

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	23 (2016), 1/2	S. 33–58	12 Abb., 68 Zit.
------------------------------	---------	----------------	----------	------------------

Die Entwicklung des Wandlitzer Sees und seiner Umgebung (Naturpark Barnim) seit dem ausgehenden Weichsel-Glazial

Development of the lake Wandlitz with its surrounding landscape (nature park Barnim) since the very end of the Weichselian glacial

SIXTEN BUSSEMER, PETER GÄRTNER, AXEL HEISE, CHRISTOPH KUNKEL & JAQUELINE STRAHL

1 Einleitung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden zwei Seebohrungen durch das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) Cottbus bzw. das Geographische Institut der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald niedergebracht und die terrestrischen Bereiche in der Umgebung des Wandlitzer Sees in einem dichten Raster standortkundlich aufgenommen. Die nachfolgende interdisziplinäre Auswertung verfolgte das Ziel der Erarbeitung eines für den Naturpark Barnim besucherorientierten visualisierten Landschaftsgenesemodells.

Der länderübergreifend ausgewiesene Naturpark Barnim umfasst eine Fläche von 750 km². Davon entfallen 94,6 % auf das Land Brandenburg und 56,5 % allein auf den Landkreis Barnim. Einschließlich der Flächenanteile der Landkreise Oberhavel, Märkisch-Oderland und des Landes Berlin erstreckt sich der Naturpark zwischen den Städten Bernau, Bad Freienwalde, Eberswalde, Liebenwalde und Oranienburg (HAACK 2009).

Sowohl der Naturpark Barnim im Allgemeinen als auch das am Wandlitzer See gelegene neue Besucherinformationszentrum sollen als zentrale Institutionen den Schutz und die weitere naturräumliche Erkundung der ihn umgebenden typischen Jungmoränenlandschaft begleiten.

2 Geomorphologie, Hydrologie und Geologie des Untersuchungsgebietes

Der Wandlitzer See oder Wandlitzsee (historisch unterschiedliche Schreibweisen in Kartenwerken und Literatur) gehört aus naturräumlicher Sicht zum westlichen Barnim als Teil der ostbrandenburgischen Platte (SCHOLZ 1962), dessen häufig seengefüllte, pleistozän angelegten Rinnensysteme landschaftsprägend sind (vgl. u. a. Übersichtskartierung von CHROBOK et al. 1983). Im Norden wird der Westbarnim durch das Eberswalder Urstromtal, im Osten durch die Barnimplatte, im Süden durch das Warschau-Berliner-Urstromtal und im Westen durch die Havelniederung begrenzt. Er

umfasst den zentralen und westlichen Teil des Naturparks Barnim, innerhalb dessen sich das Landschaftsschutzgebiet (LSG) Wandlitz-Biesenthal-Prendener Seengebiet befindet, zu dem auch der Wandlitzer See zählt.

Höchster Punkt des engeren Untersuchungsgebietes ist mit 71,5 m NHN der südöstlich des Wandlitzer Sees gelegene Kiesberg auf dem als weichselzeitlichen Endmoränenrest (s. ff.) gedeuteten „Großen Werder“ innerhalb des Liepnitzsees (Abb. 1). Durchschnittlich werden auf dem Westbarnim Höhen von 40 bis 90 m NHN erreicht, wobei das Gelände in Richtung Osten, hin zur benachbarten Barnimplatte, allmählich auf mehr als 80 m ansteigt (SCHOLZ 1962, NITZ et al. in SCHROEDER 2004).

Charakteristisch für die ganz überwiegend durch die Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit (hier vor allem Brandenburg Phase sensu LITT et al. 2007; s. ff.) geprägte Landschaft sind mit End- und Stauchmoränen durchsetzte, wellige bis sanft hügelige Sand- und Lehmplatten, die durch feuchte Niederungen sowie in das Gelände z. T. tief eingeschnittene, in der Regel N–S aber auch E–W verlaufende (Rinnen) Täler gegliedert werden.

Der 205 ha große und maximal 24 m tiefe Wandlitzer See gehört zum Typ der kalkreichen, geschichteten Seen. Im Sommer 2010 wurden nach Angaben der Ausstellung Barnim-Panorama größere Sichttiefen von 3–4,8 m mit Hilfe der Secchischeibe gemessen, was auf einen Klarwassersee mit mesotrophem Charakter hinweist.

Das mit 1 140 ha (STECKBRIEF SEEN EG-WASSERRAHMENRICHTLINIE vom 04.03.2009) relativ kleine, oberirdische Einzugsgebiet des Wandlitzer Sees erstreckt sich nicht konzentrisch um den See herum, sondern liegt im Westen, Norden und Osten aufgrund der Rinnenstrukturen eher ufernah an.

Der See liegt im mittleren Teil eines grundsätzlich E–W-gerichteten, vermutlich schon prä-weichselzeitlich angelegten Rinnensystems zwischen dem Liepnitzsee und den Drei heiligen Pfühlen im Südosten bzw. Osten sowie dem Rahmer See und Lubowsee im Südwesten. Diente die Rinne während der Weichsel-Kaltzeit vermutlich noch als einheitliche Schmelzwasserabflussbahn, so liegt heute zwischen Liepnitzsee und



Abb. 1: Lage des Wandlitzer Sees mit den Bohrungen Wandlitzsee 1/2010 (gelb) und 2/2010 (rot) sowie Wandlitz I (grün); zur Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb Brandenburgs vgl. Abbildung 10

Fig. 1: Location of the lake Wandlitz with bore holes Wandlitzsee 1/2010 (yellow) and 2/2010 (red) as well as Wandlitz I (green); for location of the investigation area in Brandenburg see figure 10

Wandlitzer See die auf dem Barnim N–S verlaufende Wasserscheide zwischen Oder und Elbe bzw. Ost- und Nordsee (Abb. 2). Liepnitzsee und die Drei heiligen Pfühle besitzen hin zum Wandlitzer See aufgrund eines dazwischenliegenden Geländerückens keinen direkten oberirdischen Abfluss mehr, sondern entwässern nach Osten über den Ober- und Hellsee in das Hellmühler Fließ und letztendlich über die Finow in die Oder. Wandlitzer, Rahmer und Lubowsee werden dagegen durch die als Vorfluter zur Elbe fungierende Briese in Richtung Südwesten zur Havelniederung hin entwässert.

Auch der tiefere Untergrund des weiteren Untersuchungsgebietes wird von quartären Sedimenten geprägt. Die nach Lithofazieskarte (LOHDE 1979) bei etwa 0 m NHN liegende Quartärbasis fällt entgegengesetzt zur heutigen Oberfläche von Nord nach Süd ab. Elsterkaltzeitliche Sedimente treten nur im südlichen Teil des Einzugsgebietes und hier als Geschiebemergel in geringen Mächtigkeiten bis zu 7 m auf. Die mit 50–60 m insgesamt deutlich größere Mächtigkeit der saalezeitlichen Ablagerungen nimmt von Nord nach Süd zu (in Wandlitz bei 50 m gegenüber Basdorf bei 61 m). Die Mächtigkeiten der für den Barnim-seitigen Naturparkbereich maßgeblichen weichselzeitlichen Sedimente variieren zwischen 4 und 11 m, wobei jedoch keine Regelmäßigkeit in der räumlichen Verteilung mehr erkennbar ist. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich im Allgemeinen um Geschiebemergel, -lehme und -sande und deren Vorschüttbildungen



Abb. 2: Am östlichen Ufer des Wandlitzer Sees markiert ein von ANNELIE GRUND künstlerisch gestalteter Findling symbolisch die auf dem Barnim N–S verlaufende und die Ortslage Wandlitz durchquerende Wasserscheide zwischen Oder und Elbe (Foto: A. SONNTAG 2006).

Abb. 2: An erratic block designed by ANNELIE GRUND marked symbolical the watershed between rivers Oder and Elbe, which is crossing Wandlitz from North to South (photo: A. SONNTAG 2006).

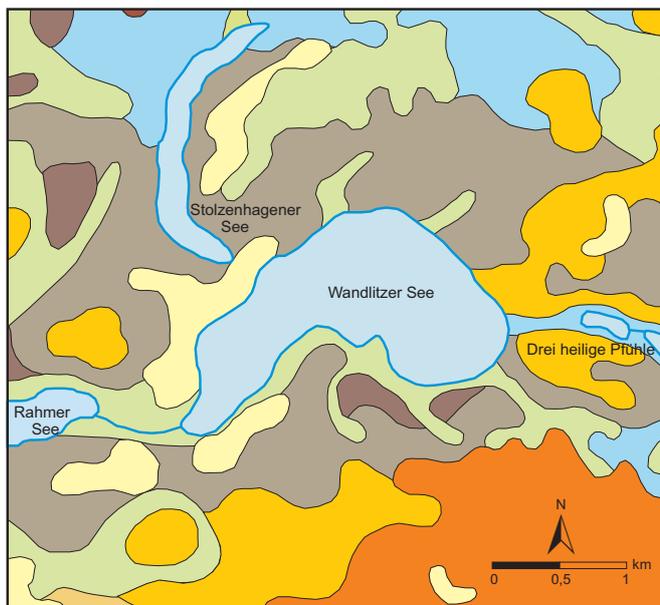
sowie glazifluviatile Sande und Kiese vornehmlich innerhalb der heute z. T. mit Seen erfüllten Rinnen sowie Talsande. Periglaziale Ablagerungen sind u. a. im nordwestlichen Westbarnim verbreitet. Weiterhin zu nennen sind weichsel-spätglaziale bis holozäne Flugdeck- und Dünen-sande sowie im Bereich der Niederungen und Rinnen weichsel-spätglaziale bis holozäne Mudden und Torfe.

Im engeren Untersuchungsgebiet stehen Grundmoränenreste des saalezeitlichen Warthe-Stadiums nordwestlich bis nordöstlich des Stolzenhagener Sees (Abb. 3) sowie nordöstlich von Klosterfelde an. Die reliefstarke Landschaft auf der Nordseite des Wandlitzer Sees (Abb. 4) geht hier in den von Rinnen durchzogenen Prenderer Raum über, welcher offenbar seit dem Mittelpleistozän mehrphasig angelegt wurde (SCHLAAK 1993). Daraus resultiert vermutlich auch die klein gekammerte Reliefgliederung mit entsprechender Verschiebung der heutigen Wasserscheide (s. o.) in Richtung Wandlitzer See auf seiner Nordseite.

Östlich und südlich des Wandlitzer Sees kommen zum einen unegliederte Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit in eisüberfahrenen weichselzeitlichen Stauchmoränen bzw. Stauchungsgebieten, namentlich Sande, Kiese und Steine sowie Geschiebemergel vor. Zum anderen wurden südlich, östlich und nördlich bis nordwestlich des Wandlitzer Sees weichselzeitliche Geschiebemergel (Grundmoränen) auskartiert, die als dem Brandenburger Stadium zugehörig ausgewiesen sind. Sie lagern überwiegend Sedimenten der Vorschüttphase, z. T. aber auch saalekaltzeitlichen Sanden auf. Die des Weiteren u. a. durch SCHOLZ (1962) sowie zuletzt NITZ et al. in SCHROEDER (2004) im Gebiet ausgewiesene Eisrandlage

des Frankfurter Stadiums (Frankfurt-Phase sensu LITT et al. 2007) besitzt dagegen (nicht nur hier) keine eigene Grundmoräne (vgl. zu dieser Problematik LIPPSTREU et al. 2015). Ihr unter rein morphologischen Aspekten konstruierter Verlauf orientiert sich im Wesentlichen an saalezeitlich angelegten Stauchungsgebieten, so u. a. auch an gestauchten Vorschüttbildungen südlich und westlich des Biesenthaler Beckens (LIPPSTREU et al. 1997).

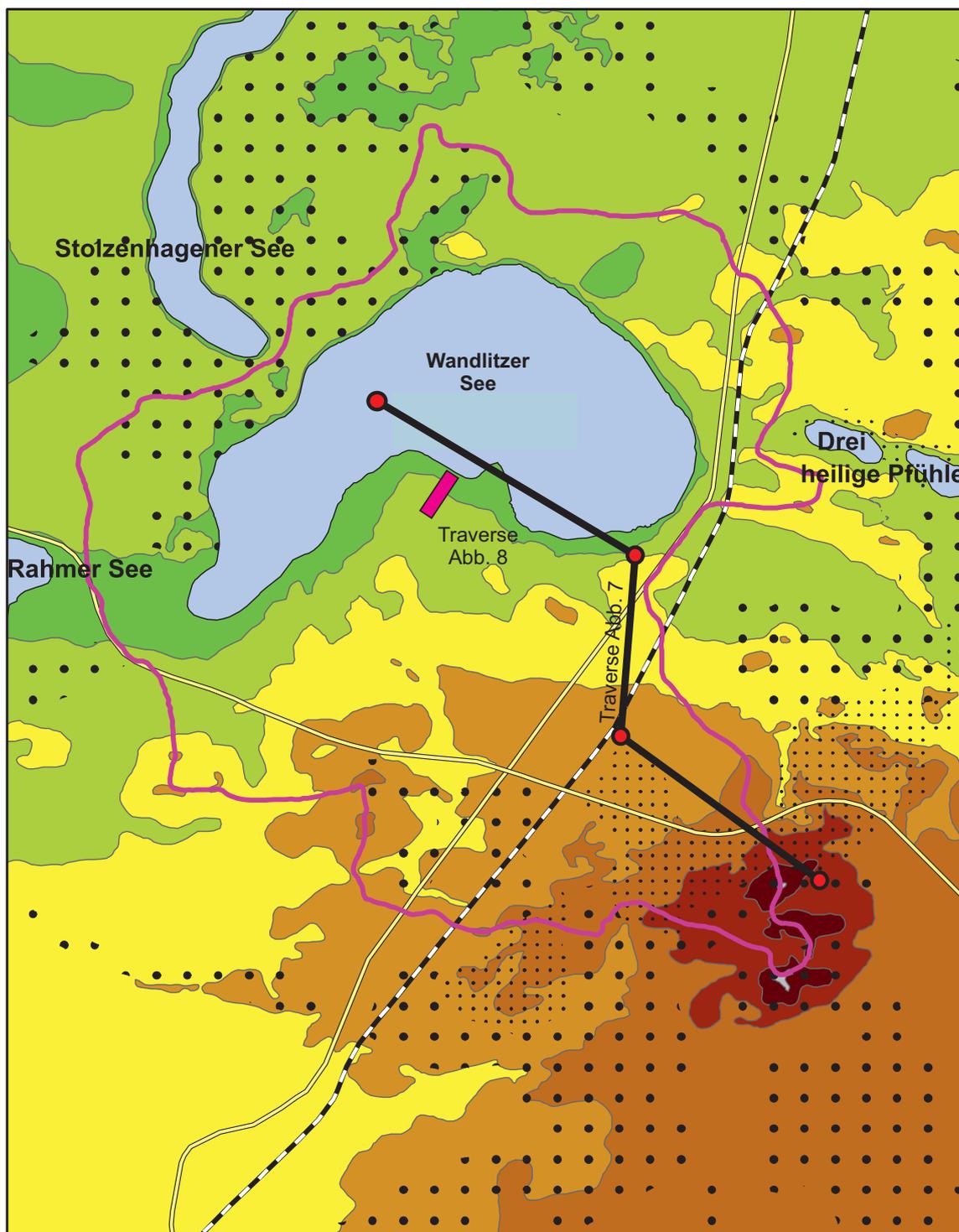
Die nach Süden anschließenden Sandersedimente wären demnach ebenfalls allgemein dem Brandenburger Stadium angehörende Schmelzwasserablagerungen. GÄRTNER (1993, 2004) diskutiert die jungpleistozäne Entwicklung des näheren Untersuchungsgebietes vor allem im Zusammenhang mit dem südlich anschließenden Wandlitz-Ladeburger Sander. Dieser bildet eine hin zum Berliner Urstromtal sich abdachende Schmelzwasserebene, deren Ansatz sich offenbar am Südrand des See-Einzugsgebietes mit seinen größten Erhebungen von über 80 m NHN befindet. Insgesamt besitzt diese frische Glaziallandschaft eine beachtliche Reliefenergie mit etwa 70 m Höhenunterschied auf weniger als 3 km Entfernung zur niedrigsten eiszeitlichen Oberfläche am Seegrund (vgl. Abb. 4 unter Beachtung von ca. 10 m Holozänsediment). Die jüngsten weichselzeitlichen und z. T. auch schon holozänen Ablagerungen sind weitgehend Schmelzwassersande mit sandiger Periglazialüberkleidung, welche nördlich des Wandlitzer Sees als Hochflächensande zusammengefasst werden können (Abb. 2, 5) sowie äolische Sedimente. Diese sind beispielsweise am NW- und SW-Ufer des Wandlitzer Sees und besonders am Nordrand des Sanders verbreitet, dort perlen-schnurartig in E-W-Richtung aufgereiht. Äolische Prozesse blieben bis in das Holozän hinein reliefformend, wie zuletzt



Ausgangssubstrat	Boden
Holozän, Holozän bis Weichselspät-Glazial:	
Seen: Mudden, Sande	
Moor- und Seeablagerungen	Moorerden
Weichsel-Glazial bis Holozän:	
Windablagerungen	podsolige Regosole/podsolige Braunerde-Regosole Podsole
periglaziale und fluviatile Ablagerungen	Gleybraunerden, Erdniedermoore über Flusssanden Humus- und Anmoorgleye
Weichsel-Glazial:	
eisüberfahrene weichselzeitliche Stauchmoränen und Stauchungsgebiete	Braunerden und Fahlbraunerden
Sander	schwach podsolige Braunerden
Weichsel-Grundmoräne (Brandenburger Stadium)	Braunerden und Fahlbraunerden pseudovergleyte Braunerden
Weichsel-Vorschüttbildungen	Sandbraunerden mit unterschiedlichem bindigem Anteil, teilweise Grundwasseranschluss Braunerden und Podsolerden Braunerden und Fahlbraunerden
Saale-Glazial:	
Warthe-Grundmoräne	Braunerden und Fahlbraunerden

Abb. 3: Geologische Situation im engeren Umfeld des Wandlitzer Sees, zusammengefasst nach der Geologischen Karte 1 : 100 000 des Landkreises Barnim (SONNTAG 2011)

Abb. 3: Geology of the landscape around lake Wandlitz, summarised after Geological map scale 1 : 100 000, administrative district Barnim (SONNTAG 2011)



Höhenschichten (m NHN)

<table border="0"> <tr><td style="background-color: #90EE90; width: 20px; height: 15px;"></td><td>45-50 m</td></tr> <tr><td style="background-color: #9ACD32; width: 20px; height: 15px;"></td><td>50-55 m</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFFF00; width: 20px; height: 15px;"></td><td>55-60 m</td></tr> </table>		45-50 m		50-55 m		55-60 m	<table border="0"> <tr><td style="background-color: #FFD700; width: 20px; height: 15px;"></td><td>60-65 m</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFA500; width: 20px; height: 15px;"></td><td>65-70 m</td></tr> <tr><td style="background-color: #FF4500; width: 20px; height: 15px;"></td><td>70-75 m</td></tr> </table>		60-65 m		65-70 m		70-75 m
	45-50 m												
	50-55 m												
	55-60 m												
	60-65 m												
	65-70 m												
	70-75 m												

Waldart

⋯⋯⋯	Laubwald
•••	Nadelwald

Abb. 4: Einzugsgebiet des Wandlitzer Sees mit Höhengschichten (nach TK 25) und Waldbedeckung (CORINE 2012)

Fig. 4: Catchment of the lake Wandlitz with isohypses map (according to TK 25) and forested areas (according to CORINE 2012)

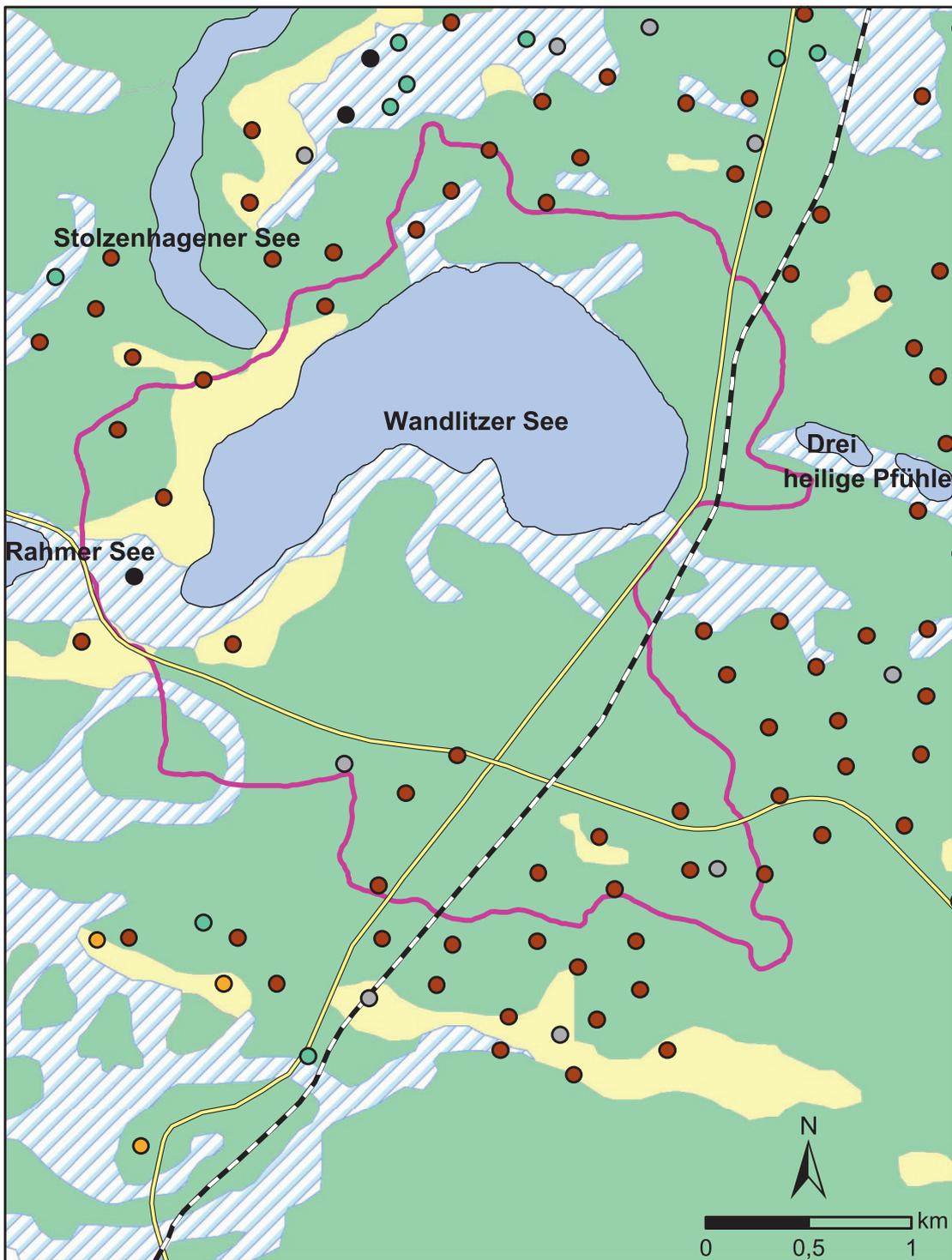


Abb. 5: Böden des Einzugsgebietes Wandlitzer See nach LAUFER & KEILHACK (1882), LGRB (1997) und FORST-GIS BRANDENBURG (2014)

Fig. 5: Soils of the catchment of the lake Wandlitzer See according to LAUFER & KEILHACK (1882), LGRB (1997) and FORST-GIS BRANDENBURG (2014)

an Baugruben im Lanker Weg in Wandlitz zu beobachten war. Erhebliche Areale der Niederungen werden von holozänen Durchströmungs- und Verlandungsmooren sowie Anmooren bedeckt, deren prinzipieller Aufbau im Gegensatz zur subhydri-schen Situation seit langem bekannt ist (zuerst LAUFER & KEILHACK 1882). Insbesondere in verlandeten Seebereichen überlagern diese teilweise verschiedene Muddetypen.

Entsprechend dem geologischen Ausgangssubstrat gestaltet sich das anzutreffende Bodenmosaik (Abb. 3, 5): Allgemein tendiert die terrestrische Bodenbildung nach der Forstlichen Standortserkundung in den sandigen Deckserien zur Ausprägung von Braunerden als Typusboden dieser typischen Jungmoränenlandschaft (Abb. 3, 4). Im weiteren Untersuchungsgebiet sind Sandbraunerden mit überwiegend Caputher und Lienewitzer Sandbraunerde sowie seltener Rumpfrosterden und Gleye verteilt (FORST-GIS BRANDENBURG 2014). Deren Stamm-Nährkraftstufen variieren gering zwischen mittel und ziemlich arm, die Stamm-Feuchtestufen im mäßig frischen, grundwasserfreien Bereich bis maximal schwach grundfrisch. Laut Fachinformationssystem (FIS) Boden des LBGR sind direkt am südlichen Randbereich des Sees und in den Übergängen von den Drei heiligen Pfählen bzw. zum Rahmer See z. T. vererdete Moorböden verbreitet, die auch für die übrigen Niederungen im Gebiet kennzeichnend sind. In der unmittelbaren Umgebung bilden auch hier Sandbraunerden mit wechselnden bindigen Anteilen und teilweise Grundwasseranschluss die Umrahmung des Sees (Abb. 5). Über den Vorschüttbildungen sind Braunerden aber auch Podsole und auf saale- und weichselkaltzeitlichen Grundmoränenstandorten gestauchter und glazigen unbeeinflusst gebliebener Bereiche Braunerden und Fahlbraunerden verbreitet. Infolge höherer Grundwasserstände sind bei den Braun- und Fahlbraunerden der warthezeitlichen, allerdings nicht flächengebenden Grundmoränendurchtragungen z. T. randliche Vergleyungen feststellbar. Pseudovergleyte Braunerden sind im Umfeld der Drei heiligen Pfähle verbreitet, die hier an kalkhaltige Moorböden anschließen. Für die periglaziären Ablagerungen im nördlichen Untersuchungsgebiet sind Gleybraunerden prä-

gend, die in Bereichen mit höheren Grundwasserständen hydromorph sind. Den Flugsanden direkt am Wandlitzer See sowie am Nordrand des Sanders lagern heute Podsole auf. Die übrigen Sanderflächen werden im Wesentlichen durch schwach podsolige Braunerden (s. o.) überdeckt.

3 Klima und Vegetation

Der Westbarnim befindet sich heute im Bereich des Mecklenburgisch-Brandenburgischen Übergangsklimas, d. h. an der Grenze atlantisch zu subkontinental getöntem Klima. Das durchschnittliche Juli-Mittel beträgt 17,5–18,5 °C, das Januar-Mittel -1,5–0 °C (SCHOLZ 1962). Die durchschnittlich erreichten Niederschläge liegen bei 550–580 mm/a und einer jährlichen Verdunstung von 500–550 mm (HAACK 2009). Für das engere Untersuchungsgebiet werden 560 mm/a angegeben (SCHNEIDER 2008). Die heute vorherrschende Windrichtung ist W bis SW, wobei auch bis zu 30 % trockene E-/NE-Winde vorkommen können (HAACK 2009).

Heute sind 57 % des gesamten Naturparks Barnim bewaldet und stellen damit den flächenmäßig bedeutendsten Naturtyp dar (HAACK 2009). Auf den Sanden der Grundmoränenplatten sind dabei arme Buchenwälder und Buchen-Traubeneichen-Wälder vorherrschend. Hinzu kommen Kiefern-Forsten mit vereinzelt Laubbäumen. 30 % der Gesamtfläche unterliegen einer landwirtschaftlichen Nutzung.

Der heutige Westbarnim ist vor allem durch Ackerland geprägt, durchsetzt von kiefernreichem Eichen-Buchen-Wald (*Quercus fagetum*; SCHNEIDER 2008) und Kiefern-Forsten.

HOFMANN & POMMER (2005) weisen anhand der heutigen klimatischen und bodengeologischen Gegebenheiten als potentiell natürliche Vegetation im Großraum Wandlitz Hainsimsen-Buchenwald aus. Heute dominieren hier Nadelwald-Ersatzgesellschaften (CORINE 2012). Insbesondere nordwestlich und südwestlich des Wandlitzer Sees reicht die Bewaldung bis an seine Ufer heran (Abb. 4). Auf vermoorten Bereichen in seinem Umfeld sowie im Briesetal sind Er-



Abb. 6:
Blick über den Wandlitzer See nach Westen

Fig. 6:
View over the lake Wandlitz in western direction

len-Bruchwälder, z. T. gesäumt durch Kiefern-Wald anzutreffen (GÄRTNER in SCHROEDER 2004). Teilweise säumt ein bis zu 50 m breiter, gut erhaltener Schilfröhrichtgürtel seine Ufer, der auch auf dem Luftbild (Abb. 6) gut erkennbar ist.

4 Methoden

Bei der Bearbeitung der Bodenaufschlüsse und Bohrungen kamen folgende Methoden zur Anwendung:

- Feldansprache Böden und Substrate nach AG BODEN (2005) bzw. Symbolschlüssel Geologie (zuletzt LBEG 2015),
- Korngrößenanalyse des Feinbodens mittels Laserparticle-sizer Analysette 22 von FRITSCH,
- Kalkanalyse (CaCO₃) nach Scheibler (in SCHLICHTING & BLUME 1966),
- Humus (C_{org}) im Glühtest nach SCHLICHTING & BLUME 1966,
- Humifizierungsgrad (Q4/6-Wert) nach SCHLICHTING & BLUME (1966),
- Messung der Suszeptibilität,
- Pollenanalyse: Herstellung von Flüssigpräparaten mittels Aufbereitung mit HF, HCl, KOH, Ultraschallsiebung 6 µm, Acetolyse nach ERDTMAN; Mikroskopie: Leica DMRB 400-fache und 1000 fache Vergrößerung.

5 Bodenkundliche Untersuchungen im Umfeld des Wandlitzer Sees

5.1 Terrestrische Bereiche

Für eine repräsentative Beschreibung der terrestrischen Geländeabschnitte wurde eine Catena vom südlichen Seeufer hin zum höchsten Bereich des Einzugsgebietes gewählt (vgl. Abb. 4), deren Untergrund sich durch eine Kombination von Peilstangen- und Rammkernsondierungen erfassen ließ. Die tiefreichenden Bohrungen P1–P3 erfassten gewöhnlich unterhalb von 5 m unterlagernden Geschiebemergel, dessen Oberfläche ebenfalls zum Becken hin absinkt (Abb. 7). Er ist von schluffig-sandiger Konsistenz, der Tongehalt liegt deutlich unter 5 %. Seine geringmächtigste Ausbildung wurde erwartungsgemäß in der hochgelegenen Bohrung P1 beobachtet, wo er bis auf den liegenden Vorschüttungsand durchteuft wurde. Dieser vermutlich weichselzeitliche Geschiebemergel kann bis zur Wasserscheide hinauf von teilweise kalkhaltigen Beckensanden und -schluffen (Sb) als Folge eines kleinräumigen und vermutlich auch zeitlich verzögerten Niedertaugeschehens in kleineren Sedimentationsräumen überlagert werden. Sie sind zum Hangenden hin mit den Schmelzwassersanden (Sgf) verzahnt, deren Körnung im mittelsandigen bis grob-mittelsandigen Bereich bis hin zu einzelnen Kiesen schwankt.

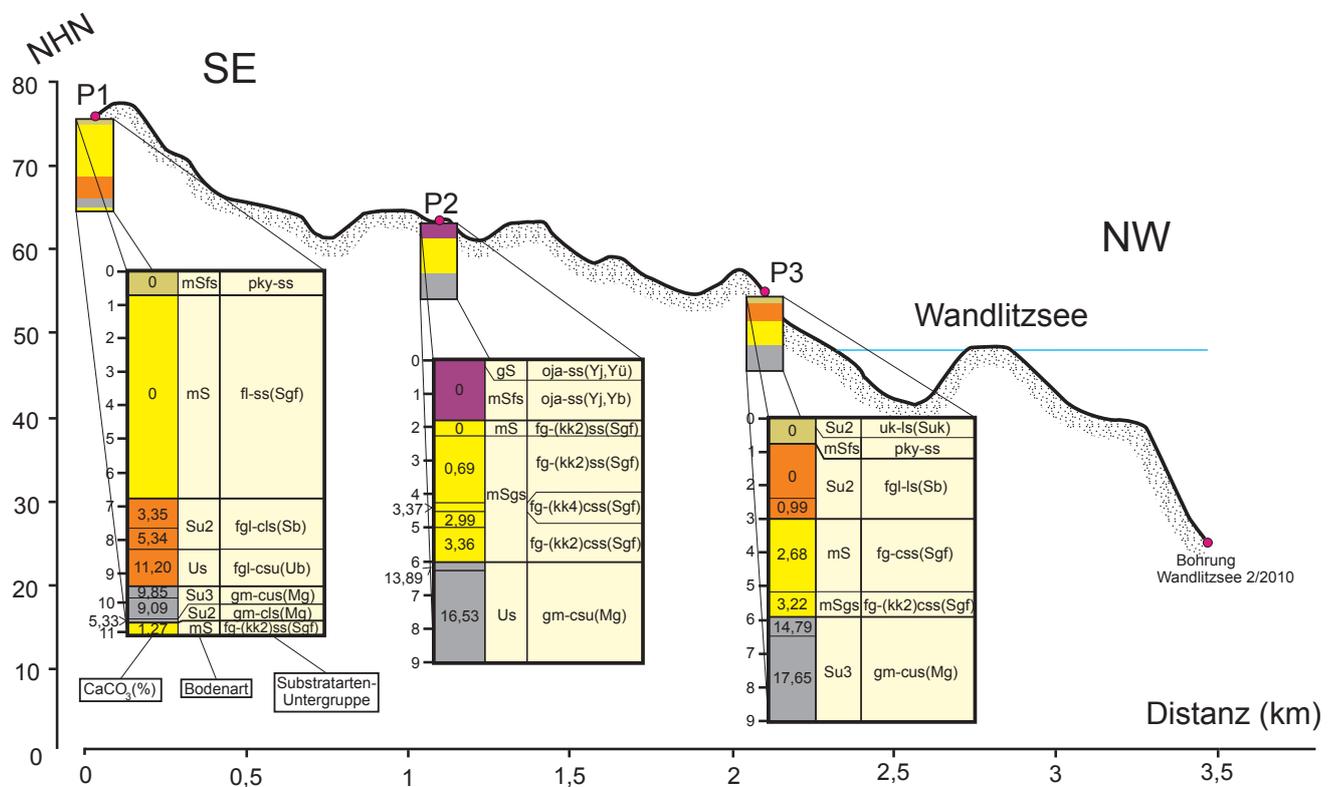


Abb. 7: Schematisierte geomorphologische Traverse durch die terrestrischen Abschnitte des Einzugsgebietes Wandlitzer See (zur Lage vgl. Abb. 4)

Fig. 7: Schematic geomorphological catena of the terrestrial parts of the catchment of the lake Wandlitz (position according to fig. 4)

Auf heute völlig trocken gefallen und minerogenen Seeablagerungen konnte in der Umgebung des Wandlitzer Sees mit der Fuchserde sensu HERING (MUGV 2011) eine bisher spezifische Bodenbildung Brandenburgs beobachtet werden. Sie sind damit offenbar an den unteren Gürtel der terrestrischen Landschaft gekoppelt, welcher aber noch periglazial überprägt wurde. Die Fuchserden treten nur inselhaft in Vergesellschaftung mit den oben genannten Braunerdeviationen auf. Im Gegensatz zu letzteren zeichnen sie sich durch einen leuchtend roten Verwitterungshorizont By aus (HERING & BAURIEGEL 2005).

5.2 Semiterrestrische Bereiche

Die vorangehend beschriebenen terrestrischen Bereiche wurden durch eine dichte Bohrreihe über 230 m Länge mit zugehörigem Nivellement am flachen Südufer des Sees an die subhydrischen Untersuchungen angebunden. Das ehemalige Niedermoor ist hier auf dem Museums-gelände des Naturparkzentrums Barnim durch Bebauung und Landnutzung nur noch in Fragmenten vorhanden, welche offenbar auch die dezimeterhohe Terrassenstufe verursachten (Abb. 8). Diese stellt gleichzeitig die Außengrenze ehemaliger Grünlandnutzung um den See herum dar. Entlang dieser semiterrestrischen Standortkette mit Teufen bis zu 5 m konnten vor allem Seesande, Mudden und Torfe erbohrt werden, wobei die beschriebene kleine Terrassenstufe von Kolluvium gebildet wird. Der basale Seesand mit nicht unwesentlichen Anteilen an Mittel- und Feinkiesen konnte in seiner typisch humusfreien Ausbildung nur in der Bohrung A erfasst werden. Die darüber anschließenden reinsandigen Sand- und Schluffmudden werden von einem geringmächtigen fluviatilen Horizont

mit Kiesen abgeschlossen. Ein weiterer Anstieg des Seespiegels sorgte für die Sedimentation weiterer Sandmudden mit schluffigerem Charakter bis hin zu Schluffmudden.

Jene Akkumulation vollzog sich bis knapp unterhalb 51 m NHN. Eine sehr geringmächtige Lage fluviatiler Sande in Bohrung C und D zeigt ein weiteres Trockenfallen des Untersuchungsgebietes an. Es bildet die Grenze zum nächsten Akkumulationszeitraum, in welchem sich in den Bohrungen D und E Sandmudden abgelagerten. An den Standorten B und C hingegen wuchsen Torfe auf. Der Torfkörper im Profil C unterteilt sich in einen leicht vererdeten Horizont Hv bis 35 cm Tiefe mit einem pH von 8 und einem nur schwach zersetzten Horizont Hw bis 57 cm Tiefe mit einem pH von 6,11. Der Hv-Horizont enthält Reste von Schilfrhizomen und -blättern sowie einzelne Bruchstücke von Backsteinen. Der hohe pH-Wert könnte auf menschlichen Einfluss zurückgeführt werden. Der Hw-Horizont enthält dagegen wenig Schilf, dafür einen hohen Anteil an Erlenresten. Der Torfkörper in Profil B ist mit 110 cm beinahe doppelt so mächtig. Der Hv an der Profilschuppe reicht bis in 25 cm Tiefe, hat einen pH-Wert von 5,83 und enthält Reste von Schilf und Segge. Der Hw (bis 110 cm Teufe) hat einen pH-Wert von 6,33 und enthält viele Erlen-, selten Seggenreste. Wegen fehlender relativer (Pollenanalyse) und absoluter Altersangaben muss hier wie insgesamt offen bleiben, wie und wann die Sedimentation nach der Trockenphase bei 50,75 m NHN ablief. Ein weiterer Anstieg des Seespiegels mit Bildung einer gestuften Uferbank wäre möglich, weshalb an den Bohrungen A, B und C die zugehörige Mude fehlt. Ein weiterer Rückgang des Wasserspiegels legte den oberen Bereich der Bohrungen D und E trocken, während im Uferbereich über B und C ein Erlen-Bruch aufwachsen konnte.

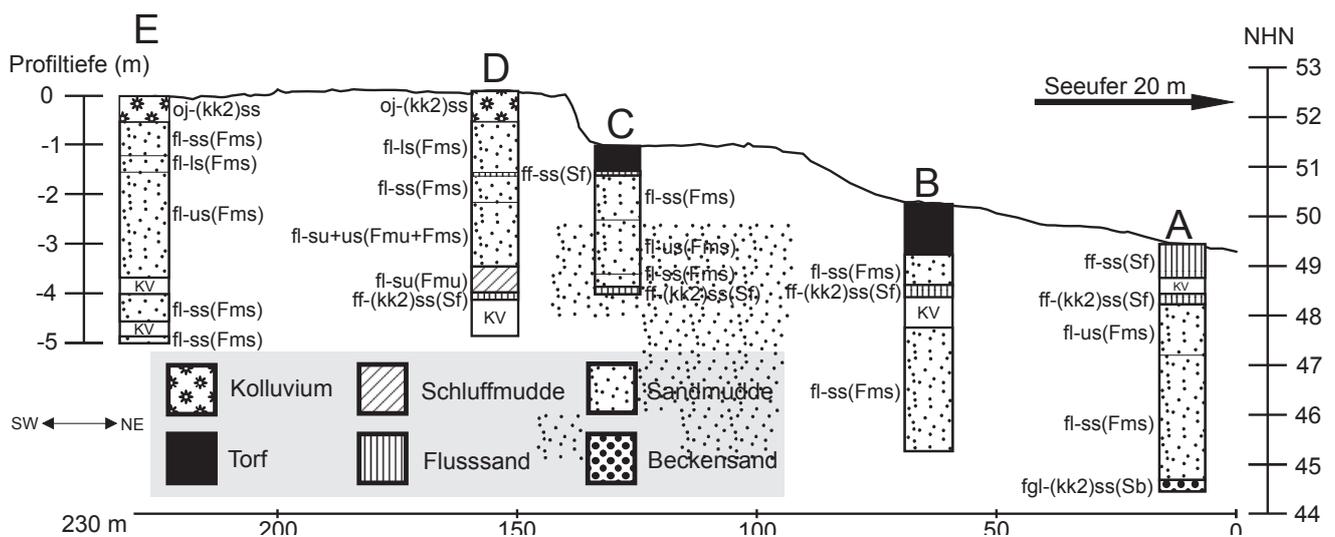


Abb. 8: Geomorphologische Traverse durch die semiterrestrischen Abschnitte des Einzugsgebietes Wandlitzer See (zur Lage vgl. Abb. 4)

Fig. 8: Geomorphological catena of the semiterrestric parts of the catchment of the lake Wandlitz (position according to fig. 4)

6 Seebohrungen

Die Festlegung der Ansatzpunkte für die Bohrungen Wandlitzsee 1 und 2/2010 (Abb. 1) erfolgte in Abstimmung zwischen dem Naturpark Barnim und dem Institut für Geographie und Geologie der Universität Greifswald. Der Fokus lag dabei auf dem westlichen Seegebiet, während bereits im Jahr 2004 in Zusammenarbeit von LBGR und dem Naturpark Barnim die Bohrung Wandlitz I im Zentralteil des Sees (Abb. 1) niedergebracht wurde. Diese erbrachte nach der Pollenanalyse jedoch lediglich an der Profilbasis zwischen 1,15–0,75 m weichselhoch- bis weichselspätglaziale Sedimente, auf welche mit einem erheblichen zeitlichen Hiatus schon ab einer Teufe von 0,65 m jungholozäne kalkhaltige Schluffmudden (Subboreal bis Jüngeres Subatlantikum) folgten (Abb. 9; s. ff.).

Die am 07.10.2010 niedergebrachte Bohrung Wandlitzsee 2/2010 erreichte die Endteufe von 12,50 m (Abb. 10). Ergänzend wurde wegen fehlenden Kernmaterials für den Teufenbereich 0,00–1,87 m die Bohrung Wandlitzsee 1/2010 in die pollenanalytischen Untersuchungen integriert. Letztendlich standen für diese die in der Abbildung 10 aufgeführten Kernabschnitte zur Verfügung.

Neben den Pollenanalysen wurden auch Bestimmungen des CaCO_3 (Kalk-) und des C_{org} (Humus)-Gehaltes sowie des Q/4/6-Verhältnisses vorgenommen, die nachfolgend diskutiert werden.

Bei der Auswertung der pollenanalytischen Befunde wurde zu Beginn der Arbeiten ein Siebfehler für die erste, aus

25 Proben bestehende Serie aus der Bohrung Wandlitzsee 1/2010 diagnostiziert. Durch die seitens des Labors verwendete 6 μm -Siebgaze mit einer verbleibender Siebfläche von 5 % statt der üblicherweise genutzten mit 1 % kam es zu einer sekundären Anreicherung besonders großer Pollentypen, wie derer der Kiefer (*Pinus*), Fichte (*Picea*), Tanne (*Abies*), Rotbuche (*Fagus*), Hainbuche (*Carpinus*) sowie von Getreiden (*Cerealia*). Abgereichert wurden hingegen kleinere Typen, hauptsächlich der Birke (*Betula*) und Erle (*Alnus*), eigenartiger Weise aber nicht die der Eiche (*Quercus*). Der im Pollendiagramm (Abb. 10) durch einen gestrichelten Rahmen und die Überschrift „Laborfehler“ hervorgehobene Bereich erscheint damit im Teufenbereich 0,10–2,50 m infolge überhöhter bzw. erniedrigter Pollenfrequenzen über das normale Maß hinaus verzerrt und ist damit für eine landschaftsgenetische Interpretation nur bedingt nutzbar. Dies betrifft ausschließlich Teile des Älteren Subatlantikums sowie das Jüngere Subatlantikum. Insgesamt reale Vergleichswerte für diesen Zeitabschnitt liefert hier das Pollendiagramm der Bohrung Wandlitz I (Abb. 9). Die Aushaltung der einzelnen, im Pollendiagramm ausgewiesenen Pollenzonen (PZ) basiert auf der im LBGR in der Geologischen Kartierung verwendeten Gliederung (STRAHL 2005). Diese Gliederung ist gegenüber der von FIRBAS (1949) entwickelten hauptsächlich bezüglich der weichselspätglazialen Klima- und Vegetationsentwicklung erweitert worden (dazu siehe ausführlich STRAHL 2005). Für das Holozän folgt die Gliederung weiterhin FIRBAS (1949), hier wurden lediglich die Kürzel der Pollenzonen angepasst (s. ff. und Abb. 11).

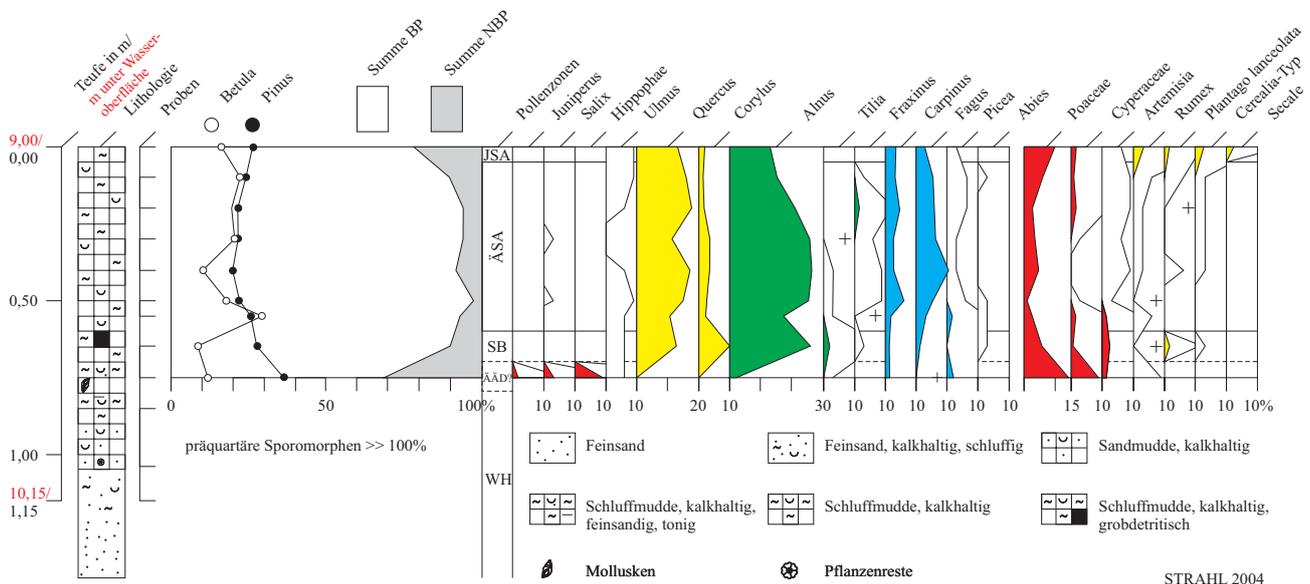


Abb. 9: Pollendiagramm der Bohrung Wandlitz I (ausgewählte Taxa)

Gesamtsumme = BP+NBP = ± 335 = 100 %, excl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Farne, Moossporen, Algen, Plankter u. a. Mikroreste, Werte < 1 % zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme, BP = Baumpollen, NBP = Nichtbaumpollen, PZ = Pollenzone, WH = Weichsel-Hochglazial, ÄSD = Älteste Dryas, SB = Subboreal, ÄSA = Älteres Subatlantikum, JSA = Jüngeres Subatlantikum

Fig. 9: Pollen diagram borehole Wandlitz I (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, abbreviations of pollen zones see figure 11

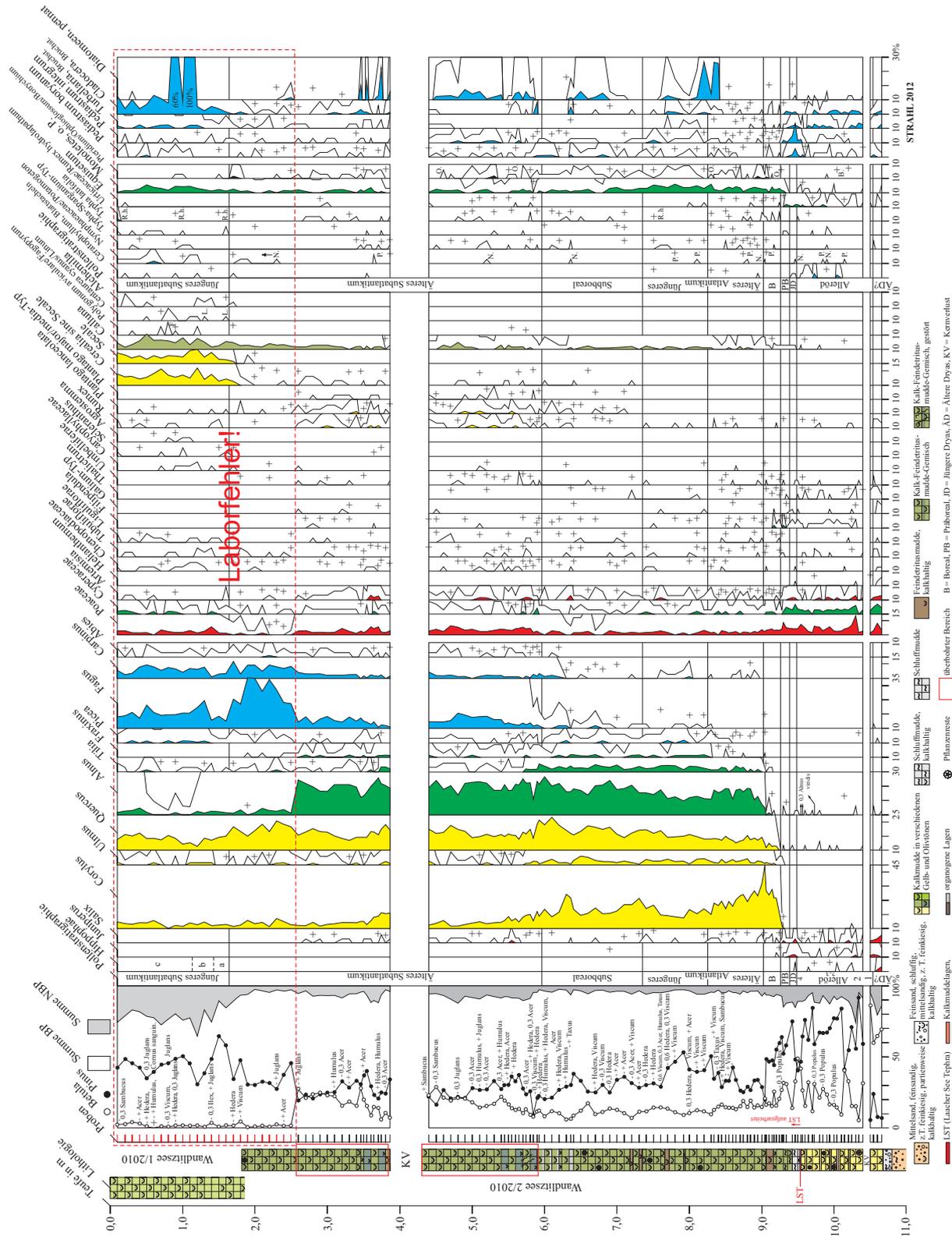
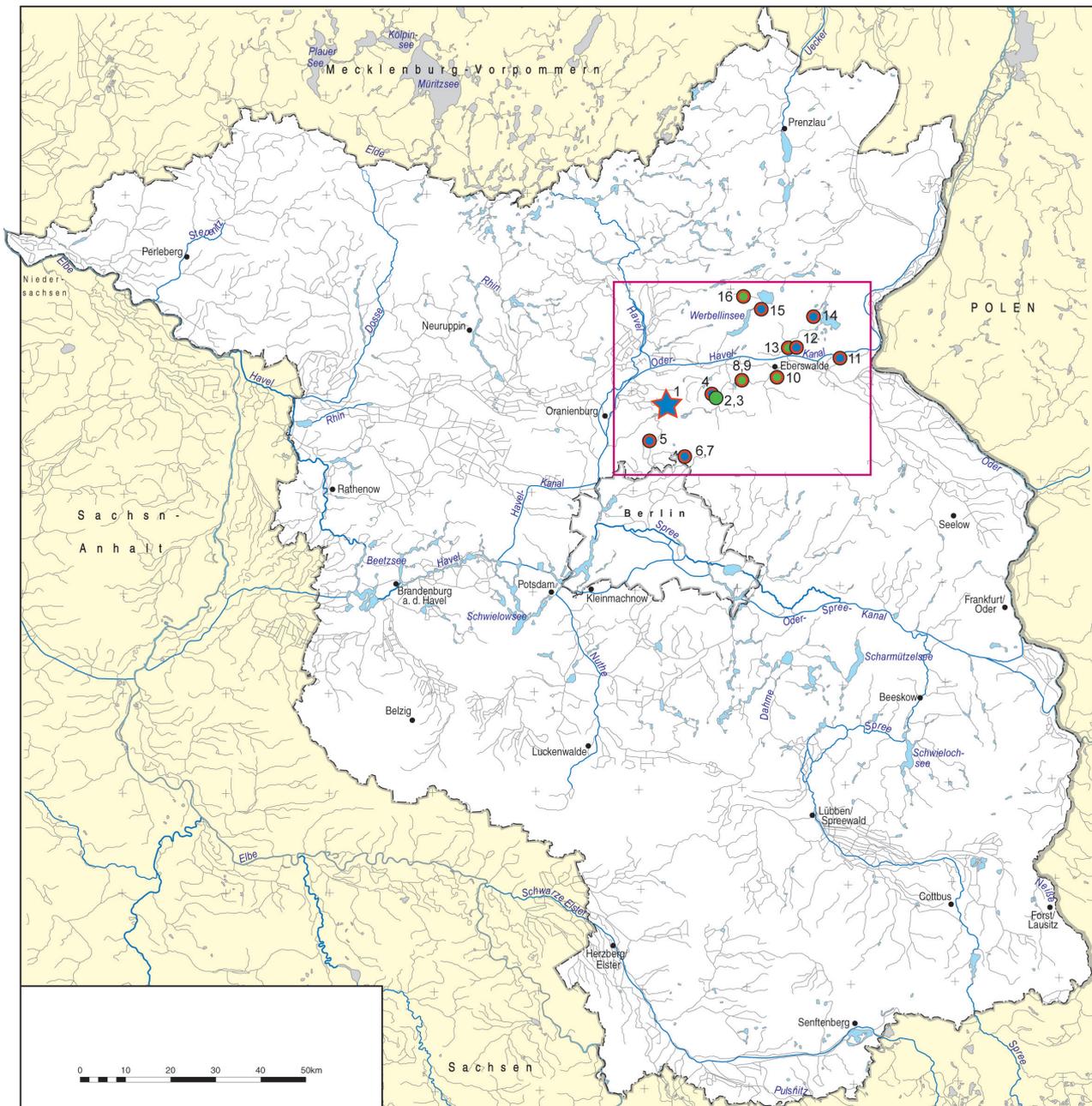


Abb. 10: Pollendiagramm der Bohrungen Wandlitzsee 1 und 2/2010 (ausgewählte Taxa)

Gesamtsumme = BP+NBP = ± 335 = 100 %, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Farne, Moossporen, Algen, Plankter u. a. Mikroreste, Werte < 1 % zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme, BP = Baumpollen, NBP = Nichtbaumpollen, PZ = Pollenzone, Abkürzungen der Pollenzonen siehe Abbildung 11

Fig. 10: Pollen diagram boreholes Wandlitzsee 1 and 2/2010 (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, abbreviations of pollen zones see figure 11



Zusammenstellung: J. Strahl
Kartographie: D. Mehrau

Abb. 11: Lage ausgewählter, im näheren und weiteren Umfeld des Wandlitzer Sees (1) ausgewerteter Pollenprofile (2–16)

- Roter Außenkreis bzw. rote Markierung = Fundpunkt Laacher See Tephra (LST)
- Profile mit fragmentarischem Prä-Alleröd bzw. mit Entwicklung ab der Ältesten Dryas/Bölling, Bölling, Bölling/Ältere Dryas oder Älterer Dryas
- Profile mit Entwicklung ab dem Alleröd

Kürzel der Pollenzonen: ÄÄD – Älteste Dryas; BÖ – Bölling; ÄD – Ältere Dryas; AL – Alleröd; JD – Jüngere Dryas; PB – Präboreal; B – Boreal; ÄÄ – Älteres Atlantikum; SB – Subboreal; JSA – Jüngerer Subatlantik

- 1 Wandlitzer See (STRAHL 2004a und dieser Bericht); ÄÄD, ÄD – JSA | 2 Hegesee (LANGE in KLESSEN et al. 1994); AL 4 – JSA
- 3 Pfauenwiesen (STRAHL 1993c); AL 2-4 – SB | 4 Wukenfurche (SCHOKNECHT in SCHLAAK 1993, SCHLAAK 1993); ÄD – B
- 5 Summt (MÜLLER 1970); ÄÄD – PB | 6 „Germanenbad“ Berlin-Buch (SCHOKNECHT in GÄRTNER 1993); BÖ/ÄD? – JD
- 7 Bogensee (SCHOKNECHT in GÄRTNER 1993); ÄD – AL 4 | 8 Postdüne (SCHOKNECHT in SCHLAAK 1993); AL 2-4 – JSA
- 9 Großes Postluch (SCHOKNECHT in SCHLAAK 1993); AL 3/4 – PB, SB – JSA | 10 Schlangenpfuhl (KLOSS 1994); AL 4 – JSA
- 11 Großer Krebssee (JAHNS 2000); ÄD – JSA | 12 Leckerpfuhl (MÜLLER 1966, ENDTMANN 1998); BÖ/ÄD – PB, ÄÄ – JSA
- 13 Äppelbruch (MÜLLER 1961); AL 2-4 – JSA | 14 Serwest (MÜLLER 1967); ÄÄD – JSA
- 15 Diebelsee (SCHLAAK & SCHOKNECHT 2002); (BÖ) ÄD – JD | 16 Runder Köllnsee (SCHOKNECHT in SCHLAAK 1997); AL 2/3 – JD, SB

Fig. 11: Position of pollen profiles (2–16) selected for comparison in the surroundings of lake Wandlitz (1)

Zur überregionalen Einordnung der für den Wandlitzer See pollenanalytisch rekonstruierten Vegetationsentwicklung wurde hinsichtlich geeigneter Vergleichsprofile im ungefähren Erstreckungsbereich des gesamten Naturparks Barnim zunächst eine Recherche in der Berichtsdatenbank des LBGR über die Geologischen Messtischblätter 3145 nach 3150 bis 3345 nach 3350 gefahren, was einer W–E- bzw. N–S-Erstreckung von 67,5 x 33,75 km, also rd. 2278 km² entspricht. Dieses Areal reicht damit im Westen schon bis weit in die Havelniederung, im Norden in das Eberswalder Urstromtal und im Osten in das Odertal hinein, also erheblich über das eigentlich interessierende Gebiet des Barnims hinaus. Des Weiteren umfasst es im Osten mit den, allerdings befundfreien Blättern 3349 und 3350, sogar Gebiete außerhalb des Naturparks. Hinzugezogen wurden außerdem alle, soweit bekannten Bearbeitungen anderer Autoren aus dem recherchierten und z. T. sich nach Nordosten darüber hinaus erstreckenden Areal.

Von 36 ermittelten Bohrungen und Aufschlüssen liegen nur von den 16 in Abbildung 11 aufgeführten Pollendiagramme vor. Bei allen anderen Profilen wurden lediglich Einzelproben oder nur Teile des Weichsel-Spätglazials oder Holozäns umfassende Probenserien mit dem Ziel einer biostratigraphischen Einstufung untersucht. Dies betrifft vor allem Profile aus der Havelniederung und dem Oderbruch.

Letztendlich wurden diese 16 Punkte (Abb. 11) für das engere und für das nach Norden bzw. Nordosten in das Eberswalder Urstromtal erweiterte Untersuchungsgebiet genutzt. Die Auswahl erfolgte dabei entweder wegen:

1. der ausgewiesenen ausreichend großen stratigraphischen Reichweite und damit größten Aussagekraft für einen pollenanalytischen Vergleich (Hegesee im Biesenthaler Becken, LANGE in KLESSEN et al. 1994; Großes Postluch, SCHOKNECHT in SCHLAAK 1993; Leckerpfuhl, ENDTMANN 1998; Äppelbruch, MÜLLER 1961 und Schlangenfuhl, KLOSS 1994 bei Eberswalde; Großer Krebssee, JAHNS 2000),
2. ihres gut ausgebildeten weichselspätglazialen Profils (z. B. Postdüne und Wukenfurche, SCHOKNECHT in SCHLAAK 1993, „Germanenbad“ Berlin-Buch, SCHOKNECHT in GÄRTNER 1993) oder
3. des Nachweises der Laacher See Tephra (LST; hier siehe Abb. 11, 14 von 16 Punkten).

6.1 Weichsel-Hochglazial (WH)

Ausgehend von der heutigen Größe des Wandlitzer Sees von 2,05 km² bzw. 205 ha ist mit einem überwiegend regionalen Polleneintrag, d. h., aus einer Entfernung von mehr als 500 m bis 10 km zu rechnen. Einträge aus den unmittelbaren Uferregionen und dem extralokalen Umfeld (< 500 m) spielen dagegen eine eher untergeordnete Rolle. Dies trifft jedoch erst ab dem Zeitpunkt der Einstellung volllimnischer Verhältnisse bzw. des Erreichens der heutigen Seegröße über den allmählichen Anstieg des Seespiegels zu. Dieser vollzog sich unter Schwankungen zunächst infolge sukzessiven Toteistauens ab dem Weichsel-Spät-

glazial und nachfolgend durch die generelle, klimatisch gesteuerte Umstellung der hydrologischen Verhältnisse im Holozän.

So wurde die Herausbildung der vom Liepnitz- bis zum Lubowsee reichenden Seenkette (Abb. 1) erst mit dem Ende des Austauens des in seinen tiefsten Bereichen von Toteis verplombten Rinnensystems überhaupt möglich. Offensichtlich noch bis in das ausgehende Weichsel-Hochglazial blieb die Rinne nach dem Rückzug des Eises des Brandenburger Stadiums als Schmelzwasserabflussbahn aktiv. Dies belegen die überwiegend glazifluviatilen fein- bis grobklastischen Sedimente (Fein- bis Mittelsande mit unterschiedlichen Grobkomponentenanteilen) an der Basis der Bohrung Wandlitzsee 2/2010 (Abb. 10). Darin enthaltene umgelagerte Braunkohlenpartikel im Teufenbereich 10,67–12,50 m bis hin zu ganzen Lagen (11,73–11,75 m) konnten über ihr Sporomorpheninventar als tertiären Ursprungs identifiziert werden. Eine bei 11,98 m entnommene humose, extrem fossilarme Feinsandprobe erbrachte z. T. tertiäre Pollen- und Sporenannteile und Pollentypen, die sowohl dem Tertiär als auch dem Quartär entstammen könnten. Zum Teil handelt es sich bei den Pollenspendern um Offenlandelemente, wie vor allem Süßgräser (Poaceae), vereinzelt Sauergräser (Cyperaceae) sowie Korbblütler (hier Tubuliflorae) und Mädesüß (*Filipendula*). Aber auch teilweise wärmeliebende (thermophile) Gehölze, wie Ulme (*Ulmus*), Eiche, Erle und Rotbuche spielen neben der Kiefer (verschiedene Pollentypen auftretend) und Birke eine Rolle. Ihr konservierter Pollen wies jedoch im Unterschied zu den tertiären Formen einen völlig anderen Inkohlungsgrad auf – die „frische“ Ausbildung spricht für eine Kontamination mit jüngerem, holozänem Material (Nachfall).

Die bei 11,73 m beprobte Braunkohlenlage erbrachte ein reiches, eindeutig rein tertiäres Pollenspektrum. Hier fehlt die genannte Offenlandflora und es liegt ein einheitlicher Inkohlungsgrad der Palynomorphen vor.

Die aus dem Teufenbereich 10,67 m aus einem Feinsand an der Unterkante darüber folgender Kalkmudden entnommene Probe erwies sich als pollenleer.

Die für diesen Abschnitt ermittelten CaCO₃- und C_{org.}-Gehalte bleiben mit Werten deutlich unter 5 % noch sehr gering (Abb. 12). Insbesondere die C_{org.}-Gehalte sprechen für eine noch fehlende nennenswerte organische Produktion.

Die untersten Partien der Bohrung Wandlitz I, die im Vergleich zur Bohrung Wandlitzsee 2/2010 innerhalb des heutigen Seebeckens wesentlich höher positioniert ist, bilden Feinsande und minerogene Mudden (Abb. 9). Diese erbrachten insgesamt ebenfalls sehr pollenarme und stark durch Umlagerungen geprägte Pollenspektren. Auch hier überwiegen Sporomorphen aus dem Tertiär.

Besonders in der bei 0,85 m Teufe entnommenen Probe konnte sehr viel Pollen von Süßgräsern beobachtet werden, der unter Voraussetzung autochthonen Ursprungs den offenen Charakter der weichselhochglazialen Landschaft unterstreichen würden.

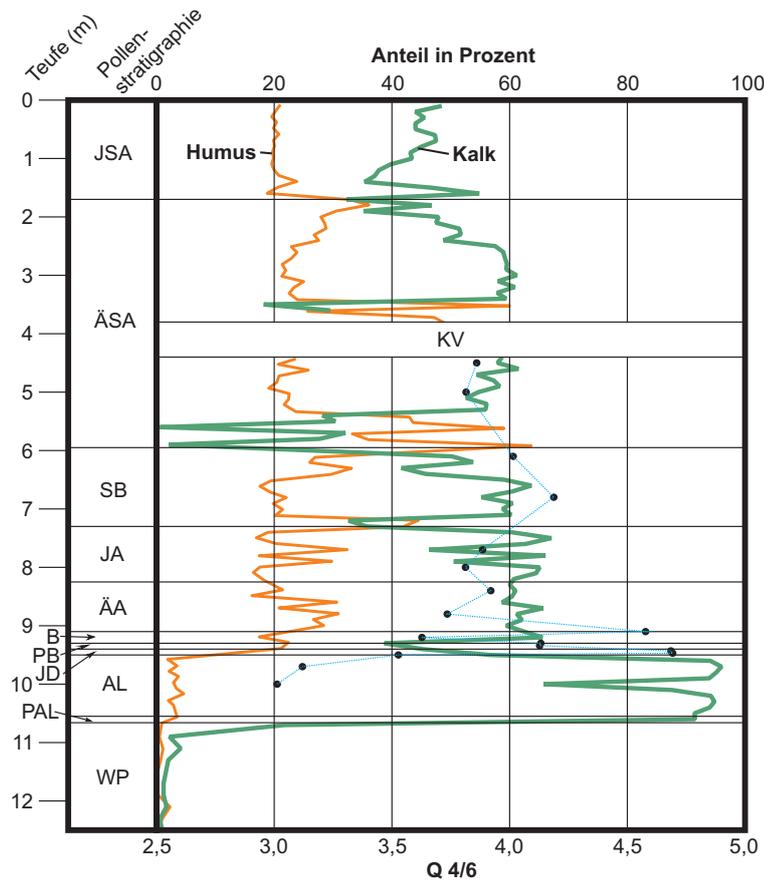


Abb. 12:
Chemische Analysen des Bohrkerns
Wandlitzsee 2/2010

Fig. 12:
Chemical analyses of core Wandlitzsee 2/2010

6.2 Weichsel-Spätglazial

6.2.1 Prä-Alleröd, PZ PAL (Älteste Dryas, PZ ÄÄD und Ältere Dryas, PZ ÄD?)

Einen ersten Hinweis auf einen vor dem Alleröd anzusetzenden, pollenanalytisch fassbaren Beginn limnischer Sedimentation lieferte bereits die Bohrung Wandlitz I (Abb. 9). Die hier untersuchte Schluffmudde erbrachte zwar ebenfalls ein noch stark durch präquartäre Sporomorphen (46 %) belastetes Pollenspektrum, jedoch belegen die angestiegenen Prozentwerte insbesondere von Sanddorn (*Hippophaë*), Birke sowie von Wacholder (*Juniperus*) und Weide (*Salix*) ein bereits weichselspätglaziales Alter.

Verglichen mit den Befunden zur Bohrung Wandlitzsee 2/2010 (Abb. 10) gehört der erfasste Abschnitt jedoch aufgrund seines höheren Sanddorn- (9 %) und des bei ca. 36 % liegenden Kiefern-Anteils bei gleichzeitig nur geringer Birken-Beteiligung vermutlich einem älteren Teil des Prä-Alleröds an. In Wandlitzsee 2/2010 legen die zwischen 60 und 70 % erreichenden Birken-Werte eine Ablagerung bereits im unmittelbaren Übergangsbereich zur birkenreichen Phase des Alleröds (PZ AL 1) nahe. Dafür spricht auch das Ausklingen des Sanddorns, dessen Pollenanteil in der Basisprobe lediglich noch bei rd. 3 % liegt, der aber für ein eventuell auch in Frage kommendes böllingzeitliches Alter nach bisherigen Erkenntnissen (vgl. STRAHL 2005) wiederum zu hoch ist. Bei den Birken sind eindeutig zwei Pollentypen zu unterscheiden, wonach vermutlich neben Baumbirken auch Zwerg-Birken (*Betula nana*) verbreitet waren.

Allerdings fehlen zur Verifizierung dieses Befundes makrorestanalytische Nachweise, wie die artspezifischen Fruchtschuppen, Nüsschen oder Blattreste (vgl. Untersuchungen im Rüdersdorfer Paddenluch, STRAHL 2005, KOSSLER 2010). Da das Profil Wandlitzsee 2/2010 im entsprechenden Profilabschnitt keine Anzeichen für einen Hiatus liefert, beispielsweise durch abrupte Sedimentationswechsel, wie häufig in toteisgesteuerten Sedimentationsräumen und auch in der Bohrung Wandlitz I (Abb. 9) zu beobachten, sondern eine kontinuierliche Kalkmuddeakkumulation bei gleichbleibenden CaCO_3 -Gehalten (Abb. 10, 12) aufweist, wird für seine limnischen Basissedimente von einem spätaltdryaszeitlichen Alter (PZ ÄD) ausgegangen. Analoge Verhältnisse, sowohl seitens einer kontinuierlichen Muddeakkumulation als auch der pollenanalytischen Befunde reflektiert das Profil Serwest westlich des Parsteiner Sees (MÜLLER 1967, Abb. 11).

Während die C_{org} -Werte infolge der erst allmählichen Erwärmung nur einen leichten Anstieg zeigen, steht diesen ein sprunghafter insbesondere im Übergang zum Alleröd (PZ AL; Abb. 12) gegenüber. Die vermutlich überwiegend geogen gebildeten und mehr als 90 % erreichenden CaCO_3 -Gehalte gehen auf einen Eintrag aus der noch frischen, unverbrauchten Umgebung des Wandlitzer Sees zurück, dem ein sukzessiver Rückgang während des Holozäns gegenüber steht.

Die Schluffmudde an der Basis der Bohrung Wandlitz I datiert dagegen vermutlich schon in die Älteste Dryas (PZ ÄÄD) – dies legen insbesondere Vergleiche mit dem im Weichsel-Spätglazial am vollständigsten ausgebildeten

Profil Summt (MÜLLER 1970) aus dem weiteren Untersuchungsgebiet nahe.

Insgesamt zeigen 9 von 13 der für das Gesamtgebiet des Naturparks sowie 3 der außerhalb liegenden ausgewählten Pollenprofile (Abb. 11) bereits eine Sedimentation vor dem Alleröd. Allerdings gestattet die Mehrzahl, abgesehen von den oben genannten Profilen Summt und Serwest, einschließlich der Profile aus dem Wandlitzer See nur einen schauftensterartigen Einblick in die Entwicklung der prä-allerödzeitlichen Landschaft.

Bezüglich ihrer Kräuterpollenanteile reflektieren die hier untersuchten Profile (Abb. 9, 10) eine weiterhin offene Landschaft in der Umgebung des Wandlitzer Sees. Abgesehen von Sanddorn-, Wacholder- und Weiden (*Salix*)-Gebüsch (nach den Pollentypen waren sowohl Kriech- als auch Baumformen verbreitet) sowie im Übergang zum Alleröd größeren Birken-Beständen, überwogen lichtliebende Kräutergemeinschaften mit Süßgräsern, Beifuß (*Artemisia*), Ampfer (*Rumex*), Gänsefußgewächsen (Chenopodiaceae), Sonnenröschen (*Helianthemum*), Wegerich (*Plantago*), Steinbrech (*Saxifraga*), Sandnelke (*Armeria*), verschiedenen Korbblütlern (Tubuliflorae, Liguliflorae), Kreuzblütlern (Cruciferae), Doldengewächsen (Umbelliferae) sowie an feuchteren Lokationen Labkraut (*Galium*-Typ) und Wiesentraute (*Thalictrum*).

Bezüglich der lokalen Vegetation kamen in Seenähe Sauergras-Bestände vor, z. T. (Wandlitz I) vergesellschaftet mit Schachtelhalm (*Equisetum*). Eine nennenswerte Wasserpflanzenvegetation, abgesehen von einigen Nachweisen des Ährentausendblattes (*Myriophyllum spicatum*) existierte hingegen nicht. Neben Zackenrädchen-Algen (*Pediastrum boryanum*, *P. boryanum* var. *longicorne*, *P. kawraiskyi*) kamen innerhalb der gewässereigenen Mikroflora und -fauna jedoch Wasserflöhe (Cladocera), Strudelwürmer (Turbellaria) sowie Zuckmückenlarven (Chironomidae) vor.

Die pollenanalytische Grenze zum nachfolgenden Alleröd wird in der Bohrung Wandlitzsee 2/2010 mit dem Steilanstieg der Birken-Kurve und dem Rückgang der Kräuter gezogen. Die Bohrung Wandlitz I bleibt davon ausgenommen – sie lässt bis in das Subboreal hinein eine Sedimentation vermissen. Das legt die Frage nahe, ob erst ab diesem Zeitpunkt eine geschlossene Seefläche existierte, die auch diesen höher gelegenen Untersuchungspunkt mit einschloss. Die unterschiedlich alten prä-allerödzeitlichen Sedimentnachweise sprechen infolge des demnach sehr ungleichmäßigen Austauens von Toteis im Untergrund für anfänglich voneinander isolierten, kleineren Sedimentationsräumen, die in Abhängigkeit von ihrer Höhenlage nicht durchgehend als Sedimentationsfälle aktiv blieben. Eine kontinuierliche Sedimentation scheint zunächst nur innerhalb der tiefen Rinnensektoren erfolgt zu sein und höher liegende Bereiche, wie der Standort der Bohrung Wandlitz I, erst im Verlauf des Subboreals wieder in das Sedimentationsgeschehen mit einbezogen worden zu sein. Allerdings ist die Bohrdatendichte für eine Plausibilitätsprüfung dieser Vermutung definitiv zu gering.

6.2.2 Alleröd, PZ AL

Ohne sichtliche Schichtlücke schließt sich im Profil der Bohrung Wandlitzsee 2/2010 die birkenreiche Phase des Alleröds (PZ AL 1) im Profil an. Neben Bruch- und Moorwäldern in Gewässernähe, die hier vermutlich vornehmlich durch die nach IVERSEN (1954) im Alleröd vorherrschende Moor-Birke (*Betula pubescens*) eingenommen worden sein könnten, kommen auf trockeneren wie auf grundwasserbeeinflussten Standorten auch Bestände mit der sehr kurzlebigen Hänge-Birke (*Betula pendula*) in Frage. Auf die bevorzugte Vergesellschaftung beider Arten auf vor allem nährstoff- und basenarmen Böden mit saurer Humusaufgabe, nicht aber reichen Böden des Jungmoränenlandes verwies bereits USINGER (1978). Beide Arten konnten auch von KOSSLER (2010) in den weichselspätglazialen Ablagerungen des Paddenluchs nachgewiesen werden. Die Moor-Birke benötigt, um bestandsbildend in Erscheinung treten zu können, wie auch die nachfolgend einwandernde Kiefer eine mittlere Juli-Temperatur von mehr als 12 °C (IVERSEN 1954).

Die meistens sehr kurz ausgebildete frühallerödzeitliche Birken-Ausbreitung (vgl. STRAHL 2005) ist hier nur durch eine Probe aus 10,50 m Teufe belegt. Ihre tatsächliche Dauer bzw. der Übergang in die nachfolgende Phase des Vordringens der Kiefer in die lichten allerödzeitlichen Birken-Waldbestände (PZ AL 2; 10,39–9,53 m) bleibt aufgrund eines 10 cm umfassenden Kernverlustes im Dunklen.

Von den 16 hier zum Vergleich herangezogenen Pollenprofilen weisen einschließlich des Wandlitzer Sees nur 7 in der Regel ebenfalls sehr geringmächtige frühallerödzeitliche Ablagerungen auf (Abb. 11: Punkte 4–7, 11–12 und 14). Bei allen anderen Profilen setzte die Sedimentation erst zwischen der PZ AL 2 bis 4, also teilweise noch nach dem Niedergang der LST im höheren Alleröd ein. Ursächlich hängt dies mit dem erst während des Alleröds verstärkt erfolgenden Austauen von Toteis im Untergrund der Sedimentationsräume zusammen (s. zuzf. STRAHL 2005). Während die in die PZ AL 1 eingestufte Kalkmudde noch parallelgeschichtet ist, weisen die darüber folgenden Kalkmudden eine deutliche Schrägschichtung auf, die hier als Indiz für das austaubedingte Absinken des Untergrundes gedeutet werden kann.

Mit dem Beginn der Kiefern-Ausbreitung in der Umgebung des Wandlitzer Sees während der PZ AL 2, wurden die bisher vorherrschenden Birken-Bestände zurückgedrängt. Es etablierten sich von der Kiefer dominierte Kiefern-Birken-Wälder. KOSSLER (2010) verweist in der Zusammenschau verschiedener Autoren einerseits auf die hinsichtlich der Feuchte- und Nährstoffgehalte breite Standortamplitude des einzigen heute in Brandenburg einheimischen Nadelbaums (RUNGE 2005) und andererseits auch auf seine hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit bei noch offener Vegetationsdecke aufgrund seiner lichtkeimenden Samen. Als typischer Pionier reagiert die Kiefer jedoch wie alle übrigen heliophilen, im Weichsel-Spätglazial verbreiteten Gehölze empfindlich auf Beschattung, was insbesondere ab dem Holozän mit ih-

rem allmählichen Rückgang infolge der Ausbreitung wärmeliebender Gehölze deutlich wird.

Insgesamt blieb die Kiefern-Birken-Bewaldung weiterhin sehr licht – nach wie vor fanden sich der Wacholder oder die ebenfalls als Pionier geltende Pappel (*Populus*) ein. Sie stockt bevorzugt auf trockenen, nährstoffarmen, möglichst kalkfreien Rohböden (RUNGE 2005) aber auch auf frischen, lehmigen, mineralkräftigen Standorten (OTTO 1994). Mehrfach konnte die Grün-Erle (*Alnus viridis*) nachgewiesen werden. Das heute hauptsächlich im Gebirge verbreitete Gehölz gilt als Kühle- sowie Frische- bis Feuchtezeiger (ELLENBERG 1979). Nach CASPERS (1993) ist sie entsprechend ihres Pioniercharakters als bach- und flusslaufbegleitendes Element auf konkurrenzwachen Standorten zu bewerten. Zu den Gehölzen kommt eine Vielzahl an Kräutern hinzu, maßgeblich Süßgräser, Beifuß und innerhalb von Hochstaudenfluren das thermophile Mädesüß. Weiterhin nachgewiesen wurden Labkraut, Wiesenraute, selten Sonnenröschen, Steinbrech, Wegerich, Weidenröschen (*Epilobium*), Schafgarbe (*Achillea*), Ampfer, verschiedene Heidekräuter (Ericaceae p. p.) und Wiesenknopf (*Sanguisorba*).

Die unmittelbaren, ausreichend feuchten Uferbereiche des sich herausbildenden Sees wurden neben Weiden (nach den Pollentypen jetzt vor allem Baumformen) auch durch Birken bestanden. Daneben existierten Riede mit Sauergräsern und Schachtelhalm, nur selten gesellten sich Rohr- u./o. Igelkolben (*Typha-Sparganium*-Typ) und Langblättriger Rohrkolben (*Typha latifolia*) hinzu. Die Wasserpflanzenflora blieb nach wie vor, im Gegensatz zu manchen Kleingewässern, nahezu unbedeutend. Außer dem Ährentausendblatt wurden sehr selten Laichkraut (*Potamogeton*), Seerosengewächse (Nymphaeaceae) und insbesondere das wegen fehlender Pollenerhaltung nur über seine Blattstacheln nachzuweisende eutrophe, wärmeliebende Hornblatt (*Ceratophyllum*) beobachtet. Das Hornblatt bevorzugt primär flache, z. T. nur temporäre, sich rasch erwärmende stehende bis schwach fließende Gewässer über schlammigem Grund (KRAUSCH 1996). Aufgrund der geringeren Temperatursprüche des Rauhen Hornblattes (*Ceratophyllum demersum*) wird eher auf seine Anwesenheit als auf die des Zarten Hornblattes (*C. submersum*) geschlossen. KOSSLER (2010) belegte letzteres in jungdryaszeitlichen, vor allem aber holozänen Schichten des Paddenluchs. Die heutige nördliche Verbreitungsgrenze des Hornblattes stellt die 18 °C-Juli-Isotherme dar (IVERSEN 1954).

Die Algenflora war durch weiterhin nur geringe Anteile von Zackenrädchen-Algen gekennzeichnet, unter denen jetzt jedoch erstmals das in Seen und kleinen Tümpeln heimische *Pediastrum integrum* (SALMI 1963) erscheint. Möglicherweise sind zumindest bezüglich *Pediastrum boryanum* zu hohe Kalkgehalte des Gewässers das Regulativ für seine unterbleibende stärkere Ausbreitung (MÖLDER in SALMI 1963). Weiterhin häufiger sind dagegen Reste von Wasserflöhen und Strudelwürmern, vereinzelt erscheinen auch Diatomeen.

Nicht eindeutig erkennbar ist die zeitlich vor dem Niedergang der LST anzusiedelnde klimaungünstigere Gerzensee-

Schwankung (PZ AL 3; LOTTER et al. 1992). Ein Peak der Nichtbaumpollen (NBP)-Kurve bei 10,30 m Teufe geht hauptsächlich auf eine kurzzeitige Ausbreitung von Süß- aber auch Sauergräsern sowie von Beifuß zurück, welcher jedoch der charakteristische Vorstoß der Birke nicht vorangeht. Dieser erfolgt erst bei 10,15 m. Entweder bilden sich hier eher lokal als klimatisch bedingte Veränderungen in der Vegetationsentwicklung ab oder die gewählten Probenabstände von 5 cm waren zu groß für die Erfassung der kleinskaligen Schwankung gewählt.

Unmittelbar über der Basis einer bei 9,54 m einsetzenden, dunkelgrauen ungeschichteten Kalkmulde (vgl. Abb. 10) wurde mikroskopisch bei 9,53 m eine massive LST-Lage erfasst. Die wenigen, schon bei 9,54 m beobachteten Aschepartikel wurden mit Sicherheit bei der Beprobung verschleppt.

Die über Warvenzählungen chronometrisch auf 12 880 a BP (LITT & STEBICH 1999) datierte Ascheschicht wurde in allen Pollenprofilen aus dem gesamten Naturparkgebiet, ausgenommen jener aus dem Biesenthaler Becken (vgl. Abb. 11) nachgewiesen. Das Fehlen der Lage im Biesenthaler Raum führen KLESSEN et al. (1994) auf die Toteisverplombung des Beckens bis in das späte Alleröd hinein zurück. Auf den ersten Blick scheinen dies die hier zusammenhängend untersuchten Profile Hegesee II (LANGE in KLESSEN et al. 1994) und Pfauenwiesen (STRAHL 1993c) mit ihrer ursprünglichen, aufgrund des Kiefern-Reichtums allgemeinen Einstufung in die PZ IIB nach FIRBAS (1949) zu bestätigen. Bereits BRANDE (1980, 1988) verwies jedoch auf den Niedergang der LST nach der bereits erfolgten Maximalausbreitung der Kiefer in Berlin und Brandenburg. Nach den Untersuchungen von MERKT & MÜLLER (1999) aber auch LITT & STEBICH (1999) vergingen nach dem Aschefall bis zum Beginn der Jüngeren Dryas nur noch 180 bzw. 200 Jahre. Diesen kurzen Zeitraum könnte lediglich der abgebildete allerödzeitliche Abschnitt des Hegesee-Profiles wegen seiner geringmächtigen Ausbildung an der Basis jungdryaszeitlicher Sedimente reflektieren und damit eine Korrelation mit der PZ AL 4 (also tatsächlich nach dem Niedergang der LST) erlauben. Das Profil Pfauenwiesen berechtigt aufgrund seiner höheren Mächtigkeit und des Diagrammverlaufs jedoch nicht dazu. Hier muss wegen der nicht belegten Gerzensee-Schwankung eine allgemeine Einstufung in die PZ AL 2–4 vorgenommen werden, die auch damit durchaus einen zeitlichen Raum für die LST ließe. Auch deuten Untersuchungen von Einzelproben aus beiden Becken (STRAHL 1993a, b) auf einen weitaus früheren Sedimentationsbeginn zumindest in Teilbereichen des Biesenthaler Beckens hin. Bei der Untersuchung der Bohrung TSB V wurde in einer aus einer Teufe von 3,68–3,72 m stammenden Probe ein Sanddorn-Gehalt von rd. 24 % ermittelt (STRAHL 1993a). Im Hegesee liegt der ermittelte Wert bei rd. 2 % (12,47 m; STRAHL 1993b). Beide Proben sind auch stark mit präquartären Sporomorphen belastet (75 % bzw. 37 %), was ebenfalls eher auf einen stadialen Ablagerungszeitraum (Älteste oder Ältere Dryas), also vor dem Alleröd hindeutet. Ebenso widersprüchlich zum Fehlen der LST im Biesenthaler Becken ist ihr Auffinden in

mehreren Profilen aus der unmittelbar westlich gelegenen Wukenfurche, hier in bis zu 0,8–1 cm Mächtigkeit (SCHLAAK 1993).

Die Vegetationsentwicklung nach dem Niedergang der LST (PZ AL 4) ist im Profil ebenfalls nur noch über eine Probe bei 9,50 m Teufe erfasst worden. Hier wird eine Wiederausbreitung von Birken und nicht der Kiefer reflektiert (genereller Ablauf der Vegetationsentwicklung in diesem Zeitraum in Berlin und Brandenburg vgl. STRAHL 2005). Eine explosionsartige Diatomeenblüte infolge des erhöhten SiO_2 -Angebotes konnte nicht beobachtet werden. Jedoch eine beginnende starke Ausbreitung von Zackenrädchen-Algen, hier der Arten *Pediastrum boryanum* und vornehmlich *P. integrum*.

Die Abgrenzung zu den Ablagerungen der Jüngeren Dryas im Pollendiagramm wird mit dem Wiederanstieg der Kiefern-Kurve sowie der Kräuter und des Wacholders gezogen. Die erstmals für das höhere Alleröd ermittelten Q4/6-Quotienten erreichen wenig mehr als 3,0 (Abb. 12). Der Humifizierungsgrad der organischen Substanz liegt damit im Huminsäurebereich, was auf einen noch kalkreichen Untergrund des Einzugsgebietes mit entsprechenden mullgeprägten Oberböden (Mull-Rendzinen?) hinweist.

6.2.3 Jüngere Dryas, PZ JD

Eine nur 7 cm mächtige kalkfreie Schluffmudde repräsentiert im Profil Wandlitzsee 2/2010 den Zeitraum des letzten Stadials des Weichsel-Spätglazials, die Jüngere Dryas. Dieser Sedimentationswechsel wird auch durch den deutlichen Rückgang der CaCO_3 -Kurve an der Grenze Alleröd/Jüngere Dryas bei gleichzeitig sprunghaftem Anstieg des Humifizierungsgrades auf über 4,5 reflektiert (Abb. 12). Letzterer verweist auf ein nun stärker saures Milieu bei voranschreitender Verwitterung und eine demgegenüber zurückfallende Bioaktivität.

Er ist durch den Rückgang der Birken-Bestände bei gleichzeitiger, scheinbarer Wiederausbreitung der Kiefer gekennzeichnet. So wird in der Probe aus 9,42 m Teufe eine maximale Pollenfrequenz von 74 % erreicht. Einer reinen Fernflugkomponente widersprechen dabei die sich inzwischen mehrenden makrorestanalytischen Belege der Kiefer, so u. a. von Zapfen aus der frühen und späten Jüngeren Dryas im Paddenluch (KOSSLER 2010).

Auch sind Wiederausbreitungstendenzen bei Wacholder und Weide neben zahlreichen Kräutern, wie vor allem Süßgräsern, Beifuß und Sauergräsern ablesbar.

Während höhere Wasserpflanzen nahezu bedeutungslos sind, finden sich im Bereich der Ufersäume wieder größere Bestände von Süßgräsern und Schachtelhalm.

Die bereits oben angesprochene beginnende starke Ausbreitung von Zackenrädchen-Algen ist typisch für den Übergang vom Alleröd in die Jüngere Dryas. Sie wird im Allgemeinen auf das erhöhte Nährstoffangebot infolge des Absterbens kälteempfindlicher Organismen zurückgeführt. Ein vergleichbarer Anstieg ist auch für den Übergang von

der Jüngeren Dryas zum Präboreal bekannt, der hier aber mit einer erhöhten Bioproduktion (vgl. auch Anstieg der C_{org} -Werte auf mehr als 20 % in Abb. 12) infolge der einsetzenden, über die Pollensukzessionen erst verzögert nachweisbaren Erwärmung in Verbindung gebracht wird (MERKT & MÜLLER 1998). Diese erneute Ausbreitung ist im Profil Wandlitzsee 2/2010 nicht zu belegen, was neben der insgesamt sehr geringmächtigen Ausbildung der jungdryaszeitlichen Ablagerungen (wie auch der präborealen s. ff.) für die hier nicht vollständige Abbildung dieser Zeitscheibe(n) spricht. Als Ursache des hier Fehlens von Sedimenten käme ein Stagnieren des weiteren Toteisaustauens bzw. eine Verlagerung desselbigen in andere Beckenbereiche in Frage. So müssen für eine Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung des Untersuchungsgebietes die Pollenprofile mit einer höheren Auflösung der Jüngeren Dryas aus dem weiteren Einzugsbereich des Barnims herangezogen werden. Diese Profile, namentlich Hegesee, Pfauenwiesen, Wukenfurche, Summt und „Germanenbad“ (vgl. Abb. 11) zeigen eine generelle Kiefern-Dominanz und überwiegend eine Häufung von Wacholder sowie von Beifuß und anderen NBP-Elementen im mittleren Teil des Abschnittes. Das spricht für die Einstellung besonders kalter und trockener Verhältnisse im Unterschied zur frühen und späten Jüngeren Dryas.

In beiden Proben nachgewiesene präquartäre Sporomorphem unterstreichen den generellen Trend der Landschaftsöffnung infolge der Klimaverschlechterung während der Jüngeren Dryas, die ein Aufleben erosiver Prozesse nach sich zog. Dies belegen auch immer wieder nachzuweisende LST-Partikel (vgl. Abb. 10).

6.3 Holozän

6.3.1 Präboreal, PZ PB

Wie schon die jungdryaszeitliche fällt auch die in das Präboreal einzustufende Profilssequenz der Bohrung Wandlitzsee 2/2010 mit nur 15 cm extrem geringmächtig aus. Derartig geringe Sedimentationsraten im erbohrten Rinnenbereich des Wandlitzer Sees sind bis in das Boreal (24 cm mächtig) hinein zu registrieren. Dies hat zur Folge, dass eine detaillierte Untergliederung nicht nur des jungdryaszeitlichen Diagrammabschnittes, sondern auch des präborealen und borealen nicht möglich ist.

So musste auch die Festlegung der pollenanalytischen Grenze zwischen Jüngerer Dryas und Präboreal unter primär lithologischen Gesichtspunkten vorgenommen werden (vgl. Abb. 10). Anstelle der kalkfreien, jungdryaszeitlichen Schluffmudden treten an der Basis der holozänen Ablagerungen Schluff- bis Kalkmudden mit gegenüber dem Alleröd stetig auf unter 40 % abfallendem CaCO_3 -Gehalt, der erst im Boreal wieder auf über 60 % ansteigt und in etwa diesem Niveau bis zum Beginn des Subboreals verharrt (s. ff.). Wieder leicht rückläufig ist auch der Q4/6-Quotient, wohingegen der C_{org} -Gehalt infolge der stetigen Klimabesserung auf über 20 % ansteigt (Abb. 12). Nach palynologischen Kriterien entspricht die Grenze Jüngere Dryas/Präboreal dem Rückgang von Kiefer und Wacholder sowie

unter den NBP dem des Beifußes. Dass hauptsächlich der obere Teil des Präboreals nicht überliefert ist, zeigt sich im Vergleich mit dem Pollendiagramm aus dem Hegesee (LANGE in KLESSEN et al. 1994) durch die fehlende allmähliche Einwanderung der Hasel in die zu diesem Zeitpunkt durch die Kiefer beherrschte Bewaldung. Im Pollendiagramm der Bohrung Wandlitzsee 2/2010 bildet sich lediglich, hier korrelierend mit dem Hegesee, der Zeitraum frühpräborealer Kiefern-Birken-Wälder ab, die noch frei von wärmeanspruchsvollen Gehölzen, wie der Hasel aber auch der Ulme und Eiche waren.

In der unmittelbaren Umgebung des Wandlitzer Sees erschienen in nassen, sumpfigen u./o. vermoorten Arealen, beispielsweise innerhalb von Großseggen-Rieden und -Sümpfen Farne, die aufgrund ihrer perisporlosen monoleten Sporen nicht artenmäßig zugeordnet werden können. Vermutlich handelt es sich jedoch um den wärmeanspruchsvolleren und säurezeigenden Gemeinen Sumpffarn (*Thelypteris palustris*), der im Allgemeinen ab dem Präboreal gehäuft auf ihm entsprechenden Standorten vorkommt (vgl. auch BRANDE 1980). Die bisher vorherrschenden Sauergras-Schachtelhalm-Gesellschaften wurden dagegen sukzessive verdrängt und waren mit dem Übergang in das Boreal nahezu völlig verschwunden.

Auch die Algenflora des Sees nebst Wasserfloh- und Strudelwurm-Populationen bildeten sich zurück und beschränken sich im Boreal und dem Älteren Atlantikum auf Einzelnachweise.

Die Grenze zum nachfolgenden Boreal wird mit dem Anstieg bzw. dem Einsetzen der Kurven von Hasel, Ulme und Eiche festgelegt.

6.3.2 Boreal, PZ B

Die schon zu Beginn des im Pollendiagramm abgebildeten Abschnittes innerhalb von Kalk- und kalkhaltigen Feindetritusmudden (Abb. 10) steil ansteigende Hasel-Kurve signalisiert eine ebenfalls das Boreal betreffende, nicht vollständige Überlieferung (vgl. Kap. 6.3.1) der unter jetzt wärmeren und auch trockneren Bedingungen verlaufenden Vegetationsentwicklung. Es fehlt der Zeitraum der frühborealen Kiefern-Zeit, während derer sich die Hasel, hier hauptsächlich auf das Unterholz beschränkt, im Gebiet ausbreitete und die Ulme allmählich einwanderte. Im vorliegenden Fall hat die Hasel sich bereits etabliert – ihre Werte steigen bis zu ihrem hier mit rd. 45 % erfassten Maximum an der Grenze zum Älteren Atlantikum kontinuierlich auf über 25 % an. Damit ist die Hasel nach HUNTLEY & BIRKS (1983) und LANG (1994) als bestandbildende Gehölzart im Untersuchungsgebiet einzustufen. Vergleichbare und auch so u. a. von KLOSS (1994) bewertete Pollenfrequenzen liegen aus dem Schlangenfuhl, dem Äppelbruch (MÜLLER 1966), vom Großen Krebssee (JAHNS 2000) und vor allem vom Hegesee aus dem östlich benachbarten Biesenthaler Becken vor (LANGE in KLESSEN et al. 1994). Bezüglich des Äppelbruchs und wahrscheinlich auch des Hegesees (hier Bezugssumme des Pollendiagramms nicht angegeben) wurde die Hasel je-

doch nicht in die Summe der Baumpollen (BP) einbezogen. Demnach liegen ihre Maximalwerte beispielsweise im Äppelbruch nicht um die angegebenen 50 %, sondern eher zwischen 20–30 %, in etwa vergleichbar dem Schlangenfuhl (KLOSS 1994). Die vielfach praktizierte Herausrechnung aus der Baumpollensumme (vgl. u. a. die überwiegenden Arbeiten von LANGE, MÜLLER und neueren Datums auch bei KLIMASCHESKI in BRANDE et al. 2007) reduziert die Hasel so auf eine reine Unterholzbildung, was angesichts des nicht nur hier belegten bestandsbildenden Charakters nicht nachvollzogen werden kann. Entscheidend für die Ausbreitung des Halbschattholzes sind neben den Lichtverhältnissen die Böden. Nach THELAUS (1989) bevorzugt die Hasel gut drainierte, nicht zu feuchte basische Böden, kann aber auch auf feuchten neutralen oder mäßig sauren Böden erscheinen. Auf den reichen Böden verdrängt sie dabei vorzugsweise die Kiefer und auf den meisten Böden, ausgenommen ausgesprochen feuchten, auch die Birke. Im vorliegenden Falle sind Kiefer und Birke gleichermaßen betroffen – dies gilt vermutlich vornehmlich für kiefern- und birkenfähige Areale auf Braunerden-/Podsolerden-Gemeinschaften mit teilweisem Grundwasseranschluss im unmittelbaren Umfeld des Wandlitzer Sees. Weiterhin existent könnten dagegen größere Birken-Bestände zumindest auf bereits vermoorten Bereichen im unmittelbaren Seeumfeld gewesen sein, von denen die Birke wegen des hohen Grundwasserstandes nicht verdrängt wurde. Für die Kiefer wären als neu zu erobernde Areale die um den westlichen See herum während des Weichsel-Spätglazials und vermutlich auch noch frühen Holozäns aufgewehten Flugsanddecken denkbar. Dies setzt allerdings eine bestimmte Bodenreife (ausreichende Humusaufgabe) der bezüglich ihrer Nährstoffarmut und Trockenheit als extrem einzustufenden Standorte voraus (vgl. HEINKEN 1999). Nach WOLLENBERG (2005) kommen hier als einzige Konkurrenzarten die Zitter-Pappel (*Populus tremula*) und die Hänge-Birke in Frage.

Neben der Hasel trugen aber auch die Eiche und die Ulme zum Rückgang der Kiefer bei, was besonders ab dem Älteren Atlantikum mit der Herausbildung der atlantischen Klimawälder deutlich wird.

Nennenswerte Kräuteranteile belaufen sich im Wesentlichen auf Süßgräser und vor der maximalen Hasel-Verbreitung auf das Mädesüß. Selten bis sehr selten wurden das seit der Jüngeren Dryas Kurvenschluss aufweisende, aber unter 1 % verbleibende Heidekraut (*Calluna*), verschiedene Korbblütler, Doldengewächse, Beifuß, Ampfer, Labkraut, verschiedene Rosen- (Rosaceae), Enzian- (Gentianaceae) und Gänsefußgewächse nachgewiesen. KLOSS (1994) meint anhand des zeitgleichen Vorkommens der Brennessel (*Urtica*) und weiterer nitrophiler Vertreter bestimmter Korbblütler (Tubuliflorae), der Gänsefußgewächse sowie des Ampfers auf einen möglichen Einfluss mesolithischer Fischer im Umfeld des Schlangenfuhls schließen zu können. Auch für das Gebiet um Wandlitz ist ein mesolithischer Rast- und Arbeitsplatz (DENKMALLISTE DES LANDES BRANDENBURG FÜR DEN LANDKREIS BARNIM 2010) ebenso wie die von KLOSS (1994) angeführte Pollenvergesellschaftung nachgewiesen. Allerdings können die ab dem Boreal auch am Wandlitzer

See häufiger vertretenen Brennesselgewächse (Urticaceae) ebenso aus Röhrlichen, zu denen sie hier auch gerechnet werden, und damit aus der lokalen, also quasi See-eigenen Vegetation stammen – eine Problematik, auf die bereits u. a. WOLTERS et al. (2004) hinsichtlich der pollenanalytisch nicht zu trennenden Brennessel-Arten und ihres Vorkommens in Gewässernähe ausführlich eingehen.

Im Übergang zum Älteren Atlantikum häufen sich aber auch die Nachweise des Adlerfarns (*Pteridium aquilinum*). Er tritt in natürlichen Gemeinschaften als Waldbegleiter, insbesondere innerhalb von Kiefern-Wäldern auf. Des Weiteren gilt er aber wie auch das Heidekraut als Störungs- bzw. Verlichtungszeiger infolge Waldauflichtung, verursacht durch Waldweide oder allgemein Holzentnahme (HELLMUND 2009).

Der Q4/6-Quotient ist in dieser Phase auf über 4,5 angestiegen, womit er wohl die fortgesetzte Verwitterung teilweise noch unter Nadelholzbeständen in der ersten Phase des Holozäns widerspiegelt. Die vorangehend diskutierten möglichen frühen anthropogenen Einflüsse haben vermutlich ebenfalls zur Verschlechterung der Humusformen beigetragen.

6.3.3 Älteres und Jüngerer Atlantikum, PZ ÄA/JA

Mit dem Übergang in das Atlantikum zeichnen sich für den untersuchten Rinnenbereich des Wandlitzer Sees effektiv höhere Sedimentationsraten ab – gegenüber den spätweichselzeitlichen und frühholozänen Abschnitten wurden unter Vernachlässigung der Kompaktion ca. 1,60 m Sediment in Form von Kalkmudden akkumuliert. Dies entspricht bei einer angenommenen absoluten Dauer des Atlantikums von 3 558 Jahren (MERKT & MÜLLER 1999) einer Rate von 0,4 mm/a gegenüber beispielsweise 0,1 mm/a im (allerdings nicht vollständig überlieferten) Boreal. Die C_{org} -Gehalte schwanken vor allem im Bereich von in die Kalkmudden eingeschalteten organogenen Feindetritusmudde-Lagen (insbesondere im jüngeren Atlantikum und zu Beginn des Subboreals), wo sie bis auf über 40 % ansteigen können. Der $CaCO_3$ -Gehalt geht in diesen Bereichen auf deutlich unter 60 % zurück. Die Q4/6-Quotienten liegen bei $> 3,5$ weiter im Huminsäurebereich (Abb. 12) und deuten so darauf hin, dass sich unter den Laubwäldern bei ungestörtem stabilem Relief (s. u.) inzwischen reife Humusformen eingestellt haben.

Aufgrund der Einstellung atlantisch getönten Klimas, mithin nun feuchtwarmen Bedingungen, erhöhte sich einerseits die organische Produktion erheblich; hauptsächlich ist aber die damit verbundene Veränderung des hydrologischen Regimes hervorzuheben. Das erhöhte Niederschlagsaufkommen führte zu einem generellen Grundwasserspiegelanstieg im holozänen Klimaoptimum. Davon profitierten zum einen tiefe Sedimentationsräume, wie der Wandlitzer See – jedoch erreichte der atlantische Seespiegel noch nicht das heutige Niveau. Darauf weist das weitere Fehlen altersgleicher Sedimente in der Bohrung Wandlitz I hin. Auch spricht die oben angeführte Einschaltung von Feindetritusmudde-La-

gen während des Jüngeren Atlantikums für Wasserspiegelschwankungen, die sich bis in das beginnende Subboreal fortsetzten. Zum anderen vernässten nach einer Stagnationsphase speziell im Boreal viele, nicht zu hoch und damit außerhalb des Grundwassereinflusses liegende Hohlformen nicht nur in Berlin-Brandenburg wieder (hier z. B. Leckerpfuhl¹, ENDTMANN 1998).

Seitens der atlantischen Waldentwicklung ist es die Zeit der Etablierung haselreicher Eichen-Ulmen-Linden-Wälder, wobei im Gebietsvergleich innerhalb des Naturparks Barnim unterschiedliche Kiefern-Anteile zu verzeichnen sind. Grundsätzlich ist die Kiefer im Rückgang begriffen, insbesondere zu Beginn des Älteren Atlantikums. Im Unterschied zum Barnim (Wandlitzer See; Hegesee, LANGE in KLESSEN et al. 1994) setzte sie sich jedoch beispielsweise im Eberswalder Urstromtal (Leckerpfuhl, ENDTMANN 1998; Äppelbruch, MÜLLER 1961) und im Oderbruch (Großer Krebssee, JAHNS 2000) wieder sehr rasch wegen der für sie günstigeren Substratverhältnisse (u. a. Talsande) innerhalb der Eichenmischwälder stärker durch. Eminenter durch eine Verdrängung ist dort die Birke betroffen, vor allem im Umfeld kleinräumiger Sedimentationsbecken, wo ihre Standorte zunehmend durch die Erle beansprucht wurden.

In der Umgebung des Wandlitzer Sees vollzog sich der Waldumbau vordergründig im Bereich der reicheren Bodengesellschaften (vgl. Kap. 2). Höher gelegene, ärmere sandige Böden ohne direkten Grundwasseranschluss kamen für eine Bestockung durch Kiefern-Eichen-Wälder in Frage, wohingegen im Älteren Atlantikum auf wärmeren, für die Linde ausreichend basenversorgten und bindigeren Standorten (exemplarisch über Geschiebemergel) noch haselreiche Traubeneichen (*Quercus petraea*)-Linden-Bestände ausgebildet gewesen sein könnten. Reichere Böden mit Grundwasseranschluss könnten dagegen ebenfalls zu Beginn noch haselreichen Stieleichen (*Quercus robur*)-Ulmen-(Linden)-Beständen vorbehalten geblieben sein.

Auf z. T. staunassen Böden, so entlang der Seeufer, waren Erlen- und Birken-Brüche verbreitet. Ab dem jüngeren Atlantikum drang in diese Bestände, soweit ausreichend nährstoff- und basenversorgt, sowie im Bereich bachbegleitender Erlen-Eschen-Wälder die Esche (*Fraxinus*) vor. Daneben erschien sie auch innerhalb von Mischwäldern mit Steileiche und Ulme.

Unter den verschiedenen, möglicherweise im Gebiet vorkommenden Ulmen-Arten kommt hier die Bergulme (*Ulmus glabra*) eher als die mehr auf Auenwaldstandorte spezialisierte Flatterulme (*Ulmus laevis*) in Frage. Insgesamt weisen Pollenfrequenzen von 2–4 % die Ulme als zu diesem Zeitpunkt zwar anwesende, im Gegensatz zur Eiche jedoch nicht signifikante Waldkomponente aus (HUNTLEY & BIRKS 1983).

¹ ENDTMANN (1998) fasst im Pollendiagramm Leckerpfuhl den borealen und altaatlantischen Abschnitt zusammen (PZ V–VI nach FIRBAS 1949). Die jedoch bereits erheblichen Anteile von Erle und Eichenmischwald-Komponenten lassen eher auf ein atlantisches als ein boreales Alter der so stratifizierten Torfe und somit auf eine Stagnationsphase des Moorwachstums im Boreal schließen!

Ab dem Jüngeren Atlantikum erfolgte mit dem allmählichen Rückgang der Hasel die Ausbreitung der eine nur sehr geringe Pollendispersion aufweisenden Linde sowie die auch zeitlich beschränkte Wiederausbreitung der Kiefer. ENDTMANN (1998) nimmt anhand pollenmorphologischer Merkmale eine Unterscheidung von Winter- (*Tilia cordata*) und Sommerlinde (*Tilia platyphyllos*) vor – einheimisch heute in Brandenburg ist jedoch nur die Winterlinde, die Sommerlinde gilt als eingeführte Art (RUNGE 2005).

Als so genannte atlantische Klimazeiger erschienen erst im höheren Teil des Älteren Atlantikums und damit vergleichsweise spät die Mistel (*Viscum*) und der Efeu (*Hedera*)² in den Wäldern um den Wandlitzer See. Beide sind bis weit hinein in das Subboreal und der Efeu bis in das beginnende Ältere Subatlantikum zu verfolgen. Gemeinsam sind sie erst wieder im höheren Jüngeren Subatlantikum vertreten, an dessen Beginn einmalig auch die Stechpalme (*Ilex*) nachgewiesen werden konnte. Sehr selten liegen für das Jüngere Atlantikum Nachweise an Ahorn (*Acer*) und Eibe (*Taxus*) vor, beides Gehölze mit subozeanischer Verbreitungstendenz.

Im Verlauf des Älteren Atlantikums erreichte auch die Fichte (*Picea*) ihre empirische Pollengrenze, verblieb mit ihren Pollenfrequenzen aber bis in das Jüngere Atlantikum unter 1 %. Im Gegensatz zum südlichen Brandenburg (vgl. u. a. BRANDT et al. 2007) war und ist sie jedoch kein bestandsbildendes natürliches Gehölz im Barnim.

Infolge der Schließung des holozänen Walddachs verloren die lichtliebenden Kräuter, insbesondere ab dem Jüngeren Atlantikum, mehr und mehr an Bedeutung. Ihre in Summe bis in das Ältere Subatlantikum hinein sehr niedrigen Werte zeugen von insgesamt kaum stattfindenden Eingriffen des Menschen in die natürliche Bewaldung. Festzustellen ist lediglich eine leichte Zunahme des Heidekrauts sowie ein regelmäßiges Erscheinen des Beifußes. Süß- und Sauergräser zeigen gegenüber dem Frühholozän deutlich rückläufige Anteile. Alle übrigen Kräuternachweise belaufen sich im Wesentlichen auf Einzelfunde, so auch beim Ampfer. Allerdings erreichte der Adlerfarn im Übergang vom Boreal zum Älteren Atlantikum erstmals Anteile >1 %.

Innerhalb der nur spärlich belegten Wasser- (Laichkraut, Seerosengewächse) und Ufervegetation sind nur Röhrichtbestände mit Rohr- u./o. Igelkolben, Langblättrigem Rohrkolben und Brennesselgewächsen erwähnenswert. Weiterhin von Bedeutung waren die seit dem Boreal mit höheren Anteilen vertretenen Farne, hier vergesellschaftet mit der Erle innerhalb von Bruchwald-Gemeinschaften.

Die nach wie vor nur gering entwickelten Algenflora zeigt im Übergang in das Jüngere Atlantikum nur bei pennaten Diatomeen eine größere Ausbreitungstendenz, dabei am häufigsten zu beobachten die Gattungen *Suriella*, *Epithemia*, *Gyrosigma*, *Amphora*, *Pinnularia*, *Cymbella* u. a.

2 Erste Mistel- und Efeu-Nachweise bestehen, soweit tatsächlich autochthon, da mit Hainbuchen- und Buchen-Funden korrelierend, beispielsweise bereits für das Boreal im Leckerpfuhl (ENDTMANN 1998). Im Großen Krebssee (JAHNS 2000) liegt die untere Nachweisgrenze der Mistel im Übergang Boreal/Atlantikum. In den übrigen, relevanten Vergleichsprofilen sind beide Klimazeiger nicht vertreten.

6.3.4 Subboreal, PZ SB

Die pollenanalytische Grenze zum Subboreal, einer im klimatischen Vergleich zum Atlantikum zwar weiterhin warmen, aber wieder trockeneren Periode des Holozäns, wird im vorliegenden Diagramm (Abb. 10) mit dem ersten nachhaltigen Abfall der Ulmen- und einem damit korrelierenden Anstieg der Hasel-Kurve (Sekundärwaldbildung?) festgelegt. Der Rückgang der Ulme zu Beginn des Subboreals wird einerseits mit dem Einwirken des neolithischen Menschen und andererseits mit dem durch den Ulmensplintkäfer übertragenen Schlauchpilz *Ceratocystis ulmi* in Verbindung gebracht, der zu dem noch in der Gegenwart gefürchteten Ulmen-Sterben führt (vgl. dazu auch RUNGE 2005). Ein tiefgreifender, zumindest durch den Menschen eingeleiteter gravierender Waldumbau ist jedoch zunächst nicht feststellbar. Innerhalb der Eichenmischwald-Bestände verharren Eiche, Linde und Esche ebenso wie Birke und Kiefer in etwa auf dem zum Ende des Jüngeren Atlantikums eingenommenen prozentualen Niveau. Neben der Hasel legt lediglich die Erle auf Feuchtarealen in der Seeumgebung leicht zu. Häufiger und dies bis in das Ältere Subatlantikum hinein, ist jetzt auch der Ahorn anzutreffen, ohne jedoch Kurvenschluss zu erreichen. Er bevorzugt nicht stauende, basenreiche Böden, beispielsweise über Geschiebemergel (vgl. u. a. OTTO 1994) innerhalb von Laubmischwäldern, hier zusammen mit der Esche oder Linde oder innerhalb von Eichen-Hainbuchenwäldern.

In diesen frühen subborealen Abschnitt fällt der erstmalige Nachweis des Spitzwegerichs (*Plantago lanceolata*), eines Weidezeigers, sowie nur eines Getreidepollenkorns. Daneben erschienen seltener auch sekundäre anthropogene Indikatoren, wie der Ampfer als Ruderalpflanze u./o. Ackerbaubegleiter und der Beifuß, dieser ebenfalls auf sich herausbildenden Ruderalstellen. Die damit belegten, sehr schwachen Siedlungssignale bzgl. Weidenutzung und Ackerbau wären mit dem Neolithikum in Verbindung zu bringen. So existieren neben Angaben in der DENKMALLISTE DES LANDES BRANDENBURG FÜR DEN LANDKREIS BARNIM (2010) auch aus dem Archiv des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und des Archäologischen Landesmuseums (BLDAM) (schrftl. Mitt. G. WETZEL vom 25.05.2011) Siedlungsbefunde insbesondere für die Gemarkungen Biesenthal aber auch Lanke und Wandlitz. Interessant ist, dass es sich dabei sowohl in Biesenthal (Kupferflachbeil) als auch in Wandlitz (zwei Steingeräte) um Nachweise erst der Trichterbecherkultur handelt. Auch die aus einem großen, eventuell auf der Stolzenhagener Seite bei Wandlitz liegenden Grabhügel geborgenen drei Feuersteinbeile (Verweis G. WETZEL auf E. KIRSCH 1993, S. 76) gehören ebenfalls entweder zur Trichterbecher- oder sogar erst zur Kugelamphorenkultur. Folgt man diesbezüglich den Ausführungen von CSZIESLA (2008), ist möglicherweise auch für die nachfolgend beschriebenen siedlungszeitlichen Nachweise im Profil der Bohrung Wandlitzsee 2/2010 nicht von einer neolithischen Landnahme vor der Trichterbecherkultur auszugehen. Unter anderem wegen fehlender (pollenanalytischer) Ackerbaubelege bei z. T. gleichzeitiger Anwesenheit von

Artefakten der bandkeramischen Kultur in der Uckermark (Felchowsee) und dem nördlichen Landkreis Märkisch-Oderland (Großer Krebssee, JAHNS 2000) geht CZIESLA (2008) für Brandenburg insgesamt von einer Weiterexistenz der mesolithischen Lebensweise bis hin zur eindeutig durch Ackerbau gekennzeichneten Trichterbecherkultur aus.

Der tatsächliche Umfang des Siedlungseinflusses lässt sich aufgrund der Größe des Sees und des schon dadurch zu großen Abstandes zu in Frage kommenden Siedlungsplätzen insgesamt nur schlecht abschätzen. Generell gilt, dass sich Siedlungseinflüsse umso stärker abbilden, je dichter sich der Sedimentationsraum an einer Siedlungskammer befindet. So drücken die ab dem Jüngeren Subatlantikum sehr viel deutlicher in Erscheinung tretenden Siedlungssignale (s. ff.) letztendlich nur aus, dass nun auch das nähere Umfeld bis unmittelbar an den See heran genutzt wurde.

Ein wirklicher Fortschritt in der Ausbreitung von Rot- und Hainbuche ist ebenfalls nicht zu erkennen, es bleibt zunächst bei seit dem Älteren Atlantikum vorliegenden sporadischen Nachweisen. Die Rotbuche erreichte ihre empirische Pollengrenze erst im mittleren Teil des subborealen Diagrammabschnittes und dies klar vor der Hainbuche. Nach GLIEMEROTH (1995) dürfte bezüglich ihrer mehr als 1 % erreichenden Pollenfrequenzen von einer lokalen Präsenz ausgegangen werden, wohingegen HUNTLEY & BIRKS (1983) mindestens 2 % voraussetzen.

Im höheren Subboreal fällt ein weiterer markanter Hasel-Gipfel ins Auge – ihm gehen ein kurzfristiger Anstieg der Kiefern-Kurve sowie ein Rückgang der zwischenzeitlich nochmals aufgekommenen Ulme und Eiche voraus. Zeitgleich zum Hasel-Gipfel häufen sich die Nachweise an Beifuß aber auch Spitzwegerich und Ampfer, während Getreidepollen weiterhin spärlich bleibt. Diese eindeutiger ausfallenden Siedlungsbelege werden mit der bronzezeitlichen Kultur in Verbindung gebracht, die auch in und um Wandlitz ihre Spuren hinterließ. Vorrangig sind hier jungbronzezeitliche Gräberfelder nach der DENKMALLISTE DES LANDES BRANDENBURG FÜR DEN LANDKREIS BARNIM (2010) aber auch Siedlungen – wieder konzentriert um Biesenthal, Wandlitz und Lanke (Hügelgrab), hervorzuheben. Für das Eberswalder Urstromtal sieht KLOSS (1994) in der im Schlangengraben nachgewiesenen starken Kiefern-Ausbreitung eine Folge bronzezeitlicher Rodungen, von denen die Kiefer insbesondere auf den ärmeren Urstromtalböden durch die Dezimierung der Eichenmischwälder profitierte. Zeitgleich zeigt aber der Untersuchungspunkt auch unverkennbare Zeichen temporären Trockenfallens – was möglicherweise neue, bisher zu feucht gewesene Areale auf Moorböden für die Kiefer schaffte. Einen ähnlichen Diagrammverlauf weist das Profil Pfauenwiesen auf. Hier deutet die einsetzende Akkumulation von Torfmudde auf einen Wasserspiegelniedrigstand hin; auch korrelieren die erhöhten Kiefern-Werte hier nicht mit anthropogenen Indikatoren. Ebenfalls eine stärker durch die Kiefer beeinflusste Bewaldung zeigt das Diagramm des Großen Postluchs (SCHOKNECHT in SCHLAAK 1993) – hier handelt es sich ebenfalls um ein, bereits seit dem Weichsel-Spätglazial (mit einer längeren Unterbrechung im Holozän),

aktives Moor, auf das die Kiefer übergreifen konnte. In Summe zeigen die Diagramme für das Urstromtal und das Oderbruch prinzipiell die gleiche, oben beschriebene Waldzusammensetzung einschließlich der Einwanderung und Ausbreitung von Rot- und Hainbuche bei jedoch, wegen der schlechteren Böden vergleichsweise höheren Kiefern-Anteilen als im Barnim.

Mit dem Nachlassen des Siedlungsdrucks wurde auch die Hasel durch die sich zunächst wieder erholenden Laubmischwald-Bestände (die Ulme im Gegensatz zur Eiche aber nur leicht) in der Umgebung des Wandlitzer Sees zurückgedrängt. Die beginnende Ausbreitung der Hainbuche im Übergang zum Älteren Subatlantikum leitet zusammen mit der Rotbuche die holozäne Schattholzphase ein, im Verlaufe derer die meisten Edellaubhölzer, ausgenommen die Eiche, in ihren Beständen stark eingeschränkt wurden. In etwa diesen Zeitraum reflektiert auch das Pollendiagramm der Bohrung Wandlitz I (Abb. 9), d. h., erst im jüngeren Subboreal wurde dieser Bereich des heutigen Wandlitzer Sees wieder in die limnische Sedimentation mit einbezogen bzw. von dieser erreicht.

6.3.5 Älteres Subatlantikum, PZ ÄSA

Charakteristisch für das klimatisch kühlere und wieder humidere Ältere Subatlantikum ist die weitere Ausbreitung der Rot- und Hainbuche während der siedlungsgeschichtlichen Abschnitte der Vorrömischen Eisenzeit und der Römischen Kaiserzeit. Die holozäne Maximalverbreitung der beiden Schattgehölze lag, ehe der Mensch in der ausgehenden jungslawischen Siedlungsperiode bzw. im Übergang zum Hochmittelalter durch Rodung massiv zu ihrem Rückgang beitrug, im jüngeren Teil des Älteren Subatlantikums während der altslawischen und beginnenden jungslawischen Zeit.

Das Ältere Subatlantikum präsentiert sich seitens der erreichten Sedimentmächtigkeit als scheinbar sedimentationsintensivster Zeitabschnitt innerhalb der Gesamtsequenz der Bohrung Wandlitzsee 2/2010. Demnach läge den altersmäßig entsprechenden 4,31 m Kalk- und Feindetritusmudden eine Sedimentationsrate von 4,5 mm/a zugrunde. Betrachtet man jedoch das Pollendiagramm (Abb. 10: rote geschlossene Rahmung der betreffenden Kernabschnitte), so fällt eine offensichtlich bohrungsbedingte Duplizierung des älteren Teils des Älteren Subatlantikums, also des Zeitraums vor der Massenausbreitung von Rot- und Hainbuche ins Auge. Dieser Befund korreliert ebenso mit der lithologischen Aufnahme wie auch mit der Messkurve der magnetischen Suszeptibilität (schrftl. Mitt. S. LORENZ) und dem Trend der C_{org} - und $CaCO_3$ -Analysen (Abb. 12). Letztere zeigen einen extremen Abfall der $CaCO_3$ -Werte zu Beginn des Älteren Subatlantikums bei gleichzeitig starker Zunahme der C_{org} -Werte auf über 60 %. Danach pegeln sich die Werte wieder in etwa auf das Niveau während des Subboreals ein. Im Bereich der erhöhten C_{org} -Werte sind mächtigere

Feindetrismusmudde-Lagen in die bohrungsbedingt gestörten Kalkmudden eingeschaltet (Abb. 10). Entsprechend zusammengefasst wird dieser überbohrte Abschnitt in seinem vegetationsgeschichtlichen Verlauf beschrieben:

Maßgeblich ist die Ausbreitung von Rot- und Hainbuche unter wechselndem anthropogenem Einfluss im Gebiet. Die Grenzziehung zum vorangehenden Subboreal erfolgt mit dem Kurvenanstieg beider Gehölze auf durchgehend >2 %. Die sich typisch, an vielen Untersuchungspunkten lang hinziehende Phase ihres Vordringens und Etablierens (vgl. auch hin zum/im Eberswalder Urstromtal und Oderbruch: Großes Postluch, SCHOKNECHT in SCHLAAK 1993; Äppelbruch, MÜLLER 1961; Leckerpfuhl, ENDTMANN 1998; Großer Krebssee, JAHNS 2000) wird durch die teils konkurrenzbedingte, teils anthropogene und z. T. endgültige Verdrängung der bis dahin die Wälder beherrschenden Laubgehölze eingeleitet. Dies betrifft neben der Ulme besonders die Linde, aber auch die Esche und die Hasel. Vom Rückgang der Linde sind vorrangig buchenfähige Standorte betroffen, auf denen das schattentolerante Gehölz der erheblich höheren Konkurrenzkraft der Buche unterlag. Die Eiche zeigt nur einen vorübergehenden und dann vergleichsweise leichten Rückgang, auf den eine ebenfalls nur zeitweilige Ausbreitung der Kiefer folgt. Zeitgleich dokumentieren die nun geschlossenen Kurven von Spitzwegerich, Mittlerem u./o. Breit-Wegerich (*Plantago major-media*-Typ), Ampfer und Beifuß neben einer leichten Erhöhung der Süßgras-Anteile sowie häufigere Getreidepollennachweise gegenüber dem Subboreal greifbarere Siedlungshinweise. Diese könnten hier mit der vorrömischen Eisenzeit korrelieren. Mit diesem offensichtlich siedlungsbeeinflussten Waldumbau könnten auch die verstärkten organogenen Einträge verbunden sein, die sich so augenscheinlich in der C_{org} -Kurve (Abb. 12) niederschlagen, da der dem Subboreal gleichende Kurvenverlauf im höheren Älteren Subatlantikum mit nachlassendem Siedlungsdruck im Pollendiagramm (Abb. 10) zu korrelieren scheint (s. ff.).

Eine nur leichte Abschwächung des Siedlungseinflusses (Rückgang von Beifuß und Süßgräsern; Römische Kaiserzeit?) fällt mit dem offensichtlichen Anstieg der Rotbuchen- und der Kiefern-Kurve sowie zuletzt auch der Erlen-Kurve zusammen. Neben Eichen-Kiefern-Wäldern auf ärmeren Böden etablierte sich die Rotbuche teilweise innerhalb der bisherigen, verschiedenen Eichenmischwald-Gesellschaften, bevorzugt auf den basenreicheren Böden mit Grundwasseranschluss über Geschiebemergel oder nicht pseudovergleyten Geschiebelehmen (OTTO 1994). Je nach dem Feuchte- und Nährstoffangebot geht die Rotbuche dabei verschiedene Vergesellschaftungen mit Traubeneiche, Stieleiche und Hainbuche ein, bildet aber aufgrund ihrer großen Konkurrenzkraft auch reine Buchen-Wälder auf den für sie besten Böden. Gemieden werden Böden mit hohem Grundwasserstand, wie z. B. die z. T. hydromorphen Gleye, die über den periglaziären Ablagerungen nordwestlich des Wandlitzer Sees verbreitet sind. Dazu gehören des Weiteren bereits verlandete oder vermoorte Bereiche in Seenähe, die vorzugsweise durch die Erle, teilweise immer noch in Ver-

gesellschaftung mit der Esche bestockt waren. Die in ihren Nährstoff- und Feuchteansprüchen genügsamere Hainbuche blieb prozentual weiter hinter der Rotbuche zurück – sie ist beispielsweise auf Sand- oder Lehmböden in trockenen Eichen-Hainbuchen-Wäldern zusammen mit Traubeneiche und Sommerlinde ebenso zu finden wie auf grundwasser-nahen Standorten in Vergesellschaftung mit Stieleiche und Hängebirke (RUNGE 2005). Ferner ist auf die nun häufiger beobachtete Tanne hinzuweisen. Ihre Werte bleiben durchgehend unter einem 1 % und so ist bis heute entsprechend der Fichte von einem Fehlen des Baumes in der natürlichen Bewaldung des Gebietes auszugehen.

Mit dem Rückgang der Kiefer ist eine Wiederausbreitung der Eiche und auch der Birke verbunden. Letztere übernimmt dabei zum einen die Funktion der Sekundärwaldbildung von der Hasel, zum anderen ersetzt sie aber offensichtlich auf Feuchtstandorten z. T. auch die Erle.

Es folgt im obersten Abschnitt des Älteren Subatlantikums der Zeitraum der Hauptverbreitung von Rot- und Hainbuche. Dieser fällt aufgrund der bereits unter Kapitel 6 beschriebenen labortechnischen Gründen u. a. hinsichtlich der enormen, mehr als 35 % erreichenden Rotbuchen- und der immens zurückgehenden Birken- und Erlen-Anteile überproportional ins Auge (Abb. 10). Die realeren Bedingungen für das unmittelbare Seeumfeld (hier die Erle, aber auch Birke betreffend) u./o. für den Barnim (insbesondere in Bezug auf die Kiefer, Rot- und Hainbuche) reflektieren hier wohl die Diagramme der Bohrung Wandlitz I (Abb. 9) und das Profil Hegesee aus dem Biesenthaler Becken (LANGE in KLESSEN et al. 1994). Demnach sind bezüglich des Diagramms der Bohrung Wandlitz I für die Birke und Erle weiterhin Anteile um etwa 20 % sowie die Kiefer beträchtlich weniger als die in der Bohrung Wandlitzsee 2/2010 im Schnitt um die 30 % (max. 47 %) ermittelten zu erwarten. Die Hainbuche erreichte im Vergleich zum Hegesee zwar ihren Maximalwert ebenfalls vor der Rotbuche, blieb aber, auch bezüglich der bei falscher Siebung ermittelten Pollenfrequenzen, i. d. R. generell unter 10 % und stellte damit selbst zum damaligen Zeitpunkt kein bestandsbildendes Gehölz (LANG 1994) in den Wäldern um den Wandlitzer See dar. Die Rotbuche³ erreichte dagegen, wenn auch keine Pollenfrequenzen von 35 %, jedoch mehr als die in Wandlitz I abgebildeten 10 % – im Hegesee sind es, allerdings ohne Einrechnung der Hasel-Anteile, mehr als 20 %. Die Siedlungsnachweise fallen für diesen Zeitraum sehr spärlich aus – zumindest der Beginn der starken Ausbreitung von Rot- und Hainbuche dürfte zeitlich mit der Völkerwanderungszeit zusammenfallen. Durch den nachlassenden Siedlungsdruck konnten sich zum einen Kiefern-Eichen-Wälder und zum anderen Eichenmischwälder mit unterschiedlicher Rot- und Hainbuchen-Beteiligung etablieren. Als für die

³ LANGE (hier in KLESSEN et al. 1994) und auch SCHOKNECHT (in SCHLAAK 1993) lassen generell das Jüngere Subatlantikum mit der Subzone Xa mit Erreichen der höchsten Rot- und Hainbuchen-Werte beginnen und weichen insofern von der gebräuchlichen Gliederung des Holozäns im Sinne von FIRBAS (1949) ab!

Rotbuche geeignete natürliche potentielle Gesellschaften auf ihren Ansprüchen gerecht werdenden Grundmoränenstandorten kämen beispielsweise der von SCAMONI (1964) bzw. von HAACK (2009) ausgewiesene Buchen-Traubeneichen-Wald und armer Buchenwald sowie Hainsimsen-Buchenwald nach HOFMANN & POMMER (2005) in Frage.

Für den Zeitraum der Rotbuchen-Hauptverbreitung existieren nur wenige Getreidepollenbelege und gar keiner für den Roggen (*Secale*). Lediglich die Schwankungen der Eichen-Kurve könnten auf eine Entnahme von Holz hindeuten, das vor allem in altslawischer Zeit Verwendung u. a. für die Anlage von Burgen, wie für Biesenthal belegt, fand.

Erst mit dem beginnenden Rückgang von Rot- und Hainbuche erscheinen zunehmend direkte und indirekte anthropogene Indikatoren in beiden Pollendiagrammen aus dem Wandlitzer See – neben Beifuß, Ampfer und Getreiden sind dies insbesondere im Übergang zum Jüngeren Subatlantik Spitzwegerich und nun auch Roggen. Sie werden mit der alt- und vor allem im Übergang zum Jüngeren Subatlantik der jungslawischen Besiedlungsperiode in Verbindung gebracht. Sowohl als Störungszeiger wie auch als Waldbegleiter sind das ebenfalls vermehrt auftretende Heidekraut (Verheidung, siehe auch BRANDE 1990) und der Adlerfarn zu werten.

Neben einem altslawischen Burgwall in Biesenthal ist vor allem „Vandelize“ erwähnenswert. „Vandelize – Menschen, die am Wasser leben – nannten einst Slawen ihre Siedlung, die sich auf der am weitesten in den (Wandlitzer) See vorgeschobenen Halbinsel befand“ (Wandlitz ...aus der Geschichte unter: <http://www.wandlitzer-seengebiet.de/wandlitz3.htm>).

6.3.6 Jüngeres Subatlantik, PZ JSA

Das Jüngere Subatlantik ist der am stärksten durch den Menschen hinsichtlich Klima und Vegetationsentwicklung beeinflusste Abschnitt des Holozäns. An der Grenze Älteres/Jüngeres Subatlantikum begannen die nun gravierenden Eingriffe in die bis zu diesem Zeitpunkt noch relativ dicht bewaldete Landschaft, auch in der Region des heutigen Barnims. Raumgreifende, zwecks Anlage von Äckern durchgeführte Rodungen, insbesondere während der deutschen Ostexpansion ab dem 13. Jh., hatten eine erhebliche Dezimierung der bis dahin durch Eichen, Rotbuchen und Hainbuchen dominierten Laubmischwälder zu Folge. Im 13. Jh. siedelten sich am Wandlitzer See westelbische Bauern an, die den ursprünglichen Ortsnamen beibehielten und ihr als Rundling um eine Kirche angelegtes Dorf fortan Wandlitz nannten. Erste urkundliche Erwähnung fand das Dorf im Zuge des Verkaufs an das Zisterzienserkloster Lehnin im Jahr 1242, in dessen Besitz es bis 1542 verblieb (Wandlitz ...aus der Geschichte unter: <http://www.wandlitzer-seengebiet.de/wandlitz3.htm>; PETZEL & SCHOPPER in SCHROEDER 2004).

Eine lückenlose Sedimentation und damit vollständige Überlieferung der Ablagerungen des Jüngeren Subatlantikums vorausgesetzt, wurden in den dafür bis zur Bohrung

im Jahr 2010 anzusetzenden 960 Jahren (gerechnet vom Beginn des verstärkten Roggen-Anbaus ab 1050 n. Chr., diese und folgende Angaben nach MERKT & MÜLLER 1999) 1,60 m Sediment akkumuliert, was einer Sedimentationsrate von rd. 1,7 mm/a entspräche. Die C_{org} - und $CaCO_3$ -Werte sinken nach letztmaligen Maxima von mehr als 30 bzw. 50 % gegenüber dem höheren Älteren Subatlantikum auf um 20 bzw. rd. 50 % ab (Abb. 12). Der Humifizierungsgrad (Q4/6) von acht rezenten Auflageproben liegt bei 7 und damit jetzt weit im Fulvosäurebereich, was für das typische saure, nährstoffarme Milieu und die geringe biologische Aktivität sandiger Waldstandorte im nordostdeutschen Tiefland spricht. Dieser Befund korreliert in seiner Tendenz mit den obersten aus der Bohrung gewonnenen Proben. Die weitere Untergliederung des jungsubatlantischen Abschnittes kann wegen fehlender geochronometrischer Altersbestimmungen (^{14}C) und auch weiterhelfender geochemischer Elementanalysen nur in etwa anhand bestimmter anthropogener Zeiger, wie exemplarisch der Kornblume (*Centaurea cyanus*; häufiger werdend mit dem Beginn des Wintergetreide-Anbaus um 1250 n. Chr.) oder dem Buchweizen (*Fagopyrum*; um 1400 n. Chr., Spätmittelalter bis frühe Neuzeit) vorgenommen werden. Ihr Erscheinen spricht somit lediglich für das mögliche Maximalalter der Ablagerungen, also für den Zeitpunkt, ab dem der jeweilige Zeiger zu erwarten wäre. Ein durchaus auch jüngeres Alter kann damit und dies insbesondere für den jüngsten Teil der Sedimentfolge (s. ff.) jedoch nicht ausgeschlossen werden!

Optisch hebt sich der Beginn des Jüngeren Subatlantikums (Subzone a, ausgehende jungslawische Zeit, Beginn des Hochmittelalters?) in den Pollendiagrammen (Abb. 9, 10) aus dem Wandlitzer See zunächst durch den Kurvenabfall der oben genannten Laubgehölze nebst dem Kurvenanstieg der Kiefer und vor allem ackerbauzeigender Indikatoren, namentlich der Gruppe der Getreide im Allgemeinen und des Roggens im Speziellen heraus. Sie werden zunächst begleitet durch vor allem Ampfer, Spitzwegerich, Heidekraut, seltener Beifuß, verschiedene Korb- und Kreuzblütler (Cruciferae) sowie Lein (*Linum*), nicht aber die Kornblume⁴. Der dem allgemeinen Trend der Waldaufflichtung eigentlich widersprechende Anstieg der Kiefern-Kurve ist hier hauptsächlich ein sekundärer Effekt – die ersten umfangreicheren, hochmittelalterlichen Rodungen gingen im Untersuchungsgebiet wahrscheinlich noch auf jungslawische Bauern zurück. Ausgenommen von den Abholzungen dürften dabei die ärmsten Böden, wie beispielsweise auf den äolischen Ablagerungen im Nord- und Südwesten des

⁴ Die realeren prozentualen Anteile der einzelnen NBP-Komponenten liefert auch hier wieder das Pollendiagramm der Bohrung Wandlitz I, allerdings nur über eine Probe. Wegen ihrer Pollengröße sind die Gruppe der Getreide einschließlich des Roggens und des Heidekrauts im Pollendiagramm Wandlitzsee 2/2010 infolge der verwendeten falschen Siebgaze über das normale Maß hinaus angereichert! Gleiches gilt für die ermittelten Kiefern-, Rotbuchen- und Hainbuchen-Werte – hier reflektiert bezüglich letzterer das Diagramm Hegesee (LANGE in KLESSEN et al. 1994) mit Rotbuchen-Werten um $\pm 5\%$ und Hainbuchen-Werten $< 5\%$ die wahren Proportionen.

Wandlitzer Sees, geblieben sein. Die hier verschonte Kiefer streute ihren Pollen neben einem sicher nicht unerheblichen Fernflugeintrag von weiter entfernten, vergleichbaren Standorten nahezu ungebremst in die Landschaft. Andererseits konnten von ihr wüst gefallene, z. T. verheidete Flächen aufgrund ihres Pioniercharakters rascher zurückerobert werden. In diesem Zusammenhang ist vermutlich auch das Erscheinen des als Pionierpflanze geltenden Ausdauernden Knäuels (*Scleranthus perennis*; BEHRE 1966) zu sehen. BRANDE (1985) deutet die Ausbreitung der Charakterart der Sandtrockenrasen (erstmaliger Nachweis in spätbronzezeitlichen bis früheisenzeitlichen Ablagerungen des Tegeler Sees) auf vormalig bewaldeten Flächen als anthropogen ausgelöst.

Der vermutliche Übergang in die Subzone b (frühdeutsche Zeit, 1250 bis ca. 1400 n. Chr. oder jünger?) erfolgt mit dem deutlichen (labortechnisch bedingt überproportionalen!) Anstieg der Kurven von Roggen und übrigen Getreiden. Bezüglich des Rückgangs der Heidekraut-Kurve wurden dabei offensichtlich auch zwischenzeitlich verheidete Flächen mit in die ackerbauliche Nutzung einbezogen. Konform gehen die Laubgehölze einschließlich der Eiche und nun auch die Kiefer weiter zurück.

Nach einer kurzfristigen Wiederausbreitung von Eiche, Rot- und Hainbuche (nicht aber der Kiefer; mittelalterliche Wüstungsphase?) werden die vorerst höchsten, wenn hier auch verfälschten Getreidepollenwerte einschließlich des Roggens erreicht und die Kornblume erscheint.

Es folgt eine Phase erneut höherer Kiefern- und etwas verzögert auch höherer Eichen-Werte, in die ein einmaliger Buchweizen-Fund fällt (Subzone c, Neuzeit?). Unter den Siedlungszeigern ist außerdem die als Ackerunkraut im Wintergetreide geltende Kornrade (*Agrostemma*) hervorzuheben. Augenfällig ist der extreme Anstieg der Cladoceren-Kurve, der möglicherweise als Ausdruck einer gewissen Eutrophierung des Gewässers zu bewerten ist. Die Rot- und Hainbuchen-Werte pendeln sich auf ein mehr oder weniger gleichbleibendes Niveau ein. Die Kurven der Getreide und des Heidekrautes verhalten sich wieder gegenläufig und deuten auf die erneute Verheidung abgeholzter, vormals als Äcker genutzter Flächen hin. Dieser stete Wechsel von anthropogen bedingter Ent- und Wiederbewaldung ist bis zum Ende der Sedimentsequenz zu verfolgen, ohne das eines der Ereignisse aus o. g. Gründen zeitlich genauer gefasst werden bzw. mit historischen Ereignissen, wie dem mittelalterlichen Mühlenstau, der Pest, dem Dreißigjährigem Krieg etc. in Verbindung gebracht werden könnte. So ist auch bezüglich der Kiefer nicht zu entscheiden, inwieweit ihre Wiederausbreitung auf Wüstung oder gezielten forstlichen Anbau zurückgeht. Insgesamt stellen sich seitens der zwischen den Ackerflächen verbleibenden Bewaldung die heutigen Verhältnisse ein, d. h. eine Etablierung z. T. kiefernreicher Buchen-Eichen-Wälder und Kiefern-Forsten. Würde die heutige Landschaft keiner weiteren Nutzung unterliegen und sich selbst überlassen, erschiene nach einem Lichtholzstadium mit

vorrangig Kiefern aber auch Birken erneut die altsubatlantische Schattholzbewaldung mit Rot- und Hainbuchen und Eichen. Die Flugsanddecken würden wohl aufgrund ihrer Armut weiterhin Kiefern-Wald tragen und die reicheren Böden eine Bestockung mit Buchen-Traubeneichen- bzw. armen Buchenwäldern zeigen. Wie schnell die Kulturlandschaften dabei verschwänden, zeigt sich aktuell beispielsweise an heute noch existenten Heideflächen bei Bernau, die nur mittels Beweidung durch Rot- und Damwild baumfrei gehalten werden. Das Wild sorgt durch den Verbiss der immer wieder aufkommenden Baumschösslinge (insbesondere Kiefern) für die Erhaltung dieses anthropogen entstandenen Landschaftstyps.

Danksagung

Die Herren J. Becker (Universität Greifswald), Dr. H. U. Thieke und Dr. N. Schlaak (LBGR) führten die technisch anspruchsvollen Seebohrungen vom Eis bzw. Ponton aus, während Frau H. Rabe (Universität Greifswald) die Auswertung im Geolabor umfangreich unterstützte. Jens Meisel vom IAG Seddin stellte die Isohypsen des Sees zur Verfügung. Unser Dank gebührt ebenfalls Herrn Dipl.- Geogr. Tony Baudis (Zinnowitz) für die kartographische Umsetzung der Abbildungen 4 und 5.

Zusammenfassung

Mit Hilfe von terrestrischen und subhydrischen Bohrungen sowie standortkundlichen Aufnahmen konnte die jungquartäre Entwicklungsgeschichte des Wandlitzer Sees auf dem Barnim seit dem Weichsel-Spätglazial hinsichtlich Geologie, Klima und Vegetation rekonstruiert werden. Die Wasserscheidenbereiche wurden vom Niedertagesgeschehen des Weichsel-Hochglazials geprägt. Für das Weichsel-Spätglazial und Frühholozän konnte eine kontinuierliche Entwicklung im unmittelbaren Beckenbereich nachgewiesen werden. In der zweiten Hälfte des Holozäns schwankte der Seespiegel offenbar um seinen heutigen Stand herum, wobei sich sowohl im terrestrischen als auch im subhydrischen Bereich eine allgemeine Versauerungstendenz beobachten lässt.

Summary

The young quaternary genesis of the lake Wandlitz (Barnim, Germany) has been reconstructed via terrestrial and subhy-dric bore holes and with the help of site mapping and pollenanalysis. The area of watersheds was formed by melting events of the upper Weichselian. A nearly continuous development in the accumulation lake could be proved for the Late Weichselian and early Holocene. In the second half of the Holocene the water level was nearly the same as today where upon in terrestrial as subhy-dric areas a general acidification tendency has been observed.

Literatur

- AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 438 S., Hannover
- BEHRE, K.-E. (1966): Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Vegetationsgeschichte Ostfrieslands. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **7**, S. 69–84, Öhringen
- BRANDE, A. (1980): Pollenanalytische Untersuchungen im Spätglazial und Postglazial Berlins. – *Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg* **115**, S. 21–72, Berlin
- BRANDE, A. (1985): Mittelalterlich-neuzeitliche Vegetationsentwicklung am Krümmen Fenn in Berlin-Zehlendorf. – *Verh. Berl. Bot. Ver.* **4**, S. 3–65, Berlin
- BRANDE, A. (1988): Zum Stand der palynologischen Forschung im Berliner Quartär. – *Documenta naturae* **44**, S. 1–7, München
- BRANDE, A. (1990): Eine Synthese zur säkularen Landschaftsentwicklung in Berlin (West). – *Ver. Berl. Bot. Ver.* **8**, S. 21–31, Berlin
- BRANDE, A., KLIMASCHEWSKI, A. & R. POPPSCHÖTZ (2007): Spätpleistozän-holozäne Sedimentation und Vegetation im Oberspreewald (Brandenburg). – *Terra Praehistorica*, Festschrift für Klaus-Dieter Jäger zum 70. Geburtstag **48**, S. 52–68, Langenweißbach
- BUSSEMER, S., KUNKEL, C. & J. STRAHL (2013): Komplexe landschaftsgenetische und standortkundliche Studie zum Einzugsgebiet des Regenbogensees (Barnim) als Prototyp eines mesotrophen Weichwassersees Brandenburgs. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **20**, S. 117–123, Cottbus
- CASPERS, G. (1993): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen zur Flußauenentwicklung an der Mittelweser im Spätglazial und Holozän. – *Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde* **55**, 101 S., Münster
- CZIESLA, E. (2008): Zur bandkeramischen Kultur zwischen Elbe und Oder. – *Germania* **86**, S. 405–464, Darmstadt
- CHROBOK, S., MARCINEK, J., MARKUSE, G. & B. NITZ (1983): Weichselspätglaziale bis holozäne Transport- und Sedimentationsprozesse im Hinterland der Frankfurter Eisrandlage nördlich Berlins. – *Petermanns Geogr. Mitt. (Ergänzungshefte)* **282**, S. 237–248, Gotha
- CORINE (2012): Corine Land covermap. – EPA, Wexford
- DENKMALLISTE DES LANDES BRANDENBURG FÜR DEN LANDKREIS BARNIM (2010): <http://www.bldam-brandenburg.de/denkmalinformation/denkmalinformationen/denkmalliste.html>
- ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – *Scripta Geobotanica* **IX**, 122 S., Göttingen (Verlag Erich Goltze KG)
- ENDTMANN, E. (1998): Untersuchungen zur spät- und nach-eiszeitlichen Vegetationsentwicklung des Leckerpfuhls (Mönchsheider Sander, NE-Brandenburg). – *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg* **131**, S. 137–166, Berlin
- FIRBAS, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 1. Band: Allgemeine Waldgeschichte. – 480 S., Jena (Fischer)
- FORST-GIS BRANDENBURG (2014): <http://www.brandenburg-forst.de/LFB/>, zuletzt abgerufen am 30.11.2014
- GÄRTNER, P. (1993): Beiträge zur Landschaftsgeschichte des Westlichen Barnim. – *Berliner Geographische Arbeiten* **77**, S. 1–120, Berlin
- GÄRTNER, P. (2004): Wandlitz-Ladeburger Sander. – In: SCHROEDER, J. H. (Hrsg.): *Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 5. Nordwestlicher Barnim – Eberswalder Urstromtal.* – S. 115–121, Berlin
- GLIEMEROTH, A. K. (1995): Paläoökologische Untersuchungen über die letzten 22 000 Jahre in Europa. – *Paläoklimaforschung* **18**, 252 S., Stuttgart
- HAACK, S. (2009): Pflege- und Entwicklungsplan für den Naturpark Barnim (Kurzfassung). – 88 S., Institut für Ökologie und Naturschutz, Eberswalde
- HEINKEN, T. (1999): Die Kiefernwälder der Glauer Berge – ein Beispiel für die Rolle der Kiefer in der Waldsukzession auf Sandböden in Mittelbrandenburg. – *Gleditschia* **27**, 1/2, S. 79–96, Berlin
- HELLMUND, M. (2009): Pollenanalysen an Sedimenten des spätneolithischen Fischzauns vom Arendsee, Altmarkkreis Salzwedel. – *NAU Nachrichtenblatt Arbeitskreis Unterwasserarchäologie* **15**, S. 28–36, Freiburg (Janus)
- HERING, J. & A. BAURIEGEL (2005): „Fuchserden“ in Brandenburg – eine anthropogene Bildung?. – *Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges.* **107**, S. 339–340, Oldenburg
- HOFMANN, G. & U. POMMER (2005): Potentielle Natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin mit Karte im Maßstab 1 : 200 000. – *Eberswalder Forstliche Schriftenreihe* **24**, 311 S., Berlin
- HUNTLEY, J. B. & H. J. B. BIRKS (1983): *An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0–13 000 years ago.* – 667 S., Cambridge (University Press)

- IVERSEN, J. (1954): The late glacial-flora of Denmark and its relation to climate and soil. – D.G.U. IV. Rk. **80**, S. 87–119, København
- JAHNS, S. (2000): Late-glacial and Holocene woodland dynamics and land-use history of the Lower Oder valley, north-eastern Germany, based on two, AMS ¹⁴C-dated, pollen profiles. – *Veget. Hist. Archaeobot.* **9**, S. 111–123, Berlin
- KLESSEN, R., NITZ, B. & L. SCHIRRMEISTER (1994): Spätglazial-altholozäne Landschaftsgeschichte auf dem nördlichen Barnim – Komplettierung eines Modells der Beckenentwicklung im norddeutschen Tiefland. – *Arbeitsberichte Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin* **4**, 43 S., Berlin
- KLOSS, K. (1994): Das Pollendiagramm vom Schlangenfuhl in Eberswalde, Krs. Barnim. – *Veröff. d. Brdbrg. Mus. f. Ur- und Frühgeschichte* **28**, S. 99–104, Potsdam
- KOSSLER, A. (2010): Faunen und Floren der limnisch-telmatischen Schichtenfolge des Paddenluchs (Brandenburg, Rüdersdorf) vom ausgehenden Weichselhochglazial bis ins Holozän. – *berliner paläobiologische abhandlungen* **11**, 422 S., Berlin
- KRAUSCH, H.-D. (1996): *Farbatlas Wasser- und Uferpflanzen.* – 315 S., Stuttgart (Ulmer)
- LANG, G. (1994): *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas.* – 462 S., Jena, Stuttgart, New York (Gustav Fischer)
- LAUFER, E. & K. KEILHACK (1882): *Geologische Karte von Preussen und angrenzenden Gebieten 1 : 25 000 (Blatt Wandlitz).* – Preußische Geologische Landesanstalt, Berlin
- LBEG (2015): *Symbolschlüssel Geologie.* – Bd. 1 u. 2, 351 S., 535 S., Hannover (Schweitzerbart)
- LIPPSTREU, L., HERMSDORF, N. & A. SONNTAG (1997): *Geologische Übersichtskarte von Berlin und Umgebung – Maßstab 1 : 300 000 mit Erläuterungen.* – Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Landesvermessungsamt Brandenburg, Kleinmachnow, Potsdam
- LIPPSTREU, L., HERMSDORF, N., SONNTAG, A. & J. STRAHL (2015): Pleistozän. – In: STACKEBRANDT, W. & D. FRANKE (Hrsg.): *Geologie von Brandenburg.* – S. 333–418, Stuttgart (Schweitzerbart)
- LITT, T. & M. STEBICH (1999): Bio- and chronostratigraphy of the lateglacial in the Eifel region, Germany. – *Quaternary International* **61**, S. 5–16, London
- 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
- LOHDE, H. (1979): *Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000, Blatt Berlin NW.* – Zentr. Geol. Inst., Berlin
- LOTTER, A. F., EICHER, U., SIEGENTHALER, U. & H. J. B. BIRKS (1992): Late-glacial climatic oscillations as recorded in Swiss lake sediments. – *Journal of Quaternary Science* **7**, 3, S. 187–204, London
- MERKT, J. & H. MÜLLER (1998): Was zeigen Seesedimente vom Klimasprung an der Wende vom Spätglazial zum Holozän? – *Terra Nostra* **98**, 3, S. 227–228, Berlin
- MERKT, J. & H. MÜLLER (1999): Varve chronology and palynology of the Lateglacial in Northwest Germany from lacustrine sediments of Hämelsee in Lower Saxony. – *Quaternary International* **61**, S. 41–59, London
- MÜLLER, H. M. (1961): Ein Pollendiagramm aus dem Äpfelbruch bei Eberswalde. – *Archiv f. Forstwesen* **10**, S. 809–816, Eberswalde
- MÜLLER, H. M. (1966): Beiträge zur Vegetationsentwicklung auf dem Mönchsheider Sander bei Chorin. – *Archiv f. Forstwesen* **15**, 8, S. 857–867, Eberswalde
- MÜLLER, H. M. (1967): Das Pollendiagramm „Serwest“, ein Beitrag zur Wechselwirkung natürlicher und anthropogener Faktoren in der Vegetationsentwicklung. – *Feddes Repert. Bot. Geobot.* **74**, S. 123–137, Berlin
- MÜLLER, H. M. (1970): Die spätglaziale Vegetationsentwicklung in der DDR. – In: *Quartärkomitee der DDR (ed.): Probleme der weichselspätglazialen Entwicklung in Mittel- und Nordeuropa.* – S. 81–109, Frankfurt/Oder
- MUGV (2011): *Steckbriefe Brandenburger Böden.* – S. 1–19, MUGV Brandenburg, Potsdam
- OTTO, H.-J. (1994): Standortansprüche der wichtigsten Waldbaumarten. – *AID* **1095**, 32 S., Bonn
- RUNGE, S. (2005): Die einheimischen Bäume des Dahme-landes. – *JahreBuch 2005 – Bäume im Dahmeland*, S. 4–11, Prieros
- SALMI, M. (1963): On the subfossil *Pediastrum* Algae and Molluscs in the Late Quaternary sediments of Finnish Lapland. – *Arch. Soc. 'Vanamo'* **18**, S. 105–119, Helsinki
- SCAMONI, A. (1964): *Karte der natürlichen Vegetation der Deutschen Demokratischen Republik (1 : 500 000) mit Erläuterungen.* – *Fedd. Repert. Beih.* **141**, S. 5–106, Berlin

- SCHLAAK, N. (1993): Studie zur Landschaftsgenese im Raum Nordbarnim und Eberswalder Urstromtal. – Berliner Geographische Arbeiten **76**, 145 S., Berlin
- SCHLICHTING, E. & H.-P. BLUME (1966): Bodenkundliches Praktikum. – 209 S., Hamburg
- SCHNEIDER, A. F. (2008): Grünordnerischer Fachbeitrag zum Bebauungsplan „Am Waldhang“ der Gemeinde Wandlitz OT Lanke. – 21 S., Panketal
- SCHOLZ, E. (1962): Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs. – 93 S., Potsdam
- SCHROEDER, J. H. (Hrsg.) (2004): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg. Nr. 5: Nordwestlicher Barnim - Eberswalder Urstromtal – Naturpark Barnim. – 313 S., Berlin (Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V.)
- SONNTAG, A. (2011): Geologische Übersichtskarte und Erläuterungsheft 1 : 100 000 – Landkreis Barnim. – LBGR Cottbus/LGB Potsdam
- STECKBRIEF SEEN EG-WASSERRAHMENRICHTLINIE vom 04.03.2009: http://www.mugv.brandenburg.de/w/seen/196_WandlitzerSee.pdf
- STRAHL, J. (1993a): Zwischenbericht zur pollenanalytischen Untersuchung von vier Proben der Bohrung Biesenthal TSB V₁-V₄. – Bericht BGR vom 25.02.1993, 2 S., 4 Anl., Berlin, Hannover (unveröff.)
- STRAHL, J. (1993b): Kurzbericht zur pollenanalytischen Untersuchung von 4 Proben aus dem Hegesee, Biesenthaler Becken – Bohrung Hgs II. – Bericht BGR vom 20.07.1993, 2 S., 4 Anl., Berlin, Hannover (unveröff.)
- STRAHL, J. (1993c): Pollenanalytische Untersuchung der Bohrung Pfauenwiesen (Pfauenwiesen-Becken) südlich Biesenthal, Land Brandenburg. – Festschr. Prof. W. Krutzsch, Mus. f. Naturk. Berlin, S. 145–154, Berlin
- STRAHL, J. (2005): Zur Pollenstratigraphie des Weichsel-spätglazials von Berlin Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **12**, 1/2, S. 87–112, Kleinmachnow
- THELAUS, M.: Late Quaternary vegetation history and palaeohydrology of the Sandsjön-Arshult area, southwestern Sweden. – Lundqua Thesis **26**, 78 S., Lund
- USINGER, H. (1978): Pollen- und großrestandanalytische Untersuchungen zur Frage des Bölling-Interstadials und der spätglazialen Baumbirken-Einwanderung in Schleswig-Holstein. – Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holstein **48**, S. 41–61, Kiel
- WOLLENBERG, K.-H. (2005): Die Waldkiefer – Ein Charakterbaum Brandenburgs. – JahreBuch 2005 – Bäume im Dahmeland, S. 12–15, Prieros
- WOLTERS, S., BITTMANN, F. & KUMMER, V. (2004): The first subfossil records of *Urtica kioviensis* ROGOW. and their consequences for palaeoecological interpretations. – Veget. Hist. Archaeobot. **14**, S. 518–527, Berlin

Anschriften der Autoren:

Prof. Dr. Sixten Bussemer
 Dipl.-Geogr. Christoph Kunkel
 Dipl.-Geogr. Axel Heise
 Institut für Geographie und Geologie
 der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
 Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 17a
 17489 Greifswald
 sixten.bussemer@uni-greifswald.de
 christoph.kunkel@uni-greifswald.de
 axel.heise@uni-greifswald.de

Dr. Peter Gärtner
 Naturpark Barnim
 Breitscheidstr. 8
 16348 Wandlitz
 peter.gaertner@lugv.brandenburg.de

Dr. Jaqueline Strahl
 Landesamt für Bergbau, Geologie
 und Rohstoffe Brandenburg
 Inselstr. 26
 03046 Cottbus
 jaqueline.strahl@lbgr.brandenburg.de