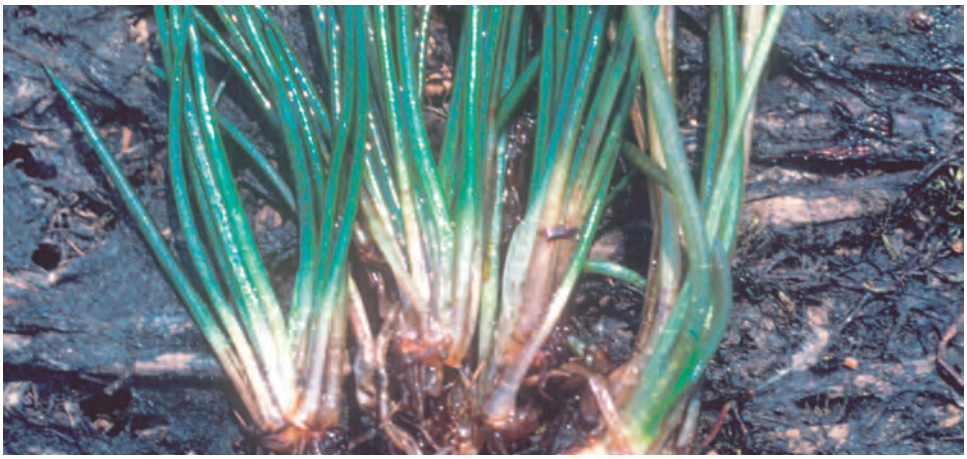
11 000 Jahre Vegetationsentwicklung in der südlichen Lüneburger Heide

Mit einem Beitrag zur spät- und nacheiszeitlichen Geschichte der *Isoëtes*-Arten in Norddeutschland

Ines V. Gildenstern, Falko Turner



Isoëtes lacustris, Kartuzy (Polen), 1978. Foto: Dr. B. Gries.

Abstract

Not only large-scale processes but also local vegetational developments and the genesis of lakes and mires are in the focus of modern palaeoecological research. Here we reconstruct the genesis and vegetation history of the Dieckmoor, a small peatland localised in the Southern Lüneburg Heath in Lower Saxony, using palynological and plant macrofossil analysis. Sediments cover the entire Holocene, including the typical succession from early Holocene birch-pine forest over pine and mixed deciduous forest to late Holocene beech forest as well as increasing anthropogenic influence during the second part of the Holocene. Neolithic agriculture is indicated by increased amounts of *Plantago lanceolata*, *Rumex* and *Artemisia* in sediments. The onset of heathland formation is ascribed to the Neolithic period, too. Analyses reveal a succession to a raised *Sphagnum* bog exemplary for the Pleistocene morainic area, starting with a Preboreal shallow and oligotrophic lake, which silted up during the Boreal and was characterised by the dominance of *Isoëtes echinospora*. A compilation of pollen diagrams from Northern Germany reveals differences in occurrence of both *Isoëtes*-species in Holocene lake development. *Isoëtes echinospora* typically occurred already during the late Allerød plus the Preboreal and disappeared in most sites during the middle Holocene due to the natural aging and acidification of lakes. *Isoëtes lacustris*

was facilitated by this acidification process and occurred during middle to late Holocene times. Thus differences in vegetation history highlight different ecological niches of both *Isoëtes*-species and their consequences for environmental protection.

Einleitung

Mit Fragestellung nach Ursprung, Alter und Natürlichkeit der Heidelandschaft steht die Lüneburger Heide seit nahezu einem Jahrhundert im Fokus vegetationsgeschichtlicher Forschungen (z. B. Overbeck & Schmitz 1931, Selle 1936, Borngässer 1941). Obwohl der grundsätzliche anthropogene Einfluss – die Übernutzung und damit verbundene „Verödung" – auf die Entstehung der Heide seit einiger Zeit geklärt ist (z. B. Overbeck 1975), sind dennoch viele Fragen insbesondere zu lokalem Zusammenspiel und Zeitfolgen von Vegetations-, Siedlungs- und Moorentwicklung weiter offen. Im Mittelpunkt dieser pollenanalytischen und stratigraphischen Untersuchung steht daher die Rekonstruktion der lokalen Vegetations- und Moorgeschichte des in der südlichen Lüneburger Heide gelegenen Dieckmoors im Licht der nacheiszeitlichen Klimaentwicklung als Beispiel für die Entstehung zahlreicher Klein- und Kleinstmoore in der Lüneburger Heide. Zudem soll ermittelt werden, in welchem Ausmaß die Landschaft der Region bereits durch prähistorische Jäger- und Bauernkulturen, insbesondere im Rahmen der neolithischen Besiedlung, verändert wurde.

Die Existenz frühholozäner Seesedimente im Dieckmoor mit dem Nachweis von *Isoëtes echinospora* bietet zudem die Möglichkeit, exemplarisch die Entwicklung von Stillgewässern der pleistozänen Sandlandschaften nachzuvollziehen, deren primärer naturnaher Zustand häufig als oligo- bis dystroph angegeben wird (z. B. Pott 1983). Darauf basierend wird analysiert, inwieweit die spät- und nacheiszeitliche Geschichte der *Isoëtes*-Arten in Norddeutschland deren Verwendung als Indikatoren oligotropher Gewässer rechtfertigt bzw. welche Rückschlüsse auf die Seenentwicklung aus dem Nachweis ehemaliger *Isoëtes*-Vorkommen getroffen werden können.

Das Untersuchungsgebiet

Das etwa 30 ha große Dieckmoor liegt westlich der Ortschaft Langeloh im Heidekreis, im südlichen Teil der Lüneburger Heide, ca. 5 km südlich von Schneverdingen (Abb. 1). Nach Montag (1966) handelt es sich um ein kleines zerstochenes Hochmoorgebiet auf zwei Ausblasungsmulden mit angrenzendem Flugsandrücken am Rande des Neuenkirchener Endmoränenzuges (Saale-Eiszeit). Im Südwestteil befindet sich der ca. 1,3 ha große Birkensee (Abb. 1). Der Untergrund besteht hauptsächlich aus glazifluviatilen Sanden (Reuter & Schneider 1994). Diese Sande wurden durch das dem Aller-Urstromtal zufließende Oberflächenwasser transportiert und ließen eine leicht in südsüdwestlicher Richtung abfallende, ebene Fläche im Bereich der Sanderflächen und Grundmoränenplatten entstehen (Meisel 1964). Die Böden im Untersuchungsraum sind daher meist basenarm und durch die frühere

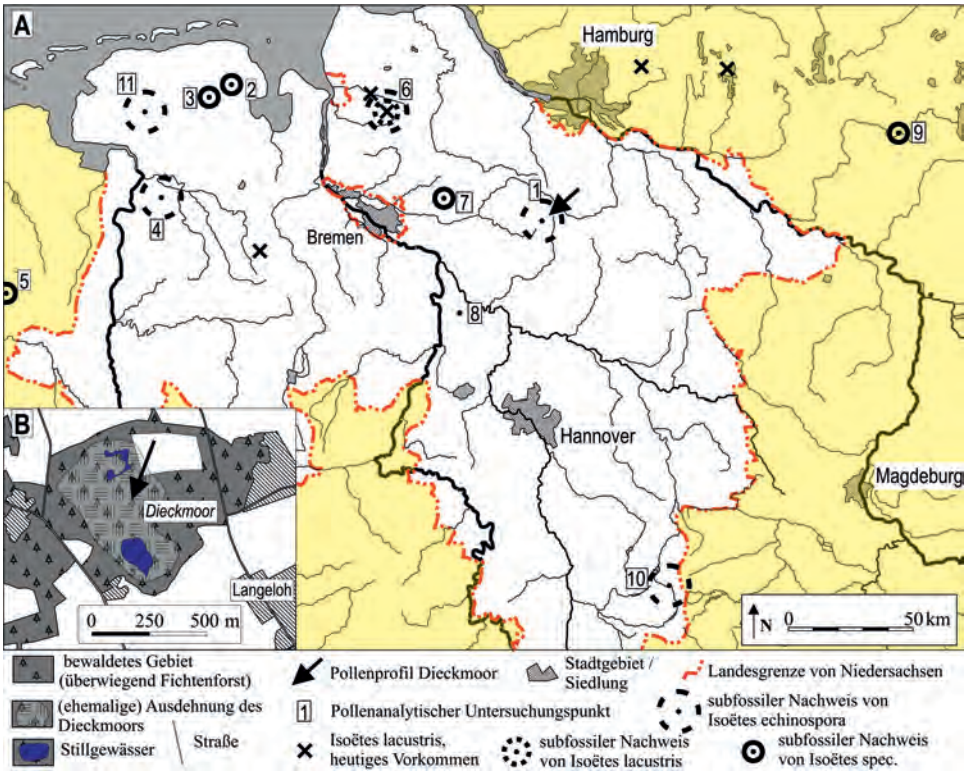


Abb. 1 A) Niedersachsen und Umgebung, mit Lage des Dieckmoors, heutigen Vorkommen von *Isoëtes lacustris* (nach Vöge 1999, Garve 2007) und spät- bzw. nacheiszeitlichen Nachweisen von *Isoëtes*-Arten (zu den Nummern 1–11 vgl. Abb. 4); B) Lage der Profilentnahmestelle des Profils „Dieckmoor".

Heidenutzung stark podsoliert. Das Klima des Untersuchungsgebietes ist gemäßigt-subatlantisch. Die allgemein mäßig warmen und regenreichen Sommer sowie die milden Winter begünstigen hier die Entstehung von Mooren. Durch Entwässerung und Aufforstung ist das Dieckmoor heute zu großen Teilen mit Birken, Kiefern und Fichten bestockt (Abb. 1). Typische Niedermoor- und zu einem kleinen Teil auch Hochmoorvegetation finden sich noch in ehemaligen Torfstichen und dem Verlandungsbereich der größeren Gewässer.

Methoden

Nach der Sondage des Dieckmoors erfolgte die Entnahme eines Bohrprofils („DM I", 165 cm) für palynologische Untersuchungen im Handbohrverfahren mit Hilfe eines Russischen Kammerbohrers mit einer Rohrschaftlänge von 50 cm. Für die chemisch-physikalische Aufbereitung wurde das Profil in 1-cm-Stücke

zerschnitten. Die Proben wurden nach der Kalilauge-Azetolyse-Methode von Erdtman (1954) bzw. Berglund & Ralska-Jasiewiczowa (1986) behandelt. Die oberen zehn Zentimeter mussten in zwei größeren Proben (jeweils 5 cm Abstände) zusammengefasst werden. Die bei der Aufbereitung ausgesiebten pflanzlichen Makroreste wurden anhand einer Vergleichssammlung des Instituts für Geobotanik (Hannover) bestimmt. Es wurden 62 Proben palynologisch ausgewertet und jeweils bis zu einer Summe von 500 Baumpollenkörnern ausgezählt, wobei Pollenkörner von *Corylus avellana* (Hasel) nicht der Baumpollensumme zugerechnet wurden. Die Bestimmung der Palynomorphen erfolgte nach Beug (2004) und mit Hilfe der Vergleichssammlung des Instituts für Geobotanik. Die prozentualen Anteile einzelner Palynomorphen wurden auf die Summe der Baumpollenkörner bezogen. Zusätzlich wurde das Verhältnis von Baumpollen (AP) zu Nichtbaumpollen (NAP) bezogen auf die Summe aller erfassten Pollenkörner berechnet, und die Anteile von *Pinus* und *Betula* ebenfalls auf diese Gesamtpollensumme bezogen.

Die grafische Darstellung der Anteile einzelner Palynomorphen des untersuchten Profils „DM I“ sowie der zu Vergleichszwecken hinzugezogenen Profile erfolgte mit Hilfe der Computerprogramme „Microsoft Excel 2003“, „TILIA 1.7“ und „Corel Draw 13“ (Abb. 2). Das Diagramm „DM I“ wurde in lokale Pollenzonen (PZ) eingeteilt. Die biostratigraphische Zonierung wurde – basierend auf gemeinsamen Trends im AP/NAP-Verhältnis und Prozentanteilen von Taxa, deren Verlauf in unterschiedlichen Diagrammen als synchron angesehen wird – in Anlehnung an publizierte Palynostratigraphien Norddeutschlands und angrenzender Regionen vorgenommen (z. B. Firbas 1949, Overbeck 1975). Die Korrelation der verschiedenen in Abb. 5 verwendeten Pollendiagramme erfolgte ebenfalls nach biostratigraphischen Kriterien, da unabhängige Altersbestimmungen zumeist fehlen. Lediglich für das Profil „Löddigsee“, für das aus verschiedenen Tiefen absolute Altersangaben mit Hilfe der Radiokarbonmethode vorliegen (Jahns 2006), wurde mit den Programmen „BCal“ und „psimpoll“ zusätzlich ein Zeit-Tiefen-Modell errechnet.

Ergebnisse

Stratigraphie des Profils „DM I“

Tab. 1 zeigt die Stratigraphie des geborgenen Profils, wobei sich die Einteilung in lithostratigraphische Einheiten aus der Geländeansprache und der Dominanz von Makroresten (Laboranalyse) zusammensetzt. Die Lithostratigraphie zeigt eine typische Sukzession von limnischem bzw. Niedermoortorf über Bruchwaldtorf, *Sphagnum-Eriophorum*-Torf bis zu Ericaceen-Reisern.

Beschreibung der pollenanalytischen Ergebnisse

PZ 1 (165 – 162 cm), drei Proben (Präboreal a, Overbeck Zone V)

Betula dominiert mit Werten um die 50 % (der Baumpollensumme), zeigt jedoch eine abnehmende Tendenz, während die *Pinus*-Werte von 40 % auf 60 % ansteigen. *Juniperus* ist mit Werten bis 5 % vertreten. NAP, insbesondere heliophile Elemente *(Rumex, Thalictrum, Artemisia),* sind mit

den höchsten Werten im Spektrum vertreten. Pollen von Wasserpflanzen und Sporen von *Isoëtes echinospora* zeigen maximale Anteile.

PZ 2 (161 – 158 cm), vier Proben (Präboreal b, Overbeck Zone V)

Pinus zeigt einen weiteren Anstieg auf Werte um 80 %, *Betula* nimmt zunächst ab mit einem kleinen Gipfel zum Ende der Zone. NAP wie *Juniperus, Artemisia, Rumex, Vaccinium,* Chenopodiaceen und Rosaceen kommen weiterhin vor, abgesehen von Rumex und *Filipendula* jedoch mit rückläufigen Werten. Pollenkörner von Wasserpflanzen und Sporen von *Isoëtes* verschwinden innerhalb dieser PZ weitgehend aus dem Spektrum.

PZ 3 (157 – 149 cm), sieben Proben (Boreal, Overbeck Zone VI)

In dieser PZ beginnt die geschlossene Kurve von *Corylus avellana*. Die *Pinus*-Kurve steigt weiter an auf Werte um 90 %. Die *Betula*-Kurve fällt weiter und pendelt sich bei Werten zwischen 10 % und 20 % ein. Auffällig ist die Probe in 151 cm Tiefe mit einem ausgeprägten Maximum von *Salix, Juniperus,* Cyperaceen und anderen NAP. *Pinus* fällt auf 40 % zurück, während der Anteil an *Betula* wieder auf 60 % steigt. *Quercus, Ulmus* und *Tilia* treten vereinzelt auf.

PZ 4 (148 – 140 cm), fünf Proben (Boreal, Overbeck Zone VII)

Die *Corylus avellana*-Kurve erreicht ihren Gipfel zur Mitte dieser PZ mit Werten bis knapp 60 % und fällt dann wieder leicht ab. Vereinzelt tritt *Hedera* auf. Ulmus und *Quercus* zeigen eine geschlossene Kurve und auch *Alnus* und *Tilia* treten vermehrt auf. Pinus ist mit Werten um 80 % vertreten.

PZ 5 (138 – 122 cm), neun Proben (Atlantikum, Overbeck Zone VIII)

Massenausbreitung von *Alnus, Ulmus, Tilia* und *Quercus*. *Alnus* erreicht Werte um die 20 %, die *Quercus*-Kurve steigt langsam auf Werte über 10 %. Die Kurven von *Ulmus* und *Tilia* steigen auf Werte zwischen 4 % und 8 % an und erreichen zum Ende dieser PZ ihren jeweiligen Höchstwert. Zu verzeichnen sind einzelne Pollenkörner von *Viscum album* und *Hedera helix*. *Pinus* zeigt in dieser PZ abnehmende Werte von 80 % auf 40 %. Die *Corylus*-Kurve fällt zur Mitte dieser PZ auf 15 % und geht dann zum Ende der PZ einem neuen Maximum

Tab. 1 Stratigraphie des Profils „DM I“ (Tiefenangaben in Meter)

0,00 – 0,05:	Ericaceen-Torf (mit Poaceen)
0,05 – 0,34:	Ericaceen-Torf
0,34 – 1,10:	*Sphagnum-Eriophorum*-Torf
1,10 – 1,18:	*Eriophorum*-Ericaceen-Torf
1,18 – 1,30:	*Eriophorum*-Cyperaceen-Torf
1,30 – 1,38:	*Sphagnum-Eriophorum*-Torf
1,38 – 1,46:	Bruchwaldtorf
1,46 – 1,65:	stark zersetzter Cyperaceen-Niedermoortorf bis Detritusmudde
< 1,65:	Sand

mit Werten um 40 % entgegen. Außerdem kommen erste Pollenkörner von *Plantago lanceolata* sowie *Fagus* und *Carpinus* vor. Sporen des Adlerfarns *(Pteridium aquilinum)* kommen mit Werten bis 1 % vor.

PZ 6 (98 – 118 cm), neun Proben (Subboreal, Overbeck Zone IX)

Die *Fagus*-Kurve steigt in dieser Phase sehr rasch an und erreicht ihr Maximum mit Werten bis 40 %. Fast analog verhält sich *Carpinus,* ist jedoch mit deutlich geringeren Prozentwerten (6 % – 8 %) vertreten. Pollen von *Viscum* fehlt, während *Hedera* noch mit Einzelfunden vertreten ist. Nach einem weiteren Maximum zu Beginn der PZ nimmt die *Corylus*-Kurve ab und pendelt sich bei Werten um 20 % ein. *Picea* zeigt eine geschlossene Kurve mit Werten zwischen 0,5 % und 1,5 %. Die *Plantago lanceolata*-Kurve ist nahezu lückenlos. Weitere Siedlungszeiger (Getreide, *Artemisia,* Chenopodiaceae) kommen hinzu. *Calluna*-Werte steigen in dieser Zone steil an, die *Pinus*-Werte fallen derweil auf ein Minimum und erholen sich nach der Mitte dieser PZ wieder leicht, während die Anteile von *Ulmus* vollständig einbrechen (Ulmenfall). Der Einbruch erfolgt parallel mit dem Anstieg der *Quercus*- und *Fagus*-Werte.

PZ 7 (94 – 62 cm), elf Proben (Älteres Subatlantikum, Overbeck Zone X)

Die *Fagus*- und *Carpinus*-Kurven weisen eine rückläufige Tendenz auf. Alle übrigen Baumpollenkurven zeigen einen schwankenden Kurvenverlauf. Die *Calluna*-Werte sind gleich bleibend hoch. *Vaccinium* hat wieder höhere Werte zwischen 1 % und 2 %. Die geschlossene Siedlungszeigerkurve weist Schwankungen zwischen 0,5 % und 1,5 % auf. Auffällig ist der zu Beginn dieser PZ auftretende Anteil an Wasserpflanzen mit Werten zwischen 0,5 % und 1,5 %.

PZ 8 (58 – 30 cm), acht Proben (Jüngeres Subatlantikum, Overbeck Zone XI)

Die Werte von *Fagus* und *Carpinus* steigen erneut an auf Werte von 15 % bzw. 3 %. Nach einem Minimum in der Mitte dieser Phase legen die Werte der Siedlungsanzeiger deutlich zu, insbesondere Getreidepollen zeigt einen raschen Anstieg.

PZ 9 (1 – 26 cm), sechs Proben (Jüngeres Subatlantikum, Overbeck Zone XII)

Die jüngste PZ zeigt zum Ende hin einen erneuten Anstieg von *Pinus* auf knapp 40 %, und auch *Betula* weist Werte über 40 % auf. Die Prozentwerte von *Alnus, Ulmus, Tilia, Quercus* und *Fagus* erreichen ein Minimum. *Picea* verzeichnet in dieser Phase einen deutlichen Anstieg zwischen 2 % und 3 % und zeigt die höchste Präsenz im kompletten Kurvenverlauf. Die Siedlungsanzeiger schwanken in dieser PZ zwischen 0,5 % und 2 % und werden hauptsächlich durch Getreidepollen und *Cannabis/Humulus* bestimmt.

Interpretation und Diskussion

Früh- bis mittelholozäne Vegetationsentwicklung

Im Profil „DM I“ ist nahezu die gesamte holozäne Vegetationsentwicklung, etwa 11 600 Jahre (Merkt & Müller 1999, Litt et al. 2001, vgl. Walker et al. 2009), erfasst (Abb. 3). Die basalen Sedimente sind dem Präboreal zuzuordnen, der ersten biostratigraphischen Phase nach der holozänen

Klimaerwärmung, die schließlich zur endgültigen Bewaldung Mitteleuropas führte. Zu dieser Zeit herrschte eine sehr offene Waldvegetation vor, welche von Birken *(Betula)* und Kiefern *(Pinus)* geprägt war. Das lichte Waldbild ermöglichte noch das Vorkommen von Heliophyten wie arktischen Kriechweiden und Wacholder *(Juniperus)* als Elemente der Strauchvegetation, sowie kälteresistenten Steppen- oder Tundrenelementen wie *Artemisia* (Beifuß), *Thalictrum* (Wiesenraute) und *Rumex* (Ampfer, z. B. Merkt & Müller 1999). Biostratigraphische Leitmarker des Präboreals in Nordwesteuropa sind höhere Anteile von *Filipendula* (Mädesüß) und *Urtica* (Brennnessel), wobei die Gründe für das offenbar über größere Entfernungen gleichzeitige massive Auftreten der Arten noch unklar sind (vgl. Usinger 2004, Turner 2012). Das Präboreal im Profil „DM I" unterteilt sich in zwei Abschnitte, mit höheren Anteilen von NAP und *Betula* in PZ 1 sowie höheren Anteilen von AP und Dominanz von *Pinus*-Pollen als Ausdruck des dichter werdenden Birken-Kiefernwaldes in PZ 2. Pollenzone 1 spiegelt dabei evtl. eine mit einer Klimaverschlechterung verbundene kurzzeitige Waldöffnung im Präboreal, die sogenannte „Preboreal Oscillation" (PBO) wider (z. B. Usinger 2004, Bos et al. 2007).

Die zunehmende Etablierung der immergrünen Kiefernwälder führte im Boreal, trotz verzeichneter Brandereignisse, zu einem Wandel in der Kraut- und Strauchschicht, wobei die heliophilen Elemente immer stärker an Bedeutung verloren (Abb. 2). Der Wald wurde nachfolgend von der Hasel *(Corylus avellana)* besiedelt. Sie gewann in PZ 3 zunächst wenig, in PZ 4 sehr stark an Raum, da sie als lichtliebender Strauch auf Waldlichtungen wächst, die durch Windwurf, Brand und zyklische Verjüngung entstehen (Pott 1993). Zeichen einer solchen lokalen kurzzeitigen Vegetationsöffnung zur Zeit der Etablierung von *Corylus* sind im Profil „DM I" extrem hohe Anteile von NAP und *Betula,* insbesondere Cyperaceen, sowie das erneute Auftreten von *Juniperus* und *Salix* in einer Tiefe von 151 cm (Abb. 2). Für den Zeitraum ist ebenfalls die mesolithische Besiedlung der Region nachgewiesen (Tolksdorf et al. 2009). Ob die beschriebene Vegetationsöffnung tatsächlich im Zusammenhang mit mesolithischer Siedlungsaktivität stand, kann mit der Methode der Pollenanalyse allerdings nicht nachgewiesen werden, da eindeutig Siedlung anzeigende Taxa, wie sie in Form von Pollen von Getreide und *Plantago lanceolata* (Spitzwegerich) für spätere Kulturepochen vorhanden sind, für das Mesolithikum fehlen (vgl. aber Kloss 1987).

Die den atlantischen Mischwald aufbauenden Laubgehölze Eiche *(Quercus)* und Ulme *(Ulmus)* gewannen gegen Ende des Boreals bereits etwas mehr an Bedeutung.

Das Atlantikum (PZ 5) beginnt in der Regel mit einem steilen Anstieg der *Alnus*-Pollenkurve und einem zeitgleichen Rückgang der *Pinus*-Werte. In der Folgezeit war die Erle *(Alnus)* das wichtigste Gehölz auf den Feuchtböden der Niederungen (z. B. Kirleis 2003), wobei im Dieckmoor der Anteil von *Alnus*-Pollen nicht mehr als 30 % der Baumpollensumme erreicht. Dies deutet darauf hin, dass es hier nie zu einer Massenausbreitung der Erle gekommen ist, sondern von vergleichsweise lichten Beständen ausgegangen werden muss. Trotz rückläufiger Tendenz waren Kiefern im Atlantikum weiterhin im Waldbild vertreten, etwa auf den noch offenen Dünen am Rand des Aller-Urstromtals (vgl. Tolksdorf et al. 2009). Ebenso begann zu dieser Zeit die Massenausbreitung der Elemente des Eichenmischwaldes, *Quercus, Ulmus* und *Tilia* (Linde, Abb. 2). Dabei

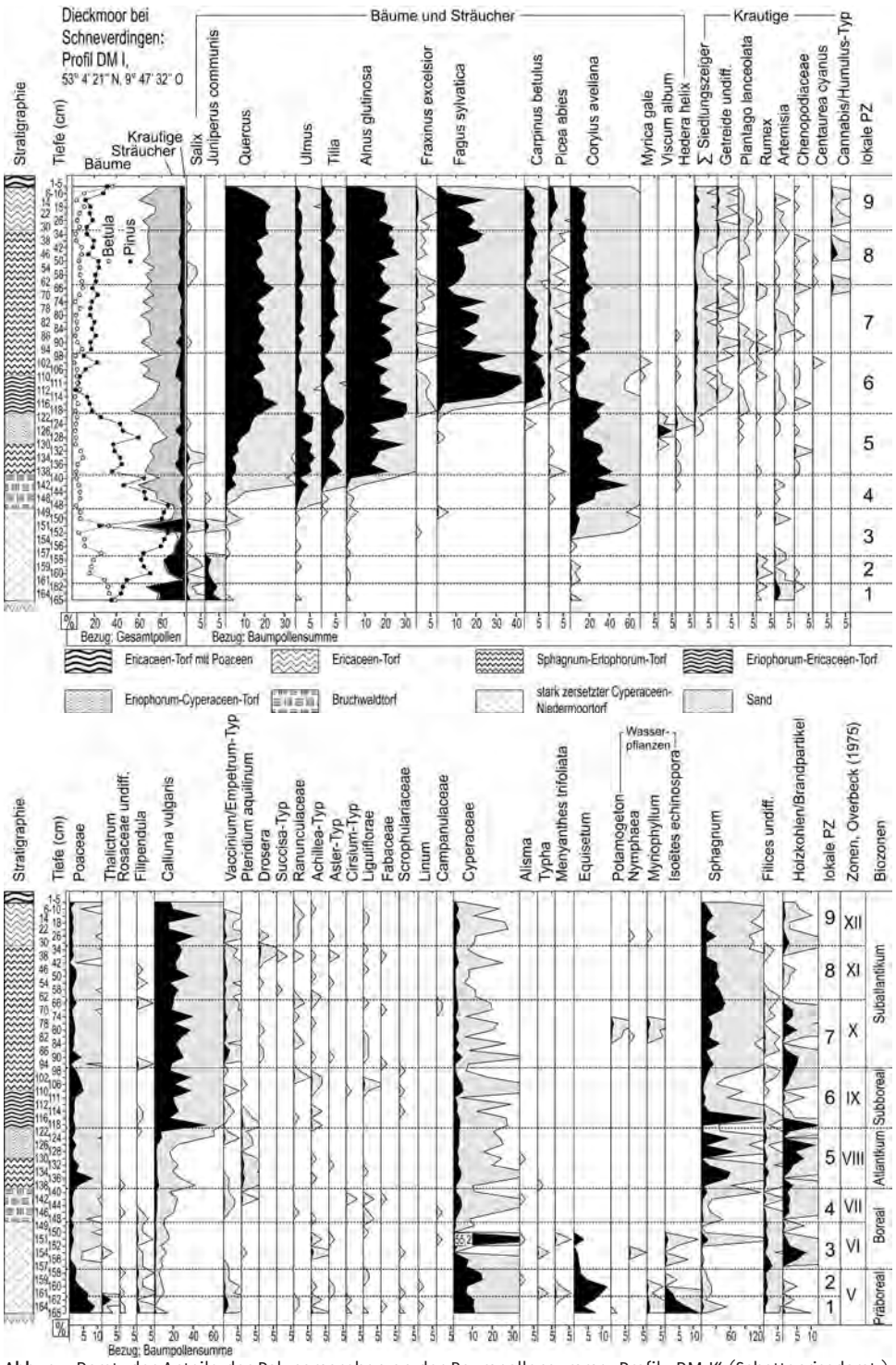


Abb. 2 Darst. der Anteile der Palynomorphen an der Baumpollensumme, Profil „DM I" (Schattenrissdarst.)

existierte vermutlich ein Mosaik unterschiedlicher, von verschiedenen Baumarten dominierter Bestände.

Nach dem Haselgipfel im jüngeren Boreal zeigt die *Corylus*-PK nun einen vielzackigen Kurvenverlauf. Höhere Pollenfrequenzen von *Corylus avellana, Pteridium aquilinum* (Adlerfarn) und anderen Farnsporen (Filices undiff.) lassen auf verhältnismäßig lichtreiche Waldformen bzw. auf kleine Auflichtungen schließen (Abb. 2). Der „Ulmenfall", ein markanter Einbruch der Anteile von *Ulmus,* markiert die Grenze zwischen Atlantikum und Subboreal (z. B. Overbeck 1975, Freund 1995). Lang (1994) gibt als Ursache eine epidemisch wirksame Pilzinfektion der Ulmen durch *Graphium ulmi* an (vgl. Grant et al. 2011).

Mittel- bis spätholozäne Vegetationsentwicklung unter anthropogenem Einfluss

Spätestens seit dem Subboreal lässt sich die Vegetationsentwicklung nicht ohne den Einfluss des siedelnden, Ackerbau betreibenden Menschen betrachten (z. B. Küster 2010). Der anthropogene Einfluss auf die Vegetation wird auch im Diagramm „DM I" ersichtlich.

Der palynologische Nachweis des neolithischen Wirtschaftsgefüges beruht auf einer Vielzahl verschiedener Pollentypen, die entsprechend ihrer vorrangigen Förderung in anthropogenen Ersatzgesellschaften die Rekonstruktion verschiedener Landschaftsnutzungssysteme erlauben (Speier 1994, Behre & Kučan 1986). Nach Behre & Kučan 1986 dienen zur Identifikation des in der Jungsteinzeit einsetzenden Ackerbaus neben den Pollenkörnern von Kulturpflanzen wie Getreidearten auch die Elemente der ackerbegleitenden Krautpflanzen wie *Centaurea cyanus* (Kornblume). Das verstärkte Auftreten der verschiedenen Ruderal- und Wiesenelemente sowie von Beweidung und durch Brand geförderten Taxa erlauben ein Erkennen anthropozoogen induzierter Grünlandflächen. Rodungen und Waldweidebeeinflussungen lassen sich durch das gehäufte Auftreten von heliophilen und indirekt durch Waldauflichtung geförderten Elementen wie z. B. *Calluna* (Besenheide), Poaceen, *Pteridium aquilinum, Corylus avellana* sowie durch eine Häufung von Wildkräutern aus den Familien der Ranunculaceen, Brassicaceen, Apiaceen oder Asteraceen bestätigen (Behre 1981, Pott 1986, Pott & Hüppe 1991).

Erste pollenanalytische Hinweise auf siedelnde Menschen in der Umgebung des Dieckmoors treten bereits zum Ende des Atlantikums auf, in dessen entsprechenden Sedimenten bereits *Plantago lanceolata, Rumex* und *Artemisia* auftauchen (Abb. 2). Mit Beginn des Subboreals (PZ 6) steigt die Siedlungszeigerkurve deutlich an. Neben den eben genannten Pollentypen gliedern sich nun Getreidepollen und die Chenopodiaceen ins Pollenspektrum ein (Abb. 2), die nach Freund (1994) zusammen die frühneolithische Besiedlung in Norddeutschland kennzeichnen.

Nach Behre & Kučan (1986) charakterisiert das gleichzeitige Auftreten weniger Pollenkörner von Getreiden und des *Plantago lanceolata*-Typs die Wirtschaftsweisen der nordwestdeutschen Trichterbecherkultur im Neolithikum. Demzufolge könnte deren gleichzeitiges Auftreten auf eine neolithische Besiedlung am Dieckmoor hinweisen. Im Pollendiagramm „DM I" ist allerdings auffällig, dass es im Subboreal zwar eine geschlossene Kurve der Siedlungsanzeiger gibt, jedoch erscheinen beim Betrachten der Pollenfrequenzen von Getreiden und *Plantago lanceolata* zwei Siedlungsmaxima. Dies könnte auf

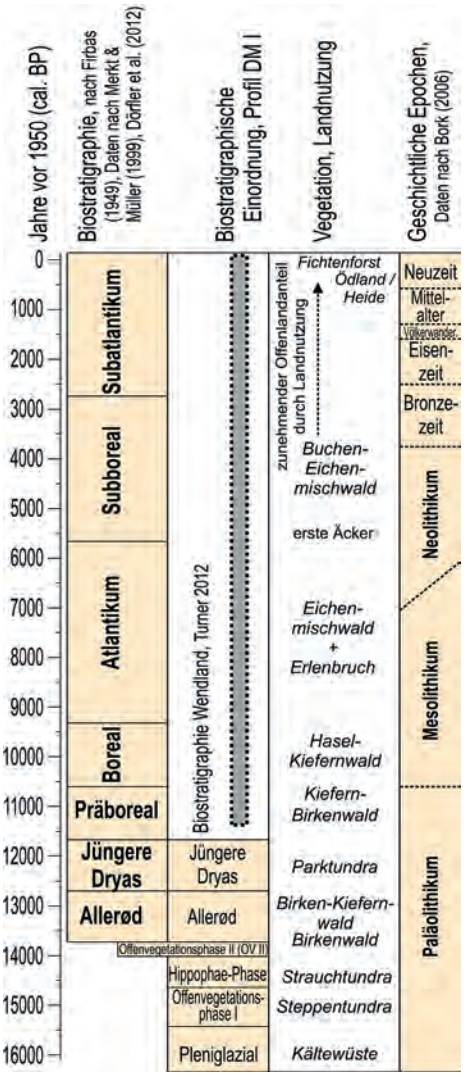


Abb. 3 Zeitskala im Text erwähnter biostratigraphischer und kulturgeschichtlicher Perioden. Erwähnt sind zusätzlich Schlagworte wesentlicher Veränderungen in Vegetation und Landnutzung.

eine Unterbrechung der Siedlungsphase am Birkensee hindeuten. Behre & Kučan (1986) zeigen, dass Getreide- und Kulturbegleiter schon ab einer Distanz von 1,5 km zur Depositionsfläche kaum noch nachweisbar sind. Ackerunkräuter wie *Centaurea cyanus* sind sogar nur dann nachzuweisen, wenn sie in der unmittelbaren Nähe auf den Äckern wuchsen. Angesichts der nährstoffarmen Böden der Lüneburger Heide ist daher der Schluss zu ziehen, dass die Erträge auf den Ackerflächen schnell nachließen, so dass neue Äcker angelegt werden mussten, während die anderen nun brach lagen (Becker 1995). Der gefundene Getreidepollen ist daher ein Indikator für unmittelbar angrenzende Ackerflächen. Ein weiterer Indikator für die Schaffung von Ackerflächen ist der synchrone Anstieg der Holzkohle- und Brandpartikel sowie der Anstieg der Poaceen-Spektren, die auf eine flächige Auflichtung schließen lassen. Der pollenanalytische Nachweis einer neolithischen Besiedlung im Umfeld des Birkensees wird durch Werkzeugfunde aus der Zeit der Trichterbecherkultur bestätigt (Abb. 4).

In der Umgebung des Birkensees etablierten sich zu Beginn des Subboreals Buchen *(Fagus sylvatica)* mit geringem Vorkommen. Kurz darauf erfolgte die Massenausbreitung von *Fagus,* die in den Sedimenten zeitgleich mit dem Auftreten von ersten Getreidepollen nachgewiesen werden kann. Eine Konkurrenz zwischen Buchen und Eichen ist nur schwer abzuschätzen. Anfänglich waren die Wälder noch recht offen und lichtreich. Erst mit der zunehmenden Dichte der Wälder spielte die Konkurrenzkraft von *Fagus sylvatica* vermutlich eine Rolle, wodurch die Eiche zurückgedrängt wurde. Dies wird aus den antagonistischen Kurvenverläufen von Eiche und Buche im Diagramm „DM I“ ersichtlich (Abb. 2). Nach Speier (1994) förderte die anthropozoogene Auflichtung der Wälder, vermutlich durch Waldweide und die Schwächung der Eichenmischwaldarten, letztlich die Einwanderung von *Fagus* in den Eichenmischwaldbestand, so dass die Buche bei langsamer

Klimaverschlechterung immer mehr an Raum gewann. Speier (1994, 2006) bestätigt diese Aussage durch Vergleich der Ergebnisse aus den Siegerländer Mooren (Pott 1985) und dem Profil am „Weidelbach“, die aufgrund von ^{14}C-Datierungen einen direkten Vergleich ermöglichen. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Landnahmephasen prähistorischer Kulturen indirekt zu einer Arealausweitung von *Fagus sylvatica* geführt haben. Die Ausweitung der Buche kann vor dem Hintergrund des menschlichen Eingriffs in Form von Rodung, Laubheugewinnung, Borkennutzung und verstärkter Waldweide erklärt werden. *Fagus* drang bei erneuter Wiederbewaldung in diese Gebiete vor und gewann den Konkurrenzkampf oft zu Lasten der Eichen und Linden (Küster 1996, 1997).

Die zeitgleiche Ausbreitung von *Fagus* und *Carpinus* (Hainbuche) im Diagramm „DM I“ ist vergleichsweise ungewöhnlich. Nach Lang (1994) breiteten sich Buche und Hainbuche in dem Gebiet jedoch zwischen 5 000 BP und 4 000 BP aus. Im Sinne von Küster (1988) und Speier (2006) lässt das synchrone Auftauchen von Buchen- und Getreidepollen in den Sedimenten des Moores auch für diesen Naturraum auf eine enge Korrelation von neolithischer Landschaftsöffnung und Buchenausbreitung schließen. Folglich ist die vergleichsweise recht frühe Ausbreitung von Buche und Hainbuche durchaus möglich und vermutlich durch anthropogene Faktoren gefördert. In das Waldbild gliederten sich nun Esche *(Fraxinus excelsior)* und vereinzelt Ahorn *(Acer)* ein. Eschen sind als regenerationsfähige Art hervorragend an Laubschneitelung angepasst und erfahren bei dieser Nutzungsform Förderung gegenüber anderen Laubgehölzen (Pott & Hüppe 1991). Somit kann vermutlich die erhöhte Präsenz von *Fraxinus excelsior* zeitgleich mit den Maxima der Siedlungszeigerkurve als ein weiterer Hinweis für die wirtschaftliche Nutzung der Wälder gelten.

Nicht zu vernachlässigen sind die mit Beginn des Subboreals und somit parallel zum Einsetzen der Siedlungszeigerkurve steil ansteigenden *Calluna*-Werte (vgl. aber Abschnitt „Rekonstruktion der Genese des Dieckmoors “). Gerade die heliophilen und durch Beweidung geförderten Elemente wie *Calluna,* Poaceen und *Pteridium aquilinum* deuten auf eine floristische Änderung im Krautspektrum der Eichenmischwälder hin, das sich durch Beweidung zugunsten verbissresistenter Arten ändert (Speier 1994).

Nach Becker (1995) kann in der Region ab dem Subboreal auf die Ausbildung erster Heideflächen geschlossen werden. Die synchronen Kurvenverläufe von *Calluna,* Holzkohlen und Brandpartikeln, einhergehend mit den Maxima der Siedlungszeigerkurve, deuten darauf hin, dass die Existenz von Heide und der Einsatz von Feuer eng miteinander verbunden waren. Da sich im Profil „DM I“ ähnliche Verhältnisse feststellen lassen, muss auch hier von der Ausbildung von Heideflächen durch menschliche Einflussnahme ausgegangen werden. Spätestens für das Ende der Jungsteinzeit wird allgemein die Existenz von Heideflächen angenommen, da die damaligen Hügelgräber bereits mit Heideplaggen ausgestattet waren (Völksen 1984).

Der Übergang zwischen Neolithikum und Bronzezeit lässt sich anhand des Diagramms nicht eindeutig belegen. Für die Existenz einer Kultur der Bronzezeit könnte jedoch der in Abb. 4 gezeigte Fund eines Absatzbeils sprechen, der einem Acker in der Nähe des Dieckmoors entstammt. Seit dem Subboreal sind im Profil „DM I“ fünf Siedlungsmaxima zu verzeichnen. Da jedoch bereits die Grenze zwischen Neolithikum und Bronzezeit nicht eindeutig

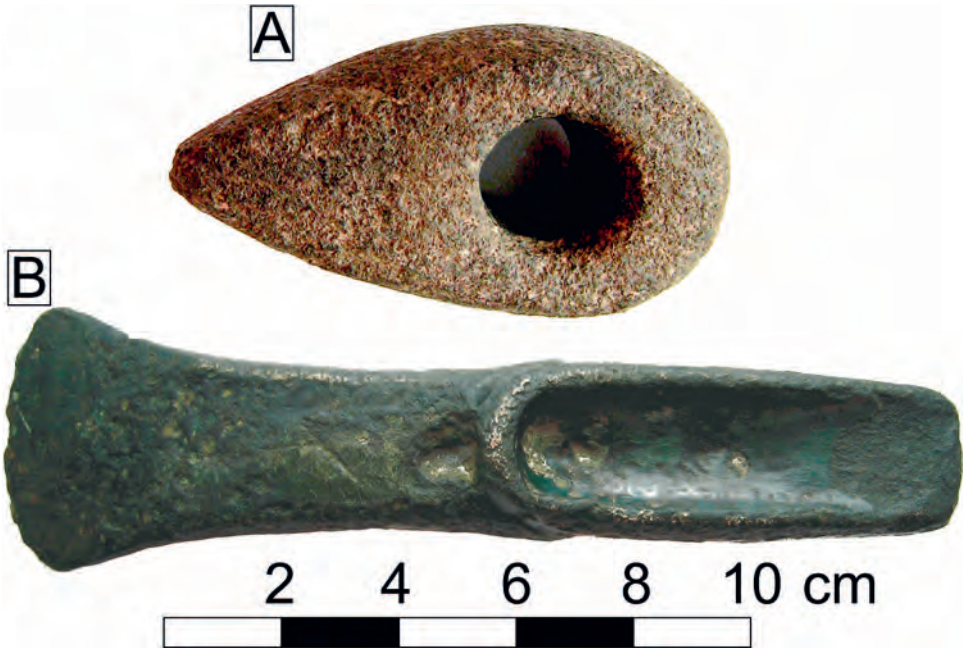


Abb. 4 A) Fund aus der Zeit der Trichterbecherkultur von einem Feld nahe der Probenentnahmestelle; B) Bronzezeitliches Absatzbeil, gefunden in Langeloh (Privatbesitz I. Gildenstern).

ist und keine Radiokarbondaten vorliegen, kann auch hier keine sichere Unterteilung in die historischen Phasen wie Eisenzeit, Römische Kaiserzeit, Völkerwanderungszeit, Mittelalter und Neuzeit vorgenommen werden.

Zu Beginn des Subatlantikums (PZ 7–9) steigt erneut der Anteil der Siedlungszeiger an. In dieser Übergangsphase zwischen Subboreal und Subatlantikum stehen vermutlich die gesteigerte Anzahl der Brandpartikel sowie das Siedlungszeigermaximum in Korrelation. Während die Pollenfrequenzen von Kiefer, Birke, Erle, Ulme, Linde, Eiche und auch Hasel mehr oder minder unverändert bleiben, zeigen die Pollenfrequenzen von Buche, Hainbuche und Esche deutliche Veränderungen im Kurvenverlauf. Auffällig ist hierbei stets der Rückgang von *Fagus* und *Carpinus* bei zeitgleichem Anstieg der Siedlungszeiger. Des Weiteren fällt ein Maximum der Pollenkurve von *Fraxinus excelsior* stets mit einem Siedlungszeigermaximum zusammen. Diese durch menschliche Einflussnahme bedingte Veränderung der Vegetation ist auch zum Ende von PZ 8 ersichtlich. So ist diese Grenze durch einen stärkeren Rückgang von Buche und Hainbuche charakterisiert, der erneut mit einem Siedlungszeigermaximum zusammenfällt. Eine derartige Beeinflussung der Anteile von Siedlungszeigern und Rotbuche beschreibt beispielsweise auch Speier (2006) für das westfälische Bergland.

In der jüngsten Subzone des Subatlantikums (PZ 9) treten Getreidepollen nun regelmäßig auf, was für eine Intensivierung des Ackerbaus spricht. Bei Montag (1966) findet sich der Hinweis auf ein kleines Hochackersystem im Dieckmoor, das aus fünf flachgewölbten Beeten von 9 bis 11 m

Breite und ca. 80 m Länge bestehen soll. Dieses Hochackersystem lässt sich vermutlich in die Zeit des Mittelalters einordnen.

Das Waldbild nahm schließlich mehr und mehr seine heutige Zusammensetzung an. *Pinus* und *Betula* gewannen erneut an Bedeutung (PZ 9) und wurden schließlich zu dominierenden Waldbildnern der Wälder im direkten Umfeld der Profilentnahmestelle, was auch anhand der Pollenspektren der obersten untersuchten Sedimentschichten deutlich wird (Abb. 2). Höhere Anteile von *Picea*-Pollen belegen die Ansiedlung bzw. Anpflanzung von Fichten im Gebiet des Dieckmoors.

Rekonstruktion der Genese des Dieckmoors

In Übereinstimmung mit der Hypothese, es handele sich um eine Ausblasungsmulde (Montag 1966), begann die Entwicklung des Dieckmoors mit einem frühholozänen Flachgewässer, wobei die Dominanz von *Isoëtes-echinospora*-Sporen gemeinsam mit *Myriophyllum*-Pollen, der sich überwiegend *Myriophyllum alterniflorum* (Wechselblütiges Tausendblatt) zuordnen ließ, auf oligotrophe Gewässerbedingungen hindeutet (z. B. Pott 1995, vgl. aber 5.4). Zur Mitte des Boreals verlandete der Profilstandort dann vollständig, auf den Gewässersedimenten stockte nun ein Kiefernbruchwald. Im Übergang zum Atlantikum weisen der Wechsel von Bruchwaldtorf zu *Sphagnum-Eriophorum*-Torf und eine massive Zunahme der Anteile an *Sphagnum*-Sporen im Sediment auf das beginnende Aufwachsen eines Hochmoors bzw. die Sukzession hin zu einem von *Sphagnum*- (Torfmoos) und Cyperaceen-Arten geprägten Zwischenmoor (vgl. Dierssen & Dierssen 2001). Mit der Bildung von Ericaceen-*Eriophorum*-Torf zu Beginn des Subboreals war jedoch spätestens das Hochmoorstadium erreicht. Das nun massive Auftreten von *Calluna*-Pollen deutet ebenfalls auf die Entstehung von Ericaceen-dominierten Hochmoorbulten hin, auch wenn hier nicht zwischen lokalem Pollen-Niederschlag aus dem Moor und Niederschlag eventuell vorhandener umliegender Heideflächen unterschieden werden kann (vgl. Becker 1995).

Im zweiten Teil des Subboreals und dem überwiegenden Teil des Subatlantikums kam es an der Entnahmestelle des Bohrprofils „DM I“ dann zur Etablierung eines Flächenmoors unter der Bildung von *Sphagnum-Eriophorum*-Torf (vgl. Dierssen & Dierssen 2001). Funde von Pollenkörnern von *Drosera* (Sonnentau) bzw. des *Succisa*-Typs dürften lokalen Pollen-Niederschlag repräsentieren (Abb. 2). Die relativ starke Zersetzung des Torfs lässt dabei keine Unterscheidung in Schwarz- bzw. Weißtorf zu (vgl. Overbeck 1975). Gegen Ende des Subatlantikums (PZ 9) deutet die Bildung von Ericaceen-Reisern dann entweder auf die Bildung eines Hochmoorbults an der Profilentnahmestelle oder auf allgemein trockenere Bedingungen im Moor als Folge der beginnenden Entwässerung und Trockenlegung hin. Zusammenfassend lässt sich damit feststellen, dass das Dieckmoor trotz seiner recht geringen Größe und geringen Torfmächtigkeiten geradezu exemplarisch alle Stadien der Genese eines Hochmoors durchlaufen hat (vgl. Overbeck 1975, Pott 1999).

Zum Auftreten der *Isoëtes*-Arten in der spät- und nacheiszeitlichen Stillgewässerentwicklung Norddeutschlands

Isoëtes-Arten (Brachsenkräuter) sind die einzig rezenten Vertreter der Ordnung Isoëtales innerhalb der Klasse Lycopodiopsida (Bärlapppflanzen). Die überwiegend submers vorkommenden kleinen

Sporenpflanzen stellen die nächsten lebenden Verwandten der die Steinkohlewälder des Karbon aufbauenden Schuppen- und Siegelbäume dar, wobei *Isoëtes*-Fossilien bereits in Schichten des Unteren Trias nachgewiesen sind (z. B. Retallack 1997, Vöge 1999). Beide in nordwesteuropäischen Gewässern auftretenden *Isoëtes*-Arten *Isoëtes echinospora* (Stachelsporiges Brachsenkraut) und *Isoëtes lacustris* (See-Brachsenkraut) gelten als Indikatoren silikat-oligotropher und von ozeanischem Klima geprägter kühler Seen mit Hauptverbreitung in Nordeuropa. Sie sind in Deutschland wie nahezu die gesamte Vegetation dieses Gewässertyps akut gefährdet bzw. vom Aussterben bedroht (z. B. Pott & Remy 2000). Während *Isoëtes lacustris* rezent noch einige Vorkommen im norddeutschen Raum besitzt (Abb. 1), wächst *Isoëtes echinospora* nur noch in zwei Schwarzwald-Seen (z. B. Lang 1994). Zudem sind drei Vorkommen aus den Niederlanden bekannt (Arts & Buskens 1998). Die Mikrosporen beider *Isoëtes*-Arten lassen sich durch Größenmessungen relativ gut unterscheiden (z. B. Oberdorfer 1931, Lang 1952, 1994), so dass ihre Geschichte durch paläoökologische Untersuchungen gut nachvollzogen werden kann und sich hieraus Erkenntnisse über die Ökologie bzw. den Schutz der Arten ableiten lassen.

Eine Zusammenstellung aller aus Nordwestdeutschland und Umgebung bekannten *Isoëtes*-Funde in Gewässersedimenten zeigt dabei zunächst eine signifikante Häufung von Nachweisen im südwestlichen, heute von ozeanischem Klima geprägten küstennahen Teil Niedersachsens, die im Wesentlichen der heutigen Verbreitung von *Isoëtes* entspricht (Abb. 1). Darüber hinaus wird jedoch eine gänzlich unterschiedliche späteiszeitliche bzw. holozäne Ausbreitung der beiden Arten deutlich (Abb. 5). Während *Isoëtes echinospora* zwei markante Maxima der Verbreitung im späten Allerød (der Phase späteiszeitlicher Waldvegetation) und im Präboreal bis zum frühen Boreal besitzt, fehlt die Art in Sedimenten der Jüngeren Dryas zumeist und ist im weiteren Verlauf des Holozäns nur im Moor am Uptalsboom (Abb. 1 Nr. 11, Freund 1995) in höheren, im Wollingster See (Abb. 1 Nr. 6, Müller & Kleinmann 1998) bis zum Subboreal in geringeren Anteilen nachgewiesen (Abb. 5). *Isoëtes lacustris* scheint sich dagegen im Untersuchungsgebiet erst im mittleren Holozän ausgebreitet zu haben, wobei auch die hohen Anteile an *Isoëtes*-Sporen im Otterstedter See (Abb. 1 Nr. 7) auf *Isoëtes lacustris* zurückgehen dürften (Müller 1967).

Das für Norddeutschland ermittelte Muster ist nach Literaturangaben bei Lang (1994) prinzipiell auch im restlichen Teil Nordwesteuropas zu beobachten. Da die von Lang (1955, 1994) vermutete unterschiedliche Einwanderungsgeschwindigkeit der beiden Arten in Anbetracht der allgemein unkomplizierten, schnellen, zoochoren Ausbreitung von Wasserpflanzen (gerade Sporenpflanzen) wenig plausibel erscheint, müssen eher klimatische bzw. ökologische Gründe für das unterschiedliche Auftreten von *Isoëtes lacustris* und *Isoëtes echinospora* gesucht werden. Diese sind offenbar in distinkten Ansprüchen an den Basengehalt des Wassers zu finden. So kommt *Isoëtes lacustris* in den Niederlanden in stark sauren Gewässern vor, während *Isoëtes echinospora* gerade diese meidet (Arts et al. 1990). Damit lassen sich die hier dargestellten Ergebnisse in der Form interpretieren, dass *Isoëtes echinospora* im Rahmen der natürlichen Gewässeralterung verdrängt wurde, die in den sehr nährstoff- und basenarmen pleistozänen Sandlandschaften nicht unbedingt zur Eutrophierung, sondern zur Versauerung (Dystrophierung) der Gewässer führte

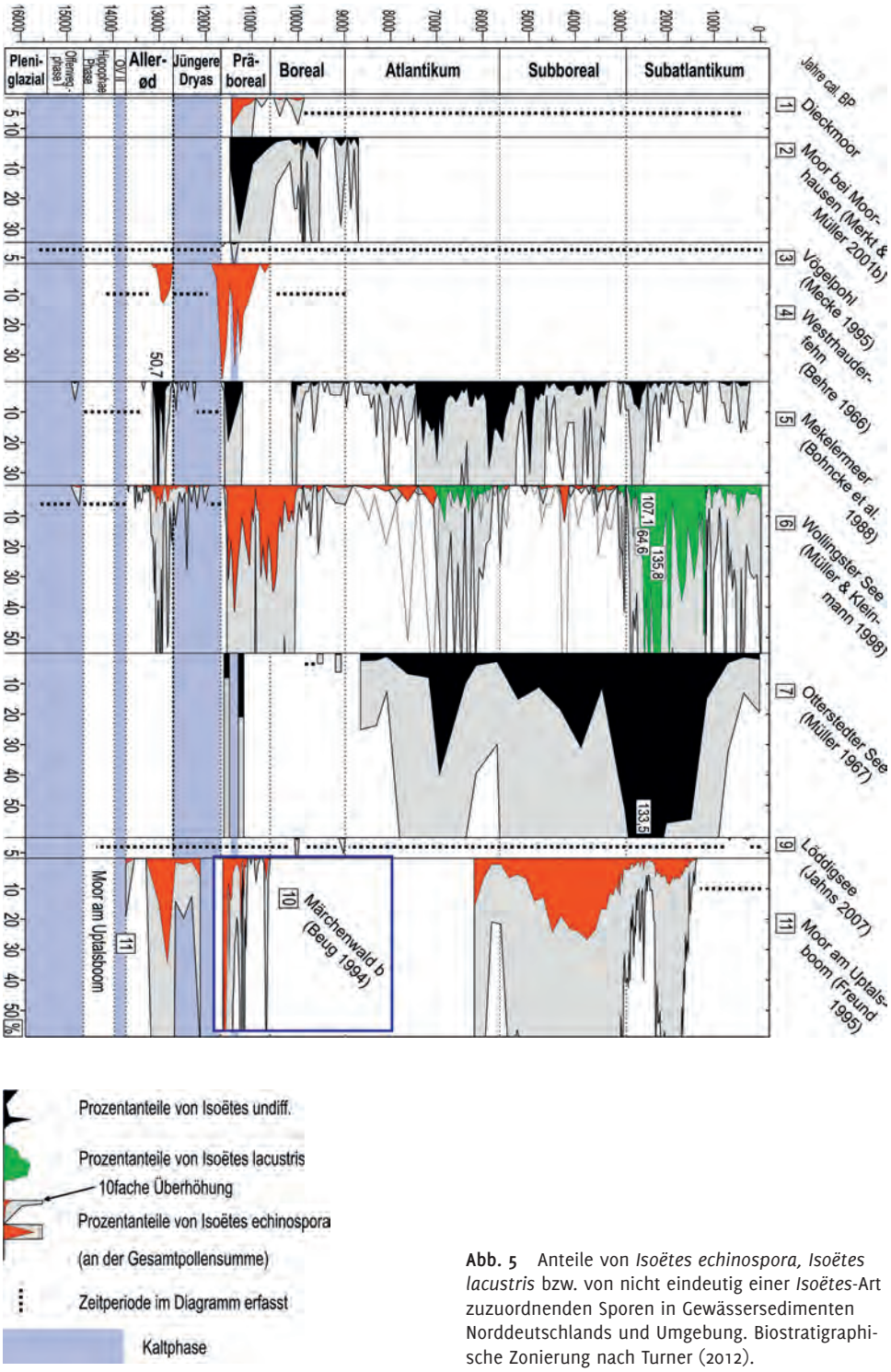


Abb. 5 Anteile von *Isoëtes echinospora, Isoëtes lacustris* bzw. von nicht eindeutig einer *Isoëtes*-Art zuzuordnenden Sporen in Gewässersedimenten Norddeutschlands und Umgebung. Biostratigraphische Zonierung nach Turner (2012).

Glossar

anthropozoogen vom Menschen bzw. seinen Nutztieren gefördert
BP/cal BP Before Present (vor 1950). Typische Zeitangabe absoluter Alter der Radiokarbonmethode. Werden mit der Methode ermittelte Jahresangaben (Radiokarbonalter) in Kalenderjahre korrigiert, so spricht man von kalibrierten Altersangaben (cal BP)
Dystrophie nährstoffarmer, saurer Zustand eines Gewässers
glazifluviatil Genese von Sedimenten des abfließenden Gletscherschmelzwassers
heliophile Pflanzen lichtliebende, lichtbedürftige Pflanzen
Holozän jetzige Phase der Erdgeschichte, Warmzeit seit ca. 11 700 cal BP
Lithostratigraphie Abfolge bestimmter geologischer Schichten
oligotroph extrem nährstoffarmer Zustand eines Gewässers
Palynologie Pollenanalyse
Palynomorphe Grundeinheit der pollenanalytischen Differenzierung. Pollenkorn, Spore etc. mit eindeutig zuzuordnender Morphologie
Pleistozän Eiszeitalter, Erdgeschichtliche Periode der Wechsel von Kalt- und Warmphasen seit etwa 2,58 Millionen Jahren
Podsol „Bleicherde". Nährstoffarmer, saurer Bodentyp mit Humusauflage, bei dem Nährstoffe aus den oberen Bodenschichten ausgewaschen wurden (Bleichung). Typischer Bodentyp heutiger oder ehemaliger Heiden der pleistozänen Sandlandschaften
Sondage Voruntersuchung eines Moores zur Ermittlung größter Torfmächtigkeiten
Späteiszeit letzte Phase der Weichsel-Eiszeit von ca. 14 600 bis 11 700 cal BP, gekennzeichnet durch starke Klimaschwankungen
zoochor durch Tiere verbreitet

(z. B. Pott & Remy 2000). Gerade die Gewässerversauerung ermöglichte dann erst die Besiedlung durch *Isoëtes lacustris*.

Neben dem unterschiedlichen Basengehalt spiegelt die Geschichte der *Isoëtes*-Arten in Nordwestdeutschland auch deren unterschiedliche Einnischung in Gewässerzonen wider, wonach *Isoëtes echinospora* in flacheren Uferbereichen, *Isoëtes lacustris* in etwas größeren Tiefen anzutreffen ist (z. B. Lang 1994). Hierdurch war *Isoëtes echinospora* auch die Besiedlung ehemaliger Flachgewässer wie dem Dieckmoor oder dem Märchenwald im Oberharz möglich (Beug 1986, 1994), die allerdings zumeist bereits im Frühholozän verlandeten (vgl. Abschnitt „Rekonstruktion der Genese des Dieckmoors"). Nachweise von *Isoëtes lacustris* sind auf etwas größere und tiefere Seen wie den Wollingster und Otterstedter See beschränkt (Abb. 5, Müller 1967, Müller & Kleinmann 1998).

Für die Beschränkung des Auftretens von *Isoëtes echinospora* auf das späte Allerød und das Präboreal gibt es sowohl einen ökologischen als auch einen klimatischen Erklärungsansatz. Zunächst hat sich der höhere mineralische Sedimenteintrag aus den noch offen liegenden Böden während der frühen Späteiszeit und der Jüngeren Dryas sicherlich negativ auf Populationen des gegen Übersandung und Schwebstofffracht empfindlichen Brachsenkrauts ausgewirkt bzw. dessen Ausbreitung verhindert (vgl. Freund 1995). Zudem ist *Isoëtes* mit dem späten Allerød auf die Periode beschränkt, in der trotz deutlich niedrigeren Meeresspiegels am ehesten ein Ozeanitäts-Kontinentalitätsgradient ähnlich dem heutigen existierte. *Isoëtes* fehlt dagegen in Kaltphasen wie der Jüngeren Dryas, die zusätzlich durch großflächige Meereisbedeckung in Nordwesteuropa eine Umkehrung des heutigen West-Ost gerichteten

Klimagradienten und damit keine geeigneten Bedingungen für *Isoëtes*-Vorkommen bedingt haben dürften (z. B. Denton et al. 2005, Broecker et al. 2010). *Isoëtes echinospora* teilt damit das noch nicht gänzlich verstandene Verhalten von *Filipendula* und *Urtica,* deren stetiges Auftreten im späten Allerød und Präboreal bei weitgehender Abwesenheit während der Jüngeren Dryas als biostratigraphischer Marker zur Zonierung von Pollendiagrammen genutzt wird (vgl. Usinger 1985, 2004).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Geschichte der *Isoëtes*-Arten ihre Einstufung als Oligotrophie-Indikatoren bestätigt, jedoch dabei stark die unterschiedliche Einnischung der beiden Arten betont. *Isoëtes echinospora* ist demnach als Relikt der Späteiszeit bzw. des Frühholozäns zu betrachten (vgl. Lang 1994) und wurde aus dem norddeutschen Raum im Rahmen der natürlichen Gewässeralterung bzw. -verlandung weitgehend verdrängt. Vorkommen von *Isoëtes lacustris* wurden jedoch durch den natürlichen Alterungsprozess der Stillgewässer sogar gefördert. Die Art wurde erst durch die anthropogen bedingte bzw. beschleunigte Gewässereutrophierung seit dem Mittelalter verdrängt. Insbesondere *Isoëtes lacustris* gehört somit zum natürlichen Inventar von Gewässern der basenarmen pleistozänen Sandlandschaften einer späten Warmzeit, und heutige Bestände sind als besonders schützenswert einzustufen.

Literatur

Arts, G. H. P.; Roelofs, J. G. M.; De Lyon, M. J. H. (1990): Differential tolerances among soft-water macrophyte species to acidification. – Canadian Journal of Botany, 68: 2127 – 2134; Guelph.

Arts, G. H. P.; Buskens, R. F. M. (1998): The vegetation of soft-water lakes in the Netherlands in relation to human influence and restoration measures, with special attention to the association Isoëto-Lobelietum. – Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg, 57: 111 – 120; Kiel.

Becker, K. (1995): Paläoökologische Untersuchungen in Kleinmooren zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte der zentralen Lüneburger Heide. – Dissertation, Leibniz Universität Hannover, 159. – Hannover.

Behre, K.-E. (1966): Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Vegetationsgeschichte Ostfrieslands. – Eiszeitalter und Gegenwart, 17: 69 – 84; Öhringen.

Behre, K.-E. (1981): The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. – Pollen et spores, 23: 225 – 245; Paris.

Behre, K.-E.; Kučan, D. (1986): Die Reflektion archäologisch bekannter Siedlungen in Pollendiagrammen verschiedener Entfernung – Beispiele aus der Siedlungskammer Flögeln, Nordwestdeutschland. – In: Behre, K.-E.: Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams: 94 – 114; Rotterdam, Boston.

Berglund, B. E.; Ralska-Jasiewiczowa, M. (1986): Pollen analysis and pollen diagramms. – In: Berglund, B. E.: Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology: 455 – 484; Chichester.

Beug, H.-J. (1986): Frühpostglaziale Ablagerungen im Oberharz. – Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, 48, 2: 413 – 416; Münster.

Beug, H.-J. (1994): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an präborealen Seeablagerungen im Oberharz. – Dissertationes Botanicae, 234: 111 – 127; Stuttgart.

Beug, H.-J. (2000): Pollen profile Märchenwald B, Harz, Germany. – doi:10.1594/PANGAEA.56810.

Beug, H.-J. (2004): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. – München.

Bohncke, S. J. P.; Wijmstra, L.; van der Woude, J. D.; Sohl, H. (1988): The Late-Glacial infill of three lake successions in The Netherlands:

Regional vegetational history in relation to NW European vegetational developments. – Boreas, 17: 385 – 402; Norden.

Bohncke, S. J. P. (1991): Palaeohydrological changes in the Netherlands during the last 13 000 years. – PhD Thesis, Vrije Universiteit; Amsterdam.

Bork, H.-R. (Hrsg., 2006): Landschaften der Erde unter dem Einfluss des Menschen. – Darmstadt.

Borngässer, E. (1941): Das „Große Moor" bei Deimern, ein Hochmoor in der Lüneburger Heide. – Beihefte zum Botanischen Zentralblatt, 61 B: 33 – 71; Jena.

Bos, J. A. A.; Van Geel, B.; van der Plicht, J.; Bohncke, S. J. P. (2007): Preboreal climate oscillations in Europe: Wiggle-match dating and synthesis of Dutch high-resolution multi-proxy records. – Quaternary Science Reviews, 26: 1927 – 1950; Amsterdam.

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

Denton, G. H.; Alley, R. B.; Comer, G. C.; Broecker, W. S. (2005): The role of seasonality in abrupt climate change. – Quaternary Science Reviews, 24: 1159 – 1182; Amsterdam.

Dierssen, K.; Dierssen, B. (2001): Moore. – Stuttgart.

Dörfler, W.; Feeser, I.; van den Bogaard, C.; Dreiboldt, S.; Erlenkeuser, H.; Kleinmann, A.; Merkt, J.; Wiethold, J. (2012): A high-quality annually laminated sequence from Lake Belau, Northern Germany: Revised chronology and its implications for palynological and tephrochronological studies. – The Holocene.

Erdtman, G. (1954): An introduction to pollen analysis. – Stockholm.

Firbas, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, I: Allgemeine Waldgeschichte. – Jena.

Freund, H. (1994): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsentwicklung im westlichen Weserbergland. – Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, 56, 1: 1 – 103; Münster.

Freund, H. (1995): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsentwicklung im Moor am Uptalsboom, Ldkr. Aurich (Ostfriesland, Niedersachsen). – Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, 23: 117 – 152; Wilhelmshaven.

Garve, E. (2007): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. – Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, 43: 1 – 507; Hannover.

Grant, M. J.; Waller, M. P.; Groves, J. A. (2011): The *Tilia* decline: vegetation change in lowland Britain during the mid and late Holocene. – Quaternary Science Reviews, 30: 394 – 408; Amsterdam.

Jahns, S. (2006): Age determination of the sediment core from the Loeddig Lake, Mecklenburg, Germany. – doi:10.1594/PANGAEA.586850.

Jahns, S. (2007): Palynological investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and settlement at the Löddigsee, Mecklenburg, Germany. – Vegetation History and Archaeobotany, 16: 157 – 169; Berlin.

Kirleis, W. (2003): Vegetationsgeschichtliche und archäobotanische Untersuchungen zur Landwirtschaft und Umwelt im Bereich der prähistorischen Siedlungen bei Rullstorf, Ldkr. Lüneburg. – Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, 28: 65 – 132; Wilhelmshaven.

Kloss, K. (1987): Pollenanalysen zur Vegetationsgeschichte, Moorentwicklung und mesolithisch-neolithischen Besiedlung im Unteren Rhinluch bei Friesack, Bezirk Potsdam. – Veröffentlichungen des Museums für Ur- und Frühgeschichte Potsdam, 21: 101 – 120; Potsdam.

Küster, H. (1988): Vom Werden einer Kulturlandschaft. Vegetationsgeschichtliche Studien am Auerberg (Südbayern). – Quellen und Forschungen zur prähistorischen und provinzialrömischen Archäologie, 3; Weinheim.

Küster, H. (1996): Auswirkungen von Klimaschwankungen und menschlicher Landschaftsnutzung auf die Arealverschiebung von Pflanzen und die Ausbildung mitteleuropäischer Wälder. – Forstwissenschaftliches

Centralblatt, 115: 301–320; Berlin.
Küster, H. (1997): The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam in the oak woodlands of central Europe. – The Holocene, 7: 239–242; Los Angeles.
Küster, H. (2010): Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa. Von der Eiszeit bis zur Gegenwart. – München.
Lang, G. (1952): Späteiszeitliche Pflanzenreste in Südwestdeutschland. – Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland, 11: 89–110; Karlsruhe.
Lang, G. (1955): Über spätquartäre Funde von *Isoëtes* und *Najas flexilis* im Schwarzwald. – Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 68: 24–27; Stuttgart.
Lang, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. – Jena.
Litt, T.; Brauer, A.; Goslar, T.; Lotter, A.; Merkt, J.; Ralska-Jasiewiczowa, M. (2001): Correlation of large-scale climate events during the Lateglacial and early Holocene as inferred from the study of annually laminated lake sediments in Europe. – Terra Nostra, 2001, 3: 26–32; Berlin.
Mecke, A. (1995): Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetations- und Klimageschichte im Landkreis Friesland. – Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, 23: 11–49; Wilhelmshaven.
Meisel, S. (1964): Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 57 Hamburg-Süd, Geographische Landesaufnahme 1:200.000. – Bad Godesberg.
Merkt, J.; Müller, H. (1999): Varve chronology and palynology of the Lateglacial in Northwest Germany from lacustrine sediments of Hämelsee in Lower Saxony. – Quaternary International, 61: 41–59; Oxford.
Merkt, J.; Müller, H. H. (2001a): Pollen analysis of sediment profile HAE16 from Haemelsee. – doi:10.1594/PANGAEA.54324.
Merkt, J.; Müller, H. H. (2001b): Pollen analysis of sediment profile MOOR from Moorhausen. – doi:10.1594/PANGAEA.354780
Montag, A. (1966): Geschützte und schutzwürdige Landschaftsteile und -bestandteile im Hamme-Wümme-Gebiet. – Hannover.
Müller, H. (1967): Bericht über die palynologische Untersuchung von 27 Proben der Bohrung Ot 52 aus dem Otterstedter See; Labor-Nr. der Proben 4603-4629. – Unveröffentlichter Bericht, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung; Hannover.
Müller, H.; Kleinmann, A. (1998): Palynologische Untersuchung eines Sedimentprofils aus dem Wollingster See. – Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg, 57: 44–52; Kiel.
Müller, H.; Merkt, J.; Kleinmann, A. (2001): Pollen analysis of sediment profile WO1 from Wollingster See. – doi:10.1594/PANGAEA.54341.
Oberdorfer, E. (1931): Die postglaziale Klima- und Vegetationsgeschichte des Schluchsees (Schwarzwald). – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg im Breisgau, 31: 1–85; Freiburg.
Overbeck, F.; Schmitz, H. (1931): Zur Geschichte der Moore, Marschen und Wälder Nordwestdeutschlands. – Mitteilungen der Provinzialstelle für Naturdenkmalpflege, 3: 1–179; Hannover.
Overbeck, F. (1975): Botanisch-Geologische Moorkunde. – Neumünster.
Pott, R. (1983): Die Vegetationsabfolgen unterschiedlicher Gewässertypen Nordwestdeutschlands und ihre Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Wassers. – Phytocoenologia, 11: 407–430; Berlin.
Pott, R. (1985): Beiträge zur Wald- und Siedlungsgeschichte des Westfälischen Berg- und Hügellandes auf Grund neuer pollenanalytischer Untersuchungen. – Siedlung und Landschaft in Westfalen, 17: 1–38; Münster.
Pott, R. (1986): Der pollenanalytische Nachweis extensiver Waldbewirtschaftungen in den Haubergen des Siegerlandes. – In: Behre, K.-E.: Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams: 125–134; Rotterdam.
Pott, R. (1993): Farbatlas Waldlandschaften. – Stuttgart.
Pott, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Stuttgart.
Pott, R. (1999): Nordwestdeutsches Tiefland zwischen Ems und Weser. – Stuttgart.
Pott, R.; Hüppe, J. (1991): Die Hudelandschaften Nordwestdeutschlands. – Abhandlungen

aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, 53: 1–313; Münster.
Pott, R.; Remy, D. (2000): Gewässer des Binnenlandes. – Stuttgart.
Retallack, G. J. (1997): Earliest Triassic Origin of *Isoetes* and Quillwort Evolutionary Radiation. – Journal of Paleontology, 71: 500–521.
Reuter, W.; Schneider, E. (1994): Heide und Moor. – München.
Selle, W. (1936): Die nacheiszeitliche Wald- und Moorentwicklung im südöstlichen Randgebiet der Lüneburger Heide. – Jahrbuch der Preußischen Geologischen Landesanstalt zu Berlin, 56: 371–421; Berlin.
Speier, M. (1994): Vegetationskundliche und paläoökologische Untersuchungen zur Rekonstruktion prähistorischer und historischer Landnutzungen im südlichen Rothaargebirge. – Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, 56, 3: 1–174; Münster.
Speier, M. (2006): Holozäne Dynamik der europäischen Rotbuche *(Fagus sylvatica)* in der regionalen Waldentwicklung des Westfälischen Berglandes. – Decheniana, 159: 5–22; Bonn.
Tolksdorf, J. F.; Kaiser, K.; Veil, S.; Klasen, N.; Brückner, H. (2009): The early Mesolithic Haverbeck site, Northwest Germany: evidence for Preboreal settlement in the Western and Central European Plain. – Journal of Archaeological Science, 36: 1466–1476; Amsterdam.
Turner, F. (2012): Biogeowissenschaftlich-paläoökologische Untersuchungen zur spätglazialen und holozänen Entwicklung von Landschaft und Flusssystem an der Jeetzel im mittleren Elbetal. – Dissertation, Leibniz Universität Hannover. – Hannover.
Usinger, H. (1985): Pollenstratigraphische, vegetations- und klimageschichtliche Gliederung des „Bølling-Allerød-Komplexes“ in Schleswig-Holstein und ihre Bedeutung für die Spätglazial-Stratigraphie in benachbarten Gebieten. – Flora, 177: 1–43; Jena.
Usinger, H. (2004): Vegetation and climate of the lowlands of northern Central Europe and adjacent areas around the Younger Dryas-Preboreal transition – with special emphasis on the Preboreal oscillation. – In: Terberger, T.; Eriksen, B. V.: Hunters in a changing world. Environment and archaeology of the Pleistocene-Holocene transition (ca. 11 000–9 000 B.C.) in Northern Central Europe: 1–26; Rhaden/Westfalen.
Vöge, M. (1999): 240 Millionen Jahre *Isoëtes:* Das See-Brachsenkraut *Isoëtes lacustris* L. in Niedersachsen. – Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens, 55, 1: 15–21; Peine.
Völksen, G. (1984): Landschaftsentwicklung der Lüneburger Heide – Entstehung und Wandel einer Kulturlandschaft. – Hannover.
Walker, M. J. C.; Johnsen, S.; Rasmussen, S. O.; Popp, T.; Steffensen, J.-P.; Gibbard, P.; Hoek, W.; Lowe, J.; Andrews, J.; Björck, S.; Cwynar, L. C.; Hughen, K.; Kershaw, P.; Kromer, B.; Litt, T.; Lowe, D. J.; Nakagawa, T.; Newnham, R.; Schwander, J. (2009): Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. – Journal of Quaternary Science, 24: 3–17; Chichester.

Danksagung und Anmerkung

Teile dieser Arbeit basieren auf der Staatsexamensarbeit der Erstautorin, die im Jahr 2007 am Institut für Geobotanik der Leibniz-Universität Hannover unter der Anleitung von Herrn Prof. Dr. Hansjörg Küster angefertigt wurde. Wir danken ihm für seine Unterstützung sowie Herrn Prof. Dr. Richard Pott für die Möglichkeit zur Nutzung der Laboratorien und der maschinellen Ausstattung des Instituts für Geobotanik.

Arbeit eingereicht: 21.08.2012
Arbeit angenommen: 18.09.2012

Ines V. Gildenstern, Falko Turner
Institut für Geobotanik
Leibniz-Universtität Hannover
Nienburger Straße 17, 30167 Hannover
turner@geobotanik.uni-hannover.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Naturhistorica - Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: 153

Autor(en)/Author(s): Gildenstern Ines V., Turner Falko

Artikel/Article: 11 000 Jahre Vegetationsentwicklung in der südlichen Lüneburger Heide - Mit einem Beitrag zur spät- und nacheiszeitlichen Geschichte der Isoëtes-Arten in Norddeutschland 97-116