0.00	3.40	1.33	12.58
122.08	759.14	25.04	74.96	0.15	0.60	0.00	0.15	5.66	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.45	0.15	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.54	0.00	0.15	16.69	0.30	1.64	0.00	0.89	0.00	0.30	0.15	0.15	2.53	1.34	13.85
122.12	759.40	31.49	68.51	0.75	0.00	0.00	0.37	11.51	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.22	0.00	0.45	13.31	0.45	1.05	0.00	0.15	0.30	0.45	0.00	0.00	2.54	0.90	10.91
122.16	759.66	28.29	71.71	1.05	0.15	0.00	0.75	7.27	0.00	0.45	0.15	0.00	0.33	0.15	0.00	0.00	0.00	1.05	0.90	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.44	0.00	0.00	16.04	0.30	1.50	0.00	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.45	0.60	14.39
122.20	759.93	30.24	69.76	0.00	0.15	0.00	0.45	10.77	0.15	0.30	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.13	0.00	0.00	13.16	0.15	1.20	0.15	0.00	0.15	0.30	0.15	0.15	4.34	0.15	11.97
122.26	760.32	28.68	71.32	0.00	0.15	0.00	0.52	9.22	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	21.30	0.00	0.00	9.60	0.15	1.20	0.00	0.15	0.00	0.45	0.15	0.15	7.95	1.65	11.70
122.30	760.58	32.59	67.41	1.04	0.30	0.00	0.75	11.34	0.15	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	1.04	0.90	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.59	0.00	0.15	11.79	0.00	1.04	0.00	0.45	0.15	0.15	0.45	0.15	2.39	1.49	11.79
122.34	760.84	31.74	68.26	0.45	0.15	0.00	0.30	11.16	0.15	0.30	0.60	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.45	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.37	0.00	0.00	11.54	0.15	1.35	0.00	0.45	0.00	0.60	0.00	0.30	3.15	0.90	11.83
122.38	761.10	34.93	65.07	0.60	0.30	0.00	0.30	13.96	0.15	0.75	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.60	0.30	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	21.50	0.00	0.15	10.60	0.45	1.05	0.00	0.30	0.15	0.15	0.15	0.60	2.54	0.90	10.90
122.42	761.36	34.87	65.13	0.58	0.14	0.07	0.29	15.42	0.00	0.58	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.14	0.43	0.43	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	19.60	0.00	0.14	10.81	0.14	2.31	0.00	0.29	0.29	0.58	0.43	0.14	3.17	1.73	8.79
122.44	761.49	33.28	66.72	2.83	0.00	0.00	0.45	10.87	0.00	0.45	0.15	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	2.53	2.53	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.15	14.00	0.00	0.00	8.79	0.15	0.89	0.00	0.00	0.15	0.89	0.15	0.15	11.62	0.89	5.21
122.48	761.75	38.68	61.32	1.93	0.30	0.07	0.15	16.85	0.15	0.59	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	1.78	1.48	0.30	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	15.59	0.00	0.15	6.53	0.00	0.74	0.00	0.30	0.15	0.45	0.15	0.30	4.60	1.93	9.06
122.52	762.02	30.69	69.31	0.90	0.15	0.07	0.22	10.10	0.30	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.05	0.90	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.25	0.00	0.15	10.33	0.15	1.50	0.15	0.60	0.30	0.15	0.00	0.60	2.10	2.25	13.92
122.56	762.28	30.45	69.55	1.64	0.00	0.00	0.00	9.48	0.00	0.45	0.30	0.00	0.00	0.15	0.00	0.30	0.00	1.19	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.92	0.00	0.30	12.53	0.15	1.94	0.15	0.30	0.00	0.75	0.00	0.60	0.75	1.19	12.38

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	AP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	Temperate tree taxa [%]	Mediterranean taxa [%]	*Abies* [%]	*Picea* [%]	*Pinus* [%]	*Ephedra* [%]	*Juniperus* [%]	*Betula* [%]	*Carpinus & Ostrya* [%]	*Alnus* [%]	*Acer* [%]	*Corylus* [%]	*Fraxinus* [%]	*Phillyrea* [%]	Total *Quercus* [%]	*Quercus cerris/frobur* type [%]	*Quercus ilex* type [%]	*Fagus* [%]	*Salix* [%]	*Tilia* [%]	*Celtis* [%]	*Pistacia* [%]	Ulmaceae [%]	Steppe taxa [%]	Ericaceae [%]	*Crepis* [%]	*Artemisia* [%]	*Centaurea* [%]	*Matricaria/Achillea* type [%]	*Ranunculus acris* type [%]	*Thalictrum* [%]	Caryophyllaceae [%]	Apiaceae [%]	*Polygonum aviculare* type [%]	*Rumex acetosa* type [%]	Brassicaceae [%]	Rubiaceae [%]	Chenopodiaceae [%]
122.60	762.54	30.85	69.15	1.46	0.29	0.00	0.29	10.74	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	1.46	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.74	0.00	0.15	15.20	0.00	1.75	0.29	0.44	0.00	0.15	0.00	0.00	0.29	1.61	11.54
122.64	762.80	37.20	62.80	4.16	0.15	0.00	0.22	14.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.15	0.00	0.00	0.00	4.16	4.02	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	20.67	0.00	0.00	10.56	0.45	0.74	0.30	0.45	0.00	0.30	0.15	0.30	0.59	0.45	10.11
122.68	763.06	37.39	62.61	3.96	0.28	0.07	0.14	14.58	0.00	0.28	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	3.82	3.54	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	23.92	0.00	0.42	14.15	0.00	0.99	0.14	0.14	0.00	0.14	0.00	0.42	0.28	0.85	9.77
122.72	763.32	37.13	62.87	4.30	0.00	0.00	2.00	11.18	0.00	0.59	0.59	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	4.15	4.15	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	21.48	0.00	0.15	14.66	0.00	1.18	0.00	0.15	0.15	0.30	0.00	0.44	0.59	1.63	6.81
122.76	763.58	31.60	68.40	3.09	0.00	0.07	0.00	8.51	0.00	1.12	1.12	0.00	0.58	0.00	0.00	0.42	0.00	2.67	2.67	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	28.26	0.00	0.42	16.31	0.00	1.83	0.14	0.42	0.14	0.14	0.14	0.42	0.28	1.12	11.95
122.80	763.84	50.78	49.22	2.20	0.00	0.15	0.51	29.48	0.15	0.00	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.24	0.00	0.15	5.13	0.00	1.03	0.00	0.29	0.00	0.29	0.29	0.29	0.15	1.03	4.11
122.84	764.11	33.62	66.38	2.70	0.14	0.00	0.28	12.59	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	2.56	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	26.88	0.00	0.00	16.93	0.14	1.99	0.14	0.14	0.14	0.00	0.14	0.14	0.28	0.71	9.96
122.88	764.37	31.66	68.34	1.48	0.15	0.00	1.33	9.53	0.00	0.15	0.44	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	1.18	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	27.47	0.00	0.15	12.85	0.15	0.59	0.00	0.30	0.44	0.89	0.00	0.44	0.59	0.59	14.62
122.92	764.63	46.07	53.93	4.46	0.42	0.21	2.37	20.91	0.00	0.14	0.42	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	4.46	4.18	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.94	0.14	0.00	8.37	0.42	2.23	0.00	0.28	0.00	0.14	0.14	0.28	0.42	0.98	5.58
122.96	764.89	48.61	51.39	12.92	0.29	0.00	0.00	16.60	0.00	0.00	0.29	0.15	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	12.92	12.63	0.29	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	9.69	0.00	0.00	6.32	0.15	1.32	0.00	0.44	0.00	0.59	0.00	0.59	0.59	1.32	3.38
123.00	765.15	55.57	44.43	22.29	2.07	0.00	0.81	11.22	0.15	0.00	0.15	0.89	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	23.03	20.96	2.07	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00	0.15	1.48	0.44	0.89	0.15	0.15	0.15	0.30	0.00	0.00	0.15	0.30	1.62
123.04	765.41	49.60	50.40	21.12	1.02	0.00	0.87	8.37	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.97	19.95	1.02	0.00	0.29	0.15	0.15	0.00	0.29	4.66	0.00	0.00	2.48	0.15	1.75	0.00	0.73	0.00	0.87	0.29	0.87	1.60	2.62	2.18
123.08	765.67	58.63	41.37	25.40	1.48	0.00	0.74	11.81	0.00	0.15	0.30	0.15	0.65	0.00	0.30	0.00	0.00	25.99	24.51	1.48	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	2.21	0.00	0.15	1.33	0.00	1.33	0.00	0.15	0.15	0.15	0.00	0.15	0.00	0.15	0.89
123.12	765.93	54.82	45.18	21.10	0.89	0.00	1.11	13.57	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	21.69	20.80	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.98	0.00	0.00	2.36	0.15	1.62	0.00	0.30	0.15	0.15	0.00	0.15	0.59	1.33	1.62
123.16	766.20	46.11	53.89	9.66	0.59	0.07	0.59	16.31	0.29	0.00	0.44	0.00	0.32	0.29	0.00	0.00	0.00	9.80	9.22	0.59	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	9.95	0.00	0.29	5.85	0.15	1.61	0.00	0.59	0.29	0.29	0.00	0.44	2.34	0.88	4.10
123.20	766.46	41.11	58.89	5.50	0.59	0.00	0.22	15.75	0.00	0.30	0.15	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.15	5.50	5.05	0.45	0.00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	10.99	0.00	0.30	7.73	0.15	1.63	0.00	0.45	0.00	0.45	0.00	0.30	4.90	1.04	3.27
123.24	766.68	34.02	65.98	2.07	0.00	0.00	0.22	12.63	0.00	0.15	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.07	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.83	0.00	0.15	17.58	0.15	1.03	0.74	0.00	0.00	0.15	0.00	0.44	0.74	0.74	7.24
123.28	766.90	31.16	68.84	1.63	0.00	0.00	0.15	9.54	0.15	0.74	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.63	1.63	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	26.32	0.00	0.00	19.22	0.30	2.07	0.00	0.30	0.00	0.74	0.15	0.15	0.15	1.03	7.10
123.32	767.12	30.73	69.27	0.74	0.00	0.00	0.59	10.08	0.00	0.29	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.74	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	28.40	0.00	0.15	20.46	0.00	1.32	0.00	0.15	0.00	0.74	0.15	0.00	0.29	0.44	7.95
123.36	767.33	31.97	68.03	0.44	0.15	0.00	0.37	11.39	0.00	0.58	0.88	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.44	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.48	0.00	0.00	19.72	0.29	1.02	0.00	0.44	0.00	0.29	0.00	0.00	0.15	0.00	8.76
123.40	767.55	26.26	73.74	0.89	0.30	0.00	0.07	5.94	0.00	0.30	0.15	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	0.89	0.30	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	32.36	0.00	0.30	21.52	0.00	0.59	0.00	0.15	0.15	1.19	0.15	0.15	0.89	0.89	10.84
123.44	767.77	29.27	70.73	0.58	0.00	0.00	0.29	8.43	0.15	0.58	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.64	0.00	0.15	21.36	0.29	2.03	0.15	0.00	0.44	0.29	0.15	0.00	0.44	0.44	8.28
123.48	767.98	30.56	69.44	0.59	0.00	0.07	0.59	9.74	0.15	0.74	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	26.92	0.15	0.00	18.59	0.15	1.49	0.15	0.00	0.15	0.59	0.45	0.30	0.15	0.89	8.33
123.52	768.20	26.77	73.23	0.88	0.15	0.00	0.15	6.71	0.00	0.29	0.15	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	0.88	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.09	0.00	0.00	24.21	0.00	1.90	0.00	0.29	0.15	0.58	0.29	0.15	0.58	0.73	7.88
123.56	768.42	25.76	74.24	0.43	0.00	0.00	0.29	6.55	0.29	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	33.08	0.00	0.00	22.15	0.14	1.87	0.00	0.14	0.43	0.00	0.29	0.58	0.14	1.01	10.93
123.60	768.63	29.24	70.76	0.59	0.00	0.00	0.22	7.77	0.15	0.89	0.89	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	28.71	0.15	0.00	19.68	0.15	1.33	0.00	0.15	0.15	0.15	0.30	0.15	0.30	1.04	9.03
123.64	768.85	24.43	75.57	0.14	0.00	0.07	0.43	5.20	0.14	0.14	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.63	0.00	0.00	21.37	0.29	2.02	0.00	0.72	0.00	0.72	0.87	0.58	1.73	0.87	10.25
123.68	769.07	26.21	73.79	0.87	0.00	0.00	0.15	5.89	0.00	0.44	0.44	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	29.67	0.00	0.15	21.38	0.00	1.60	0.00	0.29	0.00	1.02	0.15	0.87	0.15	1.31	8.29
123.72	769.28	23.47	76.53	0.59	0.15	0.00	0.00	3.88	0.15	0.15	0.29	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.29	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.15	34.28	0.00	0.00	19.34	0.00	1.32	0.00	0.15	0.29	0.29	0.29	0.73	0.73	1.32	14.94
123.76	769.50	25.74	74.26	0.87	0.29	0.00	0.22	4.94	0.00	0.29	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	1.02	0.73	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.67	0.00	0.00	19.31	0.15	1.31	0.00	0.15	0.15	0.29	0.29	0.29	1.45	13.36
123.80	769.72	22.91	77.09	0.44	0.00	0.00	0.15	2.88	0.15	0.00	0.44	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.44	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	34.08	0.00	0.30	20.21	0.00	1.48	0.15	0.30	0.74	0.30	0.15	1.03	0.59	0.89	13.87
123.84	769.93	23.05	76.95	0.88	0.00	0.00	0.00	3.23	0.15	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.88	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	33.94	0.00	0.00	18.66	0.44	1.47	0.00	0.73	0.44	0.15	0.00	1.03	0.15	1.18	15.28
123.88	770.15	38.43	61.57	9.26	0.29	0.00	0.00	8.75	0.00	0.74	0.29	0.29	0.65	0.00	0.00	0.29	0.00	8.23	7.94	0.29	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.74	14.70	0.00	0.00	6.91	0.29	2.94	0.00	0.74	0.15	0.74	0.00	0.29	0.00	1.91	7.79
123.92	770.37	37.30	62.70	5.95	1.19	0.07	0.07	10.85	0.00	0.15	0.30	0.30	0.33	0.00	0.00	0.15	0.00	6.24	5.20	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.30	12.93	0.00	0.00	6.69	0.00	2.38	0.00	1.04	0.45	0.59	0.59	1.19	0.59	4.91	6.24
123.94	770.47	42.90	57.10	7.73	1.49	0.37	0.30	13.83	0.00	0.30	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	8.33	6.84	1.49	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.30	9.97	0.15	0.00	6.40	0.15	1.78	0.00	0.74	0.00	0.30	0.00	1.19	0.74	3.12	3.57
123.96	770.58	39.79	60.21	10.95	1.33	0.22	0.44	7.18	0.00	0.74	0.15	0.44	0.33	0.00	0.00	0.59	0.15	10.21	9.03	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	12.43	0.30	0.15	6.36	0.00	1.92	0.00	0.89	0.30	0.44	0.44	1.33	1.04	2.52	6.07
123.98	770.69	51.03	48.97	15.93	2.80	0.22	0.81	12.24	0.00	0.15	0.30	0.59	0.65	0.44	0.00	0.00	0.00	17.11	14.31	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	6.20	0.00	0.15	3.10	0.15	1.33	0.00	0.59	0.00	0.30	0.00	0.74	0.30	1.03	3.10
124.00	770.80	50.69	49.31	22.68	0.59	0.29	1.02	6.51	0.00	0.73	0.00	2.05	0.32	0.29	0.44	0.15	0.00	18.73	18.14	0.59	0.00	0.29	0.44	0.00	0.00	1.17	3.80	0.00	0.15	2.34	0.00	2.05	1.17	0.15	0.00	0.15	0.15	1.02	0.15	0.88	1.46
124.04	771.02	53.50	46.50	24.34	3.21	0.15	0.66	5.32	0.00	0.73	0.15	2.77	0.96	0.15	0.00	0.15	0.15	20.70	17.93	2.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	3.35	3.64	0.00	0.29	2.77	0.15	0.87	0.58	0.15	0.00	0.15	0.00	0.87	0.00	0.87	0.87
124.08	771.23	49.44	50.56	23.58	1.76	0.00	0.51	4.10	0.00	0.73	0.15	1.46	0.32	0.00	0.00	0.15	0.15	20.51	19.04	1.46	0.15	0.00	0.00	0.15	0.15	2.49	3.37	0.00	0.44	2.49	0.29	1.61	1.17	0.59	0.29	0.44	0.15	2.20	0.44	1.17	0.88
124.12	771.45	53.61	46.39	27.28	4.04	0.14	0.56	4.18	0.00	0.14	0.00	2.51	0.00	0.00	0.00	0.14	0.28	26.17	22.41	3.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.81	3.90	0.00	0.56	1.95	0.14	1.11	0.42	0.28	0.00	0.14	0.14	1.53	0.00	0.70	1.95
124.16	771.67	51.08	48.92	26.18	1.60	0.15	0.15	4.07	0.00	0.29	0.00	1.31	0.95	0.15	0.00	0.00	0.29	23.42	22.11	1.31	0.00	0.15	0.29	0.00	0.00	2.04	2.18	0.00	0.58	1.60	0.15	0.58	0.00	0.87	0.73	0.29	0.87	1.89	0.44	1.02	0.58
124.20	771.88	50.81	49.19	27.73	1.72	0.00	0.14	2.66	0.00	0.29	0.00	3.45	0.93	0.14	0.00	0.29	0.00	23.42	21.69	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	3.59	0.14	0.43	2.44	0.14	1.58	0.29	0.29	0.14	0.29	0.14	1.87	0.57	1.72	1.15
124.24	772.10	53.50	46.50	23.42	5.58	0.07	0.98	4.60	0.00	1.25	0.00	1.81	0.58	0.28	0.00	0.28	0.14	22.87	17.43	5.44	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	3.35	2.79	0.00	0.84	1.95	0.42	1.81	0.14	0.28	0.28	0.28	0.28	0.84	0.00	0.98	0.84
124.28	772.32	53.71	46.29	27.23	2.90	0.00	0.22	3.62	0.00	1.16	0.14	1.74	0.31	0.00	0.00	0.00	0.43	24.34	21.87	2.46	0.00	0.00	0.72	0.14	0.00	2.61	2.75	0.00	0.00	1.45	0.00	0.87	0.29	0.29	0.14	0.14	0.43	1.30	0.43	0.87	1.30
124.32	772.53	52.97	47.03	25.63	5.57	0.00	0.35	3.41	0.00	0.56	0.00	1.81	0.29	0.00	0.14	0.28	0.00	25.49	19.92	5.57	0.00	0.14	0.14	0.42	0.00	2.51	4.04	0.00	0.70	2.37	0.14	1.67	0.14	0.70	0.00	0.14	0.42	1.25	0.28	0.70	1.67
124.36	772.75	50.80	49.20	23.62	4.58	0.21	0.00	4.01	0.00	0.72	0.00	1.86	0.00	0.00	0.29	0.29	0.86	22.19	18.61	3.58	0.00	0.00	0.29	0.14	0.14	2.00	4.15	0.00	0.86	2.72	0.14	0.86	0.00	0.14	0.29	0.57	0.43	2.86	0.00	0.43	1.43
124.40	772.96	48.53	51.47	23.24	1.63	0.00	0.22	4.00	0.00	0.44	0.00	1.78	0.33	0.00	0.30	0.00	0.00	19.83	18.35	1.48	0.00	0.00	0.59	0.00	0.15	2.22	3.26	0.30	0.74	1.78	0.00	2.66	0.30	0.30	0.30	0.30	0.59	1.48	0.15	1.48	1.48
124.44	773.18	53.07	46.93	22.59	7.53	0.00	0.07	3.47	0.00	0.44	0.44	1.33	0.00	0.15	0.15	0.15	0.89	23.33	16.83	6.50	0.00	0.15	0.74	0.15	0.15	2.95	1.77	0.00	0.15	0.89	0.30	1.03	0.00	0.44	0.30	0.00	0.30	1.62	0.15	1.03	0.89
124.48	773.40	52.48	47.52	27.02	3.54	0.07	0.21	3.18	0.00	0.57	0.14	1.56	0.00	0.00	0.57	0.42	0.28	24.47	21.36	3.11	0.00	0.14	0.57	0.14	0.14	2.26	3.25	0.00	0.42	2.12	0.14	0.99	0.28	0.42	0.28	0.28	0.85	1.98	0.28	0.85	1.13
124.50	773.51	51.83	48.17	25.62	2.05	0.51	0.29	3.66	0.00	0.88	0.29	1.61	0.32	0.15	0.15	0.15	0.15	22.25	20.50	1.76	0.00	0.00	0.59	0.00	0.15	2.49	2.34	0.00	0.73	1.46	0.44	0.88	0.73	0.44	0.44	0.29	0.15	1.32	0.15	0.15	0.88

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	AP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	Temperate tree taxa [%]	Mediterranean taxa [%]	*Abies* [%]	*Picea* [%]	*Pinus* [%]	*Ephedra* [%]	*Juniperus* [%]	*Betula* [%]	*Carpinus & Ostrya* [%]	*Alnus* [%]	*Acer* [%]	*Corylus* [%]	*Fraxinus* [%]	*Philyrea* [%]	Total *Quercus* [%]	*Quercus cerris/robur* type [%]	*Quercus ilex* type [%]	*Fagus* [%]	*Salix* [%]	*Tilia* [%]	*Celtis* [%]	*Pistacia* [%]	Ulmaceae [%]	Steppe taxa [%]	Ericaceae [%]	*Crepis* [%]	*Artemisia* [%]	*Centaurea* [%]	*Matricaria/Achillea* type [%]	*Ranunculus acris* type [%]	*Thalictrum* [%]	Caryophyllaceae [%]	Apiaceae [%]	*Polygonum aviculare* type [%]	*Rumex acetosa* type [%]	Brassicaceae [%]	Rubiaceae [%]	Chenopodiaceae [%]
124.52	773.61	51.62	48.38	23.17	7.59	0.14	0.07	1.90	0.00	0.95	0.14	1.76	1.65	0.00	0.41	0.14	0.68	22.63	16.12	6.50	0.00	0.14	0.14	0.27	0.41	3.93	5.15	0.14	0.41	3.39	0.00	2.03	0.27	0.27	0.00	0.41	0.54	1.63	0.14	0.68	1.76
124.56	773.83	50.32	49.68	22.64	3.51	0.00	0.37	4.45	0.00	0.58	0.15	1.90	0.96	0.15	0.15	0.58	0.15	20.01	17.09	2.92	0.00	0.00	0.29	0.15	0.44	2.04	2.63	0.00	1.31	1.46	0.15	1.75	0.15	0.29	0.29	0.29	0.58	1.90	0.00	0.58	1.17
124.60	774.05	57.68	42.32	29.72	2.37	0.15	0.81	5.03	0.15	0.44	0.15	1.63	0.99	0.00	0.00	0.30	0.15	24.69	22.77	1.92	0.00	0.00	0.59	0.00	0.30	4.44	0.89	0.00	0.44	0.59	0.15	0.74	0.44	0.15	0.15	0.00	0.00	0.30	0.00	0.30	0.30
124.64	774.26	50.83	49.17	22.96	4.83	0.00	1.24	3.00	0.15	0.29	0.00	2.05	0.32	0.00	0.29	0.44	0.29	20.76	16.38	4.39	0.00	0.00	0.29	0.29	0.15	2.92	4.83	0.00	0.58	2.92	0.00	1.46	0.29	0.73	0.15	0.44	0.29	1.46	0.00	0.44	1.90
124.68	774.48	53.44	46.56	24.76	4.03	0.07	0.43	5.04	0.00	0.43	0.00	3.17	0.94	0.29	0.14	0.00	0.58	21.31	17.85	3.46	0.00	0.14	0.00	0.43	0.00	2.45	3.17	0.00	0.29	2.59	0.00	1.01	0.29	0.29	0.14	0.14	0.58	1.44	0.29	0.72	0.58
124.72	774.70	58.22	41.78	30.55	7.37	0.00	0.18	4.10	0.00	0.83	0.24	2.73	0.43	0.00	0.24	0.59	0.48	29.72	23.18	6.54	0.00	0.00	0.36	0.12	0.36	3.21	2.62	0.00	0.48	1.43	0.12	1.31	0.12	0.36	0.36	0.24	0.83	1.55	0.12	1.19	1.19
124.76	774.91	49.78	50.22	23.93	4.46	0.07	0.14	2.03	0.00	1.35	0.14	1.62	0.27	0.00	0.27	0.41	0.95	21.49	18.11	3.38	0.00	0.27	0.27	0.00	0.14	3.11	4.60	0.00	0.54	2.43	0.00	1.22	0.54	0.68	0.14	1.08	0.68	2.43	0.00	1.49	2.16
124.80	775.13	50.12	49.88	24.61	2.55	0.00	0.64	3.96	0.14	0.57	0.14	1.84	0.00	0.14	0.14	0.42	0.71	21.22	19.38	1.84	0.00	0.14	0.28	0.28	0.00	1.84	2.97	0.00	0.71	1.56	0.00	1.41	0.85	0.71	0.28	0.57	0.71	3.40	0.28	0.71	1.41
124.84	775.35	54.14	45.86	23.10	7.32	0.14	0.43	3.95	0.00	0.43	0.43	1.87	0.62	0.00	0.00	0.29	0.57	23.39	17.07	6.31	0.00	0.14	0.57	0.14	0.43	3.01	3.30	0.00	0.14	2.30	0.00	1.29	0.14	0.00	0.29	0.29	0.14	1.29	0.14	1.00	1.00
124.88	775.56	57.60	42.40	34.68	2.41	0.06	0.38	3.30	0.00	0.25	0.00	2.16	0.73	0.25	0.00	0.13	0.00	28.84	26.42	2.41	0.00	0.13	1.27	0.00	0.00	4.45	3.56	0.00	0.64	2.67	0.13	1.27	0.25	0.00	0.38	0.64	0.89	1.02	0.25	0.25	0.89
124.92	775.78	56.40	43.60	26.87	7.51	0.14	0.72	2.67	0.00	0.14	0.29	2.02	0.00	0.29	0.00	0.14	0.14	26.29	19.79	6.50	0.00	0.00	0.87	0.14	0.87	3.47	2.31	0.00	0.43	0.87	0.29	0.72	0.43	0.29	0.14	0.29	0.29	0.43	0.00	0.14	1.44
124.96	776.00	49.72	50.28	23.22	3.70	0.00	0.57	3.28	0.00	0.85	0.14	1.14	0.61	0.14	0.43	0.57	0.71	19.66	16.81	2.85	0.00	0.14	0.43	0.57	0.14	2.28	4.13	0.00	0.57	2.14	0.00	1.28	0.71	0.28	0.14	0.57	0.85	2.28	0.28	1.28	1.99
125.00	776.21	49.03	50.97	20.07	0.72	0.00	1.30	7.44	0.14	0.58	0.14	0.58	0.00	0.43	0.00	0.14	0.00	18.05	17.33	0.72	0.00	0.14	0.29	0.14	0.00	1.01	5.78	0.00	0.00	2.74	0.14	2.60	0.14	0.14	0.00	0.14	0.14	1.73	0.72	1.44	3.03
125.04	776.43	46.20	53.80	12.42	2.78	0.07	0.73	10.74	0.00	0.44	0.29	0.15	0.00	0.15	0.29	0.29	0.00	13.01	10.23	2.78	0.00	0.44	0.00	0.15	0.00	1.02	9.06	0.15	0.00	5.12	0.00	1.32	0.00	0.44	0.00	0.58	0.00	1.90	1.46	0.73	3.95
125.08	776.65	45.92	54.08	14.25	1.76	0.00	0.44	10.65	0.00	0.00	0.29	0.15	0.33	0.29	0.00	0.00	0.00	13.51	11.75	1.76	0.00	0.15	0.44	0.44	0.00	0.73	9.84	0.00	0.00	6.17	0.00	0.88	0.00	0.15	0.00	1.03	0.00	1.47	1.32	1.03	3.67
125.12	776.86	36.93	63.07	5.03	0.89	0.00	0.22	10.65	0.44	0.74	0.44	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	4.44	3.70	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18	18.49	0.00	0.15	11.10	0.44	1.78	0.00	0.44	0.00	0.74	0.15	0.59	1.04	0.74	7.40
125.16	777.08	26.88	73.12	1.30	0.29	0.00	0.22	6.71	0.00	0.14	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	1.30	1.16	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.63	0.00	0.72	20.36	0.14	1.01	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.29	0.29	1.44	11.26
125.20	777.30	27.12	72.88	1.31	0.58	0.00	0.00	5.68	0.44	0.15	0.58	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	1.75	1.17	0.58	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	31.61	0.00	0.15	21.26	0.00	2.04	0.00	0.00	0.15	0.15	0.58	0.15	0.00	0.87	10.34
125.24	777.51	26.91	73.09	2.16	0.43	0.00	0.50	5.39	0.00	0.00	0.14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.14	2.30	2.01	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	30.62	0.00	0.72	18.25	0.14	2.59	0.00	0.00	0.14	0.14	0.00	0.72	0.00	0.86	12.36
125.28	777.73	28.08	71.92	3.21	0.73	0.00	0.58	4.82	0.00	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	3.07	0.73	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	25.99	0.00	2.77	16.06	0.29	2.92	0.00	0.44	0.15	0.29	0.15	0.15	0.15	1.02	9.93
125.32	777.95	43.01	56.99	13.20	3.37	0.07	0.37	6.60	0.00	0.29	0.29	0.29	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	15.69	12.32	3.37	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.44	11.14	0.00	0.59	5.43	0.44	4.40	0.00	0.73	0.15	0.59	0.00	0.00	0.29	1.17	5.72
125.36	778.16	48.98	51.02	15.20	6.05	0.15	0.15	8.19	0.00	0.15	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	20.37	14.61	5.76	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	0.44	7.53	0.00	0.00	3.69	0.74	2.80	0.00	0.89	0.00	0.00	0.30	0.44	0.15	0.74	3.84
125.38	778.27	48.88	51.12	19.38	3.35	0.15	0.80	6.34	0.00	0.73	0.00	0.29	0.32	0.00	0.00	0.15	0.00	20.84	17.49	3.35	0.00	0.00	0.15	0.29	0.00	0.73	8.45	0.00	0.29	4.52	0.15	2.19	0.00	0.00	0.29	0.87	0.15	0.00	0.00	1.46	3.94
125.40-125.43	778.49	59.87	40.13	32.24	8.55	0.00	0.33	17.11	0.33	0.33	0.66	0.00	0.66	0.33	0.00	0.00	0.33	38.16	29.93	8.22	0.00	0.00	0.33	0.33	0.00	0.99	26.97	0.00	0.33	12.83	0.66	5.92	0.00	0.66	0.66	0.66	0.33	0.00	0.33	1.97	14.14
125.46	778.70	53.59	46.41	23.66	3.84	0.30	0.96	5.84	0.00	0.00	0.15	0.74	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	25.43	21.59	3.84	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.74	4.58	0.00	0.30	1.77	0.30	2.22	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.15	0.44	0.30	2.81
125.48	778.81	51.32	48.68	19.80	4.69	0.37	0.44	6.60	0.44	0.29	0.00	0.88	0.33	0.15	0.00	0.29	0.00	21.26	16.57	4.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	6.89	0.00	0.00	3.67	0.59	1.32	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	0.29	0.29	0.88	3.23
125.52	779.03	53.03	46.97	18.61	5.02	0.81	1.40	7.75	0.00	0.00	0.44	0.89	1.00	0.00	0.30	0.15	0.15	19.05	14.33	4.73	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1.92	3.84	0.15	0.15	2.07	0.30	1.33	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.74	0.30	1.18	1.77
125.56	779.24	53.53	46.47	22.43	3.79	1.17	0.87	6.26	0.00	0.29	0.44	0.87	0.00	0.44	0.00	0.00	0.15	23.01	19.37	3.64	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	1.60	2.91	0.00	0.29	1.17	0.00	1.75	0.00	0.44	0.00	0.15	0.15	0.29	0.44	1.02	1.75
125.60	779.46	52.63	47.37	18.33	3.75	0.58	0.72	9.24	0.14	0.87	0.00	0.58	0.63	0.00	0.00	0.58	0.29	18.62	15.16	3.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.02	3.61	0.00	0.00	2.17	0.14	3.03	0.00	0.43	0.14	0.14	0.14	0.29	0.29	0.87	1.44
125.64	779.68	50.40	49.60	15.93	5.02	0.07	0.44	8.04	0.00	1.48	0.15	0.30	0.66	0.00	0.00	0.30	0.89	18.14	14.01	4.13	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	1.33	4.57	0.15	0.15	1.62	0.00	1.92	0.15	0.15	0.15	0.74	0.00	0.15	0.15	2.36	2.95
125.68	779.89	51.68	48.32	19.54	4.60	0.29	0.22	5.67	0.00	2.16	0.43	0.14	0.31	0.14	0.14	0.00	0.00	22.56	17.96	4.60	0.00	0.29	0.14	0.00	0.00	1.01	5.46	0.00	0.14	2.73	0.00	2.30	0.00	0.14	0.29	0.72	0.29	0.00	0.00	1.29	2.73
125.72	780.11	51.58	48.42	17.13	5.08	0.29	0.73	8.79	0.00	0.73	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	19.89	14.96	4.94	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	1.74	3.78	0.00	0.00	2.03	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.58	0.15	1.16	0.15	1.89	1.74
125.76	780.33	51.17	48.83	20.92	3.61	0.07	0.07	6.78	0.14	0.58	0.29	0.29	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	21.49	17.89	3.61	0.00	0.14	0.43	0.00	0.00	2.31	4.76	0.00	0.29	2.45	0.58	2.02	0.00	0.14	0.14	0.58	0.00	1.15	0.29	0.87	2.31
125.80	780.54	51.30	48.70	18.12	3.83	0.44	0.37	9.13	0.00	0.44	0.29	0.00	0.33	0.15	0.00	0.00	0.15	20.77	17.09	3.68	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.74	6.48	0.00	0.00	4.12	0.29	1.62	0.00	0.44	0.15	0.00	0.00	0.15	0.15	1.03	2.36
125.84	780.76	54.04	45.96	19.74	2.03	0.58	1.31	10.96	0.00	0.58	0.58	0.44	0.32	0.00	0.29	0.00	0.00	18.29	16.25	2.03	0.00	0.00	0.73	0.15	0.00	1.45	3.63	0.00	0.00	1.74	0.15	1.60	0.00	0.29	0.00	0.29	0.15	1.02	0.00	1.31	1.89
125.86	780.87	51.93	48.07	18.60	5.46	0.22	0.00	8.04	0.00	0.59	0.30	0.44	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	21.84	16.38	5.46	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	1.62	4.72	0.00	0.00	2.51	0.00	3.54	0.00	0.30	0.00	0.15	0.00	0.74	0.30	0.00	2.21
125.88	780.98	46.84	53.16	18.22	1.31	0.00	0.29	8.09	0.00	0.15	0.00	1.17	0.32	0.00	0.00	0.15	0.15	15.30	14.14	1.17	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	2.33	7.43	0.15	0.15	4.96	0.00	2.19	0.00	0.58	0.15	0.29	0.15	0.73	0.73	1.31	2.48
125.90	781.09	39.66	60.34	8.69	1.45	0.07	0.14	10.06	0.00	0.00	0.58	0.14	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	8.69	7.24	1.45	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	1.16	16.65	0.00	0.58	10.42	0.14	2.61	0.00	0.29	0.43	0.00	0.00	0.43	0.14	1.30	6.23
125.92	781.19	32.85	67.15	3.89	1.15	0.00	0.00	8.79	0.14	0.43	0.14	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	4.76	3.60	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	22.77	0.00	1.15	16.43	0.14	3.60	0.00	0.29	0.29	0.00	0.58	0.00	0.14	1.15	6.34
125.94	781.30	37.21	62.79	7.60	1.29	0.00	0.14	9.54	0.00	0.43	0.00	0.43	0.31	0.00	0.29	0.29	0.14	7.17	6.02	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	17.93	0.00	1.00	11.76	0.43	2.29	0.00	0.43	0.00	0.72	0.14	0.00	0.14	1.29	6.17
125.96	781.41	39.09	60.91	4.79	0.58	0.00	0.80	13.64	0.00	0.44	0.15	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	5.08	4.50	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	18.42	0.00	1.31	11.31	0.15	2.32	0.00	0.29	0.44	0.00	0.00	0.15	0.29	0.29	7.11
125.98	781.52	37.71	62.29	4.33	1.15	0.14	0.00	13.34	0.00	0.29	0.29	0.14	0.00	0.00	0.00	0.14	0.29	4.61	3.75	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	20.91	0.00	0.29	13.27	0.14	2.02	0.00	0.00	0.00	0.29	0.14	0.14	0.00	1.01	7.64
126.00	781.63	54.72	45.28	21.39	2.65	0.52	0.88	10.10	0.15	0.15	0.44	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.65	17.99	2.65	0.00	0.00	0.29	0.15	0.00	2.36	4.28	0.29	0.15	3.24	0.15	0.74	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.15	0.29	1.47	1.03
126.04	781.84	53.93	46.07	17.05	2.91	0.44	0.51	13.63	0.00	0.15	0.44	0.58	0.97	0.00	0.00	0.15	0.00	17.49	14.57	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	3.94	0.00	0.00	2.91	0.00	1.17	0.00	0.15	0.29	0.44	0.15	0.00	0.44	2.04	1.02
126.08	782.06	50.25	49.75	17.26	3.80	0.07	0.59	9.07	0.00	0.00	0.59	0.15	0.65	0.00	0.00	0.00	0.15	20.33	16.67	3.66	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.44	5.56	0.00	0.00	4.10	0.15	2.78	0.15	0.44	0.00	0.44	0.00	0.00	0.44	0.88	1.46
126.12	782.28	53.03	46.97	16.80	2.75	1.01	0.51	11.66	0.00	0.72	0.58	0.00	0.00	0.29	0.14	0.14	0.29	17.82	15.35	2.46	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.87	4.92	0.14	0.00	3.48	0.14	0.29	0.00	0.00	0.72	0.29	0.14	0.29	0.29	2.17	1.45
126.16	782.49	53.82	46.18	18.27	3.20	0.80	0.13	11.67	0.00	0.80	0.93	0.67	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	19.87	16.67	3.20	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.67	4.13	0.00	0.00	2.40	0.13	2.00	0.00	0.67	0.00	0.27	0.13	0.80	0.27	1.33	1.73
126.20	782.71	52.92	47.08	17.04	2.50	0.59	0.59	10.87	0.00	1.62	0.44	0.44	0.99	0.00	0.00	0.44	0.00	16.60	14.25	2.35	0.00	0.15	0.15	0.00	0.15	1.76	5.29	0.00	0.00	3.38	0.15	0.73	0.00	0.15	0.00	0.59	0.15	0.00	0.00	1.47	1.91
126.24	782.93	54.06	45.94	15.00	3.09	0.44	0.15	15.66	0.00	0.74	0.00	0.74	1.00	0.15	0.15	0.15	0.00	16.02	12.94	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	3.82	0.15	0.15	2.79	0.15	1.03	0.00	0.29	0.29	0.59	0.00	0.15	0.15	1.32	1.03
126.28	783.14	50.86	49.14	17.28	4.10	0.37	0.29	7.40	0.00	1.17	1.03	0.59	0.66	0.00	0.00	0.29	0.15	18.60	14.64	3.95	0.00	0.44	0.15	0.00	0.00	1.61	4.10	0.15	0.00	2.64	0.29	1.90	0.29	0.00	0.29	0.44	0.00	1.03	0.44	1.76	1.46

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	AP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (excl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	Temperate tree taxa [%]	Mediterranean taxa [%]	*Abies* [%]	*Picea* [%]	*Pinus* [%]	*Ephedra* [%]	*Juniperus* [%]	*Betula* [%]	*Carpinus & Ostrya* [%]	*Alnus* [%]	*Acer* [%]	*Corylus* [%]	*Fraxinus* [%]	*Phillyrea* [%]	Total *Quercus* [%]	*Quercus cerris/robur* type [%]	*Quercus ilex* type [%]	*Fagus* [%]	*Salix* [%]	*Tilia* [%]	*Celtis* [%]	*Pistacia* [%]	Ulmaceae [%]	Steppe taxa [%]	Ericaceae [%]	*Crepis* [%]	*Artemisia* [%]	*Centaurea* [%]	*Matricaria/Achillea* type [%]	*Ranunculus acris* type [%]	*Thalictrum* [%]	Caryophyllaceae [%]	Apiaceae [%]	*Polygonum aviculare* type [%]	*Rumex acetosa* type [%]	Brassicaceae [%]	Rubiaceae [%]	Chenopodiaceae [%]
126.32	783.36	52.81	47.19	22.37	2.35	0.52	0.37	7.29	0.15	0.59	0.15	1.03	1.00	0.00	0.00	0.00	0.29	20.60	18.54	2.06	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	2.50	6.77	0.15	0.00	5.59	0.00	0.88	0.15	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.29	0.44	1.18
126.36	783.58	52.29	47.71	21.42	4.05	0.36	0.29	6.15	0.00	1.01	0.43	0.14	0.00	0.00	0.00	0.14	0.14	22.72	19.10	3.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	1.88	5.21	0.00	0.43	3.76	0.00	1.30	0.00	0.14	0.14	0.43	0.14	0.14	0.29	1.45	1.45
126.40	783.79	51.73	48.27	19.76	5.71	0.07	0.15	5.78	0.15	1.02	0.15	0.44	0.00	0.15	0.29	0.00	0.00	22.39	16.69	5.71	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	1.90	4.54	0.15	0.15	2.20	0.15	1.46	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	1.17	0.00	2.63	2.34
126.44	784.01	52.79	47.21	21.27	5.43	0.15	0.15	6.82	0.00	0.29	0.00	0.44	0.33	0.00	0.00	0.00	0.29	22.59	17.45	5.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.37	5.13	0.15	0.15	3.23	0.29	0.59	0.00	0.15	0.15	0.15	0.00	0.44	0.44	0.73	1.91
126.48	784.23	54.23	45.77	23.97	5.34	0.22	0.22	5.20	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	25.71	20.36	5.34	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	3.03	4.19	0.43	0.14	2.74	0.43	1.16	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.29	0.14	0.87	1.44
126.52	784.44	53.10	46.90	19.48	5.63	0.36	0.29	7.07	0.14	1.59	0.00	0.58	0.64	0.29	0.00	0.14	0.58	20.20	15.29	4.91	0.00	0.00	0.14	0.00	0.14	2.74	5.48	0.14	0.29	3.03	0.00	1.73	0.00	0.14	0.00	0.43	0.00	0.00	0.29	0.29	2.45
126.56	784.66	54.65	45.35	19.78	4.91	0.29	0.58	9.67	0.00	0.87	0.14	0.14	0.32	0.00	0.00	0.72	0.29	22.09	17.47	4.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	3.32	0.29	0.00	2.17	0.14	1.15	0.00	0.29	0.00	0.00	0.14	0.29	0.58	0.87	1.15
126.60	784.88	55.28	44.72	21.76	6.32	0.29	0.15	7.86	0.00	0.15	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	0.00	0.15	25.58	19.55	6.03	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	1.62	3.09	0.44	0.00	1.18	0.15	1.03	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.15	0.29	0.73	1.91
126.64	785.09	55.43	44.57	23.07	4.23	0.51	0.51	8.32	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	24.53	20.59	3.94	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	1.90	4.53	0.00	0.15	2.77	0.00	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.73	1.75
126.68	785.31	51.41	48.59	27.40	1.89	0.80	0.73	1.38	0.15	0.44	0.15	0.29	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	25.65	23.76	1.89	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	2.62	6.27	0.29	0.00	3.50	0.00	1.31	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	0.00	0.44	0.87	2.77
126.72	785.52	53.80	46.20	22.77	1.91	0.88	0.95	8.37	0.15	0.00	0.00	0.88	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	21.60	19.69	1.91	0.00	0.15	0.44	0.00	0.00	1.62	4.41	0.15	0.00	2.50	0.00	1.32	0.00	0.15	0.00	0.00	0.73	0.00	0.15	1.03	1.91
126.76	785.74	52.39	47.61	20.97	2.87	1.22	0.86	8.11	0.00	0.00	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	20.54	17.81	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	2.59	2.59	0.14	0.43	1.58	0.14	1.44	0.00	0.43	0.43	0.14	0.00	0.14	0.72	2.87	1.01
126.80	785.96	54.22	45.78	24.31	3.81	0.44	0.15	6.81	0.00	0.29	0.15	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	22.99	19.92	3.08	0.00	0.00	0.44	0.29	0.15	3.08	3.51	0.15	0.00	1.61	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.44	1.03	1.90
126.84	786.17	53.93	46.07	24.06	4.13	1.00	0.21	5.48	0.14	0.57	0.14	0.71	0.00	0.14	0.00	0.00	0.14	24.06	20.07	3.99	0.00	0.14	0.28	0.00	0.00	2.70	3.13	0.14	0.00	1.57	0.14	1.14	0.00	0.00	0.14	0.28	0.00	0.14	1.42	2.70	1.57
126.88	786.39	51.93	48.07	23.33	2.46	0.72	0.07	6.52	0.00	0.14	0.00	1.30	0.65	0.29	0.00	0.00	0.14	20.14	18.26	1.88	0.00	0.14	0.29	0.14	0.43	2.90	4.06	0.14	0.14	2.61	0.29	1.45	0.00	0.00	0.14	1.01	0.14	0.14	1.59	0.87	1.45
126.92	786.61	50.26	49.74	19.67	3.08	1.10	0.51	6.97	0.00	0.00	0.15	0.88	0.33	0.15	0.00	0.00	0.00	17.91	14.83	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.82	3.38	0.15	0.59	1.61	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00	1.91	0.00	0.59	1.03	1.76	1.76
126.96	786.82	48.17	51.83	20.21	2.20	0.29	0.73	6.15	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	21.09	19.04	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	3.95	0.15	0.00	2.05	0.29	1.17	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.59	6.00	1.03	1.90
126.98	786.93	52.16	47.84	24.87	3.22	1.02	0.22	3.80	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	25.17	21.95	3.22	0.00	0.15	0.29	0.00	0.00	2.05	2.49	0.00	0.00	1.02	0.00	1.61	0.00	0.00	0.29	0.15	0.00	0.15	4.10	0.88	1.46
127.02	787.04	51.76	48.24	19.21	4.98	0.29	0.29	5.72	0.15	2.20	0.00	1.47	0.00	0.73	0.00	0.59	0.73	18.03	14.08	3.96	0.00	0.15	0.15	0.00	0.29	2.20	2.64	0.15	0.15	1.47	0.00	1.03	0.00	0.29	0.00	0.44	0.15	0.15	2.20	1.61	1.17
127.06	787.15	51.24	48.76	14.93	5.85	0.66	0.81	8.34	0.00	1.32	0.00	0.15	0.99	0.00	0.00	0.29	0.29	17.86	12.59	5.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	1.90	3.22	0.00	0.15	1.76	0.15	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	3.37	1.17	1.46
127.10	787.37	50.94	49.06	20.31	3.77	0.87	0.29	5.51	0.00	1.45	0.00	0.15	0.32	0.00	0.00	0.73	0.29	19.44	16.10	3.34	0.00	0.15	0.29	0.00	0.15	2.90	2.03	0.00	0.15	1.60	0.15	1.16	0.00	0.15	0.15	0.73	0.00	0.29	2.90	1.31	0.44
127.14	787.58	52.38	47.62	22.14	5.57	0.40	0.13	4.90	0.00	1.46	0.00	0.27	0.27	0.13	0.13	0.53	0.00	22.80	17.23	5.57	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	2.92	2.52	0.13	0.40	1.99	0.00	1.06	0.00	0.00	0.13	0.80	0.00	1.19	3.58	0.93	0.53
127.18	787.80	49.04	50.96	18.67	3.94	0.44	0.51	5.62	0.00	0.58	0.15	0.44	0.00	0.15	0.00	0.58	0.88	15.90	12.98	2.92	0.00	0.00	0.29	0.00	0.15	4.08	2.63	0.00	0.29	1.46	0.00	1.31	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	5.83	0.88	1.17
127.22	788.02	47.24	52.76	17.57	3.66	1.02	0.29	4.90	0.00	1.17	0.00	0.73	0.00	0.29	0.00	0.44	0.44	16.25	13.03	3.22	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	2.05	3.37	0.00	0.29	2.05	0.15	0.88	0.00	0.00	0.29	0.15	0.00	1.32	5.71	1.02	1.32
127.26	788.23	56.09	43.91	29.23	5.17	0.69	0.00	4.47	0.00	0.13	0.00	1.39	0.00	0.00	0.25	0.25	0.63	28.60	24.06	4.54	0.00	0.00	1.13	0.00	0.00	2.14	3.02	0.00	0.00	1.89	0.13	1.26	0.00	0.25	0.00	0.63	0.00	0.25	3.53	0.63	1.13
127.30	788.45	32.65	67.35	8.90	1.31	0.22	0.15	2.77	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	9.19	7.88	1.31	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.58	2.92	0.00	0.15	2.04	0.00	0.44	0.15	0.29	0.15	0.00	0.15	0.00	24.07	0.44	0.88
127.34	788.93	28.71	71.29	6.79	1.01	0.00	0.00	2.09	0.00	0.29	0.00	0.14	0.32	0.14	0.00	0.00	0.29	4.91	4.19	0.72	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00	1.44	1.88	0.00	0.14	1.59	0.14	1.59	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.14	28.01	1.01	0.29
127.38	789.88	25.69	74.31	4.44	0.43	0.00	0.43	1.58	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	3.87	3.44	0.43	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.14	2.29	0.00	0.14	1.58	0.14	1.00	0.00	0.29	0.00	0.43	0.00	0.00	31.23	1.00	0.72
127.42	790.83	25.81	74.19	5.78	0.71	0.00	0.00	0.78	0.14	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	5.08	4.51	0.56	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.71	2.40	0.14	0.42	1.69	0.28	1.27	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	31.46	0.28	0.71
127.46	791.79	32.31	67.69	6.30	1.32	0.00	0.00	5.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	6.30	4.98	1.32	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.29	3.08	0.00	0.59	1.47	0.15	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.57	0.15	1.61
127.52	794.17	25.60	74.40	4.79	0.87	0.00	0.00	1.31	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.79	3.92	0.87	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.29	2.47	0.00	0.15	1.74	0.44	0.73	0.00	0.15	0.00	0.58	0.00	0.15	32.05	0.44	0.73
127.56	795.12	24.39	75.61	3.17	0.29	0.00	0.00	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.32	3.03	0.29	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	2.60	0.00	0.14	0.87	0.14	0.72	0.00	0.00	0.00	1.59	0.00	0.00	31.74	0.29	1.73
127.58	795.60	25.73	74.27	3.05	0.58	0.00	0.00	3.12	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.29	2.62	2.32	0.29	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	5.52	0.00	0.58	3.34	0.29	2.32	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	0.15	25.72	0.44	2.18
127.63	796.79	27.33	72.67	5.13	1.61	0.00	0.00	1.32	0.00	0.44	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	5.56	4.10	1.46	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.44	2.64	0.00	0.59	1.17	0.00	1.90	0.00	0.00	0.15	2.64	0.29	0.00	25.19	0.88	1.46
127.67	797.74	32.61	67.39	6.52	0.72	0.22	0.65	5.87	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.23	5.50	0.72	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.43	4.05	0.00	0.43	1.59	0.43	1.16	0.00	0.14	0.00	2.32	0.00	0.00	21.00	0.29	2.46
127.71	798.69	27.23	72.77	3.78	1.31	0.07	0.00	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	4.80	3.49	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	9.02	0.00	0.00	2.47	0.15	1.31	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.15	22.40	0.15	6.54
127.75	799.64	26.18	73.82	1.73	0.14	0.22	0.07	5.19	0.00	0.00	0.14	0.00	0.32	0.00	0.00	0.29	0.00	1.44	1.30	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	5.47	0.00	3.17	2.74	0.29	2.45	0.00	0.29	0.00	0.43	0.00	0.00	22.18	1.15	2.74
127.79	800.52	37.27	62.73	3.64	0.87	0.36	0.07	13.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.29	0.00	0.44	0.00	3.50	2.62	0.87	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.29	8.89	0.00	1.17	5.68	0.73	3.06	0.00	0.15	0.29	0.58	0.15	0.15	5.83	1.31	3.21
127.83	801.28	40.50	59.50	4.33	1.15	0.43	0.22	15.50	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.43	4.76	4.04	0.72	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	7.93	0.00	1.87	5.19	0.87	4.18	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	2.88	1.01	2.74
127.87	802.05	36.49	63.51	4.08	1.02	0.22	0.66	10.86	0.00	0.15	0.29	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.44	4.08	3.50	0.58	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	8.02	0.00	1.17	5.25	0.00	4.23	0.00	0.00	0.15	0.87	0.00	1.17	7.58	0.58	2.77
127.91	802.82	39.13	60.87	4.82	1.17	0.07	0.15	12.19	0.29	0.73	0.00	0.00	0.66	0.44	0.00	0.00	0.00	5.11	3.94	1.17	0.00	0.15	0.15	0.00	0.00	0.29	7.16	0.00	1.61	5.26	0.29	5.26	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	1.61	2.04	1.90	1.90
127.95	803.58	34.94	65.06	5.40	0.29	0.15	0.36	9.63	0.00	0.44	0.15	0.00	0.00	0.44	0.00	0.15	0.00	3.94	3.65	0.29	0.00	0.00	0.15	0.44	0.00	0.15	12.11	0.15	0.58	8.46	0.73	4.09	0.00	0.15	0.15	1.17	0.29	1.17	1.61	2.33	3.65
127.99	804.35	29.95	70.05	3.63	0.29	0.00	0.00	6.60	0.00	0.44	0.15	0.00	0.33	0.15	0.00	0.15	0.00	3.34	3.05	0.29	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.29	28.57	0.00	0.29	16.68	0.15	1.02	0.00	0.29	0.15	0.44	0.29	0.00	0.73	0.58	11.89

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Plantaginaceae [%]	Poaceae [%]	Cyperaceae [%]	Total aquatics [%]	*Typha latifolia* type [%]	*Potamogeton* [%]	*Nymphaea* [%]	*Sparganium* [%]	*Myriophyllum* [%]	*Lythrum* [%]	Total algae [%]	*Botryococcus* [%]	*Coelastrum* [%]	Total *Pediastrum* [%]	*Monactinus simplex* [%]	*Pediastrum duplex* [%]	*Pseudopediastrum boryanum* type [%]	*Pseudopediastrum kawraiskyi* [%]	Zygnemataceae [%]	Spores [%]	Ascospores [%]	Palynomorph concentrations [counts/g]	Pollen concentrations [counts/g]	AP concentrations [counts/g]	Mediterranean taxa [counts/g]	Temperate tree taxa [counts/g]	NAP concentrations [counts/g]	Poaceae concentrations [counts/g]	Cyperaceae concentrations [counts/g]	Brassicaceae concentrations [counts/g]	Total aquatics concentrations [counts/g]	Total algae concentrations [counts/g]	Spore concentrations [counts/g]	Index of arboreal composition	Index of aridity
116.50	-	0.30	9.18	20.28	0.95	0.00	0.53	0.11	0.11	0.00	0.34	11.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.89	57.51	6.02	1784944	491296	182842	13379	55745	308454	63921	141220	92164	6689	94023	942456	2.95	0.28
116.54	-	0.00	13.50	7.09	0.57	0.11	0.23	0.11	0.00	0.00	0.00	13.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.77	83.49	2.56	2292437	291291	116681	3357	40287	174610	49519	26019	43644	2098	58559	1855298	1.98	0.25
116.58	-	0.00	11.05	8.77	0.60	0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	0.21	14.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.36	74.21	3.93	2287507	448018	143744	8057	34244	304274	61773	49016	104075	3357	93721	1608121	1.91	0.22
116.62	-	0.15	10.25	9.88	0.61	0.00	0.24	0.36	0.00	0.00	0.00	16.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.38	49.36	0.24	867585	318026	112484	7285	35937	205542	40794	39337	57305	2428	78003	388026	3.56	0.38
116.66	-	0.31	11.45	7.09	0.99	0.12	0.12	0.12	0.49	0.00	0.22	16.01	0.00	0.00	0.26	0.00	0.05	0.21	0.00	15.75	38.07	0.25	768994	344569	121700	10003	34748	222868	48436	30009	62651	4212	80635	260080	3.21	0.34
116.70	-	0.15	17.99	10.26	0.55	0.11	0.00	0.22	0.11	0.00	0.18	14.70	0.00	0.00	0.24	0.00	0.05	0.19	0.00	14.47	29.33	0.33	409134	183902	81951	4809	31683	101951	46110	26308	12730	1414	44186	106364	3.15	0.20
116.74	-	0.45	18.92	10.74	1.16	0.00	0.11	0.42	0.21	0.11	0.50	15.17	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.23	0.00	14.95	29.36	0.32	900408	393549	179159	12489	63637	214391	105863	60068	16653	6542	100059	232542	2.88	0.24
116.78	-	0.46	18.04	6.13	0.80	0.11	0.34	0.34	0.00	0.00	0.00	13.05	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	12.85	12.18	0.23	985934	575475	283666	24569	101786	291809	136884	46505	5265	6142	113877	105295	2.69	0.32
116.82	-	0.57	17.00	5.11	2.81	0.00	0.00	2.48	0.22	0.00	0.17	11.53	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	11.48	8.81	0.00	1588249	984105	535350	77217	228842	448755	214803	64581	1404	36502	164710	122143	5.66	0.22
116.86	-	0.90	13.00	15.77	5.63	0.00	0.20	4.63	0.20	0.00	0.78	11.66	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	11.56	24.16	0.00	1587351	748196	409427	47001	162267	338769	136528	165624	8953	62669	138610	334606	3.53	0.20
116.90	-	0.15	19.27	9.42	4.74	0.00	0.00	3.20	0.21	0.00	2.10	13.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.07	51.09	0.32	1005002	318481	141134	6285	45449	177348	86063	42064	2901	22241	67158	466577	1.84	0.26
116.94	-	1.38	19.64	7.07	4.19	0.11	0.00	3.12	0.54	0.00	0.69	14.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.16	56.61	0.34	1588085	462464	225940	15585	70133	236524	123972	44630	3542	27628	104094	823172	1.66	0.18
116.98	-	0.76	21.23	4.40	5.75	0.21	0.11	3.73	0.64	0.00	1.70	14.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.24	47.68	18.73	1089637	341905	161221	9347	56081	180684	97622	20251	4154	28040	76322	419047	1.98	0.15
117.02	-	0.00	26.52	1.75	3.69	0.53	0.42	1.37	0.42	0.00	1.34	17.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.61	25.90	4.40	1971747	856660	267667	7853	74599	588993	316719	20940	157051	45806	255234	417494	3.60	0.15
117.06	-	0.15	21.71	2.32	2.49	0.45	0.23	0.91	0.00	0.00	0.75	18.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.47	44.01	5.80	1940326	701578	199541	5362	41826	502037	200549	21449	150144	23594	209193	726051	2.15	0.17
117.10	-	0.45	23.05	6.06	3.49	0.00	0.10	1.23	0.41	0.00	2.24	17.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.02	39.63	0.95	835615	310402	98195	2326	27910	212206	100940	26514	41864	15815	89823	287469	2.71	0.21
117.14	-	0.15	21.42	16.79	4.33	0.27	0.00	2.44	0.27	0.00	1.32	12.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.70	54.51	3.37	1381329	352137	97126	1075	15593	255010	122053	95707	47316	25809	82878	682852	1.38	0.32
117.18	-	0.46	17.18	19.30	4.60	0.00	0.00	3.68	0.28	0.00	0.95	12.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.81	47.25	2.81	2650969	793932	187830	3620	16891	606103	214759	241302	94108	60326	183607	1119642	1.10	0.51
117.22	-	0.31	16.27	24.45	3.93	0.00	0.00	2.53	0.09	0.00	1.64	12.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.36	54.20	1.87	2564160	637438	162956	2932	25413	474482	174959	262928	98720	43984	151716	1272609	1.49	0.47
117.26	-	0.00	16.15	14.39	4.55	0.10	0.00	3.16	0.30	0.00	1.36	14.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.08	52.93	6.21	1757088	507798	118293	1514	10598	389505	118096	105227	92357	34823	119807	822130	0.89	0.53
117.30	-	0.15	18.17	17.08	6.06	0.19	0.00	4.38	0.00	0.00	2.22	13.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.14	64.83	7.70	2221874	457614	118843	1404	8424	338771	128460	120739	35800	45628	106910	1302856	0.50	0.52
117.34	-	0.30	15.81	30.40	3.35	0.00	0.00	0.70	0.55	0.00	2.90	9.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.18	62.74	4.47	2182333	409312	92255	1227	7977	317057	120274	231343	614	26387	76914	1281285	1.50	1.13
117.38	-	0.00	17.12	5.08	1.63	0.12	0.12	0.12	1.16	0.00	0.20	16.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.74	56.11	1.05	1925785	597482	117277	0	2719	480204	131436	38978	0	12690	154442	981692	0.75	1.86
117.42	-	0.00	11.60	9.61	2.90	0.00	0.11	0.54	1.39	0.00	1.38	16.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.23	11.88	3.41	1141673	645417	118015	0	2715	527402	95013	78725	3620	24432	158735	110396	0.43	3.03
117.46	-	0.15	16.52	19.75	7.55	0.00	0.44	0.18	6.06	0.00	0.76	14.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.21	22.05	6.98	1368458	543372	104777	809	4047	438595	140824	168342	5665	69603	141197	241182	3.00	1.55
117.50	-	0.92	22.78	18.37	6.80	0.00	0.17	0.08	5.62	0.00	1.31	15.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.87	18.73	3.98	1707973	655024	130804	1002	3007	524219	253590	204476	6014	81189	209988	256597	1.33	0.98
117.54	-	0.00	13.99	20.93	2.77	0.00	0.00	0.74	1.66	0.00	0.55	18.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.12	5.23	1.04	1351872	666957	133602	0	11699	533355	143312	214481	1950	29247	226706	56545	2.67	1.93
117.58	-	0.15	7.47	15.28	0.68	0.00	0.11	0.11	0.34	0.00	0.00	17.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.81	1.47	0.68	832573	516404	99157	0	3841	417247	49932	102168	0	4609	144864	9986	10.00	4.35
117.62	-	0.29	5.47	15.12	1.15	0.00	0.00	0.23	0.69	0.00	0.39	18.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.92	1.04	0.81	994358	624961	115884	915	915	509077	43015	118977	915	9152	183610	8237	1.00	6.38
117.66	-	0.15	8.92	28.98	1.81	0.00	0.09	0.54	0.90	0.00	0.27	17.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.06	1.98	7.17	952362	447451	86616	0	1326	360835	64302	208816	1326	13258	148266	14584	0.50	2.92
117.70	-	0.00	9.32	23.76	1.97	0.00	0.20	0.69	0.49	0.00	0.90	15.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.84	5.14	0.30	1037534	548727	107838	822	4110	440888	76440	194800	3288	16439	154278	44385	1.33	2.87
117.74	-	0.15	7.17	11.25	2.41	0.00	0.12	1.21	0.48	0.00	1.05	16.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.75	1.46	1.34	856101	556736	111597	1688	5907	445139	48946	76795	844	16878	137336	10127	6.00	4.79
117.78	-	0.75	25.33	10.63	4.87	0.00	0.18	3.03	1.01	0.00	0.68	16.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.93	0.96	1.43	612389	306556	60530	0	1851	246026	121263	50912	463	24530	97557	4628	0.80	1.05
117.82	-	0.15	8.29	14.10	3.76	0.00	0.00	2.85	0.23	0.00	1.15	19.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.84	1.40	2.54	701073	410058	82217	0	5009	327841	43826	74504	626	20661	130738	7513	16.00	3.81
117.86	-	0.00	8.22	10.24	4.22	0.00	0.00	2.74	0.46	0.00	1.72	17.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.56	0.83	1.29	878321	560144	110346	0	9819	449797	56458	70368	0	30275	146349	5728	12.00	4.13
117.90	-	0.76	14.44	18.68	1.49	0.00	0.30	0.70	0.30	0.00	0.31	16.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.02	3.88	1.69	2634703	1394533	276716	0	12635	1117817	301145	389593	0	31589	397806	84236	1.33	1.85
117.94	-	0.46	23.35	12.22	0.69	0.00	0.00	0.20	0.29	0.00	0.15	13.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.25	49.10	18.21	2419563	663640	128847	0	1015	534793	240560	125862	0	7105	157267	993704	0.25	1.14
117.98	720.84	0.15	30.09	0.95	3.16	0.00	0.00	1.63	1.53	0.00	0.00	14.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.56	5.94	8.03	1053021	536522	110081	1637	4093	426441	234110	7367	1637	25376	132592	49114	1.27	0.87
118.04	721.46	0.00	20.81	5.48	3.67	0.00	0.22	0.54	2.91	0.00	0.00	23.01	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.43	0.00	22.58	0.67	3.98	741499	394270	91315	1796	2395	302955	111345	29333	29333	20353	159858	3592	0.30	0.96
118.08	721.88	0.00	17.60	6.02	1.89	0.00	0.00	0.45	1.45	0.00	0.00	23.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.27	1.45	0.11	868616	495290	126322	1472	5154	368968	114115	39020	30185	12516	196632	9571	0.22	1.23
118.12	722.30	0.00	21.49	9.36	1.42	0.00	0.00	0.30	1.01	0.00	0.00	22.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.12	1.02	0.10	2151334	1135841	295836	3379	8447	840005	353071	153729	47301	23651	466459	16893	0.18	0.89
118.16	722.71	0.15	17.19	9.87	0.63	0.00	0.00	0.11	0.53	0.00	0.00	23.54	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00	23.46	1.05	0.84	1327240	726104	239922	7393	12674	486182	171101	98225	7393	6337	306462	10562	0.24	1.14
118.20	723.13	0.28	15.58	10.63	1.02	0.00	0.00	0.31	0.61	0.00	0.00	20.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.45	1.12	0.00	7776782	4469321	1479357	0	93749	2989964	943739	643742	0	62499	1557481	68749	0.16	1.28
118.24	723.55	0.46	11.87	21.61	4.18	0.00	0.00	3.89	0.29	0.00	0.00	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.91	1.00	0.00	2636149	1442933	535257	4401	39610	907675	257462	468713	2201	94623	350413	22005	0.21	1.19
118.26	723.76	0.60	14.07	14.92	4.45	0.00	0.00	4.04	0.40	0.00	0.00	15.41	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.32	0.21	0.00													0.22	1.52
118.32	724.38	0.44	10.03	20.87	1.11	0.10	0.00	0.71	0.20	0.00	0.16	14.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.24	0.20	0.41	2099533	1225947	545982	5445	59894	679964	177868	370256	1815	19965	294608	3630	0.26	1.06
118.36	724.80	0.30	13.23	28.89	3.36	0.00	0.08	0.93	2.35	0.00	0.00	12.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.31	0.95	1.03	1976774	957241	393443	14393	56132	563797	218772	477843	5757	57571	232243	15832	0.49	0.70
118.40	725.22	0.45	13.98	11.16	12.35	0.00	0.69	2.27	9.39	0.00	0.00	17.75	0.19	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	17.47	0.89	4.83	1529026	806912	287194	8504	18223	519718	150643	120271	1215	151858	232525	9719	0.25	1.10
118.44	725.64	0.15	12.35	14.62	2.53	0.00	0.11	1.79	0.63	0.00	0.00	14.65	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.46	0.32	2.12	1535971	916775	341846	10876	21753	574929	154989	183540	1360	32629	215408	4079	0.22	1.35
118.48	726.05	0.15	9.23	16.26	2.04	0.00	0.22	1.72	0.11	0.00	0.00	13.70	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.60	0.65	2.25	2655006	1636143	743938	31351	101288	892205	202577	356921	2412	45821	348432	14470	0.42	1.18
118.52	726.47	0.46	12.64	8.31	0.95	0.00	0.00	0.60	0.36	0.00	0.00	15.43	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.33	0.72	1.19	1951456	1272241	522259	17440	75572	749982	203462	133704	0	15502	293606	11626	0.51	1.14

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Plantaginaceae [%]	Poaceae [%]	Cyperaceae [%]	Total aquatics [%]	*Typha latifolia* type [%]	*Potamogeton* [%]	*Nymphaea* [%]	*Sparganium* [%]	*Myriophyllum* [%]	*Lythrum* [%]	Total algae [%]	*Botryococcus* [%]	*Coelastrum* [%]	Total *Pediastrum* [%]	*Monactinus simplex* [%]	*Pediastrum duplex* [%]	*Pseudopediastrum boryanum* type [%]	*Pseudopediastrum kawraiskyi* [%]	Zygnemataceae [%]	Spores [%]	Ascospores [%]	Palynomorph concentrations [counts/g]	Pollen concentrations [counts/g]	AP concentrations [counts/g]	Mediterranean taxa [counts/g]	Temperate tree taxa [counts/g]	NAP concentrations [counts/g]	Poaceae concentrations [counts/g]	Cyperaceae concentrations [counts/g]	Brassicaceae concentrations [counts/g]	Total aquatics concentrations [counts/g]	Total algae concentrations [counts/g]	Spore concentrations [counts/g]	Index of arboreal composition	Index of aridity
118.56	726.89	0.30	10.91	6.38	4.45	0.00	0.00	4.45	0.00	0.00	0.00	12.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.97	1.09	0.49	932615	636704	301573	9437	43411	335131	83990	49073	0	35861	114718	8493	0.41	0.85
118.60	727.31	0.58	13.54	6.89	4.07	0.00	0.00	3.41	0.11	0.00	0.90	12.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.69	1.02	1.02	1093741	720193	330439	7272	56095	389754	122577	62327	2078	38435	131511	9349	0.48	0.61
118.64	727.72	0.46	12.43	7.55	2.49	0.00	0.00	2.49	0.00	0.00	0.00	14.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.18	0.97	6.92	1250592	784990	263655	4780	13145	521335	121885	74087	4780	25094	162084	9560	0.18	1.38
118.68	728.14	0.29	9.58	11.10	1.04	0.00	0.00	0.81	0.23	0.00	0.00	13.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.33	0.35	8.25	1870455	1178519	428130	5207	29505	750390	142317	164879	1736	15620	228539	5207	0.19	1.88
118.72	728.56	0.15	10.37	4.87	3.03	0.00	0.00	2.91	0.00	0.00	0.21	15.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.22	0.00	11.59	4076661	2575128	763515	7589	22767	1811613	314938	147983	15178	94861	545336	0	0.11	2.35
118.76	728.98	0.30	12.68	6.28	2.13	0.00	0.00	1.54	0.47	0.00	0.20	14.88	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.77	0.84	9.80	1287086	792627	283101	7085	14169	509526	123981	61400	3542	21254	170928	8265	0.19	1.30
118.80	729.39	0.15	13.05	8.30	1.86	0.00	0.00	1.75	0.00	0.12	0.00	14.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.75	0.59	3.33	1015437	647430	283525	2930	32230	363905	107433	68366	1953	15627	142398	4883	0.28	0.83
118.84	729.81	0.14	9.01	5.80	4.48	0.00	0.00	4.36	0.00	0.00	0.00	14.35	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.25	1.70	2.53	1393948	944268	374469	15042	38289	569799	99826	64271	2735	51964	185758	19145	0.35	1.70
118.88	730.23	0.00	13.24	9.29	4.23	0.00	0.00	3.45	0.33	0.00	0.74	13.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.89	4.44	3.58	1201683	722231	277551	7578	34642	444680	123414	86606	5413	41138	150348	43303	0.40	1.06
118.92	730.65	0.15	7.95	6.58	3.94	0.00	0.00	3.70	0.00	0.00	0.21	14.44	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.23	2.66	1.59	2010645	1371258	620459	21916	95633	750799	127511	105595	1992	65748	270801	43832	0.46	1.59
118.96	731.06	0.15	9.66	9.66	6.47	0.00	0.11	6.13	0.00	0.11	0.19	13.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.59	2.33	0.59	2012474	1292609	603376	24826	147044	689234	154682	154682	1910	110760	251998	38193	0.86	1.06
119.04	731.90	0.30	15.19	5.34	1.52	0.00	0.12	0.82	0.23	0.12	0.20	15.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.37	13.99	10.04	1313806	709671	230551	7419	33914	479119	135656	47692	1060	13778	162194	145194	0.74	0.99
119.08	732.32	0.45	16.03	10.94	2.48	0.00	0.00	2.05	0.00	0.22	0.35	13.82	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	13.63	11.71	6.41	1326124	698286	267989	17966	42273	430297	153240	104626	5284	24307	153324	126819	0.86	0.66
119.12	732.73	0.30	14.68	11.43	2.62	0.00	0.11	1.75	0.22	0.33	0.36	14.15	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.96	5.51	3.25	1429356	822764	370753	13726	81108	452011	163465	127278	1248	29948	183580	64887	0.82	0.52
119.16	733.15	0.30	15.04	6.82	1.85	0.00	0.12	1.73	0.00	0.00	0.00	14.31	0.10	0.00	0.20	0.00	0.10	0.10	0.00	14.01	3.62	1.85	1163609	731261	342724	28592	94572	388537	140758	63781	1100	17595	156330	35190	1.53	0.45
119.20	733.57	0.29	11.89	6.78	1.75	0.00	0.12	1.52	0.00	0.00	0.20	15.24	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.93	3.99	0.59	919367	600533	279769	14923	96563	320764	87784	50037	878	13168	132730	30725	2.05	0.60
119.22	733.78	0.15	10.94	10.82	2.36	0.00	0.00	1.91	0.00	0.00	0.75	14.07	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.97	3.55	0.11	953368	607347	287937	8936	88467	319410	84892	83999	1787	18766	127088	28595	1.35	0.55
119.28	734.40	0.30	8.33	11.71	2.13	0.12	0.12	1.89	0.00	0.00	0.00	14.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.57	4.39	6.65	870366	530524	251333	9612	71288	279191	55268	77695	2403	14418	113163	30437	1.29	0.75
119.32	734.82	0.30	9.75	6.50	1.60	0.25	0.00	1.35	0.00	0.00	0.00	15.10	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.89	2.08	2.08	600542	406699	189594	20640	54634	217105	47350	31567	607	7892	86395	10320	1.97	0.77
119.36	735.24	0.45	10.50	6.67	1.22	0.00	0.12	0.98	0.12	0.00	0.00	15.84	0.21	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	15.53	4.03	2.06	703304	461045	222664	24751	56378	238381	58440	37127	688	6875	104752	23376	1.41	0.62
119.40	735.65	1.05	14.13	7.07	1.85	0.00	0.00	1.50	0.12	0.00	0.20	13.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.84	7.01	6.70	834470	495235	232669	22941	62903	262566	88805	44402	2220	11841	100942	47363	1.72	0.43
119.44	736.07	0.60	14.18	16.26	2.13	0.00	0.20	1.72	0.00	0.00	0.32	13.44	0.09	0.00	0.40	0.00	0.00	0.40	0.00	12.95	5.20	1.13	2065391	1154616	517207	24061	137491	637409	235453	269826	6875	36091	257693	91088	1.25	0.42
119.48	736.49	0.56	12.84	10.37	3.31	0.00	0.00	2.79	0.10	0.00	0.66	14.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.49	6.78	1.58	632063	375208	172976	15156	43900	202232	62714	50694	1045	16724	82824	35538	1.31	0.62
119.52	736.91	0.30	13.53	9.94	1.70	0.00	0.00	1.36	0.00	0.00	0.58	15.49	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	15.39	6.38	8.08	2638960	1488735	661145	60713	202378	827590	263091	193383	11243	33730	356455	132670	2.41	0.61
119.56	737.32	0.45	14.66	29.06	1.49	0.00	0.17	1.24	0.08	0.00	0.00	11.39	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.31	4.89	6.75	3061513	1359465	649153	34588	187181	710312	354017	701930	6104	36622	310395	124109	1.37	0.25
119.60	737.74	0.45	12.42	22.51	0.39	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.30	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	4.98	6.27	865658	444151	215587	18539	72171	228565	84752	153612	2648	2648	97729	35755	2.42	0.31
119.64	738.16	0.60	12.68	18.30	1.33	0.00	0.10	1.03	0.10	0.00	0.16	12.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.28	8.12	6.15	1033617	545257	260868	16425	82948	284389	100195	144543	3285	10677	110576	69808	1.83	0.27
119.68	738.58	0.15	8.52	14.75	4.93	0.11	0.22	4.05	0.00	0.00	0.90	15.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.29	8.63	11.61	806530	424408	215173	21665	61809	209234	47154	81563	637	28674	99838	52251	1.60	0.66
119.72	738.99	0.00	8.70	15.35	3.43	0.00	0.11	2.99	0.00	0.00	0.55	13.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.62	10.55	5.93	1400940	773639	374150	39664	116659	399489	88661	156324	3500	36164	160663	120159	2.44	0.53
119.76	739.41	0.44	14.46	14.77	2.14	0.00	0.10	1.63	0.41	0.00	0.00	12.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.22	9.34	6.24	2969545	1579405	721491	60364	181092	857914	322716	329681	2322	48756	310550	229848	1.33	0.45
119.80	739.83	0.74	11.05	22.00	1.47	0.00	0.00	1.37	0.10	0.00	0.00	11.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.52	9.87	5.81	1490203	757837	373959	5635	72132	383878	125104	249081	2254	16906	147420	123977	0.51	0.50
119.84	740.25	0.75	13.03	9.04	8.29	0.00	0.00	8.29	0.00	0.00	0.00	12.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.69	6.17	8.88	566832	315799	146642	9987	37096	169156	52790	36620	0	36620	58897	26633	1.23	0.50
119.88	740.66	0.00	52.49	0.29	1.75	0.00	0.00	1.05	0.56	0.00	0.00	10.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.08	1.48	1.06	610991	249657	75667	0	10951	173991	277548	1510	1888	9440	59240	7930	0.64	0.23
119.92	741.08	0.15	20.99	5.90	2.45	0.21	0.32	1.81	0.11	0.00	0.00	20.36	0.09	0.00	0.61	0.00	0.00	0.61	0.00	19.67	2.03	9.32	1791356	932518	222992	5578	13944	709526	267725	75298	4183	32071	326178	26494	0.58	1.13
119.96	741.50	0.00	19.62	5.89	3.06	0.00	0.00	2.75	0.32	0.00	0.00	16.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.17	2.55	8.57	498501	275990	65611	404	5250	210379	72695	21808	1212	11712	71467	9693	0.60	1.29
119.98	741.71	0.28	14.97	6.79	3.63	0.00	0.00	3.32	0.31	0.00	0.00	15.55	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.46	1.59	1.80	1279499	796183	166023	1096	8768	630160	152345	69048	0	38360	187395	16440	0.44	2.10
120.02	742.13	0.00	8.70	29.29	1.58	0.00	0.00	0.91	0.17	0.00	0.59	10.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.37	5.35	4.82	1858740	929079	435752	26561	137864	493327	130275	438889	0	24031	173304	84742	1.53	1.00
120.04	742.33	0.44	14.26	20.96	1.23	0.00	0.66	0.47	0.09	0.00	0.00	13.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.36	4.74	3.95	4014539	2067748	967345	97792	275040	1100403	455343	669263	12224	39728	492138	158912	1.88	0.54
120.08	742.75	0.00	12.38	17.08	2.19	0.00	0.00	1.88	0.00	0.00	0.50	13.05	0.09	0.00	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	12.82	2.70	0.32	5725634	3355884	1612982	152369	452029	1742902	589161	812637	15237	106659	714003	132053	1.65	0.56
120.12	743.17	0.45	11.08	4.33	3.80	0.00	0.00	3.80	0.00	0.00	0.00	17.02	1.27	0.00	2.01	0.00	0.00	2.01	0.00	13.75	7.97	3.92	2105981	1298520	633506	87954	162227	665014	170045	66454	1955	60591	314916	132909	1.79	0.75
120.16	743.59	0.30	17.96	2.28	6.91	0.11	0.11	6.35	0.22	0.00	0.19	15.07	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.87	3.13	7.73	1567494	914003	427728	20586	93324	486275	205863	26076	1372	85090	203338	37055	0.82	0.49
120.20	744.00	0.30	14.93	11.96	2.25	0.00	0.00	2.04	0.11	0.00	0.17	13.25	0.10	0.00	0.29	0.00	0.24	0.05	0.00	12.87	5.79	5.50	4197114	2364626	1102971	127798	319496	1261655	482794	386945	7100	74549	494154	198798	2.29	0.49
120.24	744.42	0.30	12.21	17.36	2.66	0.00	0.00	2.56	0.00	0.00	0.16	12.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.54	4.90	11.30	1258784	655843	319229	44100	96041	336614	113681	161702	1960	25480	133517	48021	2.38	0.53
120.28	744.84	0.15	15.62	5.44	4.52	0.11	0.00	3.50	0.45	0.23	0.38	14.01	0.10	0.00	0.56	0.00	0.00	0.56	0.00	13.35	5.90	11.51	1900972	1068632	499263	33628	124904	569369	211376	73661	0	64053	220631	84871	1.17	0.58
120.32	745.26	0.15	14.86	7.49	2.95	0.11	0.00	2.27	0.45	0.00	0.19	14.75	0.20	0.00	0.55	0.00	0.00	0.55	0.00	14.00	3.50	7.07	2437965	1437413	588909	58497	110494	848504	275151	138659	23832	56330	320258	67163	1.11	0.81
120.36	745.67	0.45	13.76	13.21	3.61	0.53	0.11	2.65	0.00	0.00	0.52	13.22	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.12	4.92	14.65	2459448	1271119	649102	68960	174315	622017	239443	229866	9578	65129	265035	90031	1.53	0.39
120.40	746.09	1.04	11.52	0.26	2.55	0.26	0.13	1.91	0.13	0.00	0.24	15.67	1.66	0.00	0.61	0.00	0.00	0.61	0.00	13.41	4.86	3.54	1387757	941902	503177	47536	184550	438725	123033	2796	1398	27962	198391	54526	2.77	0.42
120.44	746.51	0.60	10.43	0.13	2.60	0.00	0.13	1.82	0.39	0.00	0.25	14.85	0.34	0.00	0.57	0.00	0.00	0.57	0.00	13.94	6.15	0.66	1675377	1176702	584005	54540	179456	592696	137231	1759	5278	35187	229492	86209	1.97	0.69
120.48	746.93	0.30	15.06	0.38	4.74	0.24	0.00	3.89	0.36	0.00	0.43	14.79	0.87	0.00	0.60	0.00	0.00	0.60	0.00	13.32	4.97	3.81	693926	445681	198122	14801	46422	247559	79389	2018	3364	26239	91486	27584	1.27	0.61
120.52	747.34	0.60	22.78	0.69	10.18	1.13	0.00	7.20	0.21	0.00	2.45	14.91	0.39	0.00	1.41	0.00	0.00	1.41	0.00	13.10	5.72	11.72	1191060	615099	270969	15641	54282	344130	183087	5520	4600	91084	140784	48762	0.87	0.32
120.56	747.76	0.75	13.23	1.78	12.66	0.89	0.22	10.78	0.78	0.00	0.00	14.66	0.43	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	14.17	2.84	32.41	2113906	984135	406597	19147	95736	577537	153177	20620	117829	167906	198924	33876	1.08	0.42

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Plantaginaceae [%]	Poaceae [%]	Cyperaceae [%]	Total aquatics [%]	*Typha latifolia* type [%]	*Potamogeton* [%]	*Nymphaea* [%]	*Sparganium* [%]	*Myriophyllum* [%]	*Lythrum* [%]	Total algae [%]	*Botryococcus* [%]	*Coelastrum* [%]	Total *Pediastrum* [%]	*Monactinus simplex* [%]	*Pediastrum duplex* [%]	*Pseudopediastrum boryanum* type [%]	*Pseudopediastrum kawraiskyi* [%]	Zygnemataceae [%]	Spores [%]	Ascospores [%]	Palynomorph concentrations [counts/g]	Pollen concentrations [counts/g]	AP concentrations [counts/g]	Mediterranean taxa [counts/g]	Temperate tree taxa [counts/g]	NAP concentrations [counts/g]	Poaceae concentrations [counts/g]	Cyperaceae concentrations [counts/g]	Brassicaceae concentrations [counts/g]	Total aquatics concentrations [counts/g]	Total algae concentrations [counts/g]	Spore concentrations [counts/g]	Index of arboreal composition	Index of aridity
120.60	748.18	0.60	12.94	1.15	11.26	0.11	0.23	10.58	0.23	0.11	0.00	15.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.27	3.82	29.91	2059039	997308	459895	31245	87783	537412	150273	13391	2976	147297	209192	46123	0.86	0.76
120.64	748.60	0.30	21.57	5.85	7.98	0.10	3.39	3.99	0.30	0.00	0.31	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	10.31	19.89	2055117	909241	372351	9508	65196	536890	270292	73346	12224	108660	238563	143975	0.64	0.41
120.68	749.01	0.00	12.85	2.42	6.43	0.12	1.43	4.17	0.48	0.00	0.42	14.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.90	30.56	24.20	1647970	695696	307801	20891	51182	387895	105497	19846	36558	56404	143810	361406	0.75	0.54
120.72	749.43	0.30	12.32	2.44	5.92	0.60	0.36	3.62	0.97	0.00	0.21	15.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.94	37.53	17.48	4014723	1655256	704610	27415	132090	950646	239256	47353	112151	122120	368156	1166375	0.71	0.69
120.76	749.85	0.30	14.67	19.26	4.84	0.37	0.74	3.16	0.56	0.00	0.00	13.87	0.08	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.08	13.71	46.61	7.84	4467517	1359606	622202	30179	124738	737404	301786	396345	14083	104619	331482	1796632	0.75	0.41
120.80	750.27	0.45	13.95	32.47	4.08	0.08	0.00	3.46	0.38	0.00	0.21	9.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.16	44.72	3.56	5006392	1347022	584032	42321	116887	762990	350661	816194	6046	106811	253524	2033431	0.95	0.43
120.84	750.68	0.30	14.32	19.52	5.56	0.09	0.09	5.09	0.28	0.00	0.00	11.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.37	73.15	9.58	10450290	1720779	721558	20409	112249	999221	372463	507672	0	153067	333788	7087000	0.56	0.69
120.88	751.10	0.30	13.24	6.97	4.62	0.45	0.11	3.61	0.45	0.00	0.00	13.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	12.94	84.30	8.24	5569040	667531	288096	989	14831	379435	110738	58335	2966	40538	124956	4490811	0.11	0.95
120.92	751.52	0.30	11.76	34.39	4.02	0.08	0.00	3.09	0.39	0.00	0.54	9.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.34	78.79	24.82	11252856	1167339	458934	10473	22692	708405	254847	745340	1746	90767	223288	8052117	0.18	0.79
120.96	751.83	0.29	10.57	11.49	0.80	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.58	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.90	84.60	17.22	9502405	1079711	309503	1592	15916	770208	146427	159160	1592	11141	205253	7612632	0.21	2.32
120.98	751.96	0.15	18.44	2.09	1.37	0.11	0.57	0.23	0.23	0.11	0.20	18.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.82	35.37	8.39													0.52	1.30
121.00	752.09	0.15	9.33	0.27	18.69	0.00	0.22	0.00	13.63	4.40	0.00	43.22	1.69	0.08	30.63	0.00	2.38	20.23	8.02	10.83	0.00	1.47	770286	347109	82818	0	2596	264291	35827	1038	519	88270	292330	0	0.18	3.51
121.04	752.35	0.75	10.57	1.72	13.78	0.00	1.02	0.11	8.54	4.10	0.00	46.91	1.68	0.42	35.48	0.14	4.14	20.86	10.34	9.33	0.26	1.30	989845	421622	113665	0	3809	307957	50789	8253	1270	76818	424745	1270	0.16	2.53
121.08	752.61	0.30	11.89	1.05	12.07	0.00	0.11	0.00	5.06	6.55	0.00	41.55	1.30	0.00	30.93	0.00	3.97	17.83	9.13	9.32	0.39	0.52	674291	316072	78790	0	3321	237282	43171	3795	1423	49813	258118	1423	0.23	2.47
121.12	752.87	0.74	8.99	0.27	8.92	0.00	0.49	0.00	3.05	5.38	0.00	51.60	2.08	0.00	41.14	0.00	4.64	16.23	20.26	8.38	0.53	0.13	855780	357739	77814	0	0	279925	35438	1058	529	38611	420289	2116	0.00	3.63
121.16	753.13	0.00	7.46	0.83	9.73	0.00	0.37	0.00	1.62	7.61	0.00	45.44	4.07	0.00	32.16	0.00	2.38	8.29	21.49	9.21	0.14	0.00	560608	264708	67091	0	399	197617	21544	2394	1596	31120	240443	399	0.03	4.11
121.21	753.46	0.44	11.67	0.77	8.99	0.00	0.35	0.00	2.68	5.95	0.00	41.46	3.38	0.00	28.61	0.00	4.05	12.61	11.94	9.48	0.13	0.00	648820	314152	72349	0	1841	241803	41879	2761	1381	35436	254132	460	0.17	2.67
121.25	753.72	0.30	6.87	0.27	10.56	0.12	0.12	0.00	2.58	7.74	0.00	44.02	2.23	0.00	31.86	0.00	3.61	6.88	21.37	9.93	0.55	0.68	515407	249673	58242	0	369	191432	18460	738	1108	31751	211461	1477	0.03	4.62
121.29	753.98	0.15	9.53	0.40	13.47	0.00	0.23	0.00	6.85	6.27	0.00	34.67	2.54	0.09	20.70	0.00	3.03	6.75	10.92	11.34	0.53	0.80	618287	327597	70948	0	977	256649	34670	1465	1953	56645	193027	1953	0.10	3.41
121.33	754.24	0.57	8.84	0.39	15.95	0.00	0.22	0.00	6.23	9.50	0.00	29.17	3.04	0.00	14.50	0.00	1.52	5.48	7.50	11.63	0.39	0.77	379763	213693	44920	0	612	168772	20804	918	0	44667	96929	918	0.11	3.84
121.37	754.50	0.50	8.06	0.34	17.20	0.09	0.66	0.00	5.45	11.00	0.00	23.25	2.26	0.00	9.71	0.00	1.13	3.31	5.27	11.27	0.11	0.90	514644	309986	56600	0	768	253386	27269	1152	1152	70285	102496	384	0.13	4.96
121.41	754.77	0.00	11.49	1.57	14.80	0.00	2.45	0.00	3.89	8.35	0.00	36.72	1.98	0.00	22.81	0.00	3.93	5.25	13.63	11.93	0.00	1.29	477464	234907	54661	353	1411	180246	31051	4234	706	46930	156813	0	0.27	2.58
121.45	755.03	0.70	10.58	0.75	17.47	0.21	1.54	0.10	4.11	11.20	0.00	32.42	3.20	0.25	16.91	0.00	1.72	4.46	10.73	12.07	1.11	1.59	339686	175243	37750	0	0	137493	20911	1476	738	41821	94823	2214	0.00	3.13
121.49	755.29	0.00	7.45	0.53	16.73	0.44	0.66	0.11	3.55	11.97	0.00	29.54	1.88	0.28	15.80	0.00	1.97	5.44	8.39	11.58	0.66	1.83	412597	230738	46880	0	1001	183858	18687	1335	667	50388	105110	1668	0.21	4.73
121.53	755.55	0.45	7.21	1.50	16.20	0.23	1.25	0.11	3.08	11.52	0.00	39.04	3.82	0.66	24.15	0.00	2.36	11.12	10.66	10.42	0.27	0.94	466647	230753	51110	0	1376	179643	18238	3785	344	48863	161911	688	0.20	4.55
121.57	755.81	0.44	9.45	1.55	10.12	0.00	1.40	0.00	1.98	6.75	0.00	41.87	3.76	0.83	27.53	0.00	3.20	10.38	13.95	9.75	0.26	0.13	540935	262109	60055	0	0	202054	27823	4574	762	33159	212127	762	0.00	3.41
121.61	756.07	0.45	11.08	0.66	11.13	0.00	1.17	0.00	2.34	7.62	0.00	43.55	2.68	0.30	29.89	0.00	4.02	8.19	17.68	10.69	0.66	0.13	617330	286061	64582	0	427	221479	35900	2137	0	40601	250066	2137	0.05	2.75
121.65	756.33	0.15	6.17	0.42	13.37	0.00	0.00	0.00	1.58	11.79	0.00	42.23	1.70	0.08	30.02	0.00	2.84	8.59	18.60	10.42	0.28	0.70	497493	245211	56944	0	368	188267	16201	1105	1105	40503	191894	736	0.04	5.30
121.69	756.59	0.43	8.13	0.26	11.90	0.12	0.46	0.00	0.69	10.51	0.00	45.79	2.70	0.71	33.37	0.00	2.17	15.67	15.53	9.01	0.26	0.13	462722	213537	48355	0	1528	165182	18952	611	306	31485	196914	611	0.21	4.06
121.73	756.86	0.00	9.93	0.13	7.75	0.00	0.35	0.00	0.70	6.69	0.00	40.18	2.66	1.75	26.04	0.00	1.48	8.49	16.06	9.72	0.13	0.38	747200	381691	76820	540	1620	304871	42129	540	540	35647	285033	540	0.36	3.60
121.77	757.12	0.59	12.92	0.77	5.90	0.00	0.24	0.00	1.69	3.97	0.00	59.08	3.40	2.98	46.22	0.10	3.43	22.56	20.12	6.48	0.64	0.26	916566	314509	70037	0	466	244473	47073	2796	466	22837	526087	2330	0.05	2.21
121.81	757.38	0.88	12.49	0.51	8.83	0.00	0.35	0.23	2.09	6.16	0.00	65.33	2.74	2.39	54.50	0.09	4.46	33.46	16.49	5.69	0.63	0.13	1082314	315072	75630	0	923	239442	45246	1847	1847	35088	682291	2308	0.06	2.22
121.85	757.64	0.14	11.25	0.26	9.17	0.00	0.00	0.00	1.04	8.01	0.00	38.64	1.33	1.80	25.64	0.00	4.59	12.94	8.12	9.87	0.13	0.00	820137	419054	95513	0	605	323541	53248	1210	1815	47802	298218	605	0.03	2.88
121.89	757.90	0.43	11.37	0.38	7.45	0.12	1.30	0.47	0.12	5.32	0.00	57.90	6.02	5.38	39.24	0.16	0.78	34.59	3.71	7.26	2.13	0.13	636172	226480	60628	656	328	165852	29184	984	656	20659	352963	5575	0.06	2.48
121.93	758.16	0.29	9.79	1.57	9.56	0.00	0.35	0.47	0.35	8.38	0.00	69.22	3.21	7.19	53.59	0.00	0.96	52.08	0.54	5.22	2.54	0.39	970911	254329	72047	0	1498	182282	28080	4493	749	30327	645071	7488	0.07	2.59
121.97	758.42	0.30	15.56	10.30	6.07	0.00	1.03	0.82	0.82	3.19	0.17	72.40	1.30	2.96	62.06	0.00	0.23	61.49	0.35	6.08	8.80	1.72	2620215	510852	142340	0	6042	368512	107244	70993	14350	44559	1808022	66461	0.14	1.26
122.00	758.62	0.15	10.00	30.36	2.35	0.09	0.09	1.31	0.52	0.09	0.26	17.74	0.15	0.22	0.18	0.00	0.00	0.11	0.07	17.19	7.97	2.10	1662292	735615	244471	2202	8810	491144	123337	374415	33037	29733	265945	106818	0.12	1.24
122.04	758.88	0.00	7.93	19.62	1.79	0.00	0.21	1.05	0.53	0.00	0.00	18.17	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.09	18.08	9.86	1.58	885582	469762	117882	1391	695	351880	51453	127241	15992	11820	143956	70921	0.07	2.78
122.08	759.14	0.00	10.47	30.45	3.56	0.00	0.42	1.36	1.53	0.00	0.25	20.50	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.36	8.83	0.61	1366558	577521	144613	3442	860	432908	102385	297691	14626	36136	252160	94642	0.13	1.72
122.12	759.40	0.15	10.20	12.28	3.68	0.00	0.00	1.67	1.67	0.11	0.00	21.41	0.27	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	21.05	38.67	1.37	1958277	776425	244492	0	5804	531933	102152	123047	19734	38307	272932	631485	0.06	1.84
122.16	759.66	0.30	9.30	25.37	4.49	0.00	0.19	1.68	2.34	0.00	0.00	22.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.19	39.12	3.59	4270387	1385922	392018	2078	14545	993904	197401	538178	6234	99739	605003	1363106	0.15	2.14
122.20	759.93	0.00	9.90	14.85	7.40	0.00	0.21	1.35	5.00	0.00	0.51	22.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.31	47.93	4.92	2001463	643726	194678	963	0	449049	84726	127089	27921	68359	245706	787568	0.01	1.91
122.26	760.32	0.00	8.68	7.42	9.46	0.00	1.71	1.94	5.24	0.00	0.20	24.45	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.36	28.51	4.45	1977382	885455	253985	1328	0	631470	91629	78349	70382	110220	341630	420962	0.02	2.06
122.30	760.58	0.15	13.39	14.26	16.28	0.09	1.09	3.71	10.76	0.00	0.14	25.64	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.40	41.80	3.14	4676912	1477024	481317	4410	15434	995707	273400	291039	35277	396872	704006	1466220	0.11	1.27
122.34	760.84	0.00	12.53	21.08	13.95	0.00	1.71	4.54	7.02	0.00	0.87	26.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.56	40.13	2.14	4755659	1431333	454239	2144	6433	977094	270176	454582	45029	349514	757651	1445228	0.05	1.24
122.38	761.10	0.15	14.19	14.93	12.50	0.46	4.45	5.19	1.95	0.19	0.00	23.76	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.52	51.57	1.36	4733217	1324498	462597	3956	7912	861901	265042	278888	33625	267020	582262	1989794	0.06	1.07
122.42	761.36	0.29	21.86	1.55	8.12	0.30	1.22	2.74	3.45	0.10	0.32	18.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.12	60.48	3.52	4106487	1093558	381333	1576	6305	712225	312103	22068	34678	126102	315918	2184721	0.05	0.69
122.44	761.49	0.45	21.19	4.33	21.30	1.57	1.40	5.15	11.70	0.52	0.00	20.85	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.32	33.40	7.59	3507058	1233449	410537	0	34910	822912	350934	71657	143313	448313	436260	830482	0.25	0.49
122.48	761.75	0.00	36.86	5.56	10.49	0.15	1.99	2.22	4.75	0.15	0.32	17.14	0.07	0.00	0.11	0.00	0.00	0.07	0.04	16.97	72.99	2.17	12759227	1813767	701547	5387	35013	1112219	1160806	175064	83492	368980	651721	8513477	0.13	0.24
122.52	762.02	0.15	15.91	19.67	13.73	0.00	4.91	1.16	7.15	0.08	0.00	26.64	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.35	25.66	3.62	6293541	2127140	652795	3184	19104	1474345	525369	649547	44577	525369	1198861	1139892	0.10	0.98
122.56	762.28	0.15	33.92	12.48	17.33	0.00	4.63	1.72	10.71	0.07	0.00	17.55	0.73	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	16.79	2.34	2.11	5349272	1951283	594137	0	32027	1357146	1234510	454207	14558	762834	774655	87347	0.17	0.39

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Plantaginaceae [%]	Poaceae [%]	Cyperaceae [%]	Total aquatics [%]	*Typha latifolia* type [%]	*Potamogeton* [%]	*Nymphaea* [%]	*Sparganium* [%]	*Myriophyllum* [%]	*Lythrum* [%]	Total algae [%]	*Botryococcus* [%]	*Coelastrum* [%]	Total *Pediastrum* [%]	*Monactinus simplex* [%]	*Pediastrum duplex* [%]	*Pseudopediastrum boryanum* type [%]	*Pseudopediastrum kawraiskyi* [%]	Zygnemataceae [%]	Spores [%]	Ascospores [%]	Palynomorph concentrations [counts/g]	Pollen concentrations [counts/g]	AP concentrations [counts/g]	Mediterranean taxa [counts/g]	Temperate tree taxa [counts/g]	NAP concentrations [counts/g]	Poaceae concentrations [counts/g]	Cyperaceae concentrations [counts/g]	Brassicaceae concentrations [counts/g]	Total aquatics concentrations [counts/g]	Total algae concentrations [counts/g]	Spore concentrations [counts/g]	Index of arboreal composition	Index of aridity
122.60	762.54	0.44	25.83	14.06	5.64	0.00	0.91	1.66	2.74	0.08	0.12	16.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.17	0.78	0.18	11172816	5320870	1641437	15551	77756	3679432	2286038	1244102	15551	528743	1707530	69981	0.16	0.62
122.64	762.80	0.15	14.76	22.83	4.77	0.00	0.88	2.74	0.97	0.00	0.00	23.29	0.43	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	22.83	2.27	0.09	11286238	5112014	1901668	7602	212868	3210347	1208784	1870194	30410	410530	2487053	190060	0.30	0.87
122.68	763.06	0.14	16.81	12.93	2.71	0.00	0.39	1.94	0.29	0.10	0.00	21.85	0.16	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	21.66	1.08	0.20	6445464	3429923	1282471	9709	135927	2147452	820416	631090	9709	135927	1364998	53400	0.28	1.00
122.72	763.32	0.30	13.76	6.82	4.17	0.11	0.34	3.16	0.45	0.00	0.00	18.83	1.53	0.00	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	17.16	0.93	0.00	5380244	3322290	1233729	0	142702	2088561	575727	285403	19683	182068	970469	39366	0.31	1.24
122.76	763.58	0.00	17.53	6.91	9.86	0.00	0.19	8.71	0.96	0.00	0.00	16.45	2.04	0.00	0.49	0.00	0.00	0.49	0.00	13.92	1.88	0.00	1056960	602622	190425	0	18639	412197	139794	55070	1694	87265	156959	15250	0.32	1.22
122.80	763.84	0.00	13.45	17.60	3.42	0.00	0.29	2.54	0.59	0.00	0.00	16.74	0.25	0.00	1.35	0.00	0.00	1.35	0.00	15.14	0.50	0.20	2178474	1208019	613487	0	26573	594532	235616	308250	1772	62004	352184	8858	0.07	0.47
122.84	764.11	0.14	11.41	9.15	6.84	0.00	0.00	6.32	0.53	0.00	0.00	16.61	1.04	0.00	0.42	0.00	0.00	0.42	0.00	15.15	1.23	0.34	738355	454789	152890	647	12291	301899	65338	52400	1294	42049	114076	7116	0.21	1.87
122.88	764.37	0.15	13.02	12.25	5.03	0.00	0.00	4.72	0.21	0.10	0.00	15.55	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.62	1.20	0.22	890492	531726	168342	785	7853	363383	92660	87163	3141	37692	131043	8638	0.14	1.58
122.92	764.63	0.14	17.90	8.33	8.73	0.09	0.19	8.07	0.19	0.00	0.00	15.62	0.61	0.00	0.17	0.00	0.00	0.17	0.00	14.83	2.60	0.31	1695752	954571	439742	3993	42587	514829	231569	107799	3993	123770	239448	34602	0.21	0.57
122.96	764.89	0.15	18.07	19.80	3.61	0.00	0.09	3.34	0.00	0.00	0.26	13.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.68	2.66	1.35	2682858	1345302	653920	3952	173873	691382	391214	428755	7903	81009	347667	59275	0.78	0.33
123.00	765.15	1.33	16.50	12.30	6.67	0.00	0.10	6.38	0.00	0.00	0.15	12.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.67	2.36	2.26	1924824	1084465	602658	22410	241704	481806	251308	187280	1601	108847	220895	36816	2.00	0.13
123.04	765.41	0.29	21.05	4.45	6.02	0.20	1.12	4.28	0.41	0.00	0.00	14.68	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	14.63	3.66	9.17	5138878	2775777	1376690	28299	586187	1399087	784278	165749	44469	238517	640925	141493	2.39	0.16
123.08	765.67	0.44	12.12	15.23	4.31	0.00	0.10	3.80	0.00	0.00	0.17	17.49	0.00	0.00	3.32	0.00	0.00	3.32	0.00	14.17	5.86	4.90	1385511	734316	430545	10843	186496	303771	122523	153967	0	45540	214231	62888	2.09	0.13
123.12	765.93	0.00	19.96	1.39	6.00	0.11	0.22	4.91	0.55	0.00	0.37	15.96	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	0.00	15.81	4.65	8.20	787851	445237	244090	3941	93926	201147	112974	7882	2627	36126	107470	27587	1.50	0.16
123.16	766.20	0.15	34.11	1.14	2.13	0.00	0.19	0.65	0.65	0.00	0.14	14.02	0.16	0.00	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00	13.78	5.89	20.97	759351	325058	149888	1902	31389	175170	171213	5707	7609	10939	81878	31389	0.59	0.19
123.20	766.46	0.89	33.30	6.77	3.19	0.09	1.29	1.29	0.09	0.00	0.51	15.16	0.08	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	15.05	11.71	5.71	1681426	716853	294686	4260	39405	422167	398311	80940	35145	39405	213746	158685	0.38	0.20
123.24	766.68	0.15	24.85	2.37	3.33	0.00	0.52	2.29	0.52	0.00	0.00	15.32	0.18	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.00	14.96	3.02	1.90	487508	280304	95368	0	5799	184936	95682	9113	2071	13255	69687	12012	0.15	0.73
123.28	766.90	0.44	12.18	6.27	2.93	0.00	0.12	2.46	0.23	0.00	0.21	14.64	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.33	2.24	1.78	331072	217265	67710	0	3534	149555	32445	16704	321	8031	45705	6103	0.16	1.76
123.32	767.12	0.88	17.53	3.60	7.61	0.00	0.00	6.33	1.07	0.00	0.36	14.73	0.30	0.00	0.94	0.00	0.00	0.94	0.00	13.49	1.71	1.15	957200	587897	180680	0	4326	407218	130652	26823	1730	61432	128765	12979	0.07	1.28
123.36	767.33	0.73	33.41	0.48	12.13	0.00	0.08	8.82	3.14	0.08	0.00	13.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.98	0.58	0.19	1512250	764061	244270	1116	3348	519791	386171	5581	1116	159602	187907	6697	0.05	0.56
123.40	767.55	0.15	41.92	2.71	4.10	0.16	0.71	0.32	2.76	0.00	0.22	14.05	0.21	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	13.80	0.33	3.18	1243909	554394	145573	1646	4937	408821	419684	27156	4937	42791	163677	3292	0.19	0.43
123.44	767.77	0.00	18.43	5.63	1.41	0.00	0.00	1.20	0.22	0.00	0.00	15.99	0.19	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	15.71	1.31	0.33	458781	285069	83427	0	1657	201642	69163	21122	1242	5384	71416	4970	0.06	1.22
123.48	767.98	0.15	14.18	11.88	1.62	0.00	0.00	0.97	0.65	0.00	0.00	16.75	0.46	0.00	0.23	0.00	0.00	0.23	0.00	16.06	1.41	0.44	410062	245231	74936	0	1459	170295	47045	39386	365	5470	66731	4741	0.06	1.40
123.52	768.20	0.00	16.16	2.95	2.31	0.00	0.00	1.84	0.46	0.00	0.00	17.44	0.88	0.00	1.70	0.00	0.00	1.70	0.00	14.86	0.70	0.12	228568	148728	39814	217	1302	108915	29721	5424	868	4339	38837	1302	0.15	1.61
123.56	768.42	0.86	19.15	1.60	4.47	0.00	0.33	3.27	0.87	0.00	0.00	15.76	0.58	0.00	0.53	0.00	0.00	0.53	0.00	14.65	1.68	0.11	651623	412474	106242	0	1780	306232	99680	8307	593	24327	97342	8900	0.06	1.37
123.60	768.63	1.04	14.25	0.50	5.26	0.00	0.96	3.11	1.20	0.00	0.00	16.45	0.32	0.00	0.58	0.00	0.00	0.58	0.00	15.55	1.00	0.25	386405	260377	76133	0	1541	184245	43538	1541	771	16953	60143	3082	0.07	1.72
123.64	768.85	0.29	15.96	0.96	12.86	0.00	0.00	3.24	9.41	0.00	0.34	17.20	2.19	0.00	0.75	0.00	0.00	0.75	0.00	14.27	0.95	9.84	730433	411674	100561	0	595	311113	79074	4756	7135	73129	102939	4756	0.02	1.65
123.68	769.07	0.73	17.71	3.22	6.35	0.00	0.22	5.06	0.86	0.00	0.18	18.75	0.65	0.00	2.43	0.00	0.00	2.43	0.00	15.67	2.25	2.25	440682	259135	67910	0	2261	191225	58043	10553	377	22237	75637	7538	0.13	1.32
123.72	769.28	0.15	13.35	3.06	5.33	0.12	0.23	2.78	0.81	0.00	2.24	15.84	0.62	0.00	0.31	0.00	0.00	0.31	0.00	14.91	0.37	14.01	462854	274191	64352	402	1607	209838	43780	10041	2008	18476	61742	1205	0.18	2.15
123.76	769.50	0.15	14.74	5.34	4.86	0.00	0.11	4.53	0.11	0.00	0.00	18.55	0.28	0.00	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	18.12	0.23	2.16	622651	381883	98279	1109	3327	283604	70413	25504	1109	24395	108813	1109	0.20	1.77
123.80	769.72	0.00	11.91	3.97	3.82	0.00	0.12	3.70	0.00	0.00	0.00	15.41	0.31	0.00	0.73	0.00	0.00	0.73	0.00	14.36	0.86	1.10	339992	230090	52711	0	1018	177378	32584	10861	1358	10861	49826	2376	0.13	2.41
123.84	769.93	0.29	16.28	2.85	6.34	0.00	0.00	5.45	0.33	0.00	0.76	14.34	0.41	0.00	0.41	0.00	0.00	0.41	0.00	13.52	1.06	0.71	401449	259109	59717	0	2285	199392	52163	9138	381	21703	53625	3427	0.24	1.69
123.88	770.15	0.15	24.72	6.38	11.79	0.45	0.00	9.92	0.18	0.09	0.67	14.90	1.03	0.00	1.03	0.00	0.00	1.03	0.00	12.83	11.24	11.95	1297022	560804	215519	1649	51946	345285	201188	51946	0	108840	142547	103068	1.06	0.41
123.92	770.37	0.30	34.42	1.62	11.45	2.10	0.00	4.97	1.77	0.17	1.72	15.36	0.32	0.00	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00	14.96	81.74	11.38	2861018	309168	115311	3676	18382	193857	166357	7812	1838	62499	87737	2163567	0.64	0.24
123.94	770.47	0.15	41.53	1.03	8.73	1.64	0.00	1.87	2.73	0.08	1.10	12.29	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.14	50.61	22.72													0.65	0.14
123.96	770.58	0.59	48.02	1.35	8.75	1.71	0.21	2.39	1.98	0.07	1.47	13.11	0.33	0.00	0.55	0.00	0.00	0.55	0.00	12.23	88.10	17.49	5762310	328873	130872	4379	36007	198001	311901	8759	3406	62283	98027	4807951	1.58	0.13
123.98	770.69	0.59	35.74	0.66	12.55	2.63	0.00	5.41	1.39	0.25	0.24	14.58	0.56	0.00	0.48	0.00	0.00	0.48	0.00	13.54	61.01	23.53													1.40	0.11
124.00	770.80	1.76	13.83	1.00	1.95	0.00	0.61	0.00	0.37	0.98	0.00	67.94	1.12	53.13	8.67	5.09	0.00	3.57	0.00	5.03	0.00	0.12	980376	265539	134615	1554	60217	130924	43123	3108	388	6216	660836	0	3.09	0.23
124.04	771.02	1.75	16.62	0.72	3.49	0.00	0.58	0.00	0.35	2.56	0.00	57.06	2.22	42.21	6.00	0.54	0.00	5.46	0.00	6.62	0.00	0.12	815777	284967	152443	9137	69360	132524	57316	2492	0	12460	458127	0	4.50	0.18
124.08	771.23	1.32	14.78	1.11	3.45	0.00	1.78	0.00	0.12	1.43	0.00	66.73	1.84	53.36	6.11	0.27	0.00	5.84	0.00	5.41	0.12	0.12	1275089	351907	174000	6185	82985	177907	61852	4639	1546	14948	839166	515	5.32	0.19
124.12	771.45	1.39	16.37	0.81	3.02	0.11	0.89	0.11	0.11	1.79	0.00	51.46	3.19	33.69	7.30	0.87	0.00	6.44	0.00	7.28	0.34	0.12	1064628	420679	225530	16983	114780	195149	83157	4099	0	15811	538539	1757	6.62	0.20
124.16	771.67	1.16	16.26	0.96	0.95	0.00	0.36	0.00	0.12	0.48	0.00	27.82	2.35	8.52	5.74	1.48	0.00	4.26	0.00	11.23	0.36	0.12	634612	373966	191019	5984	97914	182947	73435	4352	1632	4352	174156	1632	6.59	0.11
124.20	771.88	1.29	18.08	0.70	1.49	0.00	0.69	0.00	0.11	0.69	0.00	42.81	3.67	22.82	7.97	1.37	0.00	6.61	0.00	8.35	0.35	0.35	623886	285565	145100	4923	79175	140465	63586	2461	1641	5333	263248	1231	10.51	0.16
124.24	772.10	1.53	18.00	0.79	1.56	0.00	0.22	0.00	0.11	1.11	0.00	39.00	7.11	16.44	6.87	1.04	0.00	5.84	0.00	8.58	0.11	0.00	484171	237042	126826	13220	55524	110215	52550	2314	0	4627	186647	331	5.20	0.13
124.28	772.32	1.88	16.58	0.48	1.19	0.00	0.00	0.00	0.12	0.83	0.00	31.22	3.72	10.49	6.32	2.15	0.00	4.17	0.00	10.68	0.60	0.00	689317	387789	208280	11235	105606	179508	77520	2247	1685	5617	212213	2809	7.56	0.14
124.32	772.53	0.97	18.86	0.56	0.34	0.00	0.22	0.00	0.00	0.11	0.00	39.36	5.58	18.58	6.74	1.63	0.00	5.10	0.00	8.46	0.00	0.11	505888	246196	130416	13716	63095	115780	57609	1715	686	1029	198312	0	8.30	0.17
124.36	772.75	1.57	18.36	0.46	1.26	0.00	0.23	0.11	0.11	0.80	0.00	42.55	3.47	23.63	6.88	2.74	0.00	4.14	0.00	8.57	0.23	0.23	775123	357430	181565	16373	84423	175865	80841	2047	0	5628	326107	1023	7.04	0.18
124.40	772.96	1.63	14.40	0.25	2.10	0.00	0.49	0.00	0.12	1.48	0.00	43.19	4.59	25.26	4.27	1.47	0.00	2.80	0.00	9.07	0.38	0.00	615202	293651	142501	4780	68230	151150	49543	869	435	7388	261578	1304	5.89	0.19
124.44	773.18	0.59	14.83	0.75	1.35	0.00	0.12	0.00	0.00	1.23	0.00	59.36	4.31	43.10	5.50	3.22	0.00	2.28	0.00	6.46	0.12	0.00	1142153	389281	206584	29312	87935	182698	68394	3448	575	6322	673558	575	7.56	0.10
124.48	773.40	0.85	19.89	0.23	1.45	0.00	0.33	0.00	0.22	0.89	0.00	70.74	4.10	55.22	7.11	4.25	0.00	2.86	0.00	4.31	0.34	0.00	1303409	302961	158985	10714	81854	143977	75425	857	857	5571	916880	1286	8.64	0.13
124.50	773.51	1.02	13.75	1.61	1.82	0.00	0.24	0.12	0.85	0.49	0.00	47.56	3.96	25.67	9.71	8.02	0.00	1.69	0.00	8.22	0.37	0.25													6.52	0.14

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Plantaginaceae [%]	Poaceae [%]	Cyperaceae [%]	Total aquatics [%]	*Typha latifolia* type [%]	*Potamogeton* [%]	*Nymphaea* [%]	*Sparganium* [%]	*Myriophyllum* [%]	*Lythrum* [%]	Total algae [%]	*Botryococcus* [%]	*Coelastrum* [%]	Total *Pediastrum* [%]	*Monactinus simplex* [%]	*Pediastrum duplex* [%]	*Pseudopediastrum boryanum* type [%]	*Pseudopediastrum kawraiskyi* [%]	Zygnemataceae [%]	Spores [%]	Ascospores [%]	Palynomorph concentrations [counts/g]	Pollen concentrations [counts/g]	AP concentrations [counts/g]	Mediterranean taxa [counts/g]	Temperate tree taxa [counts/g]	NAP concentrations [counts/g]	Poaceae concentrations [counts/g]	Cyperaceae concentrations [counts/g]	Brassicaceae concentrations [counts/g]	Total aquatics concentrations [counts/g]	Total algae concentrations [counts/g]	Spore concentrations [counts/g]	Index of arboreal composition	Index of aridity
124.52	773.61	1.35	15.74	0.68	1.56	0.00	0.11	0.00	0.11	1.23	0.19	48.21	3.81	32.55	4.49	2.93	0.00	1.55	0.00	7.36	0.56	0.00	730555	312200	161172	23688	72333	151028	58797	2538	423	5922	347715	2115	14.65	0.27
124.56	773.83	1.61	16.79	1.08	1.65	0.00	0.35	0.12	0.12	1.06	0.00	75.11	2.66	62.63	6.02	4.12	0.00	1.90	0.00	3.81	0.24	0.12	1764245	358787	180557	12577	81223	178230	73363	4716	0	7336	1318470	1048	5.26	0.13
124.60	774.05	1.04	13.17	0.38	1.51	0.00	0.25	0.00	0.13	1.13	0.00	73.96	1.93	55.93	11.82	8.96	0.00	2.86	0.00	4.28	0.64	0.00	1367720	305994	176502	7239	90943	129492	46603	1357	0	5429	1005170	2262	5.36	0.06
124.64	774.26	0.88	17.29	0.60	2.57	0.12	0.94	0.00	0.35	1.05	0.00	75.73	1.95	61.91	8.13	5.81	0.00	2.32	0.00	3.75	0.36	0.24	1866359	368641	187382	17787	84625	181259	77618	2695	0	11858	1401235	1617	6.55	0.23
124.68	774.48	1.01	15.91	0.36	2.01	0.00	0.59	0.24	0.12	1.06	0.00	72.94	2.51	55.36	10.96	8.43	0.00	2.53	0.00	4.10	0.60	0.12	1352357	304046	162490	12257	75296	141556	57785	1313	876	7442	978706	2189	5.26	0.17
124.72	774.70	0.71	17.04	1.07	0.68	0.00	0.10	0.10	0.00	0.29	0.00	79.85	2.22	69.60	5.50	4.07	0.00	1.43	0.00	2.53	0.77	0.19	2176722	358075	208470	26393	109403	149605	74496	4683	426	2980	1732232	3406	8.39	0.13
124.76	774.91	1.22	22.72	0.52	2.33	0.00	0.41	0.00	0.41	1.32	0.00	81.47	1.58	73.53	3.88	2.32	0.00	1.57	0.00	2.48	0.72	0.21	3522007	497849	247827	22208	119115	250021	147380	3365	0	15478	2851206	4711	12.35	0.16
124.80	775.13	0.71	16.04	0.59	2.30	0.00	0.69	0.00	0.23	1.27	0.00	72.89	1.66	60.91	6.04	4.03	0.00	2.01	0.00	4.28	0.47	0.12	1908466	427646	214337	10889	105263	213309	82275	3025	1210	12099	1379187	2420	5.73	0.15
124.84	775.35	0.86	14.94	1.08	1.89	0.00	0.24	0.24	0.59	0.83	0.00	67.38	3.81	54.15	4.44	3.01	0.00	1.43	0.00	4.98	1.19	0.12	1342785	363495	196782	26596	83961	166713	64666	4693	521	8344	894286	5215	6.33	0.19
124.88	775.56	0.25	14.52	0.22	2.94	0.11	0.11	0.11	0.11	2.52	0.00	63.01	3.49	47.53	6.99	4.35	0.00	2.64	0.00	5.00	0.65	0.11	938744	292004	168190	7048	101274	123815	49710	742	742	10387	583304	2226	10.07	0.21
124.92	775.78	0.87	15.56	1.56	2.22	0.00	0.12	0.12	0.12	1.76	0.00	69.22	3.65	50.74	9.97	7.31	0.00	2.65	0.00	4.86	0.95	0.12	1063404	268504	151431	20169	72143	117073	50423	5042	0	7369	728575	3103	9.33	0.12
124.96	776.00	0.57	19.02	0.57	3.00	0.00	0.33	0.33	0.44	1.22	0.00	80.54	1.76	69.41	6.43	4.36	0.00	2.07	0.00	2.94	1.24	0.11	2886367	447577	222526	16580	103942	225051	105855	3188	1275	17217	2304240	7015	6.75	0.17
125.00	776.21	0.58	13.46	1.83	5.87	0.35	0.23	2.53	2.42	0.12	0.20	19.85	2.35	0.59	3.09	1.23	0.00	1.86	0.00	13.82	11.67	4.22	1015783	577529	283135	4170	115923	294394	91737	12510	4170	42533	168880	90069	2.34	0.36
125.04	776.43	0.00	17.38	2.80	8.83	1.06	0.32	3.94	1.91	0.21	1.95	17.68	4.51	0.10	0.58	0.00	0.00	0.58	0.00	12.49	15.98	7.85	1377968	693077	320178	19249	86113	372899	150951	24314	10131	84087	186450	165134	1.29	0.42
125.08	776.65	0.15	19.73	1.73	8.84	1.26	0.11	3.68	2.73	0.00	1.39	17.56	2.47	0.10	0.90	0.10	0.00	0.81	0.00	14.09	14.67	7.67	1927966	966938	443995	17045	137781	522942	242892	21306	12784	119315	262181	211643	1.41	0.39
125.12	776.86	0.30	20.00	7.31	19.06	0.09	0.52	13.84	2.18	0.17	2.59	14.10	0.83	0.00	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	13.13	24.64	13.57	2707001	1043384	385360	9263	52489	658024	287144	104978	10807	338089	235613	469311	0.52	0.67
125.16	777.08	0.14	11.62	3.67	5.66	0.00	0.69	4.27	0.58	0.00	0.20	18.99	0.10	0.00	0.15	0.00	0.00	0.15	0.00	18.74	2.15	0.97	695042	443132	119127	1280	5759	324004	60792	19198	1280	31356	122647	11519	0.22	2.31
125.20	777.30	0.15	16.97	2.12	4.72	0.11	0.11	3.93	0.56	0.00	0.00	19.59	0.19	0.00	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	19.26	1.62	0.24	881334	543053	147271	3164	7118	395782	113894	14237	0	33219	163485	11073	0.30	1.51
125.24	777.51	0.00	23.92	2.43	3.77	0.00	0.00	1.83	1.83	0.00	0.00	23.19	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.70	2.17	0.11	1031234	556180	149685	2398	11991	406495	180671	18387	0	29579	228030	16788	0.43	0.94
125.28	777.73	0.15	24.09	1.94	3.64	0.00	0.42	2.19	1.04	0.00	0.00	23.62	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00	23.54	1.59	0.22	897004	485954	136439	3548	15611	349514	158238	12773	710	24836	203141	10644	0.71	0.80
125.32	777.95	0.29	31.36	3.62	2.51	0.00	0.19	1.39	0.74	0.00	0.00	15.43	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00	15.34	0.85	0.10	792310	421706	181381	14223	55654	240325	203445	23498	1237	16696	118307	5565	2.28	0.23
125.36	778.16	0.30	28.85	3.97	2.79	0.00	0.00	2.31	0.48	0.00	0.00	16.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.30	1.85	0.10	755572	406660	199171	24607	61817	207489	174648	24007	600	17405	117848	11403	2.42	0.18
125.38	778.27	0.29	24.20	3.28	1.56	0.00	0.00	1.35	0.21	0.00	0.00	16.97	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	16.88	1.77	0.21	921031	535774	261882	17960	103853	273892	178815	24206	0	11713	151001	13274	3.18	0.25
125.40-125.43	778.49	0.00	39.61	6.87	4.86	0.00	0.00	3.85	1.01	0.00	0.00	9.70	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.90	5.18	0.18	335531	145925	87363	12480	47042	58562	108004	18721	480	13920	29281	14881	2.25	0.36
125.46	778.70	0.59	13.79	6.48	9.30	0.11	0.00	8.77	0.21	0.00	0.18	16.07	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	15.87	2.64	0.70	384709	230715	123636	8869	54576	107079	39909	18761	1023	29676	55415	7845	3.96	0.26
125.48	778.81	0.73	17.46	7.18	7.65	0.10	0.00	7.25	0.10	0.00	0.17	18.87	3.77	0.00	0.90	0.00	0.00	0.90	0.00	14.21	5.73	0.66	357381	194438	99788	9124	38492	94650	45050	18533	570	21384	60013	15682	3.48	0.30
125.52	779.03	0.74	9.18	23.25	7.65	0.09	0.00	7.19	0.18	0.00	0.14	16.60	0.08	0.08	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	14.94	7.73	0.40	1011223	497362	263733	24976	92558	233629	67582	171160	1469	60971	146566	61706	2.46	0.28
125.56	779.24	0.87	15.41	4.44	6.85	0.00	0.00	6.09	0.22	0.11	0.55	19.28	0.28	0.19	3.86	0.05	0.00	3.82	0.00	14.94	5.51	2.50	881322	505063	270345	19123	113269	234717	97088	27950	2207	46337	150457	36776	3.46	0.15
125.60	779.46	0.43	12.74	4.76	4.65	0.00	0.00	2.04	0.57	0.00	3.57	20.77	0.00	0.00	8.26	0.00	0.00	8.26	0.00	12.51	14.81	0.00	1323463	734162	386368	27552	134582	347794	113388	42388	2119	43448	233241	154717	2.22	0.23
125.64	779.68	0.74	19.14	6.27	2.88	0.00	0.00	1.82	0.64	0.00	0.54	14.22	0.09	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	14.03	5.02	0.33	3339384	1976182	995903	99112	314827	980279	507222	166159	2915	78707	439126	139923	2.43	0.18
125.68	779.89	0.86	14.35	7.62	1.22	0.00	0.00	0.66	0.33	0.00	0.38	14.78	0.00	0.00	1.15	0.00	0.00	1.15	0.00	13.63	7.47	0.00	2345571	1441319	744804	66264	281621	696515	265055	140810	0	22778	320302	149093	3.82	0.30
125.72	780.11	0.44	10.17	4.46	5.17	0.00	0.00	4.23	0.59	0.00	0.63	15.57	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.84	0.00	14.73	4.95	1.59	3162446	2061616	1063409	104778	353252	998207	245480	107772	2994	131721	445218	125734	2.30	0.32
125.76	780.33	0.43	10.62	1.77	0.75	0.00	0.00	0.50	0.13	0.00	0.24	14.37	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	14.26	1.00	12.20	2700489	1782975	912370	64295	372910	870604	216031	36005	5144	15431	341432	20574	3.43	0.39
125.80	780.54	0.29	7.14	1.35	2.75	0.00	0.00	2.36	0.13	0.00	0.52	15.18	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	15.07	3.01	34.74	2274530	1174548	602585	44982	212799	571963	91694	17301	1730	36332	229754	39792	2.24	0.83
125.84	780.76	0.29	14.11	3.47	14.08	0.10	0.10	13.26	0.41	0.10	0.17	16.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.80	4.02	14.61	1911109	996166	538319	20241	196625	457847	170601	41927	0	198071	244104	50602	1.69	0.21
125.86	780.87	0.59	15.42	0.99	3.45	0.12	0.00	2.98	0.12	0.00	0.22	18.24	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.14	3.34	13.36													2.88	0.26
125.88	780.98	0.44	35.65	2.44	13.64	0.00	10.05	2.81	0.70	0.00	0.00	13.73	0.47	0.08	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	13.15	1.16	26.52	1324479	485324	227320	6366	88416	258004	279393	19098	3537	123782	124758	9195	2.33	0.13
125.90	781.09	0.00	24.34	1.29	5.50	0.00	0.71	3.46	1.02	0.00	0.33	17.05	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.87	2.00	15.78													0.94	0.51
125.92	781.19	0.14	22.83	1.74	5.06	0.10	0.52	3.30	1.14	0.00	0.00	19.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.01	1.29	2.75	739519	419610	137854	4839	16331	281756	127015	9677	605	29637	130596	7258	0.56	0.75
125.94	781.30	0.14	19.42	1.36	3.72	0.00	0.22	2.62	0.87	0.00	0.00	19.18	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.91	1.23	3.19													0.92	0.73
125.96	781.41	0.29	19.60	1.82	4.05	0.00	0.55	2.73	0.66	0.00	0.19	20.30	0.18	1.09	0.59	0.36	0.00	0.23	0.00	18.44	1.57	2.66	598660	350094	136842	2031	16759	213251	87348	8125	1016	18790	113482	7110	0.37	0.74
125.98	781.52	0.14	16.50	1.19	5.50	0.45	0.34	2.58	2.02	0.00	0.19	19.18	0.00	0.19	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	18.90	1.06	4.96													0.40	1.04
126.00	781.63	0.15	8.70	3.25	3.02	0.13	0.00	2.39	0.13	0.00	0.48	18.69	0.00	0.00	4.22	0.00	0.00	4.22	0.00	14.47	3.02	0.13	1230455	835920	457414	22193	178774	378507	82606	30823	2466	29590	218227	29590	2.10	0.43
126.04	781.84	0.58	13.03	3.41	6.60	0.00	0.11	6.03	0.46	0.00	0.00	16.61	0.41	0.00	1.37	0.00	0.00	1.37	0.00	14.83	1.08	1.44	1703248	1098690	592548	32026	187353	506142	171340	44837	4804	92876	261878	14412	1.37	0.25
126.08	782.06	0.29	15.36	7.96	5.11	0.11	0.00	4.26	0.32	0.00	0.71	13.99	0.19	0.00	0.68	0.00	0.00	0.68	0.00	13.12	10.44	3.04	1168429	655471	329375	24925	113121	326096	131336	68065	2876	46015	139082	99700	2.06	0.28
126.12	782.28	0.43	9.62	10.32	4.11	0.11	0.11	3.45	0.11	0.00	0.58	15.45	0.29	0.00	0.25	0.00	0.00	0.25	0.00	14.91	1.93	4.96	2934693	1807343	958492	49741	303685	848851	217292	232999	5236	96865	412645	44506	1.53	0.41
126.16	782.49	0.40	10.49	7.54	11.59	0.39	0.10	4.93	0.68	0.00	8.53	14.82	0.00	0.00	0.74	0.05	0.37	0.33	0.00	14.07	14.65	21.80	1012871	472074	254083	15107	86234	217991	60427	43432	1259	75534	100183	98823	1.69	0.32
126.20	782.71	0.00	9.06	4.08	3.09	0.00	0.00	2.23	0.00	0.00	1.63	14.95	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.60	0.00	14.35	12.99	16.51	1071569	598138	316558	14940	101945	281580	62398	28123	0	21971	121016	102824	1.64	0.51
126.24	782.93	0.29	12.62	3.22	6.48	1.39	0.12	4.74	0.12	0.00	0.21	14.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.33	10.02	21.62	1364657	706197	381783	21802	105895	324413	105895	26993	1038	58139	140405	93437	1.14	0.25
126.28	783.14	0.44	12.12	1.64	6.49	0.47	0.00	5.90	0.00	0.00	0.00	14.68	0.11	0.00	0.22	0.00	0.00	0.22	0.00	14.36	29.67	36.19	1347075	520823	264881	21356	90002	255942	73222	9916	2288	41950	103945	254752	2.45	0.29

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Plantaginaceae [%]	Poaceae [%]	Cyperaceae [%]	Total aquatics [%]	*Typha latifolia* type [%]	*Potamogeton* [%]	*Nymphaea* [%]	*Sparganium* [%]	*Myriophyllum* [%]	*Lythrum* [%]	Total algae [%]	*Botryococcus* [%]	*Coelastrum* [%]	Total *Pediastrum* [%]	*Monactinus simplex* [%]	*Pediastrum duplex* [%]	*Pseudopediastrum boryanum* type [%]	*Pseudopediastrum kawraiskyi* [%]	Zygnemataceae [%]	Spores [%]	Ascospores [%]	Palynomorph concentrations [counts/g]	Pollen concentrations [counts/g]	AP concentrations [counts/g]	Mediterranean taxa [counts/g]	Temperate tree taxa [counts/g]	NAP concentrations [counts/g]	Poaceae concentrations [counts/g]	Cyperaceae concentrations [counts/g]	Brassicaceae concentrations [counts/g]	Total aquatics concentrations [counts/g]	Total algae concentrations [counts/g]	Spore concentrations [counts/g]	Index of arboreal composition	Index of aridity
126.32	783.36	0.44	17.64	4.03	11.88	0.20	0.00	11.38	0.20	0.00	0.00	14.26	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.17	1.59	15.57	711401	370744	195788	8730	82938	174956	83484	19098	1091	63840	78747	7639	3.17	0.30
126.36	783.58	0.43	12.45	2.34	1.58	0.12	0.00	1.21	0.00	0.00	0.22	17.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.61	1.46	28.92	1927992	992518	518980	40213	212555	473539	145055	27288	2872	18670	248977	17234	3.71	0.36
126.40	783.79	0.00	22.86	2.41	6.45	0.10	0.00	5.53	0.20	0.00	1.00	19.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.85	7.49	23.25	1708779	750474	388199	42840	148293	362275	229580	24166	0	69204	248693	81287	4.19	0.15
126.44	784.01	0.44	36.54	2.24	8.24	0.08	0.41	7.41	0.16	0.00	0.24	33.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.95	3.30	16.24	2216939	739413	390344	40125	157248	349069	441379	27112	3253	108447	620794	41210	3.83	0.09
126.48	784.23	0.29	21.75	2.94	6.51	0.00	0.10	5.80	0.51	0.00	0.17	15.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.87	3.36	9.10	1580235	851585	461777	45504	204152	389807	245966	33205	1230	78709	213351	39355	5.41	0.15
126.52	784.44	0.72	24.72	4.49	8.59	0.00	5.51	2.89	0.19	0.00	0.00	14.16	0.09	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.09	13.99	1.51	4.49	2003272	1073291	569925	60396	209065	503366	374768	68140	3097	142474	250134	23229	3.41	0.16
126.56	784.66	0.58	30.44	3.89	4.18	0.45	0.55	2.91	0.27	0.00	0.00	16.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.11	2.77	18.60	2727202	1197712	654567	58789	236886	543144	555040	70893	6916	79539	350246	51873	2.38	0.07
126.60	784.88	0.15	13.93	2.22	3.22	0.24	1.31	1.31	0.36	0.00	0.00	16.09	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.89	4.92	13.26	1186682	694810	384122	43917	151157	310688	115410	18384	2043	27576	158919	42896	3.50	0.19
126.64	785.09	0.15	15.30	2.17	1.31	0.24	0.12	0.71	0.24	0.00	0.00	16.72	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.62	7.16	3.26	815203	505952	280441	21422	116715	225511	93815	13297	739	8126	123097	47277	3.09	0.24
126.68	785.31	1.02	14.20	3.25	2.35	0.12	0.00	1.53	0.47	0.00	0.42	14.83	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.73	6.10	4.04	542902	343047	176354	6501	94007	166693	59005	13501	1500	10001	72346	27002	12.97	0.36
126.72	785.52	0.15	17.46	2.24	1.40	0.23	0.00	0.93	0.12	0.12	0.00	15.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.10	3.97	3.64	496965	313387	168614	5985	71365	144773	68142	8748	460	5525	69394	16115	2.65	0.20
126.76	785.74	0.86	22.53	6.15	1.01	0.10	0.20	0.30	0.41	0.00	0.00	16.17	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	16.12	2.88	1.01	1048972	599880	314259	17231	125786	285621	189541	51693	4308	8616	162195	24985	2.61	0.08
126.80	785.96	0.15	17.24	5.33	0.79	0.00	0.00	0.34	0.34	0.00	0.00	15.38	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	15.33	2.00	0.45	1288879	811072	439801	30880	197156	371271	180529	55821	3563	8314	190386	21378	3.96	0.16
126.84	786.17	0.14	17.78	5.56	2.24	0.32	0.11	1.60	0.21	0.00	0.00	16.37	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.14	0.00	16.23	4.38	1.93	1066545	636128	343037	26259	153029	293090	147596	46180	9055	19015	162391	38031	4.83	0.13
126.88	786.39	0.14	15.61	3.40	2.18	0.00	0.23	1.03	0.23	0.00	0.00	16.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.78	5.12	7.19	413905	246673	128094	6076	57545	118579	47537	10365	3932	6791	61434	16442	3.91	0.21
126.92	786.61	1.17	23.69	5.22	4.20	0.40	2.20	0.40	1.20	0.00	0.00	17.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.19	2.34	9.88	626434	321315	161502	9905	63201	159813	107064	23582	3302	19809	93820	10848	2.98	0.10
126.96	786.82	0.15	14.90	5.59	2.05	0.34	0.34	0.91	0.46	0.00	0.00	18.42	0.09	0.00	0.47	0.00	0.00	0.47	0.00	17.85	3.05	11.81	203709	114226	55025	2509	23083	59201	21411	8029	6858	3011	32444	4516	3.26	0.21
126.98	786.93	0.29	13.33	5.35	2.44	0.00	0.35	0.93	0.93	0.00	0.21	16.66	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.46	2.66	12.22	257019	149569	78015	4815	37204	71554	24511	9848	6128	4596	36762	5033	6.98	0.15
127.02	787.04	0.15	28.25	3.41	7.08	0.56	2.98	2.05	0.74	0.00	0.00	16.28	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.19	14.85	23.99	3561310	1380066	714293	68795	265063	665773	570593	68795	30351	153777	392576	352068	4.02	0.06
127.06	787.15	0.73	18.80	6.96	5.74	0.20	1.13	3.18	0.51	0.00	0.50	17.71	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	17.62	26.40	22.56	3080866	1186972	608202	69497	177217	578770	300574	111195	39961	97296	344114	573349	2.27	0.13
127.10	787.37	0.58	24.63	3.44	6.17	0.29	2.15	2.45	0.49	0.10	0.63	17.06	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.80	14.69	23.66	2730953	1119571	570261	42230	227390	549309	383314	53599	32484	102325	320133	267995	4.15	0.06
127.14	787.58	0.27	22.11	5.38	4.06	0.18	0.65	1.94	0.09	0.00	0.71	15.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.52	27.01	21.86	1759603	679170	355727	37811	150343	323444	207059	50414	24307	39611	172075	346598	5.50	0.08
127.18	787.80	0.88	27.29	3.91	7.60	0.19	1.58	5.19	0.46	0.00	0.00	18.13	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.21	0.00	17.92	31.58	11.54	3650920	1322008	648296	52067	246838	673712	524530	75208	77137	158130	425563	887072	3.60	0.07
127.22	788.02	0.29	20.34	6.92	6.38	0.70	2.69	2.09	0.60	0.00	0.00	19.52	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.30	0.00	19.22	25.59	7.12	3060783	1282919	606042	46948	225350	676877	358683	122065	73239	120187	427640	606568	4.08	0.12
127.26	788.23	0.88	12.07	1.63	18.15	1.69	0.27	15.48	0.36	0.00	0.00	29.57	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00	29.50	15.52	26.81	754637	296683	166420	15324	86712	130263	41487	5606	10465	76247	144369	63165	7.69	0.22
127.30	788.45	0.15	9.10	0.53	5.60	0.00	1.00	2.24	2.12	0.00	0.00	18.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.69	10.40	12.67	1935583	1124564	367198	14767	100085	757366	113211	6563	270722	73833	285981	144385	3.50	0.29
127.34	788.93	0.00	17.50	0.59	7.95	0.00	2.94	1.09	3.92	0.00	0.00	15.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.10	7.85	9.43	1163978	652769	187426	6598	44302	465342	139505	4713	182864	68810	141710	67867	3.72	0.09
127.38	789.88	0.43	15.74	0.36	1.30	0.00	0.71	0.36	0.24	0.00	0.00	14.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.35	6.52	1.89	1769538	1165986	299588	5010	51774	866398	218787	5010	364089	18371	232783	96868	2.43	0.12
127.42	790.83	0.42	14.65	0.24	1.54	0.00	0.59	0.71	0.12	0.00	0.00	19.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.48	6.30	0.83	4632299	2949377	761189	20807	170614	2188189	507681	8323	927974	54097	838173	233034	8.36	0.14
127.46	791.79	0.29	23.75	1.21	3.60	0.74	0.85	0.32	0.21	0.11	0.53	24.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.71	10.53	0.76	965776	484992	156689	6397	30562	328303	153519	7818	109453	24165	212126	76049	1.30	0.10
127.52	794.17	0.15	11.32	0.00	2.14	0.00	0.63	0.25	0.76	0.00	0.00	21.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.39	11.80	1.02	1114581	687402	175968	5981	32897	511435	87725	0	220308	16947	210858	103675	4.33	0.19
127.56	795.12	0.14	16.82	0.48	1.64	0.00	0.59	0.35	0.35	0.00	0.21	20.91	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.81	13.07	1.30	1071089	611711	149190	1765	19414	462520	124428	3530	194143	12355	195520	111191	1.37	0.13
127.58	795.60	0.15	12.81	0.75	3.51	0.00	1.33	0.73	1.09	0.00	0.45	22.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.61	8.50	1.48	892813	536739	138100	3119	16377	398639	79547	4679	138037	22616	181383	57711	1.16	0.37
127.63	796.79	0.00	16.75	0.96	1.66	0.00	0.71	0.36	0.47	0.00	0.22	19.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.78	16.08	1.54	2261302	1265215	345776	20380	64846	919439	257530	14822	318671	25938	379125	294585	4.60	0.13
127.67	797.74	0.29	14.71	1.34	4.75	0.00	1.16	1.04	2.43	0.00	0.00	20.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.93	10.55	2.61	764437	438713	143061	3177	28591	295652	76877	6989	92125	26049	138296	61629	1.11	0.23
127.71	798.69	0.44	9.51	0.91	2.17	0.00	0.25	0.13	1.78	0.00	0.00	23.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.87	21.88	24.19	367453	169996	46282	2225	6428	123714	18047	1731	38072	4203	59508	53152	1.46	0.85
127.75	799.64	0.58	7.60	5.86	1.47	0.12	0.00	0.74	0.61	0.00	0.00	27.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.33	45.36	1.35	405637	156975	41095	226	2713	115880	13793	10627	34821	2713	68228	150588	0.35	0.62
127.79	800.52	0.29	10.90	5.94	0.96	0.24	0.24	0.24	0.00	0.00	0.44	20.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.11	86.08	0.84	2757808	307727	114681	2690	11208	193046	40351	21969	17934	3587	93160	2287428	0.34	0.68
127.83	801.28	0.58	12.38	0.88	2.44	0.98	0.00	0.61	0.49	0.00	0.00	18.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.11	93.60	3.27	3228333	176169	71340	2032	7621	104829	25149	1778	5081	5081	44921	2968376	0.35	0.56
127.87	802.05	0.44	18.06	0.94	2.87	0.57	0.69	0.69	0.46	0.00	0.82	18.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.86	93.16	3.64	4957105	268927	98135	2744	10975	170792	59970	3136	20382	9799	77165	4524390	0.43	0.36
127.91	802.82	0.29	18.96	1.40	2.50	0.45	0.57	0.34	0.68	0.00	0.20	16.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.09	64.46	6.93	1504754	385662	150896	4506	18587	234766	91807	6759	7885	12391	92883	878079	0.49	0.30
127.95	803.58	1.17	26.83	0.21	1.37	0.00	0.00	0.32	0.53	0.00	0.70	12.36	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	12.31	91.73	1.67	6123649	364347	127297	1063	19670	237050	133969	1063	5848	6911	70413	5538440	0.56	0.33
127.99	804.35	0.00	23.67	0.77	1.93	0.00	0.11	0.75	0.86	0.00	0.37	14.00	0.09	0.38	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	13.48	34.71	6.75	1252013	529599	158610	1536	19203	370989	165915	5377	3841	13826	114059	372541	0.58	0.91

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Index of water depth	Rate of forest change (depth) [%/m]	Rate of forest change (age) [%/ka]	AP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	AP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	NAP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Temperate tree taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Mediterranean taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	*Pinus* (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Steppe taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]
116.50	-	0.01	-132.66		26.25	73.75	45.81	54.19	13.97	3.35	5.87	4.47
116.54	-	0.05	404.27		31.81	68.19	47.12	52.88	16.27	1.36	8.47	5.08
116.58	-	0.01	-174.91		25.72	74.28	41.79	58.21	9.96	2.34	6.44	3.90
116.62	-	0.04	2.56		28.25	71.75	43.14	56.86	13.78	2.79	4.47	5.96
116.66	-	0.02	-501.60		28.77	71.23	43.17	56.83	12.33	3.55	4.76	5.79
116.70	-	0.02	-39.07		31.97	68.03	47.88	52.12	18.51	2.81	6.61	5.29
116.74	-	0.05	-209.11		32.02	67.98	47.54	52.46	16.88	3.31	7.02	6.79
116.78	-	0.06	-196.74		37.38	62.62	49.75	50.25	17.85	4.31	8.00	7.69
116.82	-	0.48	-70.96		42.37	57.63	54.48	45.52	23.29	7.86	5.50	4.71
116.86	-	0.31	537.09		38.98	61.02	55.38	44.62	21.95	6.36	7.72	3.78
116.90	-	0.35	-251.73		31.60	68.40	44.72	55.28	14.40	1.99	8.58	7.05
116.94	-	0.42	99.01		35.80	64.20	49.23	50.77	15.28	3.40	11.11	4.79
116.98	-	0.74	852.41		35.07	64.93	47.73	52.27	16.60	2.77	9.38	4.30
117.02	-	0.52	151.45		22.41	77.59	38.26	61.74	10.66	1.12	3.27	6.73
117.06	-	0.33	-174.36		21.61	78.39	36.19	63.81	7.58	0.97	3.99	6.03
117.10	-	0.20	220.61		22.43	77.57	36.57	63.43	10.39	0.87	3.64	7.97
117.14	-	0.15	209.03		17.04	82.96	31.86	68.14	5.12	0.35	3.44	12.70
117.18	-	0.20	-97.78		15.03	84.97	26.84	73.16	2.41	0.52	2.33	15.69
117.22	-	0.11	106.17		15.15	84.85	30.25	69.75	4.72	0.54	2.81	15.42
117.26	-	0.22	-127.69		16.18	83.82	28.47	71.53	2.55	0.36	2.19	15.12
117.30	-	0.27	171.43		16.81	83.19	28.17	71.83	2.00	0.33	3.58	15.98
117.34	-	0.02	164.18		12.12	87.88	22.57	77.43	1.95	0.30	1.13	33.33
117.38	-	0.02	7.69		15.27	84.73	19.63	80.37	0.46	0.00	0.30	40.96
117.42	-	0.05	-4.02		14.41	85.59	18.39	81.61	0.42	0.00	0.70	44.84
117.46	-	0.01	-13.93		12.29	87.71	19.49	80.51	0.75	0.15	0.30	40.64
117.50	-	0.00	-39.09		11.75	88.25	20.15	79.85	0.46	0.15	0.46	38.30
117.54	-	0.03	57.07		13.04	86.96	20.09	79.91	1.76	0.00	0.22	41.49
117.58	-	0.01	21.80		14.83	85.17	19.20	80.80	0.74	0.00	0.07	42.10
117.62	-	0.01	-32.75		14.73	85.27	18.57	81.43	0.15	0.15	0.15	44.00
117.66	-	0.02	-6.38		12.02	87.98	19.42	80.58	0.30	0.00	0.45	42.05
117.70	-	0.03	-10.96		13.15	86.85	19.77	80.23	0.75	0.15	0.23	40.24
117.74	-	0.11	13.09		16.35	83.65	20.08	79.92	1.06	0.30	0.08	42.20
117.78	-	0.27	-6.76		12.64	87.36	19.78	80.22	0.60	0.00	0.76	41.73
117.82	-	0.21	-16.46		15.56	84.44	20.08	79.92	1.22	0.00	0.08	40.83
117.86	-	0.27	19.00		16.06	83.94	19.70	80.30	1.75	0.00	0.00	41.63
117.90	-	0.04	34.40		13.27	86.73	19.84	80.16	0.91	0.00	0.53	40.02
117.94	-	0.02	-61.82		12.51	87.49	19.42	80.58	0.15	0.00	0.61	41.45
117.98	720.84	0.67	-97.62	-9.35	14.15	85.85	20.58	79.42	0.77	0.31	0.54	37.95
118.04	721.46	0.08	-136.69	-13.10	17.07	82.93	25.02	74.98	0.66	0.49	3.85	29.20
118.08	721.88	0.06	-28.18	-2.70	19.48	80.52	27.16	72.84	1.11	0.32	6.25	30.08
118.12	722.30	0.03	-370.21	-35.47	18.01	81.99	27.18	72.82	0.78	0.31	5.74	28.87
118.16	722.71	0.01	-3.46	-0.33	24.10	75.90	33.38	66.62	1.76	1.03	11.32	27.04
118.20	723.13	0.03	-216.43	-20.74	24.42	75.58	33.10	66.90	2.10	0.00	12.66	26.99
118.24	723.55	0.19	1057.45	101.33	24.68	75.32	37.15	62.85	2.75	0.31	12.98	21.23
118.26	723.76	0.28	-609.39	-58.39	19.33	80.67	27.27	72.73	1.34	0.30	7.53	30.14
118.32	724.38	0.03	173.56	16.63	30.78	69.22	44.60	55.40	4.89	0.44	19.79	15.42
118.36	724.80	0.03	295.31	28.30	23.79	76.21	41.35	58.65	5.90	1.51	14.75	16.19
118.40	725.22	0.12	-87.63	-8.40	26.65	73.35	35.65	64.35	2.26	1.06	12.97	20.51
118.44	725.64	0.13	-428.27	-41.04	27.23	72.77	37.34	62.66	2.38	1.19	15.52	22.87
118.48	726.05	0.11	216.44	20.74	33.88	66.12	45.54	54.46	6.20	1.92	17.86	14.61
118.52	726.47	0.07	-321.08	-30.77	32.45	67.55	41.05	58.95	5.94	1.37	14.32	18.28

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Index of water depth	Rate of forest change (depth) [%/m]	Rate of forest change (age) [%/ka]	AP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	AP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	NAP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Temperate tree taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Mediterranean taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	*Pinus* (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Steppe taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]
118.56	726.89	0.73	97.46	9.34	39.18	60.82	47.36	52.64	6.82	1.48	19.05	11.26
118.60	727.31	0.51	630.60	60.42	36.51	63.49	46.01	53.99	7.81	1.01	17.65	10.42
118.64	727.72	0.34	-143.54	-13.75	26.88	73.12	33.79	66.21	1.68	0.61	12.33	21.60
118.68	728.14	0.07	351.18	33.65	28.82	71.18	36.38	63.62	2.51	0.44	14.60	22.71
118.72	728.56	0.62	-320.78	-30.74	25.13	74.87	29.83	70.17	0.89	0.30	10.60	28.90
118.76	728.98	0.25	-438.54	-42.02	28.95	71.05	35.88	64.12	1.80	0.90	13.99	20.50
118.80	729.39	0.23	238.68	22.87	34.44	65.56	43.92	56.08	4.99	0.45	18.99	13.77
118.84	729.81	0.79	53.09	5.09	33.79	66.21	39.77	60.23	4.07	1.60	16.19	18.01
118.88	730.23	0.37	-344.65	-33.02	29.77	70.23	38.72	61.28	4.83	1.06	14.50	18.27
118.92	730.65	0.58	-87.33	-8.37	38.67	61.33	45.31	54.69	6.98	1.60	18.04	14.84
118.96	731.06	0.69	375.53	35.98	37.66	62.34	46.75	53.25	11.39	1.92	15.02	12.72
119.04	731.90	0.17	-319.91	-30.65	25.82	74.18	32.54	67.46	4.79	1.05	7.25	18.99
119.08	732.32	0.21	-365.60	-35.03	28.03	71.97	38.67	61.33	6.10	2.59	9.76	14.49
119.12	732.73	0.18	-91.53	-8.77	33.30	66.70	45.13	54.87	9.87	1.67	13.82	10.33
119.16	733.15	0.26	37.48	3.59	36.62	63.38	46.94	53.06	12.95	3.92	10.69	8.74
119.20	733.57	0.23	-97.04	-9.30	37.89	62.11	46.65	53.35	16.10	2.49	8.64	8.78
119.22	733.78	0.18	-13.86	-1.33	37.09	62.91	47.55	52.45	14.61	1.48	10.48	7.67
119.28	734.40	0.16	50.41	4.83	37.88	62.12	47.59	52.41	13.50	1.82	11.68	7.89
119.32	734.82	0.20	-89.53	-8.58	39.04	60.96	46.69	53.31	13.45	5.08	9.42	8.97
119.36	735.24	0.15	68.48	6.56	40.00	60.00	48.37	51.63	12.25	5.38	12.02	7.92
119.40	735.65	0.21	120.16	11.51	37.02	62.98	47.19	52.81	12.76	4.65	9.83	7.81
119.44	736.07	0.11	-23.42	-2.24	31.16	68.84	45.06	54.94	11.98	2.10	10.63	8.54
119.48	736.49	0.28	33.40	3.20	35.40	64.60	46.23	53.77	11.73	4.05	11.38	10.34
119.52	736.91	0.14	-174.07	-16.68	33.99	66.01	44.75	55.25	13.70	4.11	7.00	10.81
119.56	737.32	0.04	-39.17	-3.75	26.88	73.12	47.97	52.03	13.83	2.56	11.58	6.46
119.60	737.74	0.00	27.69	2.65	31.59	68.41	48.83	51.17	16.35	4.20	7.95	6.00
119.64	738.16	0.06	-152.29	-14.59	33.02	66.98	48.13	51.87	15.30	3.03	9.47	5.00
119.68	738.58	0.29	122.28	11.72	38.90	61.10	50.78	49.22	14.59	5.11	11.58	7.37
119.72	738.99	0.20	165.42	15.85	36.73	63.27	48.58	51.42	15.15	5.15	8.18	6.06
119.76	739.41	0.11	-205.75	-19.72	32.33	67.67	45.75	54.25	11.48	3.83	10.82	9.27
119.80	739.83	0.06	145.67	13.96	33.03	66.97	49.49	50.51	9.55	0.75	19.39	8.20
119.84	740.25	1.01	880.12	84.33	36.19	63.81	46.44	53.56	11.75	3.16	11.67	8.43
119.88	740.66	1.25	343.87	32.95	14.31	85.69	30.54	69.46	4.42	0.00	6.48	25.30
119.92	741.08	0.30	-4.81	-0.46	17.48	82.52	24.02	75.98	1.50	0.60	3.45	32.44
119.96	741.50	0.46	227.14	21.76	17.71	82.29	23.88	76.12	1.91	0.15	3.16	34.10
119.98	741.71	0.48	-1283.79	-123.01	16.32	83.68	20.85	79.15	1.10	0.14	2.41	40.20
120.02	742.13	0.03	-106.94	-10.25	29.08	70.92	46.90	53.10	14.84	2.86	10.82	14.02
120.04	742.33	0.02	-90.96	-8.72	30.30	69.70	47.06	52.94	13.38	4.76	8.99	11.89
120.08	742.75	0.11	-34.54	-3.31	33.90	66.10	48.28	51.72	13.53	4.56	10.57	9.88
120.12	743.17	0.91	110.53	10.59	41.27	58.73	48.86	51.14	12.51	6.78	10.25	9.80
120.16	743.59	2.59	8.18	0.78	37.33	62.67	46.87	53.13	10.23	2.26	13.23	10.98
120.20	744.00	0.17	-106.40	-10.19	34.10	65.90	46.79	53.21	13.55	5.42	8.06	9.94
120.24	744.42	0.15	103.33	9.90	34.28	65.72	48.82	51.18	14.69	6.74	8.17	9.29
120.28	744.84	0.65	309.92	29.70	36.88	63.12	46.72	53.28	11.69	3.15	11.99	11.54
120.32	745.26	0.29	-553.72	-53.06	31.81	68.19	41.66	58.34	7.82	4.14	10.65	15.79
120.36	745.67	0.20	-110.21	-10.56	37.30	62.70	51.45	48.55	13.82	5.47	11.84	7.44
120.40	746.09	3.00	196.49	18.83	47.13	52.87	53.50	46.50	19.62	5.05	7.51	5.50
120.44	746.51	3.50	274.33	26.29	44.39	55.61	49.85	50.15	15.32	4.66	8.94	8.11
120.48	746.93	4.00	28.24	2.71	37.59	62.41	44.79	55.21	10.50	3.35	10.34	10.95
120.52	747.34	3.74	148.59	14.24	33.71	66.29	44.38	55.62	8.89	2.56	12.06	9.64
120.56	747.76	3.34	-259.20	-24.84	35.11	64.89	46.93	53.07	11.05	2.21	11.65	7.48

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Index of water depth	Rate of forest change (depth) [%/m]	Rate of forest change (age) [%/ka]	AP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	AP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	NAP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Temperate tree taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Mediterranean taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	*Pinus* (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Steppe taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]
120.60	748.18	7.83	279.59	26.79	39.61	60.39	46.25	53.75	8.83	3.14	13.17	11.52
120.64	748.60	0.69	-182.95	-17.53	29.72	70.28	41.51	58.49	7.27	1.06	12.49	12.26
120.68	749.01	1.46	89.86	8.61	37.49	62.51	46.70	53.30	7.76	3.17	14.42	8.72
120.72	749.43	0.94	-162.13	-15.54	36.29	63.71	45.66	54.34	8.56	1.78	14.05	10.66
120.76	749.85	0.16	122.47	11.74	30.24	69.76	46.24	53.76	9.27	2.24	14.58	9.12
120.80	750.27	0.11	82.64	7.92	23.23	76.77	43.55	56.45	8.72	3.16	11.95	11.27
120.84	750.68	0.27	-65.92	-6.32	27.74	72.26	41.93	58.07	6.52	1.19	13.42	14.97
120.88	751.10	0.48	203.87	19.53	34.44	65.56	43.35	56.65	2.23	0.15	21.72	15.77
120.92	751.52	0.09	577.72	74.95	21.17	78.83	39.37	60.63	1.95	0.90	14.75	17.37
120.96	751.83	0.02	-145.26	-22.24	22.34	77.66	28.71	71.29	1.48	0.15	7.31	31.44
120.98	751.96	0.14	679.96	104.10	23.83	76.17	30.07	69.93	0.88	2.49	6.07	30.14
121.00	752.09	0.35	-166.67	-25.52	21.57	78.43	23.90	76.10	0.75	0.00	3.67	36.25
121.04	752.35	0.43	110.44	16.91	23.65	76.35	27.04	72.96	0.91	0.00	5.44	30.51
121.08	752.61	1.29	163.62	25.05	21.70	78.30	25.04	74.96	1.06	0.00	3.84	33.92
121.12	752.87	1.70	-184.00	-28.17	19.74	80.26	21.78	78.22	0.00	0.00	1.55	35.98
121.16	753.13	3.37	87.63	13.42	23.24	76.76	25.50	74.50	0.15	0.00	4.78	33.66
121.21	753.46	1.93	-9.87	-1.51	20.16	79.84	23.13	76.87	0.59	0.00	2.94	35.75
121.25	753.72	2.92	96.56	14.78	21.66	78.34	23.43	76.57	0.15	0.00	3.64	34.31
121.29	753.98	0.89	4.86	0.74	19.51	80.49	21.79	78.21	0.30	0.00	2.40	36.29
121.33	754.24	1.55	43.86	6.71	19.08	80.92	21.02	78.98	0.29	0.00	1.86	37.37
121.37	754.50	2.19	-131.05	-20.06	16.73	83.27	18.33	81.67	0.25	0.00	1.68	43.78
121.41	754.77	1.79	47.89	7.33	20.23	79.77	23.34	76.66	0.60	0.15	2.79	34.20
121.45	755.03	2.35	84.63	12.96	19.10	80.90	21.63	78.37	0.00	0.00	3.95	37.50
121.49	755.29	2.78	-75.33	-11.53	18.70	81.30	20.38	79.62	0.44	0.00	2.03	38.44
121.53	755.55	2.58	-58.05	-8.89	20.22	79.78	22.18	77.82	0.60	0.00	2.69	35.99
121.57	755.81	2.03	36.44	5.58	20.39	79.61	22.98	77.02	0.00	0.00	3.86	36.31
121.61	756.07	2.96	-31.89	-4.88	19.93	80.07	22.58	77.42	0.15	0.00	3.06	34.51
121.65	756.33	6.19	0.47	0.07	21.69	78.31	23.33	76.67	0.15	0.00	2.49	35.15
121.69	756.59	10.56	123.54	18.91	20.74	79.26	22.68	77.32	0.72	0.00	2.87	36.13
121.73	756.86	9.00	-80.14	-12.27	18.10	81.90	20.15	79.85	0.43	0.14	0.99	39.82
121.77	757.12	1.90	-101.02	-15.47	19.22	80.78	22.30	77.70	0.15	0.00	2.52	33.10
121.81	757.38	2.68	56.00	8.57	20.88	79.12	24.15	75.85	0.29	0.00	4.57	32.13
121.85	757.64	6.27	-209.39	-32.06	20.17	79.83	22.89	77.11	0.15	0.00	4.71	36.69
121.89	757.90	10.20	-77.59	-11.88	23.62	76.38	26.85	73.15	0.15	0.29	7.55	32.09
121.93	758.16	5.13	26.77	4.10	25.11	74.89	28.41	71.59	0.59	0.00	8.34	28.64
121.97	758.42	0.42	-389.85	-59.68	20.66	79.34	28.67	71.33	1.22	0.00	7.76	27.23
122.00	758.62	0.05	444.13	67.99	19.82	80.18	34.80	65.20	1.25	0.31	12.07	21.79
122.04	758.88	0.06	6.63	1.02	18.18	81.82	25.98	74.02	0.15	0.31	6.36	31.57
122.08	759.14	0.04	-354.36	-54.25	14.79	85.21	25.69	74.31	0.15	0.61	5.81	31.33
122.12	759.40	0.13	178.16	27.28	24.41	75.59	32.31	67.69	0.77	0.00	11.81	24.85
122.16	759.66	0.06	-109.01	-16.69	18.48	81.52	28.41	71.59	1.05	0.15	7.30	30.57
122.20	759.93	0.08	58.17	8.91	22.75	77.25	31.61	68.39	0.00	0.16	11.26	26.27
122.26	760.32	0.16	-217.08	-33.23	24.06	75.94	31.16	68.84	0.00	0.16	10.02	23.14
122.30	760.58	0.16	47.49	7.27	23.58	76.42	33.38	66.62	1.07	0.31	11.62	24.16
122.34	760.84	0.18	-176.90	-27.08	21.07	78.93	32.77	67.23	0.46	0.15	11.52	24.13
122.38	761.10	0.35	6.48	0.99	24.76	75.24	35.84	64.16	0.61	0.31	14.33	22.06
122.42	761.36	0.55	168.83	25.85	26.71	73.29	36.01	63.99	0.60	0.15	15.93	20.25
122.44	761.49	0.34	-296.86	-45.45	24.79	75.21	37.66	62.34	3.20	0.00	12.30	15.84
122.48	761.75	0.24	441.09	67.53	22.27	77.73	40.55	59.45	2.02	0.31	17.67	16.34
122.52	762.02	0.06	12.80	1.96	19.77	80.23	31.35	68.65	0.92	0.15	10.32	24.77
122.56	762.28	0.09	-25.50	-3.90	16.32	83.68	30.68	69.32	1.65	0.00	9.55	25.11

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Index of water depth	Rate of forest change (depth) [%/m]	Rate of forest change (age) [%/ka]	AP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	AP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	NAP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Temperate tree taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Mediterranean taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	*Pinus* (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Steppe taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]
122.60	762.54	0.12	-347.75	-53.24	18.55	81.45	30.94	69.06	1.47	0.29	10.77	26.82
122.64	762.80	0.13	1.75	0.27	23.22	76.78	37.42	62.58	4.19	0.15	14.21	20.80
122.68	763.06	0.17	2.71	0.41	26.27	73.73	37.50	62.50	3.97	0.28	14.62	23.99
122.72	763.32	0.44	298.91	45.76	29.49	70.51	37.36	62.64	4.32	0.00	11.25	21.60
122.76	763.58	1.23	-1038.86	-159.04	23.88	76.12	31.69	68.31	3.10	0.00	8.53	28.34
122.80	763.84	0.14	934.02	142.99	35.02	64.98	50.86	49.14	2.20	0.00	29.52	9.25
122.84	764.11	0.71	106.79	16.35	26.70	73.30	33.71	66.29	2.71	0.14	12.62	26.96
122.88	764.37	0.41	-747.03	-114.37	23.66	76.34	31.85	68.15	1.49	0.15	9.58	27.63
122.92	764.63	1.02	-178.14	-27.27	33.98	66.02	46.26	53.74	4.48	0.42	21.00	14.00
122.96	764.89	0.18	-387.63	-59.34	30.20	69.80	48.89	51.11	13.00	0.30	16.69	9.75
123.00	765.15	0.56	341.70	52.31	39.57	60.43	55.65	44.35	22.32	2.07	11.23	3.10
123.04	765.41	0.89	-511.43	-78.30	36.95	63.05	50.40	49.60	21.46	1.04	8.51	4.74
123.08	765.67	0.26	210.25	32.19	42.59	57.41	58.63	41.37	25.40	1.48	11.81	2.21
123.12	765.93	2.50	485.11	74.27	43.12	56.88	55.15	44.85	21.22	0.89	13.65	4.01
123.16	766.20	0.37	264.25	40.46	29.86	70.14	47.22	52.78	9.89	0.60	16.70	10.19
123.20	766.46	0.19	393.08	69.21	24.64	75.36	43.23	56.77	5.78	0.62	16.56	11.56
123.24	766.68	1.00	157.63	29.12	24.76	75.24	34.28	65.72	2.08	0.00	12.73	25.01
123.28	766.90	0.39	23.07	4.26	25.42	74.58	31.21	68.79	1.63	0.00	9.55	26.36
123.32	767.12	1.44	-68.51	-12.65	24.24	75.76	30.82	69.18	0.74	0.00	10.11	28.49
123.36	767.33	2.50	318.45	58.82	21.13	78.87	32.02	67.98	0.44	0.15	11.41	28.53
123.40	767.55	0.06	-172.52	-31.87	14.54	85.46	26.49	73.51	0.90	0.30	5.99	32.65
123.44	767.77	0.23	-65.60	-12.12	22.23	77.77	29.39	70.61	0.58	0.00	8.46	29.77
123.48	767.98	0.09	202.62	37.43	22.59	77.41	30.60	69.40	0.60	0.00	9.76	26.96
123.52	768.20	0.55	48.61	8.98	21.65	78.35	26.93	73.07	0.88	0.15	6.75	32.28
123.56	768.42	1.36	-178.98	-33.06	20.41	79.59	25.79	74.21	0.43	0.00	6.55	33.13
123.60	768.63	1.86	252.75	46.68	24.92	75.08	29.33	70.67	0.59	0.00	7.79	28.79
123.64	768.85	0.32	-92.48	-17.08	20.29	79.71	24.86	75.14	0.15	0.00	5.29	32.19
123.68	769.07	1.31	153.35	28.33	20.72	79.28	26.24	73.76	0.87	0.00	5.90	29.71
123.72	769.28	0.73	-128.32	-23.70	19.62	80.38	23.64	76.36	0.59	0.15	3.91	34.53
123.76	769.50	0.87	164.33	30.35	20.57	79.43	25.81	74.19	0.87	0.29	4.95	32.76
123.80	769.72	1.00	-10.06	-1.86	19.27	80.73	23.04	76.96	0.45	0.00	2.89	34.28
123.84	769.93	1.81	-847.27	-156.50	18.64	81.36	23.08	76.92	0.88	0.00	3.24	33.99
123.88	770.15	1.60	59.45	10.98	26.48	73.52	38.43	61.57	9.26	0.29	8.75	14.70
123.92	770.37	0.97	-627.47	-115.90	23.86	76.14	37.52	62.48	5.98	1.20	10.92	13.01
123.94	770.47	0.37	352.24	65.06	24.65	75.35	43.22	56.78	7.79	1.50	13.94	10.04
123.96	770.58	0.50	-1242.58	-229.52	20.15	79.85	40.21	59.79	11.06	1.35	7.25	12.56
123.98	770.69	1.23	56.02	10.35	32.46	67.54	51.19	48.81	15.98	2.81	12.28	6.21
124.00	770.80	1.45	-149.00	-27.52	43.18	56.82	50.77	49.23	22.71	0.59	6.52	3.81
124.04	771.02	2.89	215.71	39.84	44.22	55.78	53.50	46.50	24.34	3.21	5.32	3.64
124.08	771.23	2.00	-166.84	-30.82	41.59	58.41	49.66	50.34	23.69	1.77	4.12	3.38
124.12	771.45	2.22	84.25	15.56	44.40	55.60	53.61	46.39	27.28	4.04	4.18	3.90
124.16	771.67	0.44	28.02	5.18	42.28	57.72	51.30	48.70	26.30	1.61	4.09	2.19
124.20	771.88	1.14	-109.59	-20.24	41.27	58.73	51.11	48.89	27.89	1.73	2.67	3.61
124.24	772.10	1.38	-57.78	-10.67	43.45	56.55	53.50	46.50	23.42	5.58	4.60	2.79
124.28	772.32	1.80	85.87	15.86	44.55	55.45	53.94	46.06	27.35	2.91	3.64	2.76
124.32	772.53	0.40	84.72	15.65	42.69	57.31	53.12	46.88	25.70	5.59	3.42	4.05
124.36	772.75	1.60	88.54	16.35	41.23	58.77	50.80	49.20	23.62	4.58	4.01	4.15
124.40	772.96	4.67	-250.75	-46.32	41.42	58.58	48.60	51.40	23.27	1.63	4.00	3.26
124.44	773.18	1.67	84.74	15.65	44.80	55.20	53.15	46.85	22.62	7.54	3.47	1.77
124.48	773.40	2.50	-11.94	-2.21	41.92	58.08	52.63	47.37	27.09	3.55	3.19	3.26
124.50	773.51	0.50	189.07	34.92	43.87	56.13	51.91	48.09	25.66	2.05	3.67	2.35

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Index of water depth	Rate of forest change (depth) [%/m]	Rate of forest change (age) [%/ka]	AP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	AP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	NAP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Temperate tree taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Mediterranean taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	*Pinus* (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Steppe taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]
124.52	773.61	1.86	-9.23	-1.70	43.15	56.85	51.69	48.31	23.20	7.60	1.90	5.16
124.56	773.83	1.10	-425.73	-78.64	41.33	58.67	50.32	49.68	22.64	3.51	4.45	2.63
124.60	774.05	3.00	395.83	73.11	49.87	50.13	57.68	42.32	29.72	2.37	5.03	0.89
124.64	774.26	1.22	-124.39	-22.98	41.74	58.26	50.83	49.17	22.96	4.83	3.00	4.83
124.68	774.48	3.25	-31.18	-5.76	44.75	55.25	53.60	46.40	24.84	4.04	5.05	3.18
124.72	774.70	0.45	288.43	53.28	47.68	52.32	58.29	41.71	30.59	7.38	4.11	2.62
124.76	774.91	1.89	-60.04	-11.09	38.21	61.79	49.78	50.22	23.93	4.46	2.03	4.60
124.80	775.13	2.43	-231.80	-42.82	41.79	58.21	50.26	49.74	24.68	2.55	3.97	2.98
124.84	775.35	0.71	-33.54	-6.20	45.46	54.54	54.21	45.79	23.13	7.33	3.95	3.30
124.88	775.56	6.75	-99.64	-18.40	49.11	50.89	57.75	42.25	34.77	2.42	3.31	3.57
124.92	775.78	1.36	378.01	69.82	46.74	53.26	56.40	43.60	26.87	7.51	2.67	2.31
124.96	776.00	2.11	23.56	4.35	39.98	60.02	49.86	50.14	23.29	3.71	3.29	4.14
125.00	776.21	0.62	143.67	26.54	41.53	58.47	49.38	50.62	20.22	0.73	7.49	5.82
125.04	776.43	0.75	10.94	2.02	36.87	63.13	46.88	53.12	12.61	2.82	10.90	9.20
125.08	776.65	0.66	498.60	92.10	36.06	63.94	46.53	53.47	14.44	1.79	10.79	9.97
125.12	776.86	1.71	554.70	102.46	26.84	73.16	37.32	62.68	5.08	0.90	10.76	18.69
125.16	777.08	1.06	-9.28	-1.71	22.77	77.23	26.96	73.04	1.30	0.29	6.73	31.72
125.20	777.30	1.46	5.98	1.10	21.94	78.06	27.12	72.88	1.31	0.58	5.68	31.61
125.24	777.51	0.44	-57.70	-10.66	19.82	80.18	26.91	73.09	2.16	0.43	5.39	30.62
125.28	777.73	0.75	-830.48	-153.40	20.77	79.23	28.12	71.88	3.22	0.73	4.83	26.03
125.32	777.95	0.33	-339.72	-62.75	27.96	72.04	43.14	56.86	13.24	3.38	6.62	11.18
125.36	778.16	0.53	37.45	6.92	32.90	67.10	49.05	50.95	15.22	6.06	8.20	7.54
125.38	778.27	0.39	224.96	36.36	35.45	64.55	48.88	51.12	19.38	3.35	6.34	8.45
125.40-125.43	778.49	0.51	-425.15	-88.34	32.04	67.96	60.07	39.93	32.34	8.58	17.16	27.06
125.46	778.70	1.41	275.70	50.92	42.72	57.28	53.83	46.17	23.76	3.86	5.87	4.60
125.48	778.81	1.06	-105.44	-19.48	38.67	61.33	51.47	48.53	19.85	4.71	6.62	6.91
125.52	779.03	0.33	-9.02	-1.67	35.83	64.17	53.18	46.82	18.67	5.04	7.78	3.85
125.56	779.24	1.43	60.79	11.23	42.91	57.09	53.76	46.24	22.53	3.80	6.29	2.93
125.60	779.46	0.40	96.80	17.88	43.42	56.58	52.78	47.22	18.38	3.76	9.26	3.62
125.64	779.68	0.29	-39.84	-7.36	37.59	62.41	50.47	49.53	15.95	5.02	8.05	4.58
125.68	779.89	0.08	-8.04	-1.48	40.32	59.68	51.68	48.32	19.54	4.60	5.67	5.46
125.72	780.11	0.88	30.19	5.58	44.04	55.96	51.66	48.34	17.16	5.09	8.80	3.78
125.76	780.33	0.27	-33.23	-6.14	44.83	55.17	51.32	48.68	20.98	3.62	6.80	4.77
125.80	780.54	1.64	-133.39	-24.64	46.95	53.05	51.38	48.62	18.14	3.84	9.15	6.49
125.84	780.76	3.82	189.99	35.09	44.54	55.46	54.04	45.96	19.74	2.03	10.96	3.63
125.86	780.87	2.50	598.11	110.48	43.41	56.59	52.08	47.92	18.65	5.48	8.07	4.74
125.88	780.98	1.00	804.34	148.57	29.00	71.00	47.18	52.82	18.35	1.32	8.15	7.49
125.90	781.09	1.55	750.29	138.59	29.49	70.51	39.71	60.29	8.70	1.45	10.08	16.67
125.92	781.19	1.14	-475.28	-87.79	24.78	75.22	32.90	67.10	3.90	1.15	8.81	22.81
125.94	781.30	1.20	-214.17	-39.56	29.47	70.53	37.26	62.74	7.61	1.29	9.55	17.95
125.96	781.41	1.14	155.99	28.81	30.71	69.29	39.20	60.80	4.80	0.58	13.68	18.48
125.98	781.52	0.72	-1935.95	-357.59	31.04	68.96	37.71	62.29	4.33	1.15	13.34	20.91
126.00	781.63	0.70	61.15	11.29	48.18	51.82	54.88	45.12	21.45	2.66	10.13	4.29
126.04	781.84	1.66	200.65	37.06	45.07	54.93	54.17	45.83	17.13	2.93	13.69	3.95
126.08	782.06	0.55	-143.21	-26.45	38.53	61.47	50.47	49.53	17.33	3.82	9.11	5.58
126.12	782.28	0.34	55.65	10.28	42.46	57.54	53.19	46.81	16.85	2.76	11.69	4.94
126.16	782.49	0.64	-69.66	-12.87	44.12	55.88	53.97	46.03	18.32	3.21	11.70	4.14
126.20	782.71	0.56	-65.40	-12.08	45.97	54.03	52.92	47.08	17.04	2.50	10.87	5.29
126.24	782.93	1.05	185.05	34.18	45.50	54.50	54.14	45.86	15.02	3.09	15.68	3.83
126.28	783.14	3.06	-116.84	-21.58	43.86	56.14	51.08	48.92	17.36	4.12	7.43	4.12

Tab. A6: (fortgesetzt).

Depth [m]	Age [ka]	Index of water depth	Rate of forest change (depth) [%/m]	Rate of forest change (age) [%/ka]	AP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	NAP (incl. Poaceae, Cyperaceae) [%]	AP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	NAP (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Temperate tree taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Mediterranean taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	*Pinus* (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]	Steppe taxa (excl. Brass., Po., Cyp.) [%]
126.32	783.36	2.90	51.26	9.47	41.36	58.64	52.97	47.03	22.44	2.36	7.31	6.79
126.36	783.58	0.50	16.24	3.00	44.55	55.45	52.44	47.56	21.48	4.06	6.17	5.22
126.40	783.79	2.16	-62.98	-11.63	38.66	61.34	51.73	48.27	19.76	5.71	5.78	4.54
126.44	784.01	3.21	-59.07	-10.91	32.32	67.68	53.02	46.98	21.36	5.45	6.85	5.16
126.48	784.23	1.78	62.98	11.63	40.84	59.16	54.30	45.70	24.01	5.35	5.21	4.19
126.52	784.44	0.67	-86.94	-16.06	37.59	62.41	53.25	46.75	19.54	5.64	7.09	5.50
126.56	784.66	0.65	-62.93	-11.62	35.89	64.11	54.97	45.03	19.89	4.94	9.73	3.34
126.60	784.88	0.48	1.94	0.36	46.36	53.64	55.45	44.55	21.82	6.34	7.89	3.10
126.64	785.09	0.27	227.37	42.00	45.74	54.26	55.51	44.49	23.10	4.24	8.33	4.53
126.68	785.31	0.41	-146.11	-26.99	42.44	57.56	51.63	48.37	27.52	1.90	1.39	6.30
126.72	785.52	0.41	109.60	20.24	43.20	56.80	53.88	46.12	22.81	1.91	8.39	4.41
126.76	785.74	0.05	-129.49	-23.92	37.36	62.64	52.77	47.23	21.12	2.89	8.17	2.60
126.80	785.96	0.06	55.87	10.32	41.99	58.01	54.46	45.54	24.42	3.82	6.84	3.53
126.84	786.17	0.27	86.57	15.99	41.33	58.67	54.70	45.30	24.40	4.19	5.56	3.18
126.88	786.39	0.29	77.11	14.24	42.06	57.94	52.77	47.23	23.71	2.50	6.63	4.12
126.92	786.61	0.06	120.66	22.29	35.73	64.27	50.78	49.22	19.87	3.11	7.04	3.41
126.96	786.82	0.15	-449.02	-82.94	38.30	61.70	51.25	48.75	21.50	2.34	6.54	4.21
126.98	786.93	0.15	19.62	3.62	42.42	57.58	54.39	45.61	25.94	3.36	3.97	2.59
127.02	787.04	0.46	31.05	5.74	35.37	64.63	52.92	47.08	19.64	5.10	5.85	2.70
127.06	787.15	0.44	27.84	5.14	38.04	61.96	53.02	46.98	15.45	6.06	8.63	3.33
127.10	787.37	0.63	21.94	4.05	36.64	63.36	52.46	47.54	20.92	3.88	5.68	2.09
127.14	787.58	0.36	77.50	14.31	37.98	62.02	54.32	45.68	22.96	5.77	5.09	2.61
127.18	787.80	1.22	97.69	18.04	33.73	66.27	52.08	47.92	19.83	4.18	5.96	2.79
127.22	788.02	0.27	-308.55	-56.99	34.36	65.64	50.10	49.90	18.63	3.88	5.20	3.57
127.26	788.23	4.58	1134.72	94.74	48.41	51.59	58.14	41.86	30.30	5.35	4.64	3.13
127.30	788.45	0.90	219.21	9.21	29.51	70.49	43.01	56.99	11.72	1.73	3.65	3.84
127.34	788.93	0.24	164.29	6.90	23.52	76.48	39.89	60.11	9.43	1.40	2.91	2.61
127.38	789.88	0.60	-13.57	-0.57	21.56	78.44	37.36	62.64	6.46	0.62	2.29	3.33
127.42	790.83	2.00	-350.04	-14.70	21.97	78.03	37.66	62.34	8.44	1.03	1.13	3.50
127.46	791.79	0.20	250.65	10.53	24.24	75.76	41.72	58.28	8.14	1.70	7.57	3.97
127.52	794.17	0.33	64.88	2.72	22.70	77.30	37.67	62.33	7.04	1.28	1.92	3.63
127.56	795.12	0.43	-141.87	-5.96	20.17	79.83	35.73	64.27	4.65	0.42	3.70	3.80
127.58	795.60	0.40	-69.27	-2.91	22.24	77.76	34.64	65.36	4.11	0.78	4.21	7.43
127.63	796.79	0.25	-301.02	-12.64	22.49	77.51	36.53	63.47	6.85	2.15	1.76	3.52
127.67	797.74	0.28	304.18	12.77	27.38	72.62	41.28	58.72	8.25	0.92	7.42	5.13
127.71	798.69	0.05	54.42	2.29	24.39	75.61	35.08	64.92	4.87	1.69	4.50	11.62
127.75	799.64	0.11	-622.02	-28.53	22.66	77.34	33.64	66.36	2.22	0.19	6.66	7.03
127.79	800.52	0.04	-177.77	-9.27	30.99	69.01	39.57	60.43	3.87	0.93	13.92	9.44
127.83	801.28	0.26	221.47	11.55	35.13	64.87	41.70	58.30	4.45	1.19	15.96	8.17
127.87	802.05	0.35	-150.39	-7.84	29.56	70.44	39.48	60.52	4.42	1.10	11.75	8.67
127.91	802.82	0.14	238.25	12.43	31.16	68.84	39.94	60.06	4.92	1.19	12.45	7.31
127.95	803.58	0.43	282.15	14.71	25.49	74.51	35.51	64.49	5.49	0.30	9.79	12.31
127.99	804.35	0.47	1216.62	63.45	22.63	77.37	30.17	69.83	3.65	0.29	6.65	28.78

Abb. A14: Prozentwerte und Konzentrationen von Palynomorphen, Index der Waldzusammensetzung, Index der Aridität, Index der lokalen Wassertiefe, Rate der Waldveränderung, Lithologie sowie Glühverlust und Wassergehalt der Sedimente des Tiefenintervalls 116,50 m bis 127,99 m von Tenaghi Philippon. Graue Linien entsprechen einer Überhöhung um den Faktor 5.

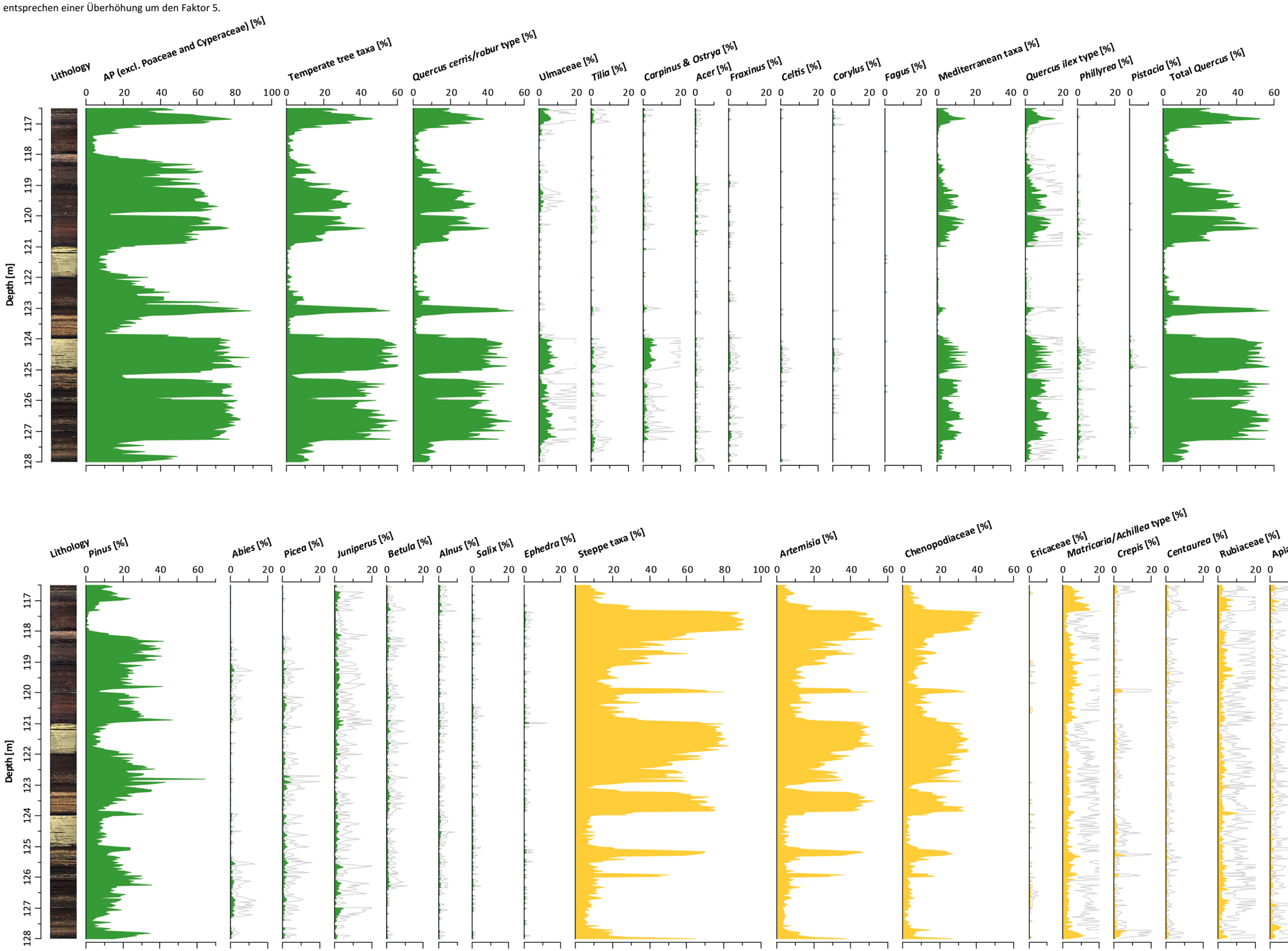
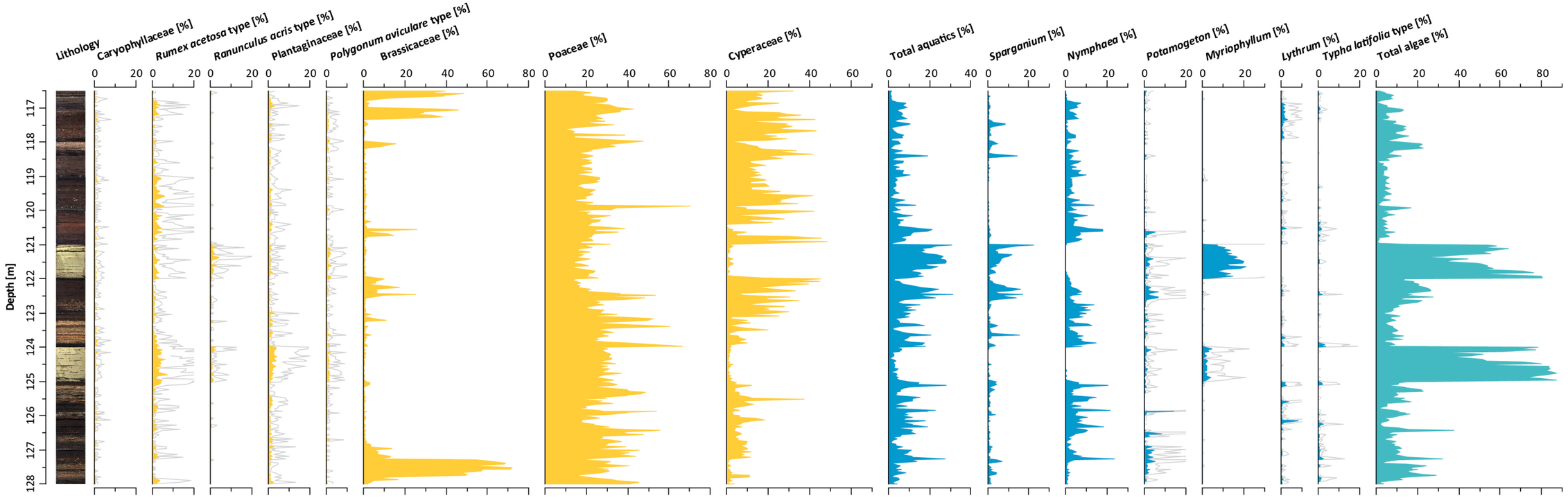


Abb. A14: (fortgesetzt).



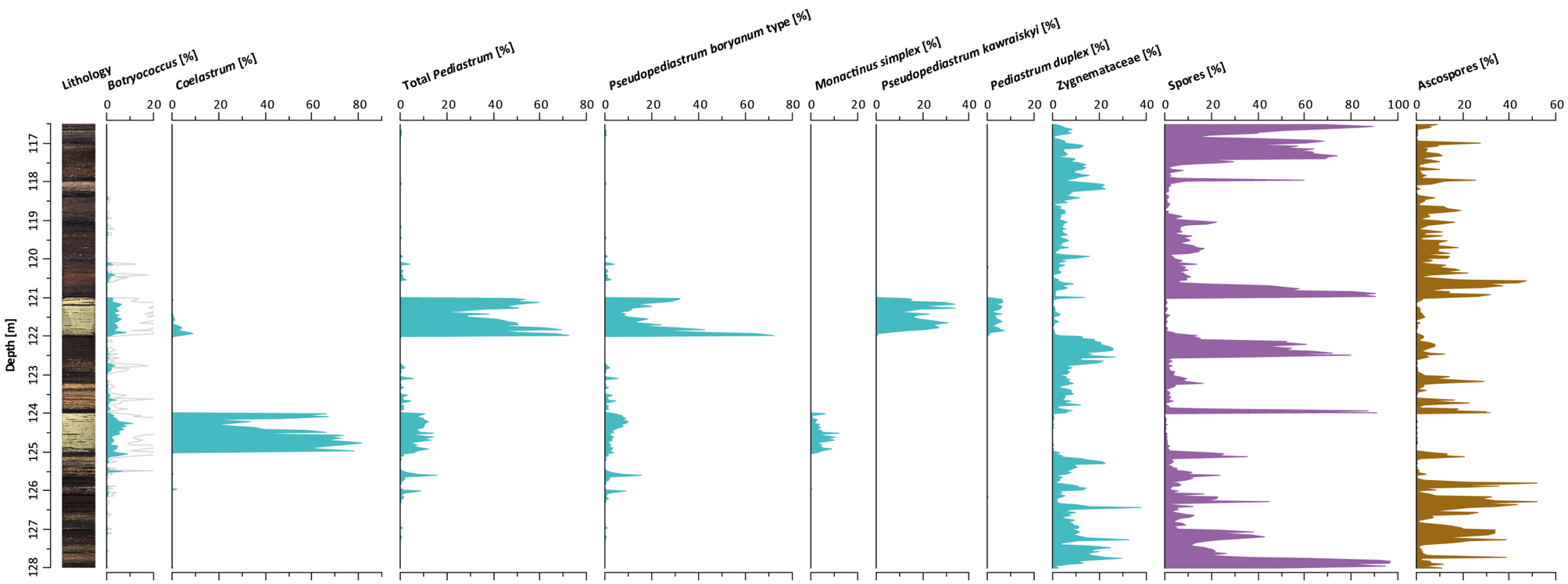
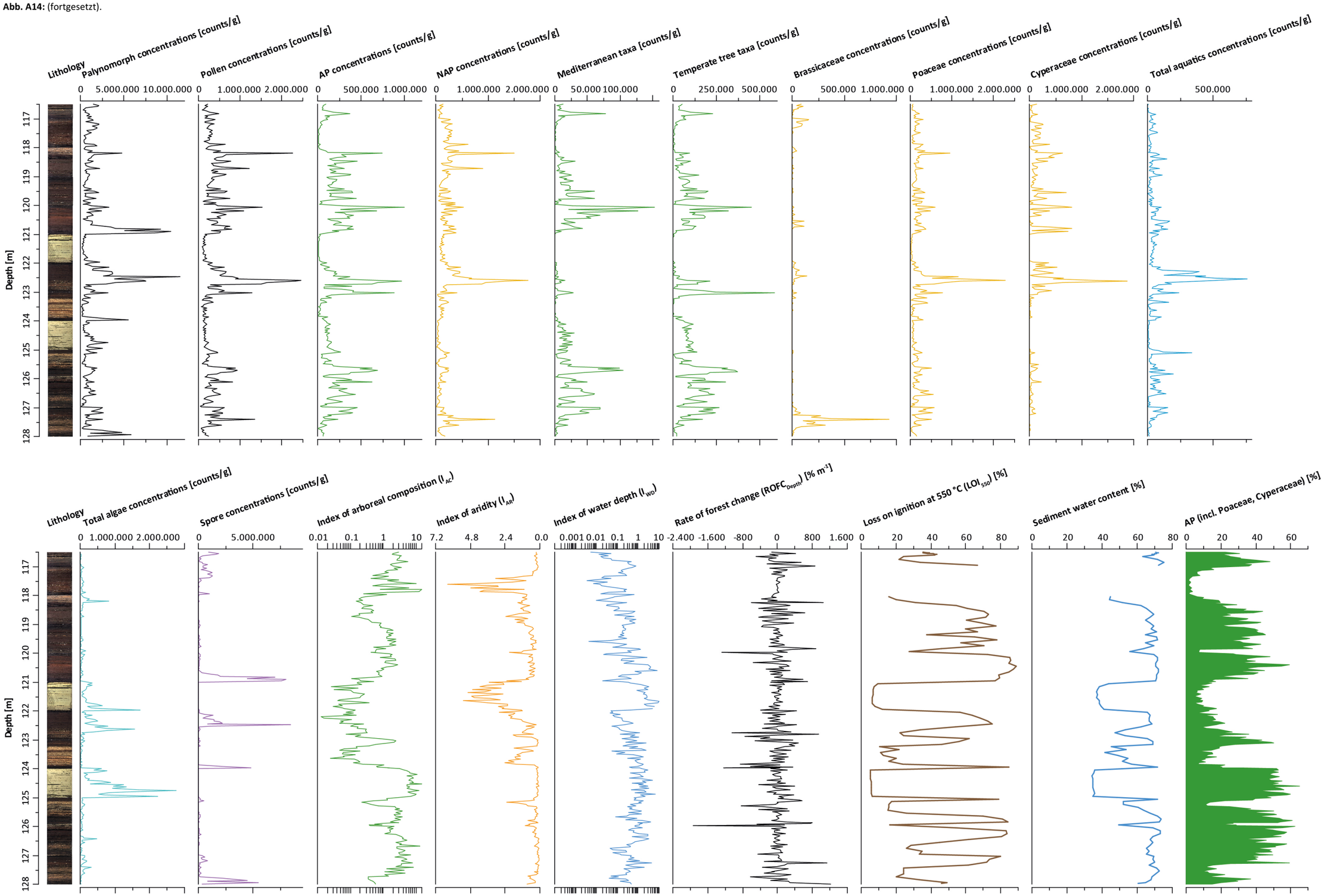


Abb. A14: (fortgesetzt).



Eidesstattliche Versicherung gemäß § 8 der Promotionsordnung der Naturwissenschaftlich-Mathematischen Gesamtfakultät der Universität Heidelberg

1. Bei der eingereichten Dissertation zu dem Thema

Klima- und Vegetationsdynamik während des Marinen Isotopenstadiums 19 in Tenaghi Phil-
Ippon (nordöstliches Griechenland)

handelt es sich um meine eigenständig erbrachte Leistung.

2. Ich habe nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und mich keiner unzulässigen Hilfe Dritter bedient. Insbesondere habe ich wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Inhalte als solche kenntlich gemacht.

3. Die Arbeit oder Teile davon habe ich ~~wie folgt~~/bislang nicht[1)] an einer Hochschule des In- oder Auslands als Bestandteil einer Prüfungs- oder Qualifikationsleistung vorgelegt.

Titel der Arbeit: _____

Hochschule und Jahr:_____

Art der Prüfungs- oder Qualifikationsleistung:_____

4. Die Richtigkeit der vorstehenden Erklärung bestätige ich.

5. Die Bedeutung der eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unrichtigen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung sind mir bekannt.

Ich versichere an Eides statt, dass ich nach bestem Wissen die reine Wahrheit erklärt und nichts verschwiegen habe.

_____ _____

Ort und Datum Unterschrift

[1)]Nicht Zutreffendes streichen. Bei Bejahung sind anzugeben: der Titel der andernorts vorgelegten Arbeit, die Hochschule, das Jahr der Vorlage und die Art der Prüfungs- oder Qualifikationsleistung.

12/2012