Brandenburg. geowiss. Beitr./ Arbeitsber. Bodendenkmalpfl. Brandenburg	Cottbus/ Wünsdorf	22 (2015), 2/ 28 (2016) Sonderband 2016	S. 65–89	9 Abb., 2 Tab., 47 Zit.
--	----------------------	---	----------	-------------------------

Zur pollenanalytischen Untersuchung verschiedener Aufschlüsse und archäologischer Fundstellen aus dem Eem-Vorkommen Jänschwalde

Pollenanalytical investigation of various outcrops and archaeological sites from the Eemian of Jaenschwalde

JAQUELINE STRAHL

1 Einleitung

Die durch ihre Braunkohletagebaue geprägte Niederlausitz gehört wegen der mit ihnen verbundenen umfangreichen geologischen Vorerkundungs- und Kartierarbeiten hinsichtlich des Wissensstandes zum Saale-Spätglazial und zur Eem-Warmzeit zu den am besten erforschten Regionen Brandenburgs. Seit der zusammenfassenden Dokumentation "Karte der Eem-Vorkommen des Landes Brandenburg" (HERMS-DORF & STRAHL 2008) sind zu den bis dahin in Brandenburg bekannten bzw. vermuteten 566 Lokalitäten inzwischen weitere 20 hinzugekommen. Rund 200 davon entfallen auf die Niederlausitz, wovon 85 pollenanalytisch stratifiziert sind. Zu den bekanntesten zählen hier mit Sicherheit die Vorkommen von Klinge (zusammenfassend: Striegler 2007, Pollenanalysen: Strahl 2004, Seifert-Eulen 2007, Velichko et al. 2007) und Schönfeld (zusammenfassend: Striegler 1991, Pollenanalysen: Erd 1991, Seifert 1991, 1996).

Auch das Eem-Vorkommen von Jänschwalde fand bereits 2008 durch die Erkundungsbohrung THW 11685/06 (KÜHNER et al. 2008) Eingang in diese Zusammenstellung. Sie lieferte das pollenstratigraphische Referenzprofil für die seit 2010 laufenden und 2015 abgeschlossenen geologischen, paläontologischen und archäologischen Untersuchungen einer im Vorschnitt des Tagebaus Jänschwalde aufgeschlossenen und nunmehr überbaggerten Rinnenstruktur (Abb. 1; zum geologischen Bau vgl. KÜHNER 2014 und in diesem Band). Begleitend zu den zahlreichen makropaläobotanischen und -zoologischen Untersuchungen sowie zur geologischen Kartierung durch die Vattenfall Europe Mining AG (VEM; zusf. siehe KÜHNER in diesem Band) wurden weitere Pollenanalysen an Proben aus archäologischen Grabungsschnitten des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum (BLDAM) und einzelner Fundbergungen der Freien Universität (FU) Berlin durchgeführt (s. ff.; Abb. 1). Neben der dabei im Vordergrund stehenden Erfassung des relativen zeitlichen Ablagerungszeitpunktes der untersuchten Sedimente, ist die Pollenanalyse in der Lage und dies im Unterschied zur Analyse von pflanzlichen Makroresten, sowohl Aussagen zur Vegetationszusammensetzung des engeren Standortumfeldes als auch zu diesem selbst zu treffen. Sie kann darüber hinaus in Abhängigkeit von der flächenhaften Erstreckung eines Sedimentationsraumes (vgl. u. a. TAUBER 1966, JACOMET & KREUZ 1999) auch Informationen zu den Vegetationsgemeinschaften in der weiteren Standortumgebung liefern. So konnte insgesamt die in der Bohrung THW 11685/06 nachgewiesene vegetationsgeschichtliche Entwicklung vom Saale-Spätglazial bis in die mittlere Eem-Warmzeit [Pollenzone (PZ) 5 sensu Erd 1973] nicht nur bestätigt, sondern in ihrer Reichweite präzisiert werden. Neben dem späteren Nachweis durch Untersuchungen von Einzelproben, dass es sich ursprünglich, wie auch bei den benachbarten Vorkommen von Klinge und Schönfeld, um eine vollständige Eem-Sequenz gehandelt haben muss, konnte vor allem das saalespätglaziale Vegetationsbild komplexer beschrieben werden.

2 Methoden

2.1 Entnahme der Proben

Für die pollenstratigraphische Einstufung der Bohrung THW 11685/06 wurden durch die VEM [Herr Dipl.-Ing. (FH) R. Kühner] fünf Kernliner, den Teufenbereich 11,00–16,00 m umfassend, übergeben.

Neben Einzelproben aus den laufenden Kartierungsarbeiten der VEM, aus Fundbergungen der Senckenberg Weimar und nachfolgend der FU Berlin sowie von Wirbeltier-Fundstellen des BLDAM wurden auch drei zusammenhängende Profile aus Grabungsschnitten des BLDAM untersucht. Für die Schnitte 20 (Pollenprofil J94350; Abb. 1, 2) und 14/15 (Pollenprofil J94334, Fundstelle Pferd; Abb. 1 sowie Abb. 20 im Beitrag Bönisch & Schneider in diesem Band) lagen vier bzw. drei U-Profilschienen vor, deren Sedimentinhalt im Labor des LBGR begutachtet und beprobt wurde. Das Profil aus dem Schnitt 52 wurde direkt im Gelände aufgenommen und beprobt (Abb. 1, 3).

Aus den oben beschriebenen Kernen und Schnitten wurden insgesamt 181 Proben entnommen. Hinzu kamen zehn durch die jeweiligen Bearbeiter (R. Kühner, Dr. A. Kossler, M. Schneider) im Gelände gewonnene Einzelproben sowie neun Proben aus der Fundbergung 021014 (Abb. 4a, b; Kie-

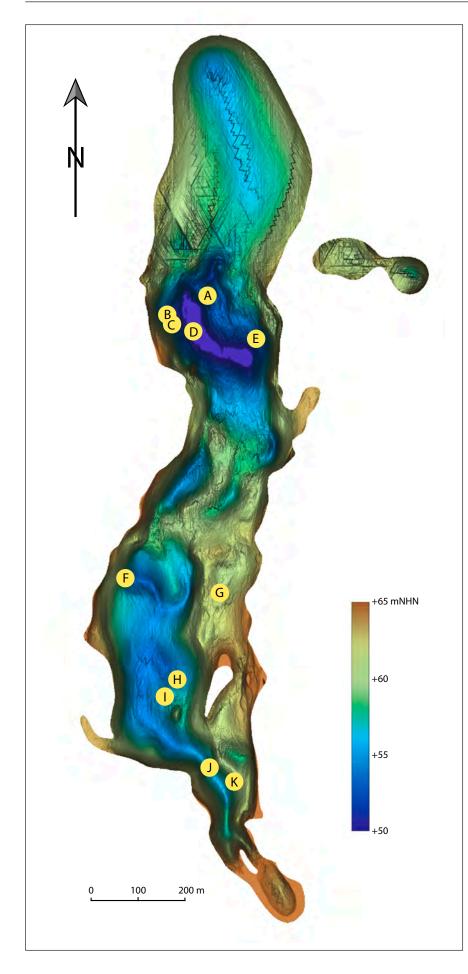


Abb. 1:

Lage der pollenanalytisch untersuchten Aufschlüsse innerhalb des Nord- und Südbeckens der ca. 1700 m langen und ca. 500 m breiten Rinnenstruktur von Jänschwalde (Grafik: R. KÜHNER 2015)

Nordbecken:

A – Kartierung VEM Vorschnitt 29.04./30.04.2013; B – Schnitt 52, Profil vom 09.09.2014; C – Fundbergung FU Berlin 021014, Fundstelle Kiefern-Stamm; D – Schnitt 55, Fundstelle Europäischer Biber; E – Schnitt 71, Pollenprobe zu J95515, Fundstelle Europäische Sumpfschildkröte

Südbecken:

F – Schnitt 9, Fundstelle Riesenhirsch; G – Kartierung VEM Vorschnitt, Station 35,8; H – Schnitt 20, Pollenprofil J94350; I – Schnitt 14/15, Pollenprofil J94334, Fundstelle Pferd; J – Bohrung THW 11685/06 (VEM); K – weichselzeitliche Rinne Eem-Vorkommen (VEM)

Fig. 1:

Position of outcrops investigated by pollen analysis inside the northern and southern basin of Jaenschwalde (graph: R. KÜHNER 2015)

Northern basin:

A – geological mapping VEM 29.04./30.04.2013; B – section 52, profile from 09.09.2014; C – position of find FU Berlin 021014, pine (Pinus) trunk; D – section 55, find beaver (Castor fiber); E – section 71, pollen sample to J95515, find turtle (Emys orbicularis)

Southern basin:

F – section 9, find megaceros (Megaloceros giganteus); G – geological mapping VEM, station 35,8; H – section 20, pollen profile J94350; I – section 14/15, pollen profile J94334, find horse (Equus sp.); J – bore hole THW 11685/06 (VEM); K – weichselian channel inside eemian sediments of Jaenschwalde (VEM)



Abb. 2: Schienenprofile 1–4 Pollenprofil J94350, Schnitt 20 (Foto: R. PISKORSKI, BLDAM 2013)

Fig. 2: U-profiles 1–4 for pollen profile J94350, section 20 (photo: R. Piskorski, BLDAM 2013)

fern-Stamm, Dr. A. Kossler). Ausgewertet wurden 143 von insgesamt 200 Proben.

In den Profilen wurde generell von einem Probenabstand von 5 cm ausgegangen. Engere Abstände (3 cm) liegen für die Basis des Profils der Bohrung THW 11685/06 aufgrund vermuteter geringer Sedimentationsraten im Saale-Spätglazial und im frühen Eem sowie bei Vorliegen rascher Sedimentationswechsel in den Profilen aus den Schnitten 20 und 52 vor. Bei letzteren wurden die Abstände bei zu geringem organogenem Anteil im Sediment auch erweitert. Im Fall des Profils J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 erfolgte nur eine stratenweise Übersichtsbeprobung.



Abb. 3: Vollansicht Schnitt 52 vom 09.09.2014 (Foto: A. Kossler, FU Berlin 2014)

Fig. 3: Total view section 52 from 09.09.2014 (Foto: A. Kossler, FU Berlin 2014)

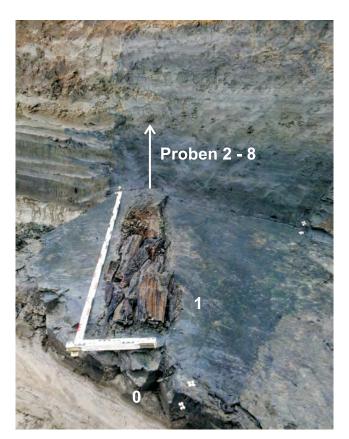




Abb. 4a, b: Profile Fundbergung FU Berlin 021014, Fundstelle Kiefern-Stamm mit Probenahmepunkten für die Pollenanalyse (Fotos: A. Kossler, FU Berlin 2014)

Fig. 4a, b: Profile of find FU Berlin 021014, Pinus trunk including points of sampling for pollen analysis (photo: A. Kossler, FU Berlin 2014)

2.2 Probenaufbereitung

Die Aufbereitung der Proben erfolgte im Pollenlabor des Landeslabors Berlin-Brandenburg (LLBB) in Kleinmachnow:

- mit 32 %iger HCl (Karbonat-Entfernung),
- nur bei extremer Silikatführung mit kalter 38–40 %iger HF (selten 70 %ig),
- zur Entfernung von Huminstoffen und zur Quellung des organischen Materials mit KOH (5–8 Plättchen),
- zur Entfernung grober organischer Partikel durch Vorsiebung mit einem 300 μm- bzw. sogar 600 μm-Sieb,
- durch Ultraschallsiebung mit einem 6 µm-Sieb zur Entfernung der mineralischen Feinfraktion (Ultraschallhomogenisator mit Standardschwingsonde, Einstellung 100 Watt, 20 kHz) und zuletzt
- mit der Anwendung des Acetolyse-Verfahrens nach Erdtman zur Entfernung von Zellulose und zur Quellung der Sporomorphen.

2.3 Pollenspektren und Aufbau der Pollendiagramme

Bei der palynologischen Bearbeitung wurden ausnahmslos Flüssigpräparate (Suspension) verwendet. Basis der statistischen Auswertung der je Probe ermittelten Zählwerte ist die Grundsumme, die sich aus der Summe der Baum- (BP) und Nichtbaumpollen (NBP) – Σ (BP+NBP) = 100 % – ergibt (i. d. R. ca. 335 bis maximal 400 und minimal 250 Baumpollen- und Nichtbaumpollenkörner). Von dieser Grundsumme ausgenommen blieben alle standorteigenen Elemente, wie höhere Wasser- und Sumpfpflanzen sowie Farne, Moose und präquartäre Sporomorphen. Ihre Anteile wurden, wie jene der einzelnen BP und NBP auf die Grundsumme bezogen. Da es sich bei den zur Gruppe NBP zusammengefassten Pollentypen bezüglich der Standortansprüche z. T. um Vertreter sehr heterogener Gattungen und Familien handelt, die pollenanalytisch nur unter sehr großem zeitlichen Aufwand bzw. teilweise gar nicht zu trennen sind, wurde auf eine Separierung von NBP und möglichen Vertretern der Sumpfflora verzichtet. Bei augenfälliger Überrepräsentation bestimmter Taxa, z. B. Sauer- (Cyperaceae) und Süßgräser (Poaceae), wird unter Kapitel 3 ausdrücklich auf einen in Frage kommenden Lokaleinfluss hingewiesen.

Nach Erreichen der Grundsumme erfolgte die vollständige Durchmusterung der Präparate. Daraufhin beobachtete Einzelformen wurden mit einem + im Zählprotokoll vermerkt und flossen nicht in die statistische Berechnung ein.

Hielten sich die Anteile präquartärer Umlagerungen in den Proben aus den spätsaalezeitlichen Sedimenten in Grenzen (<< 100 %; s. ff.), wurde als Zählbasis wie bei der normalen statistischen Auswertung, die Grundsumme aller vermeintlichen quartären Sporomorphen zugrunde gelegt. Waren umgelagerte Sporomorphen überrepräsentiert, wurden die Präparate lediglich quantitativ durchmustert.

Die Darstellung der aus den untersuchten Proben ermittelten Pollenspektren erfolgte in prozentualen Pollendiagrammen (Totaldiagramme; Abb. 5–9). Die zur Gruppe der BP gehörigen Taxa wurden im Pollendiagramm farblich unter-

legt nach der Einwanderungsfolge der Gehölze in das Untersuchungsgebiet angeordnet, lediglich die Kiefer (*Pinus*) und die Birke (*Betula*) sind gesondert in Verbindung mit der Summe der übrigen BP und der Summe der NBP dargestellt. Die übrigen Pollen- und Sporentypen finden z. T. im Text Erwähnung. Die in Kapitel 3 bei der Darstellung der Vegetationsentwicklung angeführten Prozentwerte reflektieren ausschließlich Pollenfrequenzen und sind nicht mit der etwaigen Häufigkeit eines Taxons am Untersuchungspunkt bzw. dessen Umgebung gleichzusetzen. Die taxonomische Zuordnung wurde, wenn nicht anders ausgewiesen, nach ROTHMALER (1990) vorgenommen.

Alle Kurven im Pollendiagramm sind zehnfach überhöht abgebildet, um auch Werte unter 1 % darstellen zu können. Palynomorphen, die nach Erreichen der erforderlichen Grundsumme im Präparat vorgefunden wurden, sind mit einem + im Diagramm kenntlich gemacht.

Der pollenanalytischen Gliederung des Saale-Spätglazials und der Eem-Warmzeit liegen die durch Hermsdorf & Strahl (2008) bzw. Erd (1973) publizierten Pollenzonierungen zugrunde.

Die Zählergebnisse zu den einzelnen Proben flossen in die Pollendatenbank (PollDab) des LBGR ein. Verbliebenes Probenmaterial wurde in die Palynogische Sammlung des LBGR überführt.

3 Pollenanalytische Detailergebnisse

3.1 Ausgehendes Saale-Hochglazial bis Saale-Spätglazial

Brandenburg weit sind bis heute aus nur 51 pollenanalytisch untersuchten Profilen und Aufschlüssen saalehoch- bis saalespätglaziale Ablagerungen bekannt. Die Gründe für die geringe Nachweisdichte liegen weniger in ihrer etwa selteneren Erhaltung als viel mehr in der Fokussierung auf die derzeit mit 242 pollenstratifizierten Vorkommen zu Buche schlagenden eemzeitlichen Ablagerungen (vgl. auch Kap. 1). So fanden diese älteren Schichtglieder oftmals aufgrund ihrer lithologischen Ausbildung, z. B. an Organik arme Schluffe oder Sande, bei den Probenahmen gar keine Berücksichtigung.

Die im pollenstratigraphischen Referenzprofil der Bohrung THW 11685/06 (Abb. 5) ursprünglich erfasste saalespätglaziale Entwicklung umschloss lediglich den Zeitraum der ausgehenden PZ B (Zeit der Sanddorn-Gebüsche) und der PZ C sensu Menke & Ross (1967; modifiziert durch Herms-DORF & STRAHL 2008 in C1 - Zeit der Birken-Wacholder-Sanddorn-Gemeinschaften und C2 - Zeit der Kiefern-Birken-Wacholder-Gemeinschaften). Die noch hochglaziale, waldfreie PZ A (Waldlose Zeit; in Brandenburg lediglich in 11 Profilen erfasst) sowie auch der im nachfolgenden Kapitel 5.1.2 diskutierte Wurzelhorizont (Sanddorn-Horizont s. str.) innerhalb der in die PZ B eingestuften Schichten (Sanddorn-Schichten i. w. S) wurden als solche nicht erfasst. Wesentlich vollständigere Pollensequenzen lieferten die Profile aus den archäologischen Schnitten 20 und 13 aus dem Südbecken (Pollenprofile J94350 und J94334; Abb. 1,

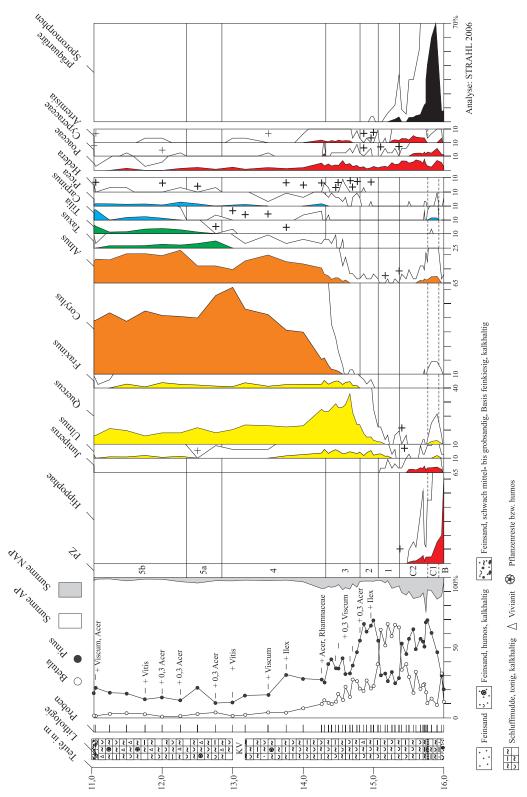


Abb. 5: Pollendiagramm Referenzprofil Bohrung THW 11685/06 (ausgewählte Taxa)

Grundsumme = BP + NBP = 100 %, excl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Farne, Moose, Algen, Plankter u. a. Mikroreste sowie präquartäre Sporomorphen, Werte < 1 % zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme, BP = Baumpollen, NBP = Nichtbaumpollen, KV = Kernverlust, PZ = Pollenzone

Fig. 5: Pollen diagram of standard section borehole THW 11685/06 for the Late Saalian and Eemian of Jaenschwalde (selected taxa)

Basis sum = arboreal pollen (BP) + nonarboreal pollen (NBP) = 100 %, excl. Swamp and water plants, spores of ferns and mosses, algae and other micro remains as well as prequaternary sporomorphs, values < 1 % with tenfold exaggeration, + = out of basis sum, KV = core loss, PZ = pollen zone

6 und 7] sowie 52 aus dem Nordbecken (Pollenprofil vom 09.09.2014; Abb. 1, 8) der heutigen Rinnenstruktur von Jänschwalde. Neben einer z. T. erheblich höheren pollenanalytischen Auflösung der PZ B, die eine Unterteilung in vier Subzonen ermöglichte, wurden hier auch Sedimente erfasst, deren Akkumulation mit großer Wahrscheinlichkeit unter noch hochglazialen Verhältnissen während der PZ A erfolgte.

3.1.1 Ausgehendes Saale-Hochglazial, PZ A – Waldlose Zeit

Die stratigraphisch aufgrund der sehr geringen Pollen- und Sporengehalte vorbehaltlich in das ausgehende Saale-Hochglazial eingestuften Profilteile aus den Schnitten 20 (Pr. 1–12, 0,37–1,24 m Aufschlusshöhe; Abb. 1, 6), 13 (Pr. 1–4, 0,10–0,37 m Aufschlusshöhe; Abb. 1, 7) und 52 (Pr. 1–3, 0,05–0,20 m Aufschlusshöhe; Abb. 1, 8) umfassen ausschließlich feinklastische, kalkfreie bis sehr schwach kalkhaltige Ablagerungen (i. d. R. Fein- und Mittelsande) mit fehlenden bis sehr geringen humosen Anteilen. Diese nehmen erst im (nicht überall lückenlosen) Übergang (s. ff.) zur bzw. während der nachfolgenden saalespätglazialen PZ B deutlich zu.

Charakteristisch sind des Weiteren Oxidationsflecken und -lagen, die in allen Profilen teufenaufwärts in sich abschwächender Form bis unterhalb der bereits in das höhere Saale-Spätglazial gehörenden Schluffmudden (PZ C1) an der Basis der Eem-Sequenz zu verfolgen sind (Abb. 6–8).

In der Zusammenschau zeigte sich ein entsprechend übereinstimmendes Bild hinsichtlich der bereits oben angeführten Armut an Sporomorphen aber auch der Zusammensetzung der in etwa altersgleich aufgefassten Pollenspektren. Wegen des sehr geringen, teils infolge der Oxidation schlecht erhaltenen bis ganz fehlenden Sporomorpheninventars, konnten sämtliche in diesen Zeitabschnitt datierenden Proben nur qualitativ ausgewertet werden (verbale Kennzeichnung in den Pollendiagrammen Abb. 6–8) und sind daher in ihrem Ergebnis von nur eingeschränkter Aussagekraft.

In dem gegenüber den Profilen aus den Schnitten 14/15 und 52 mehr als 1 m mächtigen und damit etwas höher auflösenden untersten Profilteil aus dem Schnitt 20 (Abb. 6) überwiegen vor allem tertiäre Sporomorphen [Gruppe Sumpfund Zypressengewächse (Taxodiaceae/Cupressaceae), diverse Tricolporates, Triletes, seltener Tupelobaum (*Nyssa*), Stechpalme (*Ilex*) und Schirmtanne (*Sciadopytis*)]. Erst ab etwa 0,70 m Aufschlusshöhe sind in den Pollenspektren mit Süß- (Poaceae) und Sauergräsern (Cyperaceae) sowie Schachtelhalm (*Equisetum*) und spürbar ab 0,80 m mit dem erstmaligen Nachweis des Sanddorns (*Hippophaë rhamnoides*) wahrscheinlich autochthone Anteile häufiger zu verzeichnen.

Ab 1,20 m Aufschlusshöhe erscheinen neben den durchgehend präsenten und hier besonders zahlreichen tertiären

Florenelementen zunehmend offensichtlich aus einer älteren quartären Warmzeit umgelagerte Pollen- und Sporenanteile [außer dem von Beginn an nachgewiesenen Pollen insbesondere der Kiefer (Pinus), Birke (Betula) und Erle (Alnus) nun auch jener von Eiche (Quercus), Ulme (Ulmus), Hainbuche (Carpinus), Fichte (Picea), verschiedenen Heidekrautgewächsen (Ericaceae p. p.) sowie Sporen vom Königsfarn (Osmunda)]. Ebenfalls beobachtete Sporen des Großen Algenfarns (Azolla filiculoides) lassen auf einen ursprünglich holstein- bis frühsaalezeitlichen Ablagerungszeitraum dieser Sporomorphen schließen. Als Herkunftsort kommt hier das unterlagernde Tranitzer Fluviatil mit zahlreichen frühsaalezeitlichen Muddelagen infrage, in das die Rinnenstruktur erosiv eingreift. Auch angesichts des bei 0,94 m Aufschlusshöhe erfolgenden charakteristischen Sedimentwechsels zu an Organogen reicheren Feinsanden ist hier sehr wahrscheinlich die tatsächliche Grenze zum nachfolgenden Saale-Spätglazial (Subzone B1) zu suchen, ohne diese wegen der angeführten Fossilarmut auch statistisch fixieren zu können (Ausweisung als Übergangsbereich PZ A/ B1 im Pollendiagramm Abb. 6).

Vermutlich korrelierende Pollenspektren liegen aus den unteren 20 cm des Profils aus dem Schnitt 52 (Abb. 8) vor und werden dementsprechend altersgleich aufgefasst.

Die aus den unteren 0,50 m des Profils J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 ermittelten qualitativen Pollenspektren (Abb. 7) sind dagegen zwar ebenfalls vergleichsweise reich an resedimentierten Sporomorphen aus dem Tertiär und vermutlich dem Holstein bis Unteren Saale, enthalten aber mit Süß- und Sauergräsern sowie Beifuß (*Artemisia*) deutlich höhere Anteile an Offenlandelementen. Der Sanddorn fehlt (noch) völlig. Eine Einstufung ausschließlich in die PZ A scheint hier am schlüssigsten.

Nicht in dieses stratigraphische Bild passen würde damit jedoch der Fund einer Pferde-Rippe mit der Fundnummer J94342 vermeintlich aus der Schicht 3 des Profils J94334 (Abb. 7 sowie Abb. 20 im Beitrag Bönisch & Schneider in diesem Band), da der Hauptteil der aufgefundenen Skelettreste offensichtlich ausschließlich in den Sanddorn-Schichten (PZ B; s. ff.) zur Ablagerung kam (vgl. dazu auch Bönisch & Schneider sowie Kossler in diesem Band). Dazu ist anzumerken, dass das Pollenprofil und die eigentliche Hauptfundstelle der Skelettreste des Pferdes, abgesehen von einem Rippenfund weiter westlich, im Schnitt ca. 5 m auseinanderlagen und die Zuordnung der Schichten des Pollenprofils (Abb. 7) zu den Schichten der Fundstelle nachträglich durch den bearbeitenden Archäologen vorgenommen wurde (vgl. Abb. 19 und 20 im Beitrag Bönisch & Schneider in diesem Band). Nicht nur zwischen beiden Aufschlüssen, sondern auch westlich des Pollenprofils im Schichtverband festgestellte Aufwölbungen bzw. Aufstiege der Sanddorn-Schichten (vgl. Abb. 19 im Beitrag Bönisch & Schneider in diesem Band) können hier durchaus im Nachgang zu einer falschen Schichtparallelisierung geführt haben und damit letztendlich auch zu einem bezüglich des tatsächlichen Alters der Einbettungsstrate der Rippe nicht zutreffenden pollenstratigraphischen Befund. Insgesamt ist

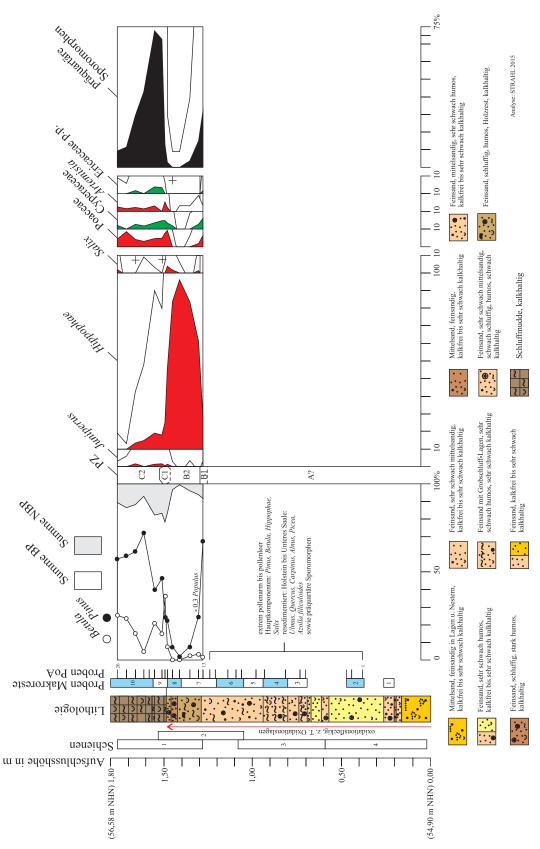


Abb. 6: Pollendiagramm Profil J94350, Schnitt 20 (ausgewählte Taxa)

Grundsumme = BP + NBP = 100 %, excl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Farne, Moose, Algen, Plankter u. a. Mikroreste,

Werte < 1 % zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme, BP = Baumpollen, NBP = Nichtbaumpollen, PZ = Pollenzone

Fig. 6: Pollen diagram of profile J94350, section 20 (selected taxa)

Basis sum = arboreal pollen (BP) + nonarboreal pollen (NBP) = 100 %, excl. Swamp and water plants, spores of ferns and mosses, algae and other micro remains as well as prequaternary sporomorphs, values < 1 % with tenfold exaggeration, + = out of basis sum, PZ = pollen zone

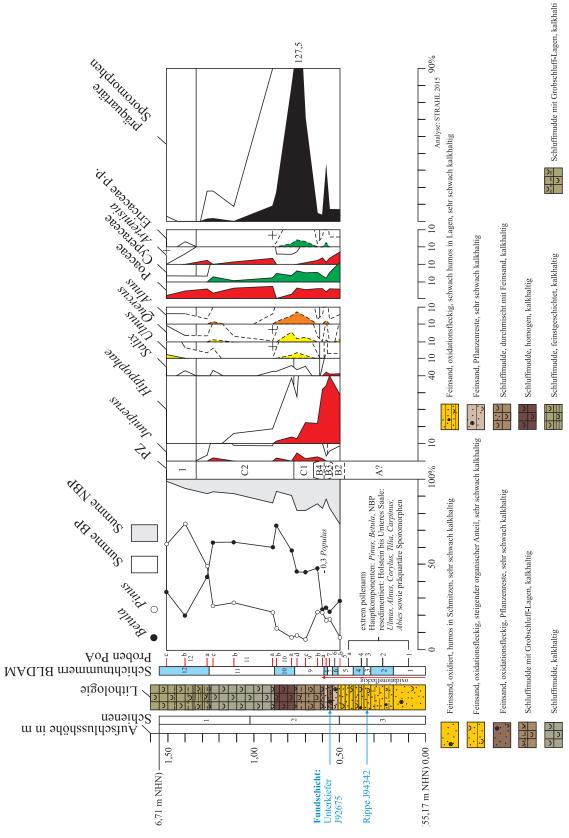


Abb. 7: Pollendiagramm Profil J94334, Übergang Schnitt 14/15, Fundstelle Pferd (ausgewählte Taxa)
Grundsumme = BP + NBP = 100 %, excl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Farne, Moose, Algen, Plankter u. a. Mikroreste,
Werte < 1 % zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme, BP = Baumpollen, NBP = Nichtbaumpollen, PZ = Pollenzone

Fig. 7: Pollen diagram of profile J94334, transition section 14/15, find horse (Equus sp). (selected taxa)

Basis sum = arboreal pollen (BP) + nonarboreal pollen (NBP) = 100 %, excl. Swamp and water plants, spores of ferns and mosses, algae and other micro remains as well as prequaternary sporomorphs, values < 1 % with tenfold exaggeration, + = out of basis sum, PZ = pollen zone

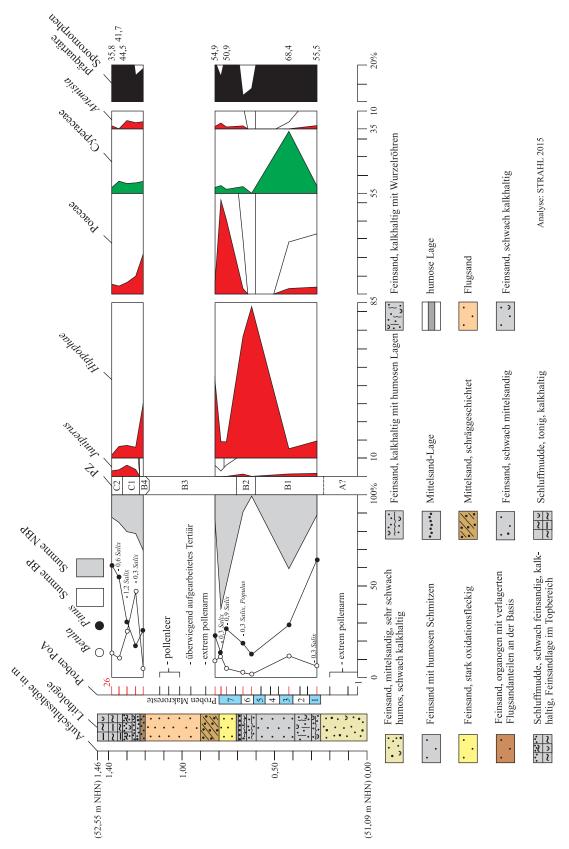


Abb. 8: Pollendiagramm Profil Schnitt 52 (ausgewählte Taxa)
Grundsumme = BP + NBP = 100 %, excl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Farne, Moose, Algen, Plankter u. a. Mikroreste,
Werte < 1 % zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme, BP = Baumpollen, NBP = Nichtbaumpollen, PZ = Pollenzone

Fig. 8: Pollen diagram of profile section 52 (selected taxa)

Basis sum = arboreal pollen (BP) + nonarboreal pollen (NBP) = 100 %, excl. Swamp and water plants, spores of ferns and mosses, algae and other micro remains as well as prequaternary sporomorphs, values < 1 % with tenfold exaggeration, + = out of basis sum, PZ = pollen zone

die Fundprojektion auf die Schichten eines weiter wegliegenden Profils als problematisch anzusehen.

Insgesamt wird für das ausgehende Saale-Hochglazial (PZ A) das Vegetationsbild einer offenen, waldfreien, stark durch erosive (u. a. äolische; vgl. Kossler, Nölscher & HÖLZMANN in diesem Band) Vorgänge geprägten Landschaft im Charakter einer Kältesteppe reflektiert. Mit den insbesondere im Übergang zum Saale-Spätglazial (PZ B) während noch sehr kurzer Sommer sukzessive ansteigenden, jedoch unter 10 °C bleibenden Temperaturen, breiteten sich neben verschiedenen krautigen Pflanzen [überwiegend Süßund Sauergräser, Beifuß u. a. Korbblütler (Liguliflorae)] allmählich erste Sanddorn-Gebüsche, vereinzelt wohl auch Kriechformen von Birke und Weide (Salix) aus. Die Ansiedlung erfolgte auf saisonal nur kurzzeitig auftauendem Dauerfrostboden bei Inanspruchnahme sowohl staunasser (s. ff.) als auch trockener, nährstoffarmer Rohböden. Zu den klimastratigraphisch deutlich aussagekräftigeren, da artspezifischen Makrorestbefunden aus dem Profil Schnitt 52 siehe Kossler in diesem Band. Wegen der noch weitgehend fehlenden geschlossenen Vegetationsdecke unterlag das demzufolge ungefestigte Bodensubstrat andauernder Erosion. Diese führte zum Eintrag feinklastischer Sedimente mit erheblichen Anteilen umgelagerter Sporomorphen in zu diesem Zeitpunkt oberflächig vorhandene, bereits aufnahmefähige flache und wenigstens zeitweise wassererfüllte Hohlformen (Deflationsmulden?; Überstauung infolge saisonalen oberflächennahen Auftauens der Dauerfrostböden).

Das Pollendiagramm des Profils aus dem Schnitt 52 (Abb. 8) aus dem Nordbecken zeigt als einziges einen mehr oder weniger lückenlosen, statistisch belastbaren Übergang in die frühe PZ B (Subzone B1, s. ff.). Im Profil J94350 aus dem Schnitt 20 vermittelt die Probe 13 mit einem Sanddorn-Wert von bereits 18 % lediglich in den Übergangsbereich der Subzonen B1/B2. Im Profil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 liegt dagegen eine echte Schichtlücke vor, da hier bereits Ablagerungen aus der Zeit der maximalen Sanddorn-Verbreitung (PZ B2) über den oben beschriebenen, noch hochglazialen Ablagerungen der PZ A folgen. Zur Bohrung THW 11685/06 kann wegen fehlenden weiteren Kernmaterials unterhalb 16 m Teufe keine Aussage getroffen werden. Mit der spürbaren Ausbreitung bzw. bei Vorliegen einer Schichtlücke mit dem sprunghaften Anstieg der Kurve des Sanddorns wird in den Pollendiagrammen (Abb. 6-8) die pollenstratigraphische Grenze zur klimatisch deutlich günstigeren saalespätglazialen PZ B (Zeit der Sanddorn-Gebüsche) gezogen.

3.1.2 Saale-Spätglazial 3.1.2.1 PZ B – Zeit der Sanddorn-Gebüsche (Sanddorn-Schichten i. w. S.)

Dieser, das eigentliche Saale-Spätglazial einleitende erste pollenstratigraphische Horizont konnte in Brandenburg bisher in 13 Profilen nachgewiesen werden. Die für ihn charakteristische allmähliche Ausbreitung des Sanddorns bis hin zu seiner Dominanz innerhalb der weiterhin offenen, durch Kräuter beherrschten saalespätglazialen Landschaft im Umfeld der heutigen Jänschwalder Rinnenstruktur und auch in ihr selbst ist besonders bildhaft im Pollendiagramm des Schnittes 52 dokumentiert (Abb. 8).

Der betreffende Profilabschnitt zwischen 0,25-1,27 m Aufschlusshöhe ist hinsichtlich der vorgefundenen Sedimente viergeteilt: Bei 0,25-0,68 m steht ein grauer Feinsand mit humosen Lagen an, in den zwischen 0,30-0,39 m ein charakteristischer Wurzelhorizont (Sanddorn-Horizont s. str.) eingeschaltet ist. Dieser konnte immer wieder im Gelände, so vor allem im Südbecken der Rinnenstruktur (vgl. Kühner in diesem Band), beobachtet werden. Er fehlt dort aber den Profilen aus den Schnitten 20 (hier nur einzelne, im zeitlich nicht sicher zu fixierenden Übergangsbereich der PZ A/B1 liegende Wurzelreste; Abb. 3, 6) und 13 (Abb. 7 sowie Abb. 19 im Beitrag Bönisch & Schneider in diesem Band) ebenso wie aus o. g. Gründen auch dem Profil der Bohrung THW 11685/06. Erste Untersuchungen an Wurzel- sowie Stamm- und Aststükken aus einer im Südbecken entnommenen Probe wurden 2010 durch Herrn Dr. H. GÄRTNER am Swiss Federal Research Institute in Birmsdorf durchgeführt. Danach stammen sämtliche Reste durchweg vom Sanddorn (schrftl. Mitt. vom 02.12.2010).

Zwischen 0,68–0,90 m folgt ein zweiter Sedimentkomplex, eingeleitet durch einen gelben, stark oxidierten Feinsand (0,68–0,80 m), der zu einem schräggeschichteten, durch Sackungsfalten gekennzeichneten Mittelsand (0,80–0,90 m) überleitet. Beide Sedimentkomplexe werden in dem benachbarten Profil im Beitrag von Kossler, Nölscher & Hölzmann (in diesem Band) und dort Abb. 3 zum Faziestyp 2 zusammengefasst, wohingegen der Faziestyp 1 die der PZ A zugeordneten Ablagerungen beinhaltet.

Diskordant darüber lagert zwischen 0,90 und 1,20 m ein äolisch generierter Feinsand (Sedimentkomplex 3 bzw. Faziestyp 3 bei Kossler, Nölscher & Hölzmann in diesem Band).

Ein brauner, stark humoser Feinsand bei 1,20–1,23 m (Faziestyp 4 bei Kossler, Nölscher & Hölzmann in diesem Band), der zu Schluffmudden an der Basis der Eem-Ablagerungen überleitet (Faziestyp 5 bei Kossler, Nölscher & Hölzmann in diesem Band), bildet die vierte und letzte sedimentologische Einheit innerhalb der PZ B.

Die sedimentologische Gliederung dieses Profilabschnittes spiegelt sich auch im vegetationsgeschichtlichen Ablauf wider, der bezüglich der saalespätglazialen Entwicklung in ihrer Gesamtheit gegenüber den Profilen aus den Schnitten 20 (Abb. 6) und 13 (Abb. 7) sowie der THW 11685/06 (Abb. 5) die höchste Auflösung zeigt. Danach lässt sich die PZ B in vier Subzonen unterteilen:

¹ Abgebildet sind im Pollendiagramm nur die Analyseergebnisse der rot unterlegten Proben, da nur sie ausreichend Sporomorphen für eine statistische Auswertung enthielten bzw. der Anteil umgelagerter Sporomorphen nicht deutlich überwog.

Subzone B1 (Beginn der Sanddorn-Ausbreitung):

Sie umfasst den Profilabschnitt 0,25–0,60 m Aufschlusshöhe (Abb. 8) mit o. a. grauen Feinsanden einschließlich des Wurzelhorizontes (Sanddorn-Horizont s. str.).

In dem weiterhin durch sehr hohe Anteile von vor allem tertiären und älterwarmzeitlichen Sporomorphen gekennzeichneten Abschnitt (insbesondere zwischen 0,45–0,60 m) erreicht der Sanddorn, der als schlechter Pollenproduzent gilt, maximal 10 %. Nach Janke (1996) zeugen schon Werte um 5 % vom Vorhandensein großer Populationen. Für eine derart rasche Etablierung in der Landschaft kommen zum einen Vögel in Frage, die seine Beeren gern fressen und damit zur Verbreitung seiner Samen beitragen. Zum anderen spricht der ermittelte prozentuale Maximalwert aber vor allem von einer steigenden Temperaturgunst, die eine rasche Ausbreitung auf dem nun sommerlich oberflächennah auftauenden, toteisplombierten Untergrund zuließ.

Bedeutend sind anschließend auch die Anteile (max. 34 %) an Sauergräsern und Binsen (Juncaceae; Nachweis durch Makroreste, siehe Kossler in diesem Band) als standortnahe, im Gegensatz zum Sanddorn sommerliche Staunässe ertragende Elemente einer reich entwickelten lichtliebenden Krautflora [besonders Süßgräser und Beifuß aber auch Knöterich (*Polygonum*), Steinbrech (*Saxifraga*), Nelken- (Caryophyllaceae), Dolden- (Umbelliferae) und Korbblütengewächse (hier Tubuliflorae) sowie Mondraute (*Botrychium*) als charakteristische Rasenart der Kältesteppen bzw. Tundren].

Selten erscheinen auch Schachtelhalm, Torfmoose (*Sphagnum*) und verschiedene Hahnenfußgewächse (Ranunculaceae). Gänzlich fehlen aber echte Wasserpflanzen, lediglich einige Zoenobien von Zackenrädchen-Algen (vor allem *Pediastrum boryanum*) und vereinzelte Jochalgen-Exemplare (*Spirogyra* sp.) konnten beobachtet werden.

Der Sedimentcharakter und die hohen Sauergras-/Binsen-Anteile in den Feinsanden oberhalb des Wurzelhorizontes lassen für den weiteren Verlauf der Subzone B1 an die Herausbildung von nach unten durch das Toteis (Permafrost) abgedichteten Überstauungsbereichen denken. Diese waren offensichtlich von nur kurzlebiger Natur und auch noch sehr kleinräumig (vgl. dazu Abb. 1b im Beitrag Kossler, Nölscher & Hölzmann in diesem Band). Hier erfolgte zwar eine teils flächenhafte Ausbreitung besagter feuchteliebender Sauergras- und Binsenrasen, nicht aber die einer ausdauernden Wasservegetation (zur Entstehung derartiger kurzlebiger Sedimentfallen vgl. auch Kossler 2014; S. 93). Wo es zur Überstauung kam, musste der Sanddorn auf trockenere Bereiche ausweichen. Zeuge seiner ehemals auch innerhalb der heutigen Rinnenstruktur befindlichen Standorte ist der zwar rinnenweit, offenbar aber insbesondere im Nordbecken nur lückenhaft verbreitete Wurzelhorizont (s. o.). Die Gründe dafür sind zum einen in der nicht flächenhaften Überstauung potenzieller Sanddorn-Standorte zu suchen, da nur in später überstauten Rinnenbereichen die Wurzelzonen vorhanden gewesener Sanddorn-Gebüsche wegen des gegebenen Luftabschlusses konserviert werden konnten. Zum anderen ist angesichts der z. T. sehr bruchstückhaften Überlieferung der PZ B in ihrer Gesamtheit auch von einem erheblichen Sedimentabtrag, insbesondere während der Subzone B3 (s. ff.) auszugehen, von dem auch der Wurzelhorizont betroffen war (vgl. die Ausführungen Kühner in diesem Band).

Subzone B2 (Maximalverbreitung des Sanddorns):

Dieser Abschnitt reflektiert die scheinbar explosionsartige, klimatisch geförderte Ausbreitung des Sanddorns sowohl im Süd- als auch im Nordbecken der heutigen Rinnenstruktur (Abb. 5–8). Sie lässt aufgrund der rinnenweiten Nachweislage auf eine möglicherweise erste, wenn auch nur vorübergehende, durch den positiven Klimagang ausgelöste Tieftauphase des im Untergrund vorhandenen Toteises schließen. Nach den übereinstimmenden Diagrammlagen, u. a. mit den Lokalitäten Schönfeld (Seifert 1996) und Klinge (Seifert-Eulen 2004) in Südostbrandenburg sowie mit Strausberg östlich Berlin (Hermsdorf & Strahl 2008), handelt es sich dabei um einen offensichtlich überregional stattfindenden Prozess.

Bezüglich der bereits oben angesprochenen geringen Pollenproduktion der windblütigen Erzeugerpflanze und der besonderen Pollendispersion ist angesichts der derart hohen ermittelten Pollenfrequenzen (max. 96 % im Profil J94350 aus dem Schnitt 20; Abb. 6) nicht nur von einer flächenhaften Verbreitung, sondern sogar einer Ausbildung regelrechter Sanddorn-Dickichte im Umfeld sich herausbildender temporärer Toteislöcher auszugehen. Vergleichbare Vorkommen finden sich heute vielfach, wenn auch in wesentlich kleinerem Format, an exponierten Kliffstandorten der Küsten aber auch in rekultivierten Tagebauen. Eine spontane, nicht vom Menschen geförderte massenhafte Ausbreitung des Sanddorns ist weiterhin derzeit an den Ufern des Störmthaler Sees, einem gefluteten Restloch des ehemaligen Tagebaus Espenhain südlich Leipzig zu beobachten. Als Ursachen sind hier in erster Linie das ungefestigte Kippensubstrat (Rohboden, s. ff.) und der (noch) fehlende Konkurrenzdruck nachrückender Gehölze, wie Birke und Kiefer zu nennen. In günstiger Standortlage kann auch mit baumförmigen Exemplaren von mehr als 5 m Höhe gerechnet werden, wie heute u. a. entlang der Umgehungsstraße 179a in Königs Wusterhausen zu sehen.

Neben den sich zweifelsfrei zunehmend günstiger gestaltenden klimatischen Verhältnissen (Erreichen einer mittleren Juli-Temperatur von bis zu 15,5 °C; vgl. Kossler 2014, S. 94 sowie zu den diesbezüglichen Makrorestuntersuchungen an den Profilen aus den Schnitten 20 und 52 der Beitrag von Kossler in diesem Band) kamen dem an trockene, winterkalte Bedingungen angepassten Sanddorn als Rohbödenbesiedler dabei offene, infolge Sedimentbewegung noch instabile Areale besonders entgegen. Während ein ausreichender Kalkgehalt des Rohbodensubstrates gegeben sein muss, sind die Rohböden gemeinhin fehlenden Nährstoffe kein Hemmnis für seine Ausbreitung. Eine mit stickstoffbindenden Wurzelknöllchen-Aktinomyzeten bestehende Symbiose macht den Sanddorn unabhängig von dem im Boden verfügbaren Stickstoffangebot (Ellenberg 1996). An den von ihm eingenommenen Standorten kam es nachfolgend wegen seines sich rasch vegetativ, z. T. durch Wurzelbrut reich verzweigenden flachen oberen Wurzelstockwerks zur Bodenfestigung. Erosive Einträge gingen, indiziert durch die sich verringernden Anteile umgelagerter präquartärer und älterwarmzeitlicher Sporomorphen, entsprechend zurück (Abb. 5-8; letztere in den Pollendiagrammen Abb. 6 und 8 wegen nicht vorgenommener weiterer Eintragung anderer Gehölze nur durch den Abfall der Kiefern-Kurve dokumentiert). Folglich stark unterrepräsentiert erscheinen in den Pollendiagrammen in diesem Abschnitt gegenüber den vor allem aus dem standortnahen, feuchten Umfeld stammenden Makrorestbelegen (vgl. Kossler in diesem Band) weitere Gehölze, wie Birke und Weide sowie mit einem nur einmaligen Nachweis die Pappel (Populus) ebenso wie die sicher nach wie vor in großer Zahl vertretenen krautigen Pflanzen.

Die erstmals nun offensichtlich vielerorts kleinräumig vernässten Rinnenbereiche zeigten, vermutlich wegen ihres auch jetzt bestehen bleibenden temporären Charakters (austrocknend im Sommer und durchfrierend im Winter), weiterhin einen nur geringen Besatz mit Wasserpflanzen [einmaliger Nachweis des Ährentausendblatts (*Myriophyllum spicatum*)] und Pflanzen der Uferzonen, wie Rohr- u./o. Igelkolben (*Typha-Sparganium*-Typ) oder wechselfeuchten Elementen, wie den Flussampfer (*Rumex hydrolapathum*).

Wahrscheinlich ebenfalls ausschließlich in diese Subzone einzustufen sind, abgesehen von dem oben beschriebenen fraglichen Rippenfund J94342, zumindest die im Pollenprofil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 in unterschiedlichen Straten (u. a. Unterkiefer J92675 in Schicht 7; Abb. 7 sowie Abb. 19 und 20 im Beitrag Bönisch & Schneider in diesem Band) der Sanddorn-Schichten i. w. S. nachgewiesenen Skelettreste des bei Bönisch & Schneider (in diesem Band) sowie Chaput (2014) des wegen seiner Fundumstände ausführlich beschriebenen Pferdes. Anfänglich wurde im Vergleich mit den Pollenprofilen J94350 aus dem Schnitt 20 (Abb. 6) und der Bohrung THW 11685/06 (Abb. 5) und vor allem des Sedimentcharakters der Strate 9 im Pollenprofil J94934 (Übergangsbereich zu den Schluffmudden der PZ C1; Abb. 7) von einer überwiegenden stratigraphischen Zugehörigkeit der einbettenden Sedimente in die ausgehende PZ B (Subzone B4) ausgegangen. Dagegen sprechen jedoch zum einen die durch Kossler in diesem Band nachgewiesenen Makroreste, die von ihrem Spektrum her eher in den Bereich der Sanddorn-Schichten der Subzone B2 bzw. in deren Übergang zur Subzone B3 tendieren.

Weiterhin sprächen auch die westlich und östlich des Pollenprofils beobachteten, bereits weiter oben angesprochenen Sedimentaufwölbungen und -aufstiege in den Sanddorn-Schichten dagegen, so sie periglaziär und nicht lediglich synsedimentär durch das beginnende Toteisaustauen ausgelöst sind (dazu siehe weiter unter Subzone B3). Aus pollenanalytischer Sicht ist einer Einstufung auch in die Subzone B2 insofern nicht zu widersprechen, als da tendenziell rückläufige, in diesem Fall maximal 40 % erreichende Sanddorn-Werte sowohl klimabedingt nach dem Sanddorn-Maximum in der ausgehenden Subzone B2 bzw. im Über-

gang zur Subzone B3 (vgl. Profil Schnitt 52; Abb. 8), als auch konkurrenzbedingt in der ausgehenden Subzone B4 wegen der beginnenden saalespätglazialen Birken-Ausbreitung (s. ff.) festzustellen sind.

Hinsichtlich der Fundstreuung der aufgefundenen, nach CHAPUT (2014) mit großer Wahrscheinlichkeit nur einem Individuum angehörenden Pferde-Knochen innerhalb der Sanddorn-Schichten ist sicher eine Verlagerung einzelner Reste von ihrem ursprünglichen Ablagerungsort, namentlich der als Schlachtplatz gedeuteten Fundstelle, unbenommen teilweise durch den Menschen verursacht worden (vgl. BÖNISCH & SCHNEIDER in diesem Band). Ebenso kann auch eine spätere Einschwemmung, u. a. von zumindest zeitweise frei an der Oberfläche liegenden Rippen (siehe dazu der Befund zu den Fraßspuren an Rippe J92695; Abb. 8 in CHAPUT 2014) beispielsweise infolge von Starkregenereignissen in das an der Fundstelle temporär bestehende Flachgewässer nicht ausgeschlossen werden. Andererseits wäre aus rein klimatischer Sicht aber auch an eine durch Frost bedingte Verlagerung von Skelettteilen (u. a. der am höchsten liegende Unterkiefer J92675 in Schicht 7), vorausgesetzt es handelt sich wirklich nur um ein Tier, insbesondere während der deutlich kälteren Subzone B3 zu denken. Dafür sprächen sowohl die Anreicherung humoser Bestandteile als auch Sedimentverwirbelungen im Umfeld einzelner Knochenfunde (vgl. Abb. 24 und 25 im Beitrag Bönisch & Schneider in diesem Band).

Subzone B3 (Sanddorn-Rückgang infolge Einstellung stadialer Verhältnisse):

Diese Subzone ist belastbar über Sedimente und damit auch pollenanalytisch wiederum nur im Profil aus dem Schnitt 52 (Abb. 8) nachgewiesen. Damit wird zum einen das nur kleinräumige Bestehenbleiben von Sedimentfallen belegt, zum anderen aber offensichtlich auch sich wieder verschlechternde klimatische Bedingungen.

Die steigenden Sommertemperaturen (vgl. Kossler 2014 und in diesem Band) während der Subzone B2 hatten insbesondere im Nordbecken der heutigen Rinnenstruktur die Entstehung tieferer Lunken zur Folge, die im Verlauf der Subzone B3 weiterhin in der Lage waren, durch Erosion (u. a. Deflation; vgl. Kossler, Nölscher & Hölzmann in diesem Band) anfallende, vor allem an umgelagertem Tertiär reiche Fein- und Mittelsande aufzunehmen.

So treten zwischen 0,68–0,80 m zunächst anstelle der bisher akkumulierten grauen, humosen Feinsande wieder stark durch Oxidation gekennzeichnete, an Organogen erheblich ärmere bis freie Feinsande. Die aus ihnen ermittelten Pollenspektren zeigen eine erneute Zunahme von resedimentierten, überwiegend tertiären aber auch weiterhin älterwarmzeitlichen Sporopmorphen. Der Sanddorn geht auf unter 10 % zurück. Ein sprunghafter Kurvenanstieg zeigt sich dagegen bei den Süßgräsern auf mehr als 50 % sowie ein leichter auch beim Beifuß. Diese Entwicklung resultiert offenbar aus klimatischer Ungunst (Einstellung stadialer Verhältnisse), die eine Ausbreitung heliophiler Kältesteppen-Elemente förderte und die Vernichtung von Arealen des wärmeanspruchsvolleren Sanddorns zur Folge hatte.

Das Pollenspektrum von der humosen Basis des diskordant darüber folgenden, ansonsten pollenarmen schräggeschichteten Mittelsandes zwischen 0,80–0,90 m zeigt ein scheinbares nochmaliges Vordringen des Sanddorns bei gleichzeitigem Rückgang der Offenlandelemente. Da aber die Anteile präquartärer Sporomorphen weiter zunehmen, ist dieser im Pollendiagramm dokumentierte Wiederanstieg wohl eher sekundärer Natur – vielmehr scheinen neben präquartären hier auch in der Subzone B2 akkumulierte Sedimente aufgearbeitet zu sein. Für diesen Ablauf spricht auch das durch Kossler (in diesem Band) ermittelte Spektrum der pflanzlichen Großreste.

Der kältebedingte Rückgang der Vegetation ging offensichtlich soweit, dass Sedimenteinwehungen von nun wieder mehr oder weniger vegetationsfreien Flächen möglich wurden. Der derartigen Prozessen zugeordnete, den darunter lagernden Mittelsand diskordant abschneidende und schräg einfallende Feinsand zwischen 0,90–1,20 m Aufschlusshöhe erwies sich in Bezug auf ein vorhandenes Sporomorpheninventar, abgesehen von seiner Basis mit überwiegend tertiären Sporomorphen, als völlig steril. Er bildet den vorläufigen Abschluss der noch unter stadialen Verhältnissen stattfindenden Sedimentation (Verfüllung des Sedimentationsraumes im Bereich des Schnittes 52).

Dieser, erstmals durch Kossler (2014) mit dem Heinrich-Event (HE) 11 (vgl. weiter Kap. 4) um etwa 128 000 Jahre v. h. (Tzedakis 2007) in Verbindung gebrachte Kälterückschlag, äußert sich im Südbecken bzgl. der pollenanalytischen Belege meistenteils durch einen vorgeblich nahtlosen Übergang in die PZ C1, wie in den Pollendiagrammen der Profile aus dem Schnitt 20 (Abb. 6) und auch der Bohrung THW 11685/06 (Abb. 5) ersichtlich. Tatsächlich beinhaltet er aber eine weitere, klimatisch generierte, entweder austaubedingte (keine weitere Sedimentation infolge Stillstands des Austauens von Toteis im Untergrund und damit fehlende Eintiefung der Beckenbereiche) oder aber durch Erosion bedingte Sedimentlücke. Diese Situation wird auch in zahlreichen Pollendiagrammen in Brandenburg, u. a. in den bereits oben genannten von Schönfeld, Klinge, Strausberg und auch Hinterste Mühle in Mecklenburg-Vorpommern (vgl. HERMSDORF & STRAHL 2008, S. 30) reflektiert.

Eine Ausnahme bildet hier bisher das Profil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 aus dem Südbecken. Die der Schicht 8 (Abb. 7) aus einem hellbraungrauen, sehr schwach kalkhaltigen Feinsand entnommene Probe zeigt ein dem Profil aus Schnitt 52 zwischen 0,80-0,90 m Aufschlusshöhe entsprechendes Pollenspektrum mit zwar hohem Sanddorn-Anteil (rd. 35 %) aber auch erheblich angestiegenem Anteil tertiärer Sporomorphen (31 %) sowie umgelagerten thermophilen Gehölzpollens (hier vor allem von Hasel, Eiche, Erle und Hainbuche) nebst Massulae-Bruchstücken vom Großen Algenfarn. Die im Pollenprofil gerade einmal 2 cm mächtige Schicht wird u. a. wenige Meter westlich des Pollenprofils (vgl. Abb. 19 im Beitrag Bönisch & Schneider in diesem Band) von den Sanddorn-Schichten regelrecht durchspießt und ist somit vor dem Einsetzen (wahrscheinlich) dafür verantwortlicher periglaziärer Prozesse (z. B. Frosthub infolge jahreszeitlich gefrorenen Untergrundes, Eisintrusion),

die Ausdruck des Höhepunktes der kaltklimatischen Entwicklung wären, akkumuliert worden. Als Bildungszeitraum käme der Übergang der Subzonen B2/B3 bzw. der Beginn der Subzone B3 in Frage. Die Schicht zeigt zudem in den Bereichen der Durchspießung bzw. Aufwölbung eine Mächtigkeitszunahme auf bis zu mehr als 10 cm, während sie in den periglaziär unbeeinflussten Profilabschnitten den Sanddorn-Schichten quasi ungestört aufliegt. Eindeutig nicht mehr mit einbezogen in diese Prozesse waren die direkt darüber folgenden Schluffmudden. Sie zeichnen in ihren Schichtmächtigkeiten den unruhigen Verlauf der B3zeitlichen, nicht vollständig eingeebneten Sedimentoberfläche nach – mit Mächtigkeitsreduzierungen im Bereich der Durchspießungen bzw. Schichtaufwölbungen und Normalmächtigkeiten in den ungestörten Bereichen. Ihre Basis datiert in die Subzone B4 mit einem erneuten Anstieg der Sanddorn-Kurve auf rd. 33 % vor dem endgültigen Rückgang in der nachfolgenden PZ C1 und fixiert so ebenfalls den Kälterückschlag innerhalb der PZ B auf die Zeit nach dem Sanddorn-Maximum (Subzone B3).

Subzone B4 (Wiederausbreitung des Sanddorns unter erneuter Einstellung interstadialer Verhältnisse):

Erst mit der Akkumulation des zu Schluffmudden überleitenden, stark humosen Feinsandhorizontes (1,20–1,23 m Aufschlusshöhe) zeichnet sich insbesondere im Pollendiagramm des Profils aus dem Schnitt 52 (Abb. 8), übereinstimmend mit den oben beschriebenen Verhältnissen für das Profil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 (Abb. 7) im Südbecken, mit dem letztmaligen Anstieg der Sanddorn-Kurve auf 45 % der Gesamtpollensumme die Wiedereinstellung wärmerer Klimaverhältnisse ab.

Die Offenlandflora ist weiterhin von vor allem Süß- und Sauergräsern, Beifuß sowie Gänsefuß- (Chenopodiaceae), Korblüten- und Kreuzblütengewächsen (Cruciferae), Heidekraut (*Calluna*) und seltener, wie im Profil J94334, auch Sandnelke (*Armeria*) und Sonnenröschen (*Helianthemum*) geprägt.

Der Feinsand steht für den Beginn einer gegenüber der temporären während der Subzonen B1 bis B3, nun kontinuierlich statt findenden limnischen Sedimentation (initiale Seephase). An seiner Basis finden sich noch aufgearbeitete Anteile aus dem darunter lagernden äolischen Feinsand, die sich profilaufwärts jedoch verlieren und an deren Stelle zunehmend humose Bestandteile treten. Erstmals wurden jetzt häufiger verschiedene Zackenrädchen-Algen (vor allem *Pediastrum boryanum* und *P. kawraiskyi*) nachgewiesen. Ebenso breiteten sich Schachtelhalm, Rohr- u./o. Igelkolben sowie Torfmoose (Rasen bildend) aus.

Ein vergleichbarer sedimentologischer Befund aus dem Südbecken liegt für das Profil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 vor. Hier ist die Basis der saalespätglazialen Schluffmudden ebenfalls feinsandig ausgebildet. Indes leitet das ermittelte Pollenspektrum hinsichtlich des erhöhtem Birken-Wertes (22 %) bereits in die nachfolgende, bezüglich ihrer Birken-Ausbreitung allerdings undeutlich bleibenden PZ C1 (s. ff.) über. Damit ist die Basis hier etwas jünger als der basale Feinsand im Nordbecken.

Vergleicht man den für die heutige Rinnenstruktur Jänschwalde ermittelten saalespätglazialen Vegetationsablauf mit dem für das Typusprofil Brokenlade (MENKE & Ross 1967) beschriebenen, so wird vor allem die oben diskutierte Mehrgliedrigkeit der PZ B deutlich. Zum einen fallen die extremen Pollenfrequenzen des Sanddorns in der Subzone B2 in Auge, die in dieser Höhe bisher nur aus der Lausitz bzw. aus einer Bohrung bei Strausberg östlich Berlin (vgl. HERMSDORF & STRAHL 2008) bekannt sind. Sie fehlen dem Typusprofil ebenso wie dem Global Stratotype Section and Point (GSSP) Amsterdam-Terminal als Holostratotyp für die Basis des Jungpleistozäns (Litt & Gibbard 2008) und dem diesbezüglich als Nebenprofil geführten Aufschluss Gröbern in Mitteldeutschland (LITT 1990, 1994). Auch liegen sie weit über den im Weichsel-Spätglazial erreichten Werten und verdeutlichen damit eine wesentlich höhere Klimagunst als im Meiendorf bzw. den Übergang Meiendorf/ Älteste Dryas als Zeitraum der maximalen weichselspätglazialen Sanddorn-Verbreitung (vgl. Strahl 2005). Zum anderen ist wegen der festgestellten Sedimentlücken innerhalb der PZ B davon auszugehen, das in der Mehrzahl der bisher erfassten Saale-Spätglazial-Ablagerungen in Brandenburg einschließlich der o. g. Profile aus den Niederlanden und Mitteldeutschland (siehe dazu Kap. 4) unvollständige Sequenzen vorliegen und das eigentliche Sanddorn-Maximum möglicherweise nicht bzw. erst in seinem konkurrenzbedingten Abklingen (vgl. Profil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15) erfasst wurde. Dies gilt insbesondere auch in Bezug auf die als stadiale Phase aufgefasste PZ B3, die den bis dahin stetigen positiven Klimagang bis in die Eem-Warmzeit hinein (s. ff.) klar unterbricht.

3.1.2.2 PZ C1 – Zeit der Birken-Wacholder-Sanddorn-Gemeinschaften

Die nicht nur brandenburgweit meistenteils sehr geringmächtig und häufig bezüglich der erstmaligen Ausbreitung der Birke nach dem Saale-Hochglazial undeutlich ausgebildeten PZ (Subzone) C1 (vgl. Hermsdorf & Strahl 2008) ist vermutlich die pollenstratigraphische Entsprechung der PZ C sensu Menke & Ross (1967) im eigentlichen Sinn. In Brandenburg ist diese Subzone und dies insbesondere in der Lausitz, in bisher insgesamt 15 Profilen belegt. Sie konnte innerhalb der Jänschwalder Rinnenstruktur in vier Profilen bzw. Aufschlüssen (Nordbecken: Schnitt 52, Südbecken: Station 35,8, Bericht STRAHL vom 27.03.2012, Schnitte 20 und 13) sowie in nur schwacher Ausbildung auch in der Bohrung THW 11685/06 nachgewiesen werden. War die besagte Birken-Ausbreitung nicht erkennbar, wurde als entscheidendes Abgrenzungsmerkmal zur vorhergehenden PZ B(4) der Anstieg der geschlossenen Wacholder-Kurve herangezogen (siehe auch die betreffenden Beispiele in HERMSDORF & STRAHL 2008).

Die PZ C1 markiert in Jänschwalde zeitlich den Beginn der limnischen Stillwassersedimentation (s. ff.) durch den Absatz von anfangs z. T. noch stark sandigen Schluffmudden (vgl. Profil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15; Abb. 7 und Profil Schnitt 52; Abb. 8). Ein anhand der flächenhaften Verbreitung der Schluffmudden nachvollziehbares, nunmehr beckenweites rasches Austauen im Untergrund verbliebenen Toteises (schwindender Permafrost) hatte ein Absinken der Beckenbasis zur Folge. Darin waren in die bezüglich der beispielsweise davon zeugenden Sackungsfalten und -brüche sowohl der unterlagernde humose Feinsand an der Unterkante der Schluffmudden als auch der darunter folgende stadiale Feinsand-Mittelsand-Komplex im Schnitt 52 involviert.

Vegetationsgeschichtlich ist dieser Abschnitt durch die Ausbreitung von spätglazialen Birken-Wacholder-Gemeinschaften innerhalb einer weiterhin offenen, noch immer durch den Sanddorn sowie Süßgräser und Beifuß geprägten Landschaft gekennzeichnet. Sie ist im Charakter in etwa vergleichbar einer subarktischen Waldtundra über Permafrost (hier Toteis), wie sie heute im Übergangsbereich zwischen baumloser Tundra und borealem Nadelwald existiert. Weitere heliophile Elemente konnten, neben vielen anderen, exemplarisch mit dem Sonnenröschen, Steinbrech, Gänsefußgewächsen und der Mondraute beobachtet werden.

Für die allmähliche Verdrängung des Sanddorns während des ausgehenden Saale-Spätglazials ist aufkommender Konkurrenzdruck verantwortlich, und zwar zunächst wegen des einsetzenden Schattdruckes durch den Wacholder, vor allem aber der Birke insbesondere auf gut durchfeuchteten Substraten im standortnahen Bereich. Nach den festgestellten Pollentypen handelte es sich dabei vorwiegend um Vertreter der Baumbirken und hier nach den Makrorestbefunden vorrangig um die Moor-Birke (Betula pubescens; siehe Kossler in diesem Band) und nicht die Zwerg-Birke (Betula nana; diese nur mit wenigen Nachweisen in der PZ B). Zwar blieben die Winter weiterhin lang und kalt und die Sommer kühl, doch wurden infolge der längeren Einstrahlungsdauer der Sonne durch den jetzt kontinuierlich tiefer auftauenden Boden die Verhältnisse humider - es kam nicht nur zu temporären Überstauungen, sondern es konnten sich bleibende, tiefer werdende Gewässer im Nord- und Südbecken ausbilden. Das dauerhafte Feuchtedargebot förderte zunächst vor allem die bereits nach einem Jahrzehnt fruchtende Birke auf den noch nährstoffarmen Böden, entweder bodensauren Nassböden in der unmittelbaren Standortumgebung oder soweit nicht zu basenreich, auf mageren Böden höherliegender trocknerer Standorte (Ellenberg 1996). Auf diesen kam, da bei ausreichendem Kalkgehalt bereits tiefer durchwurzelbar, auch der ebenfalls sehr konkurrenzschwache Wacholder vor.

Infolge der entstehenden weitverzweigten Flachwurzelsysteme der Birke festigte sich zusehends das Bodensubstrat und es verschwanden damit mehr und mehr vom Sanddorn bevorzugte Pionierstandorte. Neben der Umstellung der Sedimentation auf Schluffmudden, denen feinklastische Einträge mehr und mehr fehlen, zeigt sich das auch, nach einem letztmaligen bedeutenden Kurvenanstieg im Übergang von den PZ C1/C2, am sukzessiven Rückgang resedimentierter Sporomorphen einschließlich der Kiefer.

In und um die sich allmählich herausbildenden Paläoseen innerhalb der heutigen Jänschwalder Rinnenstruktur ist abgesehen von einer leichten signifikanten Zunahme von Algen (*Pediastrum*, *Spirogyra*) keine nennenswerte Wasser- und Sumpfflora nachweisbar. Die pollenanalytischen Belege belaufen sich auf z. T. nur Einzelfunde von Laichkraut (*Potamogeton*), Ährentausendblatt, Seerose (*Nymphaea*) und Blattstacheln des Hornblattes (*Ceratophyllum*) sowie im ufernahen Bereich von Sauergräsern, Schachtelhalm und Vertretern der Rohr- und Igelkolben.

Im Profil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 erscheinen deutlich gehäufter monolete Farnsporen und Sporen des Königsfarns (*Osmunda*), die jedoch sekundärer Natur sind, also in Zusammenhang mit dem mehrfach o. g. aufgearbeiteten, vermutlich älterwarmzeitlichen (holstein- bis frühsaalezeitlichen?) Sporomorphen stehen.

Die beschriebene Gesamtsituation wird wegen der höheren Auflösung besonders deutlich im Pollendiagramm des Schnittes 52 (Abb. 8); im Schnitt 20 (Abb. 6) liegen Sedimente der PZ C1 dagegen in einer Mächtigkeit von gerade 1 cm vor. Die in beiden Pollendiagrammen deutliche Kulmination der Birken-Kurve (Abb. 6, 8) fehlt nicht nur dem Pollendiagramm des Profils der THW 11685/06 (Abb. 5), sondern auch dem des Profils J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 (Abb. 7). Zwar ist auch hier ein Rückgang des Sanddorns zugunsten von vor allem Wacholder (nicht aber der Birke) und Kräutern, wie für die PZ C1 zu erwarten, erkennbar, wird jedoch durch den wiederum sekundären Anstieg der Pollenwerte der Kiefer und älterwarmzeitlicher wärmeliebender Gehölze (insbesondere Erle, Eiche und Ulme) überlagert. Der Anteil umgelagerter präquartärer Spo-

romorphen erreicht und das insbesondere im Profil J94334, weit über 100 % bezogen auf die Gesamtpollensumme.

Im Typusprofil Brokenlade in Schleswig-Holstein (Menke & Ross 1967) leitet dieser Vegetationsabschnitt mit einer stetigen Expansion der Birke ohne erkennbare Schichtlücken in die frühe Eem-Warmzeit über. Bestand bei den Autoren noch die Unsicherheit, ob die Birke tatsächlich schon Fuß im Gebiet gefasst hatte oder ob ihre Pollenfrequenzen noch auf Fernflugeintrag zurückgehen, kann für ihr Vorkommen in Jänschwalde hinsichtlich der bereits seit der PZ B vorliegenden Makrorestbefunde der Moor-Birke (Betula pubescens; vgl. Kossler 2014 und in diesem Band) von ihrer tatsächlichen Anwesenheit ausgegangen werden.

3.1.2.3 PZ C2 – Zeit der Kiefern-Birken-Wacholder-Gemeinschaften

Die Subzone C2 fehlt der PZ C sensu Menke & Ross (1967; s. ff.). Sie ist in allen bisher besprochenen Pollendiagrammen (Abb. 5–8) einschließlich dem der Fundbergung 021014 (Abb. 9) und des Weiteren im nördlichsten Vorschnittkartierfundpunkt A (Abb. 1, Tab. 1) belegt. Für Brandenburg insgesamt existieren derzeit 22 Befunde. Charakterisiert wird dieser letzte Abschnitt der saalespätglazialen Vegetationsentwicklung durch einen einheitlich erfolgenden Anstieg der Kiefern-Kurve, der eine Etablierung sehr lichter, durch die Kiefer beherrschte Gehölzbestände mit Birke und Wacholder in einer Waldtundren-artigen Landschaft nahelegt. Der seit der PZ C1 bestehende Konkurrenzdruck von Birke und

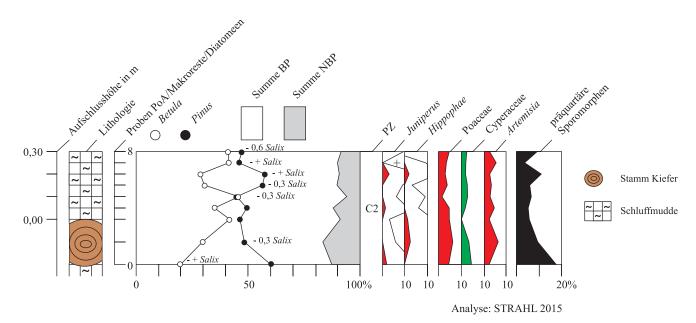


Abb. 9: Pollendiagramm Fundbergung 021014, Fundstelle Kiefern-Stamm (ausgewählte Taxa)
Grundsumme = BP + NBP = 100 %, excl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Farne, Moose, Algen, Plankter u. a. Mikroreste,
Werte < 1 % zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme, BP = Baumpollen, NBP = Nichtbaumpollen, PZ = Pollenzone

Fig. 9: Pollen diagram of find FU Berlin 021014, pine (Pinus) trunk (selected taxa)

Basis sum = arboreal pollen (BP) + nonarboreal pollen (NBP) = 100 %, excl. Swamp and water plants, spores of ferns and mosses, algae and other micro remains as well as prequaternary sporomorphs, values < 1 % with tenfold exaggeration, + = out of basis sum, PZ = pollen zone

<u>Pr. Nr./m NHN/Ident-Nr.</u> Taxa	1 55,10–55,15 100099390	2 55,40–55,44 100099391	3 55,44–55,59 100099392
BP in %	100033330	100099391	100099392
Juniperus sp.	0,6	1,5	0,6
Hippophaë rhamnoides	2,7	2,4	0,9
Betula sp.	2,7	29,2	32,5
Pinus sp.	73,7	55,5	47,8
Ulmus sp.	(2,4)	-	(0,3)
Quercus sp.	(2,1)	(1,8)	(0,6)
Corylus sp.	(2,4)	(0,6)	(0,9)
Alnus sp.	(1,5)	(1,2)	(2,7)
Fraxinus sp.	(0,3)	- (1,2)	(2,1)
Carpinus sp.	(1,2)	(0,9)	(0,6)
Picea sp.	(0,6)	(0,6)	(0,3)
	(0,3)	(0,0)	(0,3)
Fagus sp. SAP in %		93,7	87,2
NBP in %	89,3	93,7	01,2
	1 3.0	1.0	I 6.6
Poaceae	3,0	1,8	6,6
Cyperaceae	3,6	2,4	2,7
Empetrum sp.	-	-	0,3
Ericaceae p. p.	0,6	0,6	0,3
Helianthemum sp.	-	-	0,3
Artemisia sp.	1,8	1,2	0,9
Chenopodiaceae	0,9	0,3	0,3
Cruciferae	-	-	0,3
Umbelliferae	-	+*	-
Thalictrum sp.	-	-	0,6
Filipendula sp.	0,9	-	0,6
Σ NBP in %	10,7	6,3	12,8
Σ (BP + NBP)	335	335	335
Sumpf- und Wasserpflanzen, Farne, Moose in %		·	
Myriophyllum spicatum	+*	-	0,3
Typha-/Sparganium-Typ	-	-	0,6
Urticaceae	-	-	0,3
Equisetum sp.	3,6	-	0,9
Osmunda sp.	(0,3)	-	-
Monoletes, o. P.	2,4	0,6	0,9
Sphagnum sp.	1,2	0,3	-
Algen, Plankter u. a. Mikroreste in %			
Pediastrum boryanum	1,5	0,3	0,6
Pediastrum duplex	0,3	-	-
Pediastrum kawraiskyi	0,6	0,6	0,3
Zygnematales	0,6	-	-
Spirogyra, genetzte Typen	0,3	-	-
Turbellaria, Bruch	-	0,3	-
Chironomidae	0,3	-	-
Plankter, undiff.	0,6	-	-
Varia	0,6	0,3	-
Sichere Umlagerungen (Tertiär und ältere) in %	42,7	20,0	34,3
Taxodiaceae/Cupressaceae-Gruppe	29,8	11,6	26,0
Taxodiaceae, Holz (Tüpfelstrukturen)	0,6	-	-
Sciadopytis sp.	3,6	0,9	0.9
Symplocos sp.	-	0,3	0,3
Carya sp.	0,6	-	-
Pterocarya sp.		-	0,6
Myrica-Typ	0,3	_	
Nyssa sp.	- 0,5	0,3	
Liquidambar sp.	-	-	0,6
llex sp.	0,3	0,6	0,3
Triporates	1,2	0,3	- 0,3
Tricolporates	3,6	5,4	4,8
	1,5	5,4	0,3
Trilotos			
Triletes	0,3	0,3	0,6
Dinozysten	0,3	- 0.2	-
Sonstige	0,6	0,3	-

- Tab. 1: Quantitative Pollenspektren der Proben 1–3 aus dem Tagebau Jänschwalde, Kartierung Vorschnitt 29.04./30.04.2013
- *Tab. 1:* Quantitative pollen spectra of samples 1–3 from open-cast mine Jaenschwalde, geological mapping 29.04/30.04.2013

Wacholder wurde jetzt durch die Kiefer verstärkt, denn der offensichtlich zumindest anfänglich noch weiterhin flächenhaft (Pollenfrequenzen teilweise immer noch mehr als 5 % erreichend) auf größeren verbliebenen Rohbödenarealen vorkommende Sanddorn wurde im Verlauf der PZ C2 völlig verdrängt. Weitere wichtige heliophile Elemente unter den Kräutern waren dagegen nach wie vor Süßgräser und Beifuß. Bezüglich der Entwicklung der standorteigenen Vegetation blieben Pflanzen der Sumpf- und Wasservegetation bis auf häufigere Nachweise des Schachtelhalms bis in das Eem hinein noch nahezu bedeutungslos. Unter den Algen ist lediglich *Pediastrum boryanum* sowie in den Ablagerungen der Fundbergung 021014 eine reich entwickelte Diatomeenflora (u. a. mit *Epithemia* sp., *Pinnularia* sp., *Achnanthes* sp. und *Gyrosigma* sp.) hervorzuheben.

Grundsätzlich ist der letzte saalespätglaziale Abschnitt in Jänschwalde durch deutlich höhere Sedimentmächtigkeiten als zuvor gekennzeichnet (vgl. vor allem die Profile aus der Bohrung THW 11685/06; Abb. 5 und den Schnitten 20 und 13; Abb. 6, 7). Ursächlich zurückzuführen sind diese auf das seit der PZ C1 wegen des anhaltend positiven Klimagangs verstärkte Austauen saalezeitlichen Toteises sowie auf die steigende Produktivität der im Nord- und Südbecken der heutigen Rinnenstruktur sukzessive entstehenden Rinnenseen.

Angesichts der möglichen Etablierung von Kiefern-dominierten, saalespätglazialen Waldtundrenbeständen unmittelbar vor der initialen eemzeitlichen Birken-Ausbreitung (PZ 1 sensu Erd 1973) ist erneut (vgl. Strahl 2000, Hermsdorf & Strahl 2008) die berechtigte Frage zu stellen:

- ob mit einer tatsächlichen Anwesenheit der Kiefer zu diesem Zeitpunkt zu rechnen ist
- oder ob es sich um lediglich Umlagerung von Pollen aus älteren Sedimenten
- oder aber um Fernflugeintrag (> 100 km) in eine weiterhin krautreiche, durch Birken-, Wacholder- und auch Sanddorn-Gebüsche bestandene Offenlandschaft (Waldtundra) handelt.

Zumindest zu Beginn der PZ C2 geht auch ein gewisser Teil des Kiefern-Pollens noch auf Umlagerung zurück. Er stammt wie der hier ebenfalls noch zahlreich nachgewiesene Pollen thermophiler Gehölze (vgl. THW 11685/06; Abb. 5 und Profil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15; Abb. 7), wie auch der überwiegende Anteil an Heidekrautgewächsen (vgl. Profile Schnitt 20 und 13; Abb. 6, 7) als auch der Königsfarn, aus älteren warmzeitlichen Ablagerungen (vermutlich des Holstein bis Unteren Saale). Die Anteile resedimentierten Präquartärs bewegen sich bei maximal 77 bzw. 85 % (Abb. 6, 7). Mit dem Rückgang von Umlagerungen bleiben die Kiefern-Werte aber weiterhin hoch, sie pegeln sich um ca. 60 % der Gesamtpollensumme ein.

Gegen einen möglichen, überwiegenden Fernflugeintrag sprachen bisher nur immer wieder nachgewiesene Spaltöffnungen, ohne diese einer bestimmten Kiefern-Art zuweisen zu können (vgl. Hermsdorf & Strahl 2008, S. 31-32) ebenso wie zahlreiche Nadelfragmente (u. a. Hinterste Mühle, Keding in Rühberg, Strahl & Keding 1998 bzw. in Strahl 2000, Fundbergung 021014 vgl. Kossler in diesem Band). Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang deshalb die Bergung eines Holzstammes im Nordbecken (vgl. Pollendiagramm Fundbergung 021014; Abb. 9), der als von der Wald-Kiefer (Pinus sylvestris) stammend identifiziert wurde (schrft. Mitt. R. Neef vom 10.12.2014). Die Pollenanalysen der ihn umgebenden Schluffmudden (Abb. 4a, b, 9) datieren zweifelsfrei in die PZ C2, allerdings in einen etwas jüngeren Abschnitt als in den Profilen aus den Schnitten 20, 13 sowie 52 (hier PZ C2 nur noch im unteren Teil mit höheren Sanddorn-Anteilen erfasst). Er ist nach den Befunden für die Bohrung THW 11685/06 (Abb. 5) und das Profil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 (Abb. 6) in den oberen Teil der PZ C2 im Übergang zur Eem-Warmzeit (PZ 1, Birken-Zeit) einzuordnen. Ist dieser ohne Wurzel und Krone geborgene Kiefern-Stamm mit sehr engen Jahresringen (vgl. dazu Kossler in diesem Band) autochthonen bzw. parautochthonen Ursprungs, ist von einer echten ersten Kiefern-Ausbreitung bereits im ausgehenden Saale-Spätglazial auszugehen.

Damit bestünde dann aber ein weiteres Erklärungsproblem - und zwar die Verdrängung der Kiefer durch die Birke zu Beginn der Eem-Warmzeit. Entgegen der Beschreibung des Übergangs vom Saale-Spätglazial in das Eem im Typusprofil Amsterdam-Terminal (van Leeuwen et al. 2000; siehe auch Kap. 4) ist ein weiteres explizierendes Kryomer, wie beispielsweise im Range einer Jüngeren Dryas im ausgehenden Weichsel-Spätglazial, sowohl vegetations- und klimageschichtlich (vgl. auch Befunde Kossler in diesem Band, Makrorestbelege zu Schnitt 20) als auch sedimentologisch (keine erkennbare Schichtlücke, sondern durchgehende Schluffmuddesedimentation ohne nennenswerte klastische Einträge bei kontinuierlicher Beckeneintiefung infolge Toteisaustauens) nicht zu belegen. Vielmehr lassen, wie oben beschrieben, erosive Einflüsse in diesem Abschnitt deutlich nach, das zeigen die sinkenden Feinsandgehalte in den jetzt akkumulierten Schluffmudden sowie die rapide zurück gehenden umgelagerten präquartären und älterwarmzeitlichen Sporomorphen (s. o.).

Während am Ende des Weichsel-Spätglazials die Jüngere Dryas ein ausgeprägtes Kryomer mit einschneidenden Auswirkungen auf die spätglaziale Bewaldung (Waldöffnung) vor der frühholozänen Birken-Ausbreitung darstellt, wäre für den Übergang des Saale-Spätglazials in das Eem anhand der oben geschilderten Situation lediglich eine Verdrängung der Kiefer durch die Birke bei stetig weiter ansteigenden

Temperaturen ablesbar, die nicht ohne weiteres durch Konkurrenzdruck erklärt werden kann. Grundsätzlich ist der Auffassung von Menke & Ross (1967)

zu folgen, nach der sich das Saale-Spätglazial gegenüber

beispielsweise dem Weichsel-Spätglazial in seiner klimaund vegetationsgeschichtlichen Entwicklung völlig anders darstellt. Die bereits in der PZ B abzulesende sukzessive Zunahme der Klimagunst bis in die Eem-Warmzeit hinein ist auch hier eindeutig nachzuvollziehen, wenn auch die für Jänschwalde nachgewiesene stadiale Phase während der PZ B (Subzone B3; vgl. Kap. 3.1.2) durch Menke & Ross (1967) nicht erfasst wurde. Damit bestätigt sich auch, das bereits vor dem eigentlichen, bis heute über die Etablierung echter borealer Wälder biostratigraphisch definierten Warmzeitbeginn ein eindeutiges positives Klimasignal besteht. Bei den für das Saale-Spätglazial der PZ C1 und C2 ermittelten Birken-Wacholder- bzw. Kiefern-Birken-Wacholder-Gemeinschaften dürfte es sich zum einen um noch recht instabile, dem weichselspätglazialen Alleröd vergleichbare Waldgesellschaften gehandelt haben. Ein geschlossenes Walddach existierte angesichts der Anteile von Wacholder, Sanddorn, Gräsern und Beifuß mit Sicherheit nicht. Ein mögliches Regulativ könnte der Humiditätsgrad sein, der sich während der PZ C2 absenkte und der der gegenüber der Moor-Birke deutlich trockenresistenteren Kiefer einen Vorteil verschaffte. Für die Einstellung trockenerer, angesichts des bestehenbleibenden Waldtundrencharakters wohl weiterhin subarktischer, jedoch kontinentaler geprägter Verhältnisse, spräche hier vor allem das zahlreiche Vorkommen von Wacholder und Beifuß. Ebenso zeigt die enge Anordnung der Jahresringe des Kiefern-Stamms (schrftl. Mitt. R. NEEF vom 10.12.2014) zu diesem Zeitpunkt keine optimalen Wachstumsbedingungen für die Kiefer an, wie sie sich dann erst später, unter den borealen Klimaverhältnissen während der früheemzeitlichen PZ 2 einstellten. Weiterhin ist ein gegenüber der Kiefer nach IVERSEN (1954) (aber auch der Moor-Birke; vgl. Kap. 3.2.1) thermophileres Verhalten der Hänge-Birke (Betula pendula) anzumerken, für deren makrorestanalytisch belegtes Nachrücken im frühen Eem (vgl. Kossler in diesem Band) die herrschenden Klimabedingungen hier offensichtlich noch nicht ausreichend waren. Die endgültige Durchsetzung warmzeitlicher Verhältnisse erfolgt mit der nur in den Diagrammen des Referenzprofils der THW 11685/06 und des Profils J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 dokumentierten rasanten Ausbreitung der Birke (PZ 1 sensu Erd 1973, Birken-Zeit; Abb. 5, 7). Demnach muss die noch vorsichtige Deutung der Kiefern-

Die endgültige Durchsetzung warmzeitlicher Verhältnisse erfolgt mit der nur in den Diagrammen des Referenzprofils der THW 11685/06 und des Profils J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15 dokumentierten rasanten Ausbreitung der Birke (PZ 1 sensu Erd 1973, Birken-Zeit; Abb. 5, 7). Demnach muss die noch vorsichtige Deutung der Kiefern-Vorkommen als zunächst lokales Phänomen (Moorstandorte) in Hinterste Mühle (vgl. Strahl 2000) angesichts der für Brandenburg inzwischen vielfachen Nachweise als überregionale Entwicklung interpretiert werden. Die PZ C2 ist vor allem für Südost-Brandenburg beschrieben. Weitere Einzelnachweise in Brandenburg existieren bislang nur für den Bereich des Niederen Fläming, im Raum Potsdam, bei Rathenow, östlich Berlin und nach Mecklenburg-Vorpommern (Hinterste Mühle) überleitend, in der Uckermark bei Röpersdorf sowie in der Prignitz (vgl. zusammenfassend Hermsdorf & Strahl 2008).

3.2 Eem-Warmzeit

Neben der komplexen Untersuchung und Bewertung der eemzeitlichen Ablagerungen aus dem pollenstratigraphischen Referenzprofil der Bohrung THW 11685/06 (Details siehe Kühner et al. 2008 und Abb. 5) lag an Probenmaterial aus der Warmzeit selbst nur das in das Eem überleitende Profil J94334 aus dem Übergang Schnitt 14/15, die Einzelproben J94389 und J94391 aus dem Schnitt 55 (Fundstelle Europäischer Biber), J95515 aus dem Schnitt 71 (Fundstelle Europäische Sumpfschildkröte), eine Probe aus dem Schnitt 9 (Fundstelle Riesenhirsch) sowie zwei Proben aus einer in das Eem eingeschnittenen weichselzeitlichen (Deflations-) Rinne (vgl. Ber. Strahl vom 24.01.2011) vor.

3.2.1 PZ 1 - Birken-Zeit

Nur in dem während der laufenden archäologischen Grabungen aus dem Übergang Schnitt 14/15 entnommenen Pollenprofil J94334 wurde seitens der sedimentologischen und damit auch der vegetationsgeschichtlichen Entwicklung der Übergang vom Saale-Spätglazial in die Eem-Warmzeit erfasst (vgl. Abb. 7). In den übrigen Aufschlüssen waren die entsprechenden Straten entweder bereits abgegraben (z. B. Profil Schnitt 52) oder diese wurden bei der Profilnahme nicht berücksichtigt, da der Schwerpunkt insbesondere der archäologischen Untersuchungen auf den saalespätglazialen Sanddorn-Schichten i. w. S. lag (vgl. dazu im einzelnen Bönsich & Schneider in diesem Band).

Während der untere, in der Schicht 12 des Profils liegende Abschnitt der PZ 1 im Pollendiagramm die typische früheemzeitliche Birken-Ausbreitung abbildet (Pr. 12b), leitet die darüber folgende Probe 12c mit ihrem Pollenspektrum über den Anstieg der geschlossenen Ulmen-Kurve bereits in die nachfolgende, klimatisch boreal getönte PZ 2 (Kiefern-Birken-Zeit) über.

Die eemzeitliche Birken-Ausbreitung ist begleitet durch einen, wenn auch nur kurzeitigen drastischen Rückgang der Kiefer aber auch der für die saalespätglazialen Ablagerungen typischen Kräuter. Der für das ausgehende Saale-Spätglazial charakteristische Waldtundrencharakter der Vegetation begann sich zu verlieren. Die sich durch den rapiden früheemzeitlichen Temperaturanstieg (vgl. u. a. Kühl et al. 2007) und das sich langsam erhöhende Feuchtigkeitsdargebot offensichtlich in sehr kurzer Zeit (innerhalb von minimal 100 Jahren²; vgl. Müller 1974) auf kalk- und nährstoffarmen Substraten etablierenden Birken-Wälder wurden nun auch durch die Hänge-Birke (Makrorestbelege vgl. Kossler in diesem Band) gebildet. Eine deutliche Zunahme der Art gegenüber der Moor-Birke erfolgt jedoch

² Die von Müller (1974) an der jahreszeitlich geschichteten Kieselgur von Bispingen ermittelte absolute Dauer der früheemzeitlichen Birken-Zeit stellt nur eine Mindestdauer dar, da der Übergang Saale-Spätglazial/Eem-Warmzeit in diesem Profil nicht erfasst wurde!

erst ab der PZ 3, was für einen zu Beginn des Eem immer noch höheren Kontinentalitätsgrad spräche (siehe dazu auch KÜHL et al. 2007). Die insgesamt anspruchslose aber konkurrenzschwache Licht- und Pioniergehölzart ist gegenüber der besonders im Saale-Spätglazial verbreiteten Moor-Birke temperaturanspruchsvoller und durchaus auch an trockene Standorte angepasst, hat aber wie diese und das insbesondere im Jugendstadium, ebenfalls einen insgesamt hohen Wasserbedarf. Die zwar kurzlebige aber schnellwüchsige und früh fruchtfähige Birke ist in der Lage, bedingt auch durch ihre sehr flugfähigen Samen, in kürzester Zeit große Flächen zu besiedeln (Runge 2005). Das würde, nachdem die für sie optimalen Klimabedingungen erreicht waren, ihre bereits angesprochene explosionsartige Ausbereitung zu Beginn des Eem erklären. Die PZ 1 repräsentiert quasi das früheemzeitliche Vorwaldstadium vor der Ausbreitung der nachrückenden Kiefer. Diese verdrängte die Birke nachfolgend wegen ihrer größeren ökologischen Amplitude, soweit nicht mit ihr Mischwälder auf nährstoffarmen und z. T. auch sehr trockenen Standorten bildend, auf für die Kiefer ungeeignete, insbesondere zu nasse Sonderstandorte.

Die bisher genetisch bedingt kaum entwickelte standorteigene Flora wird nun durch die Etablierung von Farnen bereichert, ohne klären zu können, welcher Artzugehörigkeit diese sind, da das artspezifische Perispor der zahlreich nachgewiesenen monoleten Sporen nicht überliefert ist.

3.2.2 PZ 2 – Kiefern-Birken-Zeit

Die Proben J95515 aus dem Schnitt 71 sowie J94389 und J94391 aus dem Schnitt 55 wurden begleitend zu Knochenfunden der Europäischen Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*) und des Europäischen Bibers (*Castor fiber*) entnommen. Alle Pollenspektren (Tab. 2) zeigen übereinstimmend die Vegetationsentwicklung des Eem vor seinem Klimaoptimum mit der Etablierung von Taiga-ähnlichen, borealen Kiefern-Birken-Wäldern mit ersten Ulmen- und Eichen-Vorkommen. Ulme und Eiche belegen mit ihren Pollenfrequenzen von rd. 6 bzw. mehr als 2 % (Tab. 2) die bereits vollzogene Einwanderung in das Untersuchungsgebiet und damit gegenüber der Fundstelle der Europäischen Sumpfschildkröte einen jüngeren Abschnitt der PZ 2, und zwar im Übergang zur PZ 3 (Kiefern-Eichen-Mischwald-Zeit).

Die Kiefer ist als weitere, jedoch kontinental geprägte Pioniergehölzart mit borealem Verbreitungsschwerpunkt insbesondere auf Rohböden zu verstehen – sie ist ebenfalls schnellwüchsig und durch ihre gut flugfähigen Samen rasch ausbreitungsfähig, hat aber eine gegenüber der Birke sehr viel größere Standortbreite (vgl. u. a. Ellenberg 1979, Runge 2005). Sie bildete mit ihr zunächst Laubmisch-Wälder, aus denen die beiden wegen ihres hohen Lichtbedarfs konkurrenzärmeren Gehölze durch die nachrückende Ulme und Eiche sukzessive verdrängt wurden bzw. auf für die bezüglich Nährstoff- und Feuchtigkeitsdargebot anspruchsvolleren Laubgehölze ungeeignete Standorte ausweichen mus-

sten. Für die Kiefer kamen dabei insbesondere auf längere Sicht (vgl. Kap. 3.2.3 und 3.2.4) als natürliche Standorte nährstoffarme, grundwasserferne Flächen beispielsweise auf Sandern und Dünen in Frage.

Standorteigene Elemente waren mit Farnen, Rohr- u./o. Igelkolben nach wie vor eher selten. Nachweise von Innenhaaren von Seerosengewächsen verweisen auf das Vorhandensein eines schütteren Schwimmblattgürtels und des wärmeliebenden Schwimmfarns (Salvinia natans) außerdem auf die Ausbildung von Wasserschweber-Gesellschaften in windgeschützten Stillwasserbereichen. Das Vorkommen des Schwimmfarns belegt neben einem gewissen Eutrophierungsgrad des Gewässers deutlich erhöhte Sommertemperaturen - so ist sein heutiges Verbreitungsareal nach Norden durch die 18 °C-Juli-Isotherme begrenzt. Für eine Ausreifung seiner Sporocarpien sind nach MAI (1995) Sommertemperaturen von mehr als 25 °C erforderlich. Gehäuft beobachtet wurden weiterhin wie in den Ablagerungen des ausgehenden Saale-Spätglazials, zahlreiche pennate Diatomeen, jedoch nur noch wenige Zackenrädchen-Algen.

3.2.3 PZ 3 - Kiefern-Eichenmischwald-Zeit

Während der nur im Referenzprofil der Bohrung THW 11685/06 erfassten Kiefern-Eichenmischwald-Zeit (Abb. 2) lösten wärmeanspruchsvollere Eichen-dominierte Laubmischwälder die Taiga-ähnliche Kiefern-Birken-Vegetation der PZ 2 ab. Neben der Eiche und der Ulme erlangten insbesondere die Esche (Fraxinus) und im Übergang zur PZ 4 die Hasel und die Erle Bedeutung. Außer dem Efeu (Hedera) erreichten weitere, ozeanisch bis subozeanisch geprägte Elemente, wie die Mistel (Viscum), der Ahorn (Acer) nach der schon in der PZ 1 makrorestanalytisch nachgewiesenen Binsenschneide (Cladium mariscus; Kossler in diesem Band) das Gebiet. Durch diese ozeanisch ausgerichteten Elemente ist für das Eem ein deutlich früheres Erreichen des Klimaoptimums (siehe Kap. 3.2.4), als vergleichsweise im Holozän bzw. in der vorangegangenen Holstein-Warmzeit abzuleiten. Nach KÜHL et al. (2007) lag die durchschnittliche Sommertemperatur im Klimaoptimum bei 19° C, also über der heutigen!

3.2.4 PZ 4 - Eichenmischwald-Hasel-Zeit

Während einer Befahrung des Tagebaus Jänschwalde im Oktober 2010 wurden aus einer in das Eem-Vorkommen eingeschnittenen weichselzeitlichen Erosionsstruktur umgelagerte Leber- und Schluffmuddegerölle entnommen, deren Herkunft aus erodierten, höheren Teilen des Eems vermutet wurde. Für den jüngeren Warmzeitteil wurde bzgl. der Untersuchungsergebnisse zur Bohrung THW 11685/06 eine erosive Kappung durch Schmelzwässer des Brandenburger Stadiums (vgl. Kühner et al. 2008) während der frühen Weichsel-Kaltzeit vermutet. Von Interesse war daher das genaue relative Alter der in der Rinne vorgefundenen aufgearbeiteten eemzeitlichen Sedimente.

Pr. Nr./Aufschlusshöhe in m/ldent-Nr. Taxa	J95515 o. A. 100103932	J94389 1,75 m ü. Basis Schluff- mudde 100047031	J94391 2,15 m ü. Basis Schluff- mudde 100047032	1 o. A. 100103931
BP in %	•	•		
Salix sp.	0,3	-	-	-
Betula sp.	30,4	29,3	26,6	1,2
Pinus sp.	62,4	55,8	59,1	18,6
Ulmus sp.	3,0	6,0	6,3	1,5
Quercus sp.	0,9	2,1	3,0	8,6
Corylus sp.	-	0,3	-	54,9
Alnus sp.	0,3	-	-	10,3
Fraxinus sp.	-	0,3	+*	-
Tilia sp.	-	-	-	0,3
Carpinus sp.	-	-	-	0,3
Picea sp.	-	-	0,3	2,1
ΣAP in %	97,6	93,7	95,2	97,6
NBP in %	,	•	'	
Poaceae	1,8	4,2	3,6	1,8
Cyperaceae	0,3	1,6	0,9	0,3
Artemisia sp.	0,3	0,9	0,3	-
Chenopodiaceae	-	+*	+*	-
Tubuliflorae	-	+*	-	-
Calluna sp.	-	-	-	0,3
Σ NBP in %	2,4	6,3	4,8	2,4
Σ (BP + NBP)	335	335	335	339
Sumpf- und Wasserpflanzen, Farne, Moose in %	•	•		
Myriophyllum spicatum	-	-	0,3	-
Salvinia natans, Massulae-Bruch	0,3	-	-	-
Nymphaeaceae-Innenhaare	0,9	0,3	1,2	-
Typha-/Sparganium-Typ	0,3	0,9	0,6	-
Urticaceae	0,3	0,3	-	-
Equisetum sp.	0,6	+*	0,3	-
Monoletes, o. P.	4,2	1,5	1,8	0,6
Antheridien	0,3	-	-	-
Sphagnum sp.	-	-	+*	-
Pilz- und Moossporen	+	+	-	-
Algen, Plankter u. a. Mikroreste in %				
Pediastrum boryanum	0,9	0,9	0,6	0,3
Botryococcus sp.	+	+	+	-
Diatomeen, pennat	0,6	+++	+++	-
Diatomeen, zyklisch	-	+	+	-
Cladocera	-	-	0,3	-
Chironomidae	-	-	+*	-
Schwammnadeln	-	-	+	-

- Tab. 2: Quantitative Pollenspektren der Probe J95515 aus dem Schnitt 71 (Fundstelle Europäische Sumpfschildkröte), der Proben J94389 und J94391 aus dem Schnitt 55 (Fundstelle Europäischer Biber) und der Probe 1 aus dem Schnitt 9 (Fundstelle Riesenhirsch)
- Tab. 2: Quantitative pollen spectra of sample J95515, section 71 [find turtle (Emys orbicularis)], of samples J94389 and J94391, section 55 [find beaver (Castor fiber)] and of sample 1, section 9 [find megaceros (Megaloceros giganteus)]

So erbrachte die Probe 2 ein in die PZ 4 des Eem zu stellendes Pollenspektrum, das wie die Pollenspektren aus den zeitlich entsprechenden autochthonen Ablagerungen der Bohrung THW 11685/06 die Verhältnisse während der Eichenmischwald-Hasel-Zeit mit einem Vorherrschen der Hasel bei immer noch hohen Kiefern-Anteilen reflektiert. Beide Gehölze benötigen lichte Verhältnisse, um gedeihen zu können. Demnach waren die sich daneben ausbreitenden Eichen- und Ulmen-Bestände nicht sehr dicht. Die Anteile der Kräuterflora sind mit wenig Heidekraut und Gänsefußgewächsen als unbedeutend einzustufen.

Bestätigt werden diese Funde durch das Pollenspektrum einer Probe (Tab. 2), die unmittelbar neben einem Knochenfund des Riesenhirsches (*Megaloceros giganteus*) im Schnitt 9 entnommen wurde. Die mit einer Pollenfrequenz von rd. 55 % als bestandsbildend aufzufassende Hasel bildete demnach zusammen mit Eiche und Ulme lichte, parkartige Wälder, die dem ausladenden Geweih des Riesenhirsches bezüglich ausreichender Bewegungsfreiheit sehr entgegen gekommen sein dürften.

Die feuchten Uferbereiche der Rinnenseen dagegen stellten die bevorzugten Standorte der Erle dar.

Mit der PZ 4 trat die eemzeitliche Entwicklung in ihr Klimaoptimum ein, deren Höhepunkt in der nachfolgenden PZ 5 lag.

3.2.5 PZ 5 - Hasel-Eiben-Linden-Zeit

Mit der PZ 5 (Hasel-Eiben-Linden-Zeit) bricht die eemwarmzeitliche Entwicklung zumindest bezüglich der Befunde zum pollenanalytischen Referenzprofil der THW 11685/06 ab. Das am südlichen Rand des Südbeckens der Rinnenstruktur gelegene Profil (Abb. 1) wird erosiv durch Feinsande gekappt, in denen Schluffmudden der jüngeren Eem-Warmzeit aufgearbeitet sind (siehe Kap. 3.2.4). Die Profilschnitte der Vorschnittkartierung (vgl. Abb. 13 im Beitrag Bönisch & Schneider in diesem Band) legen insbesondere bzgl. des Profils 15 mit dem hier projizierten Fund des Riesenhirsch-Knochens anhand der nach Osten zwischen weichselzeitlichen, durch Deflation entstandenen Mulden stehengebliebenen Eem-Ablagerungen nahe, dass hier auch Ablagerungen des jüngeren Teils der Eem-Warmzeit (PZ 6-9) erhalten blieben. Dass die Sequenz ursprünglich vollständig entwickelt war, belegt die Untersuchung eines eemzeitlichen Torfgerölls aus der PZ 9 (siehe dort).

Neben der Hasel waren in der Subzone 5a Bestände mit Eibe (*Taxus*) und in der Subzone 5b mit Linde (*Tilia*) innerhalb der warmtemperaten eemwarmzeitlichen Bewaldung maßgeblich. Der Übergang zur PZ 6 deutet sich im Profil mit dem Anstieg der Hainbuchen-Kurve, der in die beginnende Schattholzphase des Eem und damit den Übergang zu kühlhumiden Klimabedingungen überleitet, gerade noch an.

3.2.2 PZ 9 - Kiefern-Zeit

Von wesentlich größerer Bedeutung war das Ergebnis der Probe 1 aus der unter Kap. 3.2.4 angesprochenen weichselzeitlichen (Deflations-)Mulde, da es eine Aussage zur tatsächlichen Dauer der Sedimentation innerhalb der eemzeitlichen Paläogewässer ermöglicht: Das Pollenspektrum weist die untersuchte Lebermudde (diese wurden im gesamten Zeitraum der Überbaggerung niemals unter autochthonen Verhältnissen nachgewiesen) als während der PZ 9 des Eem, also der warmzeitabschließenden, wieder borealen Kiefern-Zeit, akkumuliert aus. Bezüglich der nachgewiesenen Gehölzpollenflora dominierte die Kiefer, noch begleitet durch die Fichte sowie vereinzelte Vorkommen von Hainbuche und Tanne (*Abies*). Unter den krautigen Pflanzen ist das Heidekraut einziger Vertreter.

Lediglich ein im Südbecken nahe des Riesenhirsch-Knochens an der Basis einer weiteren weichselzeitlichen (Deflations-)Mulde geborgener Tannen-Ast (vgl. die Beiträge von BIGGA sowie BÖNISCH & SCHNEIDER in diesem Band) steht als makrorestanalytischer Beleg für das ehemalige Vorkommen auch von Ablagerungen der PZ 8 (Fichten-Tannen-Zeit). Somit ist von der Existenz eines vormals vollständig ausgebildeten Eem-Vorkommens zumindest im südlichen Becken der heutigen Rinnenstruktur auszugehen. Die der Weichsel-Kaltzeit zugeschriebene großflächige Kappung der warmzeitlichen Ablagerungen durch Schmelzwässer des Brandenburger Stadiums (Taubendorfer Sander) umfasst demnach Schichten, die maximal im Zeitraum der ausgehenden PZ 5b–9 sensu Erd (1973) abgelagert wurden.

4 Absolute zeitliche Einordnung der spätsaale- und eemzeitlichen Ablagerungen von Jänschwalde

Der absolute zeitliche Beginn der Eem-Warmzeit in Deutschland wird derzeit noch immer bei ca. 126 ka BP geführt [Stratigraphische Tabelle von Deutschland (STD) 2002 und ihre Erläuterungen (ESTD 2005) nebst Aktualisierungen, Deutsche Stratigraphische Kommission (DSK) 2002 und Litt et al. 2005, Litt et al. 2007]. Dieser entspricht dem Beginn des Isotopenplateaualters des Marinen Isopenstadiums (MIS) 5e. Während die STDK 2012 (DSK 2012) bereits das von Kühl et al. (2007) sowie Litt & Gibbard (2008) bevorzugte, anhand von Jahresschichten am terrestrischen Profil Monticchio ermittelte Alter von 127,2 ka BP (Brauer et al. 2007) umsetzt, ist dieses international bisher nicht ratifiziert [International Commission on Stratigraphy (ICS), http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-01.

Die mit dem ersten klaren Klimasignal über den pollenstratigraphisch belegten Beginn der Ausbreitung von Baumbirken festgelegte terrestrische Grenze zwischen der Saale-Kaltzeit und der Eem-Warmzeit in Mitteleuropa (vgl. Litt & Gibbard 2008) weicht jedoch deutlich von der im marinen Bereich bei etwa (136)132 bis 130 ka BP (u. a. Sanchez

Goñi et al. 2000, Oppo, McManus & Cullen 2006, Tzedakis 2007, HODELL et al. 2008, LANDAIS et al. 2013) rangierenden Grenze zwischen den MIS 6 und 5 (Termination II), auch unter Tiefersetzung auf ca. 127 ka BP, um mehrere tausend Jahre ab. Zum einen fällt die, auch insbesondere durch den sedimentologischen Nachweis des Heinrich-Events 11 (u. a. OPPO, KEIGWIN & McManus 2001, OPPO, McManus & Cul-LEN 2006, TZEDAKIS 2007, HODELL et al. 2008), in ihrem Ablauf gegenüber der ausgehenden Weichsel-Kaltzeit grundsätzlich anders ablaufende saalezeitliche Deglaziation in einer Vielzahl hochauflösender mariner Sedimentabfolgen ins Auge (u. a. Oppo, McManus & Cullen 2006, Landais et al. 2013), der so den bisher bekannten terrestrischen Abfolgen mit spätsaalezeitlichen Ablagerungen aus mehreren Gründen nicht ohne weiteres zu entnehmen war. Zum einen spielt der Untersuchungsstand insgesamt eine Rolle (vgl. auch Kap. 3.1) - so wurden vielerorts zeitlich entsprechende Ablagerungen gar nicht untersucht - entweder weil nicht ausgebildet oder aufgrund der überlieferten Sedimentart gar nicht berücksichtigt oder da zu stark mit Umlagerungen behaftet und daher nicht weiter auswertbar. Insofern sind auch das als internationaler Parastratotyp und 2008 von Litt & GIBBARD als Global Stratotype Section and Point (GSSP) vorgeschlagene Profil Amsterdam-Terminal (VAN LEEUWEN et al. 2000) nebst dem mitteldeutschen Vergleichsprofil Gröbern (Litt 1990, 1994) kritisch wegen ihrer Auflösung des Saale-Spät-Glazials zu betrachten. Während das insbesondere zu Vergleichszwecken hinsichtlich des vermeintlich ähnlichen Übergangs von der Weichsel-Kaltzeit in das Holozän angeführte Weichsel-Spätglazial (vgl. Litt & Gibbard 2008) inzwischen hochauflösend mit einem gut belegten mehrfachen Wechsel von Thermo- und Kryomeren untersucht ist und die Zeitdifferenz der Termination I zwischen marinen und terrestrischen Profilen auf wenige Jahrhunderte eingegrenzt werden konnte, gilt dies für die ausgehende Saale-Kaltzeit eher nicht. Tatsächlich suggeriert die klimatische und zeitliche Interpretation der beiden genannten Profile einen abrupten "Kalt-/Warm-Cut", so bezüglich Amsterdam-Terminal über das Ausklingen spätglazialer Kältesteppen-Vegetation gegenüber der beginnenden Ausbreitung von Birken-Wäldern. Das Profil Gröbern ist entgegen der Betonung des Autors bezüglich einer detaillierten Untersuchung tatsächlich gar nicht aussagekräftig, da die "hochauflösende" Abfolge der spätsaalezeitlichen Ablagerungen gerade einmal zwei (!) Proben umfasst. Bemerkenswert ist ebenfalls, dass keinerlei Bezug zu dem bereits 1967 von Menke & Ross publizierten saalespätglazialen Ablagerungen von Brokenlade hergestellt wurde, die ein deutlich anderes Bild als die besagten Profile zeichnen (vgl. Kap. 3). Im Vergleich mit den nun vorliegenden Ergebnissen zu Jänschwalde und den bereits seit längerem auch aus Mecklenburg-Vorpommern und Polen vorliegenden (zusf. Strahl 2002, Binka & Nitychoruk 2003), ist in beiden Profilen nicht nur von einem unvollständig ausgebildeten Saale-Spätglazial, sondern ebenfalls von einer Schichtlücke zwischen spätsaale- und eemzeitlichen Ablagerungen auszugehen. Dies wird im Profil Amsterdam-Terminal vor allem durch einen eingeschalteten Sandhorizont als Ausdruck

einer Erosionsdiskordanz besonders deutlich, auch wenn die Autoren diesen als solchen nicht interpretieren wollen (vgl. van Leeuwen et al. 2000).

Während für das Weichsel-Spätglazial auf Grundlage geochronologischer Altersangaben (14C, Jahresschichtenzählungen) inzwischen von einer Gesamtdauer von rund 3 000 Jahren auszugehen ist, liegen für das Saale-Spätglazial bisher gar keine verbindlichen Altersmessungen vor. Insofern kann das absolute Alter der spätsaalezeitlichen Ablagerungen nur abgeschätzt werden: Geht man von der allgemein geschätzt kurzen Dauer der Heinrich-Ereignisse aus, die aber bezüglich HE 11 etwa 1 000 Jahre umfasst haben könnte (ca. 128.5 – 127.5 ka BP nach Oppo, McManus & Cullen 2006) bzw. legt man die altersmäßige Ansetzung des Heinrich-Events innerhalb der Subzone B3 auf ca. 128 ka BP (TZEDAKIS 2007) und den Beginn der Eem-Warmzeit bei 127.2 ka BP (Profil Monticchio, Brauer et al. 2007) zugrunde, ist von einer absoluten Dauer der PZ C mit den Subzonen C1 und C2 von maximal 800 Jahren, also etwas länger als die Dauer des Alleröd-Interstadials im Weichsel-Spätglazial mit ca. 650 Jahren und minimal 300 Jahren auszugehen. Demgegenüber steht die PZ B mit einer deutlich längeren Gesamtdauer, nämlich von mindestens 2 000 Jahren, wenn man von einem Beginn etwas jünger als 130 ka BP (Ende Warthe-Stadium; LITT et al. 2007 unter Einbeziehung der PZ A) ausgeht.

Die gemachten Ausführungen können hier nur als Hinweis auf einen wesentlich differenzierteren Ablauf der Spätsaale-Zeit auch landwärts verstanden werden, als bisher bekannt. Zwar zeigen insbesondere die saalespätglazialen Ablagerungen von Jänschwalde gegenüber den beispielsweise als Typusprofilen geführten Vorkommen von Amsterdam-Terminal und Gröbern eine erheblich höhere Auflösung, doch sind auch sie keineswegs lückenlos überliefert. Sie geben lediglich eine Möglichkeit der stratigraphisch differenzierteren Einstufung saalespätglazialer Ablagerungen. Unbestritten scheint dagegen ein wie für das Mediterran durch TZEDAKIS (2007) festgestellter schrittweiser klimatischer Übergang vom Saale-Spätglazial in das Eem.

Zusammenfassung

Die Pollenanalysen an den vor allem spätsaalezeitlichen aber auch eemwarmzeitlichen Ablagerungen im Bereich der heutigen Rinnenstruktur von Jänschwalde liefert das stratigraphische Gerüst für die Vielzahl der paläobotanischen und -zoologischen wie auch archäologischen Untersuchungen, die detaillierte Aussagen zur Entwicklung von Vegetation, Fauna und Klima in diesem Zeitraum erlauben.

Die pollenanalytisch nachvollziehbare Vegetationsentwicklung belegt einen stetigen positiven Klimagang seit dem ausgehenden Saale-Hochglazial (PZ A, Waldlose Zeit), der seinen Höhepunkt zunächst mit der flächenhaften Ausbreitung des Sanddorns fand (PZ B2, Zeit der Sanddorn-Gebüsche). Noch in der PZ B kam es zu einem einschneidenden Kälterückschlag (Stadial, PZ B3), der eine Unterbrechung der Sedimentation (Hiatus) in bis zu diesem Zeitpunkt

nur temporär existierenden und erst teils toteisgenerierten Kleingewässern zur Folge hatte bzw. zu deren Verfüllung führte.

Erst in der ausgehenden PZ B (Subzone B4) und insbesondere im Übergang zur PZ C1 (Zeit der Birken-Wacholder-Sanddorn-Gemeinschaften) setzte sich die allmähliche Erwärmung fort. Das damit verbundene verstärkt einsetzende Austauen des toteisplombierten Untergrundes führte zur Herausbildung von sich bis in die Eem-Warmzeit hinein in ihrer Fläche vergrößernden, nun permanenten Gewässern im Nord- und Südbecken der sich erst jetzt heraus bildenden eigentlichen Rinnenstruktur von Jänschwalde.

Im Unterschied zum Weichsel-Spätglazial ist der Eem-Warmzeit kein weiteres Stadial vorgeschaltet, das den für das Typusprofil Amsterdam-Terminal angenommenen und damit im nördlichen Mitteleuropa abrupten Kalt-/Warmzeit-Wechsel stützen würde (van Leeuwen et al. 2000, Litt & Gibbard 2008). Die saalespätglaziale Vegetationsentwicklung endet mit der Ausbildung lichter Kiefern-Wälder unter Beteiligung von Birke und Wacholder (PZ C2) unter trokkenen, subarktischen Klimabedingungen. Diese Waldtundren-artige Bewaldung wurde zu Beginn des Eem durch die massive Ausbreitung von Birken (PZ 1) unter zwar immer noch kontinentalen, nun aber humideren und wärmeren Bedingungen, die der Birke kurzzeitig einen Vorteil gegenüber der Kiefer verschafften, verdrängt.

Die eemzeitliche Waldabfolge konnte pollenanalytisch aufgrund weichselzeitlicher Erosionsprozesse lückenlos nur bis in die PZ 5b nachverfolgt werden. Umgelagertes Material aus den PZ 8 und 9 belegen jedoch die Existenz einer vormals vollständigen Eem-Sequenz innerhalb der heutigen Jänschwalder Rinnenstruktur.

Summary

Pollen analyses are representing the stratigraphic framework for further paleobotanical, -zoological and archaeological investigations concerning the development of vegetation, fauna and climate during the Late Saalian and Eemian in the area of the channel structure Jaenschwalde.

Vegetation history shows a positive climatic change since the very end of the Saalian-pleniglacial (PZ A – nonforested time) culminated in wide-ranging expansion of *Hippophaë* (PZ B – time of *Hippophaë*-shrubs, climax in subzone B2). During the PZ B a distinct climatic cooling (stadial in subzone B3) took part which interrupted the sedimentation (hiatus) inside the existing temporary waters.

At the end of PZ B and especially at the transition to PZ C1 (time of *Betula-Juniperus-Hippophaë*-shrubs) climatic amelioration continued.

With rising temperature dead ice melted out and permanent water bodies were formed in the northern and southern basin of the recent channel structure of Jaenschwalde.

In comparison with the Late Weichselian no further stadial exists ahead of the Eemian, which is supposed for the type section of Amsterdam-Terminal (VAN LEEUWEN et al. 2000, LITT & GIBBARD 2008).

The Late Saalian ended with the appearance of bright *Pinus*-wood lands accompanied by *Betula* and *Juniperus* (PZ C2) under dry, subarctic climatic conditions.

At the beginning of the Eemian late saalian vegetation communities were replaced as a consequence of massive expansion of *Betula* currently under continental, but more humid and warmer climate, which benefits *Betula* more than *Pinus*. Due to weichselian erosion processes the eemian forest succession can pursue only up to PZ 5b. However reworked sediments of PZ 8 and 9 document a fully accomplished eemian deposit in Jaenschwalde.

Literatur

BINKA, K. & J. NITYCHORUK (2003): The Late Saalian, Eemian and Early Vistulian pollen sequence at Dziewule, eastern Poland. – Geological Quarterly 47, 2, S. 155–168

BRAUER, A., ALLEN, J. R. M., MINGRAM, J., DULSKI, P., WULF,
S. & B. HUNTLEY (2007): Evidence for Last Interglacial chronology and environmental change from Southern Europe. – Proceedings of the National Academy of Science 104, S. 450–455, Washingston

Chaput, F. (2014): Ein Pferd aus dem Saalespätglazial von Jänschwalde. – Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg **27**, S. 121–134, Wünsdorf

DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.; Koordination und Gestaltung M. Menning & A. Hendrich) (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002. – Tafel 96 x 130 cm oder Falt-Tafel A4, Potsdam (GeoForschungsZentrum), Frankfurt a. M. (Forsch.-Inst. Senkkenberg)

DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.; Koordination und Gestaltung M. MENNING & A. HENDRICH) (2012): Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2012 (STDK 2012), Potsdam (Deutsches GeoForschungsZentrum)

ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Scripta Geobotanica IX, 122 S., Göttingen (Verlag Erich Goltze KG)

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – 1095 S., 5. Aufl., Stuttgart (Ulmer Verlag, UTB für Wissenschaft)

Erd, K. (1973): Pollenanalytische Gliederung des Pleistozäns der Deutschen Demokratischen Republik. – Z. geol. Wiss. 1, S. 1087–1103, Berlin

ERD, K. (1991): Vegetationsentwicklung und Pollenanalyse im Eem-Interglazial und Weichsel-Frühglazial von Schönfeld, Kr. Calau. – Natur und Landschaft in der Niederlausitz, Sonderheft, S. 71–81, Cottbus

- HERMSDORF, N. & J. STRAHL (2008): Karte der Eem-Vorkommen des Landes Brandenburg. Brandenburg. geowiss. Beitr. **15**, 1/2, S. 23–55, Kleinmachnow
- HODELL, D. A., CHANNELL, J. E. T., CURTIS, J. H., ROMERO, O. E. & U. RÖHL (2008): Onset of "Hudson Strait" Heinrich events in the eastern North Atlantic at the end of the middle Pleistocene transition (~640 ka)?. Paleoceanography **23**, PA 4218, doi: 10.1029/2008PA001591, 16 S.
- Jacomet, S. & A. Kreuz (1999): Archäobotanik. Einführung in die Aufgaben, Methoden und Ergebnisse vegetationsund agrargeschichtlicher Forschung. – 368 S., Stuttgart (Ulmer Verlag, UTB für Wissenschaft)
- JANKE, W. (1996): Biostratigraphische Untersuchungen am spätneolithischen Fundplatz Nienhagen, Lkr. Nordvorpommern. – Bodendenkmalpflege in Mecklenburg-Vorpommern Jb. 1995, S. 49–56, Schwerin
- Kossler, A. (2014): Pflanzenreste aus den saalespätglazialen Sanddorn-Schichten des Tagebaus Jänschwalde Paläoumwelt des Neandertalers. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 27, S. 83–98, Wünsdorf
- Kühl, N., Litt, T., Schölzel, C. & A. Hense (2007): Eemian and Early Weichselian temperature and precipitation variability in northern Germany. Quaternary Science Reviews 26, S. 3311–3317, Amsterdam
- Kühner, R., Strahl, J., Süssmilch, P. & H. U. Thieke mit einem Beitrag von S. Meng (2008): Lithologische und pollenanalytische Befunde aus dem saalefrühglazialen Fluviatilkomplex (Tranitzer Fluviatil) und dem Eem-Interglazial im Tagebau Jänschwalde, Südbrandenburg. Brandenburg. geowiss. Beitr. 15, 1/2, S. 1–21, Kleinmachnow
- Kühner, R. (2014): Entstehung, Schichtenfolge und Lagerungsverhältnisse des Eem-Vorkommens Jänschwalde. Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege in Brandenburg 27, S. 71–82, Wünsdorf
- Landais, A., Dreyfus, G., Capron, E., Jouzel, J., Masson-Delmotte, V., Roche, D. M., Prie, F., Caillon, N., Chappellaz, J., Leuenberger, M., Lourantou, A., Parrenin, F., Raynaud, D. & G. Teste (2013):Two-phase change in CO₂, Antarctic temperature and global climate during Termination II. nature geoscience 6, S. 1062–1065, London (Macmillan Publishers Limited)
- LEEUWEN VAN, R. J. W., BEETS, D. J., BOSCH, J. H. A., BURGER A. W., CLEVERINGA, P., VAN HARTEN, D., HERNGREEN, G. F. W., KRUK, R. W., LANGEREIS, C. G., MEIJER, T., POUWER, R. & H. DE WOLF (2000): Stratigraphy and integrated facies analysis of the Saalian and Eemian sediments in the Amsterdam-Terminal borehole, the Netherlands. Geolo-

- gie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences **79**, 2/3, S. 161–196, Utrecht
- Litt, T. (1990): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Klimaentwicklung während des Jungpleistozäns in den Becken von Gröbern und Grabschütz. Altenb. nat.wiss. Forsch. 5, S. 92–105, Altenburg
- Litt, T. (1994): Paläoökologie, Paläobotanik und Stratigraphie des Jungquartärs im nordmitteleuropäischen Tiefland. Unter besonderer Berücksichtigung des Elbe-Saale-Gebietes. Dissertationes Botanicae 227, 185 S., Berlin, Stuttgart
- Litt, T., Ellwanger, D., Villinger, E. & S. Wansa (2005): Das Quartär in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002. Newsl. Stratigr. **41**, 1–3, S. 385–399, Berlin, Stuttgart
- LITT, T., BEHRE, K.-E., MEYER, K.-D., STEPHAN, H.-J. & S. WANSA (2007): Stratigraphische Begriffe für das Quartär des norddeutschen Vereisungsgebietes. Eiszeitalter und Gegenwart (Quaternary Science Journal) **56**, 1/2, S. 7–65, Hannover
- LITT, T. & P. GIBBARD (2008): Definition of a Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Upper (Late) Pleistocene Subseries (Quaternary System/Period). – Episodes 31, 2, S. 1–4, Peking
- MAI, D. H. (1985): Entwicklung der Wasser- und Sumpfpflanzen-Gesellschaften Europas von der Kreide bis ins Quartär. Flora **176**, S. 449–511, Jena
- MAI, D. H. (1995): Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas. 691 S., Jena (Gustav Fischer)
- Menke, B. & P.-H. Ross (1967): Der erste Fund von Kieselgur in Schleswig-Holstein bei Brokenlade, südlich von Neumünster. Eiszeitalter u. Gegenwart 18, S. 113–126, Öhringen
- Oppo, D., Keigwin, L. D. & J. F. McManus (2001): Persistent suborbital climate variabilty in marine isotope stage 5 and Termination II. Paleoceanography 16, 3, S. 280–292
- Oppo, D. W., McManus J. F. & J. L. Cullen (2006): Evolution and demise of the Last Interglacial warmth in the subpolar North Atlantic. Quaternary Science Reviews 25, S. 3268–3277, Amsterdam
- ROTHMALER, W. (1990): Exkursionsflora von Deutschland. Band 2 – Gefäßpflanzen. – 640 S., Berlin: Volk und Wissen GmbH
- RÜHBERG, N., STRAHL, J. & E. KEDING (1998): Der eeminterglaziale Torf in der Kiesgrube Neubrandenburg Hinterste Mühle. Geologie der Region Neubrandenburg,

- Festschrift anlässlich des 750. Jahrestages der Stadt Neubrandenburg, S. 86–90, Neubrandenburg
- Runge, S. (2005): Die einheimischen Bäume des Dahmelandes. JahreBuch 2005 Bäume im Dahmeland, S. 4–11, Prieros
- SANCHEZ GOÑI, M. F., TURON, J.-L., EYNAUD, F., SHACKLETON, N. J. & O. CAYRE (2000): Direct land/sea correlation of the Eemian, and its comparisoin with the Holocene: a high-resolution palynological record off the Iberian margin. Geologie en Mijnbouw 79, 2/3, S. 345–354, Utrecht
- SEIFERT, M. (1991): Pollenanalytische Untersuchungen im Nördlichen Nebenbecken des Eemsees von Schönfeld, Kreis Calau. – Natur und Landschaft in der Niederlausitz, Sonderheft, S. 82–85, Cottbus
- Seifert, M. (1996): Pollenanalyse und Vegetationsentwicklung im Spät-Saaleglazial von Schönfeld bei Calau, Niederlausitz. Natur und Landschaft in der Niederlausitz, Sonderheft, S. 80–87, Cottbus
- Seifert-Eulen, M. (2007): Vegetationsentwicklung (Pollenanalyse) des Klinger Interglazials. Natur und Landschaft in der Niederlausitz **24**, S. 108–119, Cottbus
- Strahl, J. (2000): Detailergebnisse pollenanalytischer Untersuchungen an saalespätglazialen bis weichselfrühglazialen Sedimenten aus dem Kiestagebau Hinterste Mühle bei Neubrandenburg (Mecklenburg-Vorpommern). Brandenburg. geowiss. Beiträge, 7, 1/2, S. 29–40, Kleinmachnow
- Strahl, J. (2004): Das Geotop Klinge-pollenanalytische Untersuchungen an den saalespätglazialen bis weichselfrühglazialen Ablagerungen der ehemaligen Dominalgrube von Klinge, Tagebau Jänschwalde. Brandenburg. geowiss. Beiträge 11, 1/2, S. 111–121, Kleinmachnow
- Strahl, J. (2005): Zur Pollenstratigraphie des Weichselspätglazials von Berlin Brandenburg. Brandenburg. Geowiss. Beitr. 12, 1/2, S. 87–112, Kleinmachnow
- STRAHL, J. (2006): Bericht zur pollenanalytischen Untersuchung der Bohrung THW 11685/06, Hornoer Hochfläche (Land Brandenburg). Bericht LBGR vom 08.08.2006, 9 S., Kleinmachnow (unveröff.)
- Strahl, J. (2011): Kurzbericht zur pollenanalytischen Untersuchung von zwei Proben aus dem Eem-Vorkommen Jänschwalde, Land Brandenburg. Bericht LBGR vom 24.01.2011, 4 S., Cottbus (unveröff.)
- Strahl, J. (2012): Kurzbericht zur pollenanalytischen Untersuchung einer Probe aus dem Tagebau Jänschwalde, Station 35,8, Land Brandenburg. Bericht LBGR vom 27.03.2012, 2 S., Cottbus (unveröff.)

- Striegler, R. (1991): Beschreibung des Eem-interglazialen Seebeckens von Schönfeld, Kreis Calau. – Natur und Landschaft in der Niederlausitz, Sonderheft, S. 48–65, Cottbus
- Striegler, R. (2007): Die Erforschung der Eem-Vorkommen von Klinge. Natur und Landschaft in der Niederlausitz **24**, S. 53–107, Cottbus
- Tauber, H. (1966): Investigations of the mode of pollen transfer in forested areas. Review of Palaeobotany and Palynology 3, S. 277–286, Amsterdam
- TZEDAKIS, P. (2007): Pollen records, Last Interglacial of Europe.—In: ELIAS, S. A. (ed.): Encyclopedia of Quaternary Sciences. S. 2597–2605, Amsterdam (Elsevier)
- Velichko, A. A., Novenko, E. Y., Zelikson, E. M., Boett-Ger, T. & F. W. Junge (2007): 17. Comparative Analysis of Vegetation and Climate Changes During the Eemian Interglacial in Central and Eastern Europe. – Development in Quaternary Science 7, S. 255–264, Amsterdam (Elsevier)

Anschrift der Autorin

Dr. Jaqueline Strahl Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Inselstr. 26 03036 Cottbus jaqueline.strahl@lbgr.brandenburg.de