

Biogeowissenschaftliche Untersuchung spätglazialer und frühholozäner Seeablagerungen im Westerwald

– erste Ergebnisse –

- Martin Speier, Hannover -

Abstract

Biogeological studies on late-glacial and early Holocene lacustrine sediments in the Westerwald region – preliminary results: As a result of the Plinian eruption of Laacher See Volcano (LSV) distributing chemically strongly zoned phonolite magma, volcanic ashes and tephra German Central Rhineland and the neighbouring mountainous areas faced a dramatic change of geomorphology, hydrology and vegetation. Contemporary to the culminating in the damming of a major lake within the lower Rhine valley the copious tephra deposition had drastically changed drainage patterns in the Westerwald Mountains. 200 years before the onset of Younger Dryas small lakes developed when 1-2 m thick tephra layers disrupted the natural downflow of water within the mountain valleys. As a consequence limnic ecosystems developed in landscapes where actually no natural lakes are existing. The paleoecological analysis of lake sediments from the site “Daaden” situated in the High Westerwald Mountains permits a reconstruction of late- and postglacial environment illustrating the history of this unique palaeolake over a time span of more than 4.000 years (Alleroed-Boreal). The palaeoenvironmental studies give evidences for the existance of a species-rich water flora under mesotrophic water conditions which later shifted to eutrophic and at least to slightly eutrophic or mesotrophic state again. Especially the green algae communities including several species, varieties and ecotypes of the genus *Pediastrum* reflect the change of late-glacial and early Holocene climate by showing distinct variations in cell sizes and coenobia.

1. Einführung

Die im geographischen Zentrum der Europäischen Union gelegene Mittelgebirgsregion des Westerwaldes war aufgrund ihrer besonderen Entstehungsgeschichte als tertiäre Vulkanlandschaft bislang zwar Gegenstand zahlreicher geologischer und paläontologischer Studien (SCHREIBER et al. 1999, HAASE et al. 2004), eine Bearbeitung quartärer Ablagerungen unter besonderer Berücksichtigung paläoökologischer Aspekte fand jedoch bislang nicht statt. Damit gehörte der Westerwald noch bis vor kurzem zu den Regionen Zentraleuropas, über deren spätglaziale und holozäne Entwicklung bisher kaum Kenntnisse vorlagen. Seit dem Jahre 2004 finden daher im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Geobotanik und dem Institut für Mineralogie der Universität Hannover in der Region umfangreiche biogeowissenschaftliche Untersuchungen zur Landschaftsentwicklung dieses Raumes statt, in deren Rahmen bislang zahlreiche spätglaziale und frühholozäne Ablagerungen entdeckt werden konnten, die überraschende Einblicke in die hiesige Landschaftsentwicklung ermöglichen. Dabei konnten erstmals limnische Sedimente mit einem Entstehungsalter von ca. 13.000 Jahren geborgen werden, deren Existenz bislang völlig unbekannt war, denn im Westerwald existieren heute von Natur aus keine

natürlichen Stillgewässer. Selbst die überregional bekannte Westerwälder Seenplatte ist - wie übrigens alle anderen Seen oder Weiher - künstlicher Natur und wurde erst während der vergangenen vier Jahrhunderte angelegt (ROTH 1996).

Ausgangspunkt der aktuellen interdisziplinären Zusammenarbeit der beiden hannoverschen Universitätsinstitute waren zunächst Seesedimente, welche anlässlich von Sondierungsarbeiten im Herbst 2004 in einem Niedermoor innerhalb des Bundeswehr-Truppenübungsplatzes Daaden im Hohen Westerwald geborgen werden konnten (Abb. 1, C). Diese limnischen Sedimente überlagern hier Tephra-Schichten aus unterschiedlichen Ausbruchsphasen des Laacher See Vulkanismus (LSV). Bereits in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts hatten die Vulkanologen Hans-Ulrich Schmincke und Paul van den Bogaard solche Ablagerungen in einigen Lokalitäten des Westerwaldes untersucht (u.a.: „Ailertchen“, „Langenhahn“, „NSG Eisenbachwiesen“) und unter Verwendung vergleichbarer Fundstellen schließlich die Verbreitung der Laacher-See-Tephra (LST) in Zentraleuropa rekonstruiert (BOGAARD & SCHMINCKE 1984, 1985; BOGAARD et al. 1990, SCHMINCKE et al. 1999). Diese vulkanogenen Schichten gelten heute als die bedeutendsten chronostratigraphischen Zeitmarken Mitteleuropas (Abb. 1 A). Nach jüngeren sedimentologischen und pollenanalytischen Untersuchungen laminierte Seeablagerungen der Eifel fand die Laacher See Eruption um 12.880 BP statt (LITT & STEBICH 1999, BRAUER et al. 1999a, 1999b). Fast 88 % des in alternierenden Eruptionsphasen ausgestoßenen Materials bestand aus Lapilli und Aschen, die in mindestens 7 Fahnen, teils über Hunderte von Kilometern, in Zentraleuropa verbreitet wurden, wobei nach FREUNDT & SCHMINCKE (1986) auch vier Aschefahnen unterschiedlicher petrologischer Zusammensetzung im Westerwald niedergingen, wo sie Mächtigkeiten von 1-2 m erreichten (Abb. 1, A).

Neben den reichhaltig vorhandenen palynologischen Subfossilien in den Ablagerungen aus Daaden sind aus petrographischer Sicht besonders die verschiedenen Formen umgelagerter Tephra (*post reworked tephra*) interessant, da sie Hinweise auf das lokale Erosionsgeschehen, mögliche Umlagerungs- und Transportprozesse sowie ihren Einfluss auf die Entwicklung der terrestrischen und limnischen Vegetation geben könnten. Die jüngsten Studien machen deutlich, dass die Befunde aus Daaden nämlich keine Singularität darstellen: Inzwischen konnten in mehreren Mooren des Oberwesterwaldes weitere stratifizierte LST-Schichten und Lagen umgelagerter Tephra sowie auch limnische Ablagerungen entdeckt werden (Abb. 2). Entsprechende Funde in den Mooren „Langenhahn“ und „Fuchskaute“ lassen erwarten, dass auf der Basis künftiger Untersuchungen ein differenziertes Bild der hiesigen spät- und postglazialen See-genese rekonstruiert werden kann.

Die Entstehung dieser Stillgewässer ist bislang noch nicht ganz klar. Man darf aber annehmen, dass hier ein mittelbarer Zusammenhang mit dem Laacher See Vulkanismus besteht, der am Ende des Alleroeds innerhalb weniger Tage mehr als 6,3 km³ phonolithischer Magma, Aschen und Tephra freisetzte, welche in den Tälern der Mittelgebirge das vormalige Abflussregime blockierten, so dass es vielerorts zu Aufstauungen und großflächigen Vernässungen kam (FREUNDT & SCHMINCKE 1986, BAALES et al. 2002). Dabei wurde u.a. der Rhein durch einen, aus vulkanischem Material bestehenden Damm von der Andernacher Pforte bis nach Koblenz über eine Strecke von etwa 7 km aufgestaut, bis er schließlich nach wenigen Wochen wieder brach (SCHMINCKE 2000). Vergleichbare Ereignisse könnten sich – natürlich im wesentlich geringeren Maßstab – auch in den angrenzenden Mittelgebirgen abgespielt haben, wo entlang der kleineren Fließgewässer zusammengeschwemmte Dämme aus Asche und Tephra den

natürlichen Wasserabfluss behinderten. Künftige Untersuchungen sollen zeigen, ob auch die Paläoseen des Westerwaldes ihren Ursprung diesem Szenario verdanken.

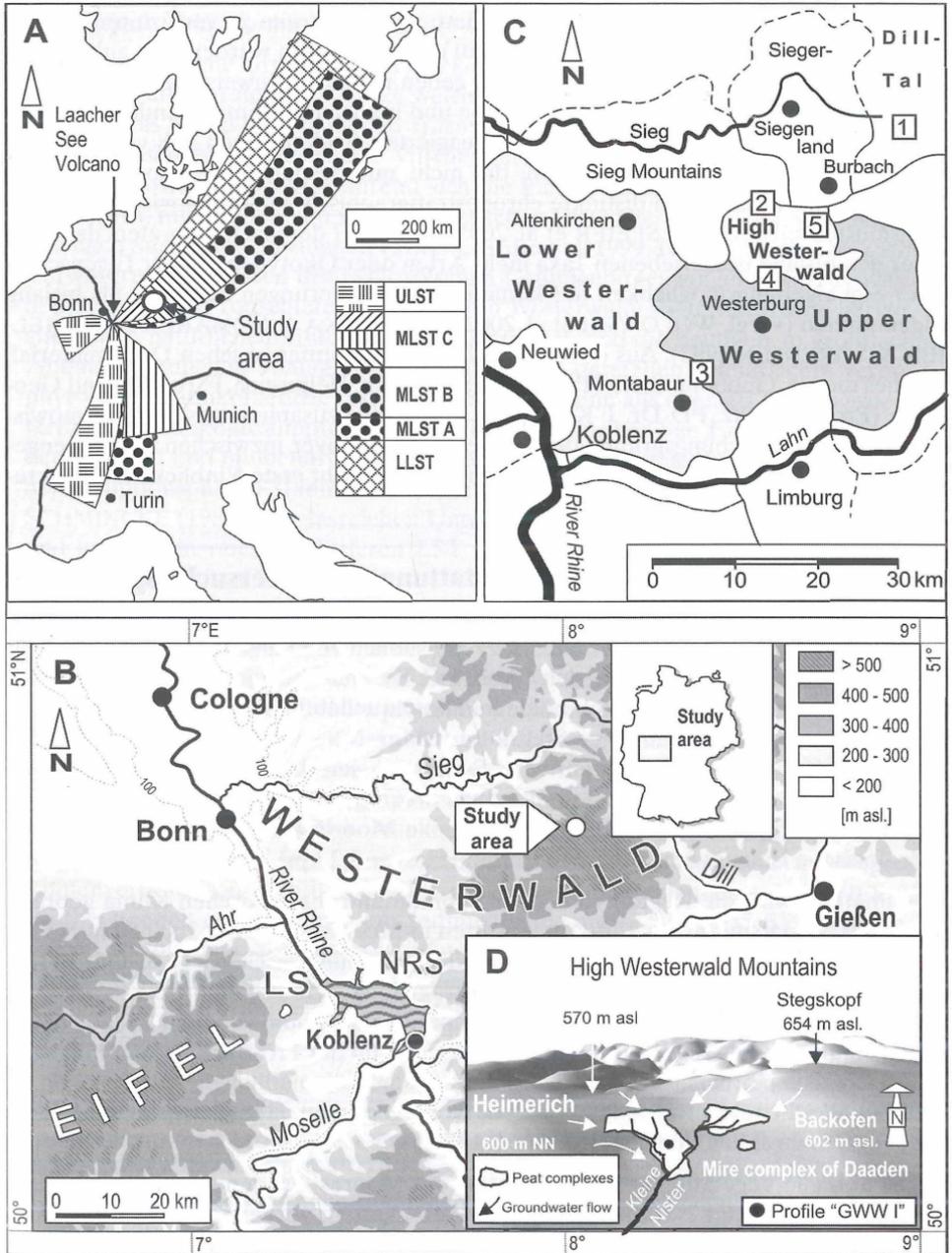


Abb. 1: Naturräumliche Ausstattung des Untersuchungsgebietes. A: Verbreitung der Laacher See Tephra nach SCHMINCKE (2000); B: Regionaler Ausschnitt mit allerordzeitlichem Rhein-Stausee (NRS) und Laacher See (LS); C: Lage der untersuchten oder erwähnten Moore: 1= Weidelbach (WBI), 2= Daaden (GWWI), 3= Eisenbachwiesen (EW I-III), 4= Langenhahn (LA I-III), 5= Fuchskaute; D: Moorkomplex von Daaden.

Aus vegetationsgeschichtlicher Sicht bieten die limnischen Ablagerungen des Westerwaldes aufgrund ihrer reichhaltigen Subfossilien weiterhin die Möglichkeit, die Verbreitungsmuster und ökologischen Einnischungsprozesse einiger limnischer Grünalgenarten, insbesondere solche der Gattung *Pediastrum*, zu verifizieren, wie sie jüngst von JANKOWSKÁ & KOMAREK (2001) vorgeschlagen wurden. Die anhand des Bohrprofils „GWV I“ gewonnenen Daten geben nämlich Hinweise darauf, dass einzelne *Pediastrum*-Arten auf die spätglazialen und holozänen Klimaveränderungen mit einer Veränderung ihrer Coenobiengröße reagierten. Zudem lassen sich verschiedene Subtypen und Varianten beschreiben, die nicht nur besondere zellmorphologische Eigenheiten, sondern auch distinkte chronostratigraphisch-paläoökologische Verbreitungsmuster aufweisen (s. SPEIER et al. 2005). Man darf demnach vermuten, dass sich unter den bislang beschriebenen Taxa mehr Arten oder Ökotypen mit der Eigenschaft einer Signalgebungsmöglichkeit auf klimatische Veränderungen befinden, als bislang angenommen (vergl. WOŁOWSKI et al. 2002, JANKOWSKÁ & KOMÁREK 2000, NIELSEN & SØRENSEN 1992). Aus dem inzwischen bereits umfangreichen Datenmaterial, welches die aus Geobotanikern (PD Dr. M. Speier, Ch. Helmreich, F. Turner) und Geologen (Prof. F. Holtz, PD Dr. J. Köpke, M. Johansson) zusammengesetzte biogeowissenschaftliche Forschungsgruppe der Universität Hannover inzwischen zusammengetragen hat, sollen hier aus vegetationsgeschichtlicher Sicht erste Einblicke in die aktuelle Forschungslage präsentiert werden.

2. Lage und naturräumliche Ausstattung des Untersuchungsgebietes

Der Paläosee von Daaden ist in der Gipfelregion des Hohen Westerwaldes, rund 30 km nordwestlich von Montabaur und ca. 15 km südlich von Siegen, im Quellgebiet des Flüsches Kleine Nister, angesiedelt (Abb. 1 C, B). Der einstige See ist in einer etwa 563 m NN gelegenen Hochflächenmulde im Hauptquellabfluss der Kleinen Nister entstanden, die von den Erhebungen Stegskopf (654 m NN), Backofen (601 m NN) und Heimerich (601 m NN) eingerahmt wird. Spätestens seit dem Subboreal war der See bereits verlandet und ist heute Teil eines aus drei verschiedenen Teilen bestehenden Niedermoorkomplexes (Abb. 1 D). Die aktuelle Moorfläche beträgt etwa 8 ha, das hydrologische Einzugsgebiet des Moorkomplexes ca. 2,2 km².

Klimatisch wird die Region von einem submontan-subatlantischen Klima geprägt, wobei das Monatsmittel der Lufttemperaturen in Meereshöhen von 200-650 m NN im Januar zwischen -1 °C bis +2 °C schwankt und sich im Juli zwischen +14 °C und +17 °C bewegt. Die mittlere Jahresschwankung beträgt hingegen +16 °C - 16,5 °C (ROTH 1996). Die Anzahl der Tage, an denen ein Temperaturmaximum von über 25 °C erreicht wird, beläuft sich auf 20-30 Tage/a; die mittlere Anzahl der Frosttage beträgt hingegen 120 Tage/a. Die jährlichen Niederschlagsmengen sind höhenabhängig und betragen im Unteren Westerwald etwa 800-900 mm/a, wohingegen im Hohen Westerwald 1.000 mm/a und mehr fallen können (LIEDTKE 1973).

Die aktuelle Vegetation in der Umgebung des Moores Daaden wird in erster Linie von Weideflächen mit Nardo-Callunetea-Gesellschaften, vornehmlich dem Polygalonardetum strictae, und Mähwiesen vom Typ des Alchemillo-Arrhetheretum elatioris sowie des Trisetetum flavescens beherrscht. Nur noch selten sind kleinflächig Rotbuchenwälder (Galio odorati-Fagetum) erhalten geblieben, meist wurden sie durch montane Wacholderheiden (Roso-Juniperetum) oder lichte Mittel- und Hudewälder ersetzt. Die meisten Wälder bestehen heute allerdings aus Fichtenforsten mit standortfremder Rotfichte (*Picea abies*). Auf dem Moor wachsen anstelle des hier ehemals

stockenden Erlen-Bruchwaldes (*Carici elongatae-Alnetum*) verschiedene, von Seggen, Binsen oder Gräsern dominierte Ersatzgesellschaften (*Caricetum rostratae*, *Caricetum fuscae*, *Caricetum paniculatae*, *Scirpus sylvaticus*-Gesellschaft, *Molinia coerulea*-Bultgesellschaft, *Eriophorum angustifolium*-Gesellschaft u.a.).

Das geologische Grundsubstrat des Untersuchungsgebietes wird in erster Linie von tertiären Vulkangesteinen geprägt, welche petrologisch von Basaniten und alkalischen Basalten bis hin zu verschiedenen Trachyten reichen. Das Areal gehört zum etwa 800 km² umfassenden Westerwälder Vulkanschild, dessen größerer Teil sich ca. 500 km² nach Nordosten erstreckt, während sich die kleineren und aus Trachyten, phonolytischer Lava, Intrusionen und vulkanoklastischen Felsen bestehenden Lavaflüsse ca. 280 km² nach Südwesten ausdehnen (SCHREIBER et al. 1999, HAASE et al. 2004). Aus den Verwitterungsprozessen des paläozoischen Grundgebirges gingen – vorzugsweise aus den devonischen Tonschiefern des Unteren Westerwaldes – tertiäre Tone hervor, welche sich in natürlichen Muldenlagen ansammelten und die heutigen, in großflächigem Abbau befindlichen Tonlagerstätten der Region darstellen. Kleinflächig verbreitete, phytogene Braunkohleflöze resultieren in erster Linie aus ehemals hier angesiedelten, tertiären Braunkohlesümpfen. Als Resultat der Laacher See Eruption finden sich in den Tallagen und muldenartigen Hochflächen etwa 1 m mächtige und aus verschiedenen Eruptionsphasen stammende Tephra-Lagen (LST), welche nach BOGAARD & SCHMINCKE (1985) der glasreichen Unteren LST (LLST) und der an Phänokristallen und an Sanidin reichen Mittleren LST (MLST B, MLST-C1, MLST-C3) angehören (Abb. 1, A).

Solche LST-Schichten konnten als stratifizierte Tephra-Lagen oder in Form alluvialer und limnischer Sedimente mit hohen Anteilen an umgelagerter Tephra und Aschen inzwischen in zahlreichen Niedermooren des Westerwaldes erbohrt werden (Abb. 2). Dabei ließen sich Seesedimente nicht nur im Moor bei Daaden, sondern auch in entsprechenden Mooren der Fuchskaute und in Langenhahn (Profil: „LA I-III“) nachweisen. Erste pollenanalytische Untersuchungen von Basisproben aus diesen beiden Mooren ergaben eine biostratigraphische Zuordnung der basalen Sedimente ins Boreal (etwa: 7.000-6.000 v. Chr.). Alluviale Schwemmhorizonte mit Einbettungen von Asche, Holzkohle und sog. „*post reworked tephra*“ treten aber auch in spätglazialen Rinnenverfüllungen (Profil: „WB I“) des Lahn-Dill-Berglandes auf (SPEIER 1994). Hierbei handelt es sich jedoch um Sedimente, die um 11.920 ± 355 BP in einer 5,70 m tiefen Erosionsrinne abgelagert wurden. Der Sedimentationsbeginn fällt hier biostratigraphisch damit in die Phase der Jüngeren Dryas, legt man die von LITT (2004) vorgeschlagene Biochronostratigraphie für das Spätglazial und Frühholozän zugrunde (vergl. Abb. 3).

Hinsichtlich der Sedimentabfolge wird anhand ausgewählter Bohrkern des Westerwaldes deutlich, dass die hiesigen Moorkomplexe eine sehr individuelle Sedimentationsgeschichte und Moorgenese aufweisen (Abb. 2). Im Moor bei Langenhahn lassen sich in seinem nordwestlichen Teil neben den erwähnten limnischen Ablagerungen des Boreals auch rein terrestrische Bildungen jüngerer Datums in den südwestlich anschließenden Bereichen finden. Im Moor „Eisenbachwiesen“ treten wiederum mächtige Torfbildungen auf, die unmittelbar den stratifizierten LST-Schichten aufliegen. Eine ¹⁴C-Datierung dieser basalen Niedermoortorfe (Tiefe: 170 cm) anhand eines eingelagerten Cupula-Restes von *Fagus sylvatica* ergab ein Radiokarbonalter von 1.325 ± 20 BP (cal. AD 680). Hierbei handelt es sich demnach um eine Niedermoorbildung, welche erst im Frühmittelalter einsetzte. Solche stratigraphischen Befunde sprechen insgesamt für ein komplexes räumliches Nebeneinander verschieden alter Sedimentati-

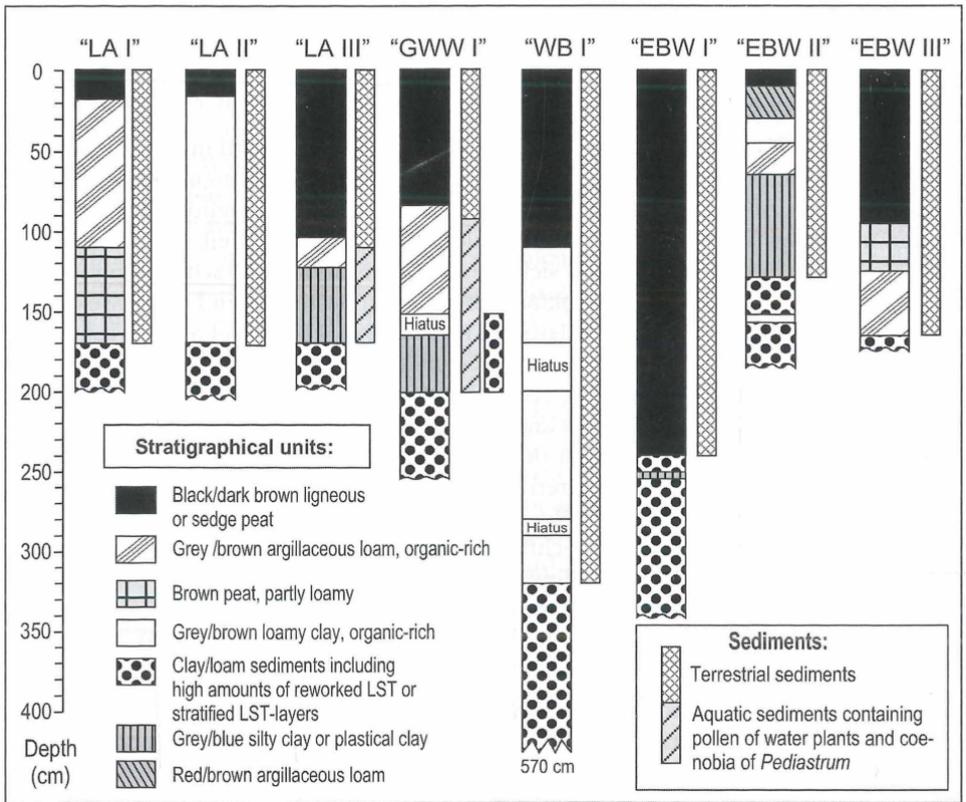


Abb. 2: Bohrprofile aus dem Westerwald mit LST-Lagen oder umgelagerter Tephra unterhalb terrestrischer oder limnischer Sedimente aus dem Spätglazial oder Holozän. Es bedeuten: „LA I-III“ - Profile aus dem Niedermoor Langenhahn; „GWW I“ - Profil aus dem Niedermoor Daaden (= „Geschwämm“) des Truppenübungsplatzes Daaden; „WB I“ - Profil aus einer Rinnenverfüllung im Niedermoor Weidelbach (nach: SPEIER 1994); „EBW I-III“ - Profile aus dem „NSG Eisenbachwiesen“ bei Meudt.

onsräume, wobei man vermuten kann, dass neben den ehemaligen Seekörpern, die spätestens im Atlantikum oder im Subboreal vermoort, auch Abflussrinnen existierten, wo die Niedermoorbildung beträchtlich später einsetzte. Einen exemplarischen Einblick in die lokale Seengeschichte und die Vegetationsentwicklung im Umfeld des Paläosees bei Daaden liefert das inzwischen weitgehend ausgewertete Profil „GWW I“, so dass im folgenden auf diesen Bohrkern näher eingegangen werden soll.

3. Material, Methoden und Chronologisierung

Der Bohrkern „GWWI“ wurde im zentralen Teil des Niedermooses im September 2004 mit Hilfe eines Gutsbohrers geborgen (Abb. 4, Tab. 1). Aus dem Gesamtprofil gelangten nur die oberhalb der LST-Schichten anstehenden und 201 cm Mächtigkeit umfassenden Sedimente zur chemisch-physikalischen Standard-Azetolysemethode nach ERDTMAN (1954). Zur Entfernung silikatischer Restbestandteile wurden die Proben zusätzlich einer Ultraschallbehandlung über einem Polymon-Kunststoffnetz mit der Maschenweite von 6 mm unterzogen. Die Auszählung der Palynomorphen erfolgte bei 600-800 x Vergrößerung im Phasenkontrastmikroskop, wobei auch die

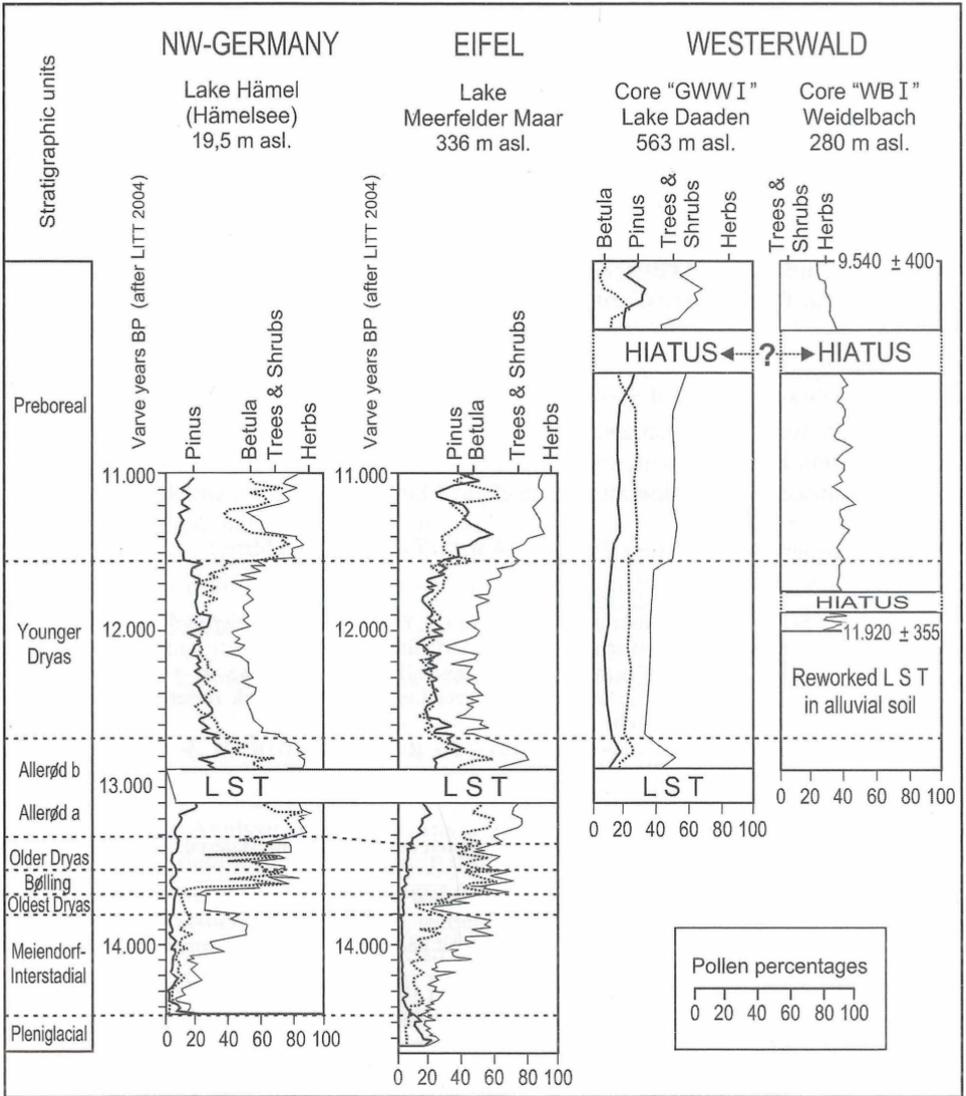


Abb. 3: Vergleich der auf Warvenzählungen basierenden Pollensignale aus spätglazialen und frühholozänen Folgen des Hämelsees (MERKT & MÜLLER 1999) und des Meerfelder Mares (LITT & STEBICH 1999, LITT 2004) sowie der limnischen Sedimente aus Daaden (Hoher Westerwald) und terrestrischer Ablagerungen aus Weidelbach (Lahn-Dill-Bergland-SPEIER 1994).

Anzahl an *Pediastrum*-Coenobien, Dinoflagellaten und Rotatorien erfasst wurde, so dass sie in der graphischen Darstellung wie die Pollenkörner und Sporen als prozentuale Frequenzspektren – bezogen auf die Grundsumme von mindestens 1.000 Baumpollen (ohne *Corylus avellana*) – dargestellt werden können. Die Bestimmung der einzelnen Palynomorphen basiert auf BEUG (2004). Zusätzlich erfolgte für ausgewählte *Pediastrum*-Typen in jeder Probe eine Größenmessung (Zeiss-Messokular), bis die Gesamtzahl von mindestens 100 Coenobien erreicht war, um eine höhere statistische Absicherung zu gewährleisten. Zusätzlich wurde die Zellanzahl pro Coenobium bestimmt. Da die Zellwände der *Pediastrum* ebenfalls aus Sporopollenin bestehen,

überleben sie die Acetolyse in der Regel ohne Probleme. Die lichtmikroskopische Identifikation der einzelnen Arten, Varietäten, Typen und Subtypen erfolgte in erster Linie nach JANKOVSKÁ & KOMÁREK (1995) und KOMÁREK & JANKOVSKÁ (2001) unter Berücksichtigung von NIELSEN & SØRENSEN (1992).

Die hier dargestellte pollenanalytische Auswertung des Bohrkerns „GWW I“ umfasst die Bereiche von 80-201 cm oberhalb der anstehenden LST-Schichten, in kontinuierlicher Aufbereitung von jeweils 2 cm umfassenden Schichtdicken. Sie beinhalten limnische Sedimente des Spätglazials (Alleroed, Jüngere Dryas, Präboreal: 201-152 cm) sowie des Holozäns (Boreal: 152-116 cm; Subboreal/Subatlantikum: 116-80 cm). Im Spätglazial kamen hier demnach vor allem blaugraue, schluffige Tone sowie mit abnehmender Tiefe auch lehmige Tone zur Ablagerung, in die sekundär umgelagerte Tephra-Partikel (*posteruptively reworked LST*), erodierte Pyroklastika (*erosive pumice, white pumice*) oder Erosionspartikel tertiärer Basalte eingebettet sind (Abb. 4).

Die frühholozänen, borealen Sedimente werden durch einen auch stratigraphisch manifestierten Hiatus von den jüngeren, terrestrischen Ablagerungen (gelbbraune Lehme mit höheren Anteilen an organischem Material) getrennt, welche wahrschein-

Tab. 1: Stratigraphie des Bohrkerns „Daaden – GWW I“ (Tiefenangabe in Meter)

Holozäne Sedimente: Subboreal-Subatlantikum

0,00 – 0,40	Schwarzbrauner faseriger Niedermoortorf, in den oberen Bereichen durchwurzelt
0,40 – 0,62	Dunkelbrauner faseriger Niedermoortorf. Terrestrische Phase
0,62 – 0,84	Schwarzer Erlen-Bruchwaldtorf, holzreich. Terrestrische Phase
0,84 – 0,98	mittel- bis dunkel gefärbter gelbbrauner Lehm, reich an stark zersetztem organischem Material. Terrestrische Phase

Holozäne Sedimente: Präboreal-Boreal

0,98 – 1,14	brauner Lehm mit höheren Anteilen an stark zersetztem organischem Material. Aquatische Phase (Boreal)
1,14 – 1,36	grau-brauner Lehm mit höheren Anteilen an organischem Material. Aquatische Phase (Boreal)
1,36 – 1,42	dunkler braun-grauer Lehm mit moderaten Anteilen an organischem Material. Aquatische Phase (Präboreal)
1,42 – 1,52	dunkelgrauer bis grau-brauner Lehm mit geringeren Anteilen an organischem Material. Aquatische Phase (Präboreal)
1,52 – 1,66	dunkelgrauer bis schwärzlicher Lehm mit eingebetteter umgelagerter Tephra (<i>posteruptively reworked LST</i>), sehr reich an Holzkohlepartikeln, ansonsten frei von organischem Material
1,66 – 1,69	dunkelbraune Lagen mit rotbraun gefärbten, umgelagerten Pyroklastika (<i>erosive pumice, posteruptively reworked LST</i>). Aquatische Phase (Präboreal)
1,69 – 1,78	grauer lehmiger Ton. Aquatische Phase (Präboreal)
1,78 – 1,82	Blau-grauer schluffiger Ton mit basaltischen Lapilli (<i>posteruptively reworked LST</i>). Aquatische Phase (Präboreal)
1,85 – 1,87	Blau-grauer, schluffiger Ton mit weißen Pyroklastika (<i>white pumice</i>). Aquatische Phase (Präboreal)

Spätglaziale Sedimente

1,87 – 1,93	Blau-grauer, schluffiger Ton mit basaltischen Lapilli (<i>posteruptively reworked LST</i>). Aquatische Phase (Jüngere Dryas)
1,93 – 1,95	Blau-grauer, schluffiger Ton mit weißen Pyroklastika (<i>white erosive pumice</i>). Aquatische Phase (Jüngere Dryas)
1,95 – 1,99	Blau-grauer, schluffiger Ton mit weißen Pyroklastika (<i>white pumice</i>). Aquatische Phase (Jüngere Dryas)
1,99 – 2,01	Blau-grauer, schluffiger Ton mit basaltischen Lapilli (<i>posteruptively reworked LST</i>). Aquatische Phase (Alleroed)
> 2,01	Umgelagerte LST über Schichten mit syneruptiver LST auf alluvialen, spätglazialen Schottern und Kiesen

lich aus dem Subboreal bzw. dem Subatlantikum stammen. Entsprechende Ablagerungen aus dem Atlantikum fehlen. Tab. 1 gibt einen detaillierten Überblick über das Gesamtprofil.

Die chrono- und biostratigraphische Einordnung des Pollendiagramms richtet sich nach LITT (2004), der auf der Basis von Warvenzählungen aus kontinental-limnischen Folgen Nordwestdeutschlands einen Stratotypus mit charakteristischen Pollensignalen ermittelt hat, der aufgrund seiner überregionalen Bedeutung auch auf die Sedimentationsserien des Westerwaldes übertragen wurde (Abb. 3). Entscheidend sind neben der geringen räumlichen Entfernung zu den Eifelmaaren (ca. 50 km Luftlinie) vor allem die charakteristischen Frequenzspektren des *Pinus*- und *Betula*-Typs einerseits sowie das Verhältnis von Baumpollen zu Nichtbaumpollen andererseits.

Trotz der wesentlich geringeren zeitlichen Auflösung des Diagramms „Daaden“ lassen sich deutliche Übereinstimmungen der erwähnten pollenfloristischen Signalgeber feststellen. Anders als in den jahreszeitlich geschichteten Seesedimenten Nordwestdeutschlands sind die hier untersuchten Ablagerungen jedoch ungeschichtet, was auf einen ganzjährigen und mehr oder weniger kontinuierlichen Stoffeintrag aus dem Einzugsgebiet des ehemaligen Sees – vermutlich über die damaligen Quellwässer der Kleinen Nister – spricht. Weiterhin ist im Profil „GWW I“ (Daaden) ein deutlicher pollenfreier Hiatus vorhanden, dessen schwarz-graue, präboreale Lehme vornehmlich Holzkohlen, minerogene Ascheteilchen und umgearbeitete Tephra-Partikel enthalten. Vergleichbare Ablagerungen ließen sich übrigens ebenfalls in einer spätglazialen Rinnenverfüllung des Lahn-Dill-Berglandes („WB I – Weidelbach“) nachweisen (Abb. 2).

4. Rekonstruktion der terrestrischen Vegetation

4.1 Alleröd

Das aus der Analyse des Bohrkerns „GWW I“ erstellte Pollendiagramm erlaubt erstmals einen detaillierten Einblick in die spätglaziale Landschafts- und Vegetationsentwicklung des Hohen Westerwaldes (Abb. 4). Die pollenhaltigen Basisproben oberhalb der LST-Schichten vermitteln dabei ein pollenfloristisches Gesamtbild, wie es auch aus den benachbarten Mittelgebirgsregionen des Lahn-Dill-Berglandes (SPEIER 1994) und der Eifel (LITT & STEBICH 1999, BAALES et al. 2002, LITT 2003, LITT et al. 2003) für die Phase des Alleröd b bekannt ist. Die damalige Vegetation wurde vor allem durch birken- und kiefernreiche, lichte Gehölzformationen geprägt, in denen spalterwüchsige Kriechweiden (*Salix herbacea*, *Salix retusa* etc.) die Strauchvegetation beherrschten. In das Waldbild gliederten sich mosaikartig Kältesteppelemente wie Beifuß (*Artemisia* spec.), Wiesenraute (*Thalictrum* spec.), Sonnenröschen (*Helianthemum* spec.), Fingerkraut (*Potentilla* spec.) sowie Ampfer-Arten (*Rumex* spec.) ein. Ergänzt wurde dieses Vegetationsspektrum von Meeresträubchen (*Ephedra distachya*), wobei Zwergsträucher wie *Calluna* spec. und *Empetrum* spec. hier pollenanalytisch nicht nachgewiesen werden konnten. Die im pollenanalytischen Gesamtspektrum vergleichsweise hohen Frequenzwerte von Gräsern (55-60 %) und Cyperaceen (150-160 %) weisen ebenfalls auf den halboffenen Charakter dieser Waldökosysteme hin. Die Dauer der Alleröd-Biozone wird heute zwischen 625 Jahren (Hämelsee, vgl. MERKT 1994, MERKT & MÜLLER 1999) und 670 Jahren (Meerfelder Maar, LITT 2004) angesetzt, wobei etwa 200 Jahre nach der Laacher See Eruption das Ende des Alleröd-Interstadials erreicht wurde.

4.2 Jüngere Dryas

Mit einer Unterbrechung der alleroedzeitlichen Erwärmungsphase zwischen 12.680-11.590 BP wurde mit der Jüngeren Dryas eine klimatische Abkühlungsphase

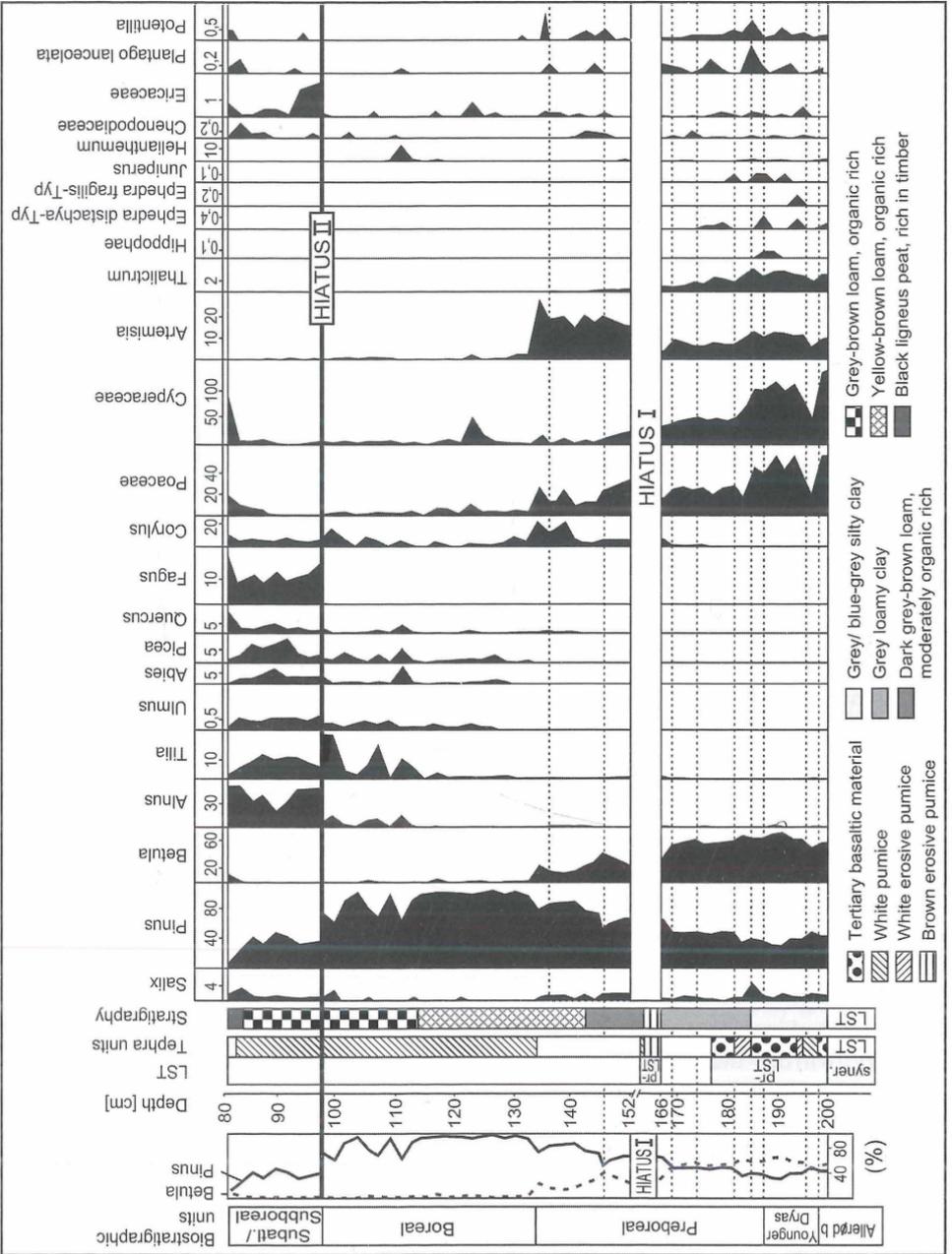


Abb. 4: Ausgewählte Pollen-Frequenzspektren von Bäumen, Sträuchern und Kräutern aus dem Pollendiagramm „Daaden“ (Hoher Westerwald – Bohrkern: „GWW I“) mit Angabe der Stratigraphie und der eingebetteten Tephra-Einheiten. Es bedeuten: LST: Laacher See Tephra, pr LST: post reworked Laacher See Tephra; syner.: syneruptive Laacher See Tephra.

eingeleitet, die sich in zahlreichen pollenanalytischen Studien durch pollenfloristische Leitniveaus widerspiegelt, welche in den nordwestdeutschen Mittelgebirgslandschaften insgesamt eine verstärkte Ausbreitungstendenz der spätglazialen Steppenvegetation sowie eine Umformierung und Öffnung der Wälder zu birkenreichen Gehölzformationen kennzeichnet (LITT & STEBICH 1999, LITT et al. 2003). Im Pollendiagramm Daaden ist dieser Abkühlungsprozess anhand eines signifikanten Rückgangs des Kiefernpollentyps zugunsten von Birkenpollen und markanten Frequenzsteigerungen von Gräser-, Seggen-, Beifuß- und Wiesenrauten-Pollen sowie dem Auftreten beider Meersträubchen-Arten (*Ephedra fragilis* und *E. distachya*) zu erkennen (Abb. 3 und Abb. 4). Für die Jüngere Dryas können erstmals auch Pollenkörner von Wacholder (*Juniperus*) und Sanddorn (*Hippophaë*) in den Sedimenten von Daaden nachgewiesen werden, welche von nun an bis zum beginnenden Präboreal die heliophile Strauchvegetation im Umfeld des ehemaligen Sees begleiteten. Entsprechend den ungünstigeren klimatischen Bedingungen in der jüngeren Tundrenzeit verschob sich im Umfeld des Paläosees vermutlich auch die pedologische Ausgangssituation zugunsten von Solifluktionböden, die aufgrund der vorherrschenden, eher schütterten Vegetation verstärkten Erosionsvorgängen ausgesetzt waren. Als Folge dieser verstärkten Erosionsprozesse lassen sich in den limnischen Sedimenten von Daaden deutlich höhere Anteile an umgelagerten LST-Partikeln wiederfinden (Abb. 4).

4.3 Präboreal

Im Präboreal beherrschten infolge einer Klimaverbesserung Birken und vor allem aber Kiefern die damaligen Waldformationen und prägten auch im Hohen Westerwald das Landschaftsbild. Die im Pollendiagramm (Abb. 4) verzeichneten prozentualen Frequenzwerte an heliophilen Elementen wie Gramineen, Cyperaceen etc. sowie kältezeitlicher Steppenelemente (*Artemisia*, *Thalictrum*, *Ephedra*, *Helianthemum*, *Potentilla*) belegen eine immer noch gut ausgebildete glaziale Krautflora. Der im Vergleich zum Pollenspektrum der Jüngeren Dryas deutlich niedrigere Verlauf dieser Pollenkurven macht aber deutlich, dass das damalige Waldbild bereits dichter geschlossen war als zuvor. Dass lichtliebende Kräuter dennoch in diesen Ökosystemen überdauern konnten, mag eine Folge zyklisch auftretender Waldbrände gewesen sein, die sich in den Sedimenten von Daaden als Einbettungen von Holzkohlepartikeln niederschlagen (SPEIER 1998). Hinsichtlich einer Unterteilung des Präboreals wird eine Gliederung in drei klimatisch differenzierte Unterabschnitte diskutiert (BEHRE 1967, 1978). Demnach käme für das Frühboreal eine temperate und etwa 120 Jahre umfassende „Frieslandschwankung“ (= Präboreal a) in Frage. Danach folgte eine 280 Jahre andauernde Phase vorübergehender Klimaverschlechterung (= Präboreal b), welche eventuell mit der sog. „Piottino-Oszillation“ bzw. der sog. „Rammelbeck-Oszillation“ gleichzusetzen ist, welche letztlich von einer erneuten Erwärmungsphase (= Präboreal c) abgelöst wurde (LOTTER et al. 1992, MERKT & MÜLLER 1999). Auch im Diagramm Daaden erscheint eine Dreiteilung der präborealen Ablagerungen sowohl anhand der Frequenzspektren von Baum- und Krautpollen als auch stratigraphisch möglich. Allerdings beinhaltet diese Dreiteilung keinen pollenfloristisch erkennbaren Wechsel zu kälteren Klimabedingungen (Abb. 4).

Die älteren präborealen Sedimente zeichnen sich durch hohe Anteile an Birkenpollen aus, die jedoch in zwei darauffolgenden Zeitabschnitten immer stärker zurückgehen. Im Gegensatz dazu wird der Anteil an Kiefernpollen im Baumartenspektrum des Diagramms Daaden immer dominanter, was insgesamt auf eine sukzessive Klimaverbesserung schließen lässt. Die Zunahme an umgelagerter LST in den älteren präborealen Sedimenten weist zwar auf eine edaphisch instabile Situation im Einzugsbe-

reich des Sees hin, deutliche pollenfloristische Signale zugunsten eines Wechsels zu einer birkenreicheren und offeneren Vegetation sind jedoch nicht erkennbar. Dagegen verweist ein markanter Hiatus (166-152 cm) aus pollenfreien, aber asche- und holzkohlereichen Sedimenten und umgelagerter Tephra auf eine Störung der Sedimentation im Seebecken hin. Ein Eintrag von Erosionsmaterial als Folge von lokalen Feuerereignissen erscheint hier im Gegensatz zu einer klimatogenen Induktion des zu beobachteten Sedimentwechsels eher wahrscheinlich.

4.4 Boreal

Im älteren Boreal eroberte die Waldkiefer als nun dominante Gehölzart die Mittelgebirgslandschaft des Hohen Westerwaldes, wohingegen Birken sehr rasch an Bedeutung verloren. Der Wechsel in der damaligen Gehölzartenkombination des Untersuchungsgebietes wird im Pollendiagramm durch die Dominanz des Kiefern-Pollens im Baumpollenspektrums von fast 90 % deutlich (Abb. 4). Analog zu den bisherigen Befunden im Lahn-Dill-Bergland können auch hier pollenanalytisch keine haselreichen Kiefernwaldformationen nachgewiesen werden, die ansonsten für zahlreiche andere Mittelgebirge Zentraleuropas typisch sind (LANG 1994). Eine vegetationsgeschichtlich markante Grenze zwischen dem Alt- und Jungboreal, die neben einer empirisch gesicherten Steigerung der Eichenmischwaldkomponenten einerseits sowie vor allem an einem Frequenzanstieg von *Corylus* andererseits deutlich wird, ist dementsprechend hier nicht ausgebildet (s. hierzu die ausführliche Diskussion bei SPEIER 1994). Für die Periode des Altboreals tauchen im Diagramm Daaden die ersten Belege für die nach Norden vordringenden Laubgehölze in Form von Einzelpollenfunden von *Quercus*, *Tilia* und *Ulmus* sowie von *Picea* auf (Abb. 4).

Mit der zunehmenden Etablierung der immergrünen Nadelwälder strukturierte sich trotz regelmäßiger, durch Kohleflitter im Sediment markierte Feuerereignisse die heliophile Kraut- und Strauchschicht im Umfeld des Paläosees zunehmend um, verlor aber immer stärker an Bedeutung. Mit den jungborealen Sedimenten endet zugleich auch die limnische Phase der Ablagerungen in Daaden, da atlantische Sedimente nicht vorhanden sind. Unmittelbar oberhalb eines Hiatus bei 98 cm Tiefe liegen hier aus dem Subboreal bzw. dem Subatlantikum weitaus jüngere Bildungen auf, wobei eine biostratigraphische Zuordnung noch schwierig erscheint. Jedenfalls kann die allmähliche Verlandung des Sees daher nicht rekonstruiert werden. Über die Ursachen dieser chronostratigraphischen Zonierung können bislang nur Vermutungen angestellt werden: Ein Dammbbruch, welcher zur Ausschwemmung der entsprechenden Sedimente aus dem ehemaligen Seebecken führte, wäre jedoch ein möglicher Erklärungsansatz.

5. Entwicklung der aquatischen Vegetation im Paläosee von Daaden

Nach der hier zugrunde gelegten biochronostratigraphischen Einordnung lassen sich die Seesedimente von Daaden einer etwas mehr als 4.000 Jahre andauernden Sedimentationsserie zuordnen, die vom Allerød bis ins Boreal reichte. Aufgrund der geringen Bohrtiefe bis zum Seegrund und der Geländemorphologie handelte es sich um einen ehemaligen Flachwassersee von vermutlich nur 2-3 m maximaler Wassertiefe. Die Vegetationsentwicklung kann nach pollenfloristischen und stratigraphischen Kriterien in mindestens 10 Zonen und 4 Subzonen unterteilt werden, wobei die darauf folgende Biozone (Zone 11) bereits der terrestrischen Phase subborealer bzw. subatlantischer Sedimentbildung angehört (Abb. 5). Die durch verschiedene Pollenspektren rekonstruierbaren Vegetationsbilder mögen dabei verschiedenen aquatischen Lebensgemeinschaften ähnlich gesehen haben, wie sie heute als Subassoziationen oder Fazies

mesotropher bis eutropher Wasserpflanzengesellschaften vom Typ des Statietetum aloides oder des Myriophyllo-Nupharetum luteae beschrieben worden sind (vergl. POTT 1995).

Bereits im Allerød wurde der noch junge See von Daaden von einer artenreichen Wasserpflanzenflora geprägt, welche sich aus einer Schwimmblattzone aus *Stratiotes*, *Hydrocharis* und Lemnaceen sowie einer submersen Seebodenvegetation aus *Myriophyllum alterniflorum* und *M. spicatum* zusammensetzte und damit modernen Krebscherengesellschaften mesotrophen Typs recht nahe kam (Abb. 5, Zone 1). Laichkräuter und Seerosen fehlten noch in dieser jungen Phase der Seentwicklung. Das Spektrum der planktischen Grünalgen wurde in erster Linie von verschiedenen Arten der Gattungen *Pediastrum* und *Botryococcus* (*B. braunii*) beherrscht, wohingegen sich Rotatorien und Dinoflagellaten in diesem Entwicklungsstadium noch nicht nachweisen lassen. Unter den Pediastron dominierte vor allem *P. boryanum* var. *cornutum* neben *P. duplex* var. *rugulosum*. Interessanterweise taucht bereits hier ein besonderer Morphotypus der jüngst von JANKOVSKÁ & KOMÁREK (1995) beschriebenen Art *P. orientale* (Typus A) auf, der hier ausschließlich in den spätglazialen Sedimenten des Allerød, der Jüngeren Dryas sowie dem Älteren Präboreal zu finden ist, während der nahe Verwandte (Typus B) nur in den borealen Seesedimenten von Daaden auftaucht (zur genauen Typus-Ansprache s.: SPEIER et al. 2005). Beide Morphotypen unterscheiden sich in der Struktur ihrer Zellwände: Typus A zeigt eher feine granuläre Strukturen, Typus B hingegen ist in seiner Oberfläche deutlich grob granulär. Aktuell ist die Art *P. orientale* aus Seen des Nahen Ostens und dem Baltikum sowie aus Südamerika und Grönland bekannt; ihre späteiszeitlichen Vorkommen sind hingegen noch völlig unklar (KOMÁREK & JANKOVSKÁ 2001). Eventuell sind hier erstmals zwei Subtypen oder Varietäten mit unterschiedlichen ökologischen Ansprüchen hinsichtlich der Wassertemperatur oder dem Mineralstoffgehalt des Wassers detektiert worden.

In der älteren Phase der Jüngeren Dryas (Zone 2a) kam es offenbar zu einer Veränderung im Wasserhaushalt des See-Ökosystems, die zu einer Beeinträchtigung der aquatischen Lebensgemeinschaften führte, was sich im Pollendiagramm Daaden in einem deutlichen Rückgang der Frequenzspektren aller limnischen Taxa widerspiegelt (Abb. 5). Ob hier Seespiegelschwankungen die ausschlaggebende Rolle spielten, ist nicht ganz klar, da pollenfloristische und stratigraphische Hinweise für eine Verlandung fehlen. In der jüngeren Phase der Dryas (Zone 2b) hatten sich jedoch die Lebensbedingungen wieder stabilisiert, wobei sich die Lebensgemeinschaften im See von Daaden jedoch verändert hatten: In der submersen Wasserpflanzenflora war nun nämlich eine weitere Tausendblatt-Spezies (*Myriophyllum verticillatum*) hinzugetreten. Erstmals wuchsen hier nicht nur See- und Teichrosen (*Nymphaea*-Typ, *Nuphar*-Typ), sondern auch Laichkräuter (*Potamogeton* spec.). Ähnliches galt auch für das damalige Phytoplankton: Unter den Pediastron spielten nun *P. boryanum* var. *boryanum* und auch *P. angulosum* var. *angulosum* neben *P. duplex* var. *rugulosum* eine wichtige Rolle. Zum ersten Male lassen sich in diesen Sedimenten auch Rotatorien sowie Vertreter der Algengattung *Chlamydomonas* nachweisen. Unter den zu *P. angulosum* var. *angulosum* zählenden Pediastron kommen hier jedoch nur Morphotypen (Typus B) vor, deren Coenobien ausschließlich fein-kondensierte Oberflächenstrukturen mit unregelmäßiger Coenobienform aufweisen, wie sie von KOMÁREK & JANKOVSKÁ (2001) bislang für entsprechende Vorkommen in Tschechien beschrieben wurden. Der durch polygonale Netzstrukturen charakterisierte Typus B ist in Daaden dagegen nur in borealen Schichten nachweisbar. Auch hier könnten sich somit in der subfossilen Planktonflora von Daaden die Vorkommen verschiedener Ökotypen manifestiert haben.

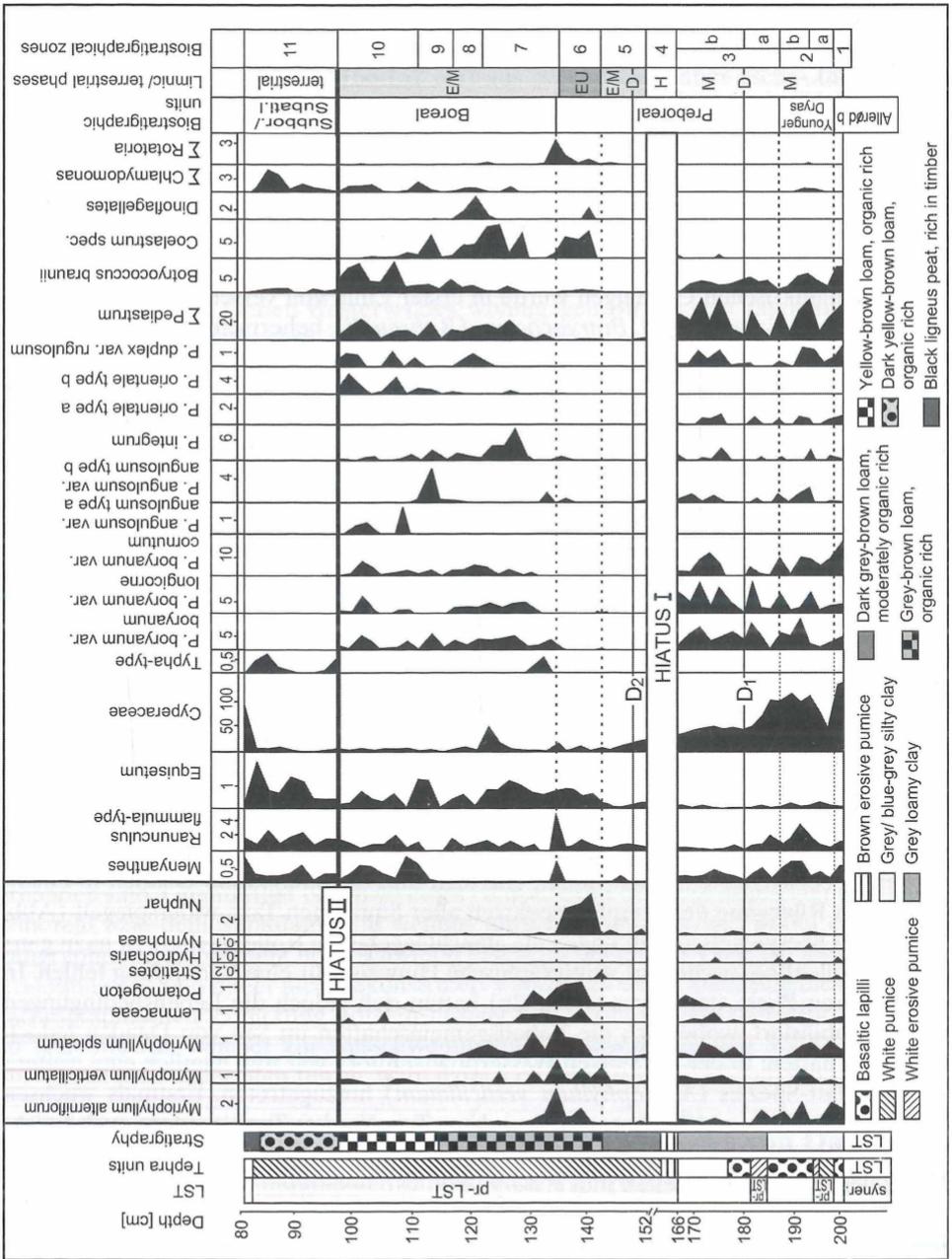


Abb. 5: Ausgewählte Pollen-Frequenzspektren von Wasserpflanzen und Elementen des Planktons aus dem Pollendiagramm „Daaden“ (Hoher Westerwald – Bohrkern: „GWW I“) mit Angabe der Stratigraphie und der eingebetteten Tephra-Einheiten. Es bedeuten: LST: Laacher See Tephra, pr LST: post reworked Laacher See Tephra; syner.: syneruptive Laacher See Tephra.

Im Präboreal (Zonen 3-6) herrschten wohl weiterhin mesotraphente Bedingungen im See von Daaden vor, wobei allerdings der Wasserspiegel des Gewässers deutlichen Schwankungen unterworfen war, denn es lassen sich 2 Probensequenzen nachweisen, in denen keine Pollenkörner von aquatischen Makrophyten gefunden werden können, was für ein vorübergehendes Trockenfallen des Sees spricht (Abb. 5, D1, D2). Auch scheint es mehrfach Verschiebungen im Dominanzverhalten verschiedener Spezies einer Gattung gegeben zu haben, die vielleicht säkulare Schwankungen in der Trophie des Gewässers nachzeichnen. Interessanterweise ist nämlich die älteste Phase der Jüngeren Dryas (Zone 3a) durch eine submerse Flora gekennzeichnet, die lediglich von *Myriophyllum alterniflorum* geprägt wird. In Zone 3b sind hingegen wieder alle drei Tausendblattarten vertreten. In Zone 5 kommt nur hier jedoch nur noch *M. verticillatum* vor.

Deutlich eutrophe Verhältnisse kennzeichneten die letzte Phase des präborealen Gewässerentwicklung (Zone 6), die im See von Daaden von einem radikalen Wechsel in der aquatischen Vegetation begleitet wurde. Eine Veränderung der ökologischen Rahmenbedingungen hatte sich bereits nach der vorangegangenen Einschwemmung tephra- und holzkohlereicher Sedimente in das Gewässer abgezeichnet (Zonen 4 und 5). Dieses Ereignis hatte sogar einen Zusammenbruch der Planktonflora zufolge, denn in den älteren Sedimenten aus der Zeit des Präboreals tauchen keinerlei Hinweise auf Grünalgen mehr auf. Lediglich einige, wenige Rotatorien-Spezies waren zu dieser Zeit noch im Gewässer präsent. Eine Schwimmblattzone und eine stark reduzierte submerse Unterwasserflora existierten jedoch – wie die entsprechenden Pollenkornfunde belegen – weiter. In der letzten Phase des Präboreals beherrschte eine gut entwickelte Schwimmblattvegetation aus Teichrosen (vermtl. *Nuphar lutea*), Laichkräutern (*Potamogeton* spec.) und Buckellinsen (Lemnaceae) die Wasserflächen des ehemaligen Sees. In der submersen Wasserflora waren alle drei der oben genannten *Myriophyllum*-Species vertreten (Abb. 5). Allerdings wurde das Phytoplankton neben Rotatorien und Dinoflagellaten nun von Algen der Gattung *Coelastrum* beherrscht, wohingegen die Gattungen *Pediastrum* und *Botryococcus* kaum noch eine Rolle spielten (Abb. 5, Zone 6). Diese Befunde sprechen für eine eutrophe Phase in der hiesigen Gewässerentwicklung, legt man die Beobachtungen heutiger Vegetationsveränderungen zugrunde, welche sich nach einer Nährstoffanreicherung in ursprünglich mesotrophen Gewässern ergeben (vergl. POTT 2000).

Die boreale Seenentwicklung von Daaden (Zonen 7-10) ist erstaunlicherweise durch eine Rückkehr zu den ursprünglichen trophischen Verhältnissen eines meso- bis schwach eutrophen Gewässertypus geprägt, wobei eine Wiederbesiedlung des Gewässers durch Froschbiss (*Hydrocharis* spec.) allerdings unterblieb. Lückenhafte Nachweise einzelner Makrophyten lassen zudem eine Störung des Sees durch stark schwankende Wasserspiegel schließen, was sich auf die Pediastron weniger auswirkte, da diese Grünalgen auch in sehr flachen Gewässern, ja sogar in flachen Pfützen, zu wachsen vermögen. Das Phytoplankton zeigte in dieser klimatisch nun vergleichsweise günstigen Biozone allerdings auch immer wieder Verschiebungen in der Dominanz einzelner Gruppen oder auch Arten und Varietäten, deren Ursachen aber bislang noch unklar sind (Abb. 5). So spielte vor allem *P. integrum* var. *integrum* im ehemaligen See von Daaden eine bedeutende Rolle. Bemerkenswert erscheint in diesem Zusammenhang auch, dass die hiesige Gewässerentwicklung während des Boreals durch das Auftauchen spezieller Morphotypen gekennzeichnet wird, die eventuell mit höheren Wassertemperaturen in Verbindung gebracht werden könnten. Es sind dies: *P. angulosum* var. *angulosum*-Typus A und *Pediastrum orientale* –Typus B.

6. Signalgebung auf Umweltveränderungen bei Pediastron

Die charakteristischen Aggregatverbände der zu den Chlorophyceen gehörenden Grünalgen der Gattung *Pediastrum* teilen sich stets nach einem festen Muster, wobei sich nach jedem Teilungsschritt die Zellanzahl verdoppelt: 4, 8, 16, 32, 64 etc.. Die Einzelzellen zeigen hinsichtlich ihres Zelldurchmessers innerhalb gewisser Grenzen natürlich Unterschiede, wobei insbesondere die Zellwandstruktur in einzelnen Entwicklungsstadien durch Umwelteinflüsse modifiziert werden kann (DEASON 1983). Inwiefern verschiedene Größenrelationen bestimmte Variationen von Umweltparametern reflektieren, ist besonders in Hinsicht auf die spät- und postglaziale Vegetationsentwicklung noch unklar, da die Datenlage hier noch zu gering und die syntaxonomische Zuordnung vieler Taxa zweifelhaft ist (KOMÁREK & JANKOVSKÁ 2001). Einige Pediastron-Spezies besitzen vermutlich eine Indikatorfunktion für distinkte Wasserqualitäten: So gilt beispielsweise *P. angulosum* als eine Art oligotropher Seen, *P. integrum* hingegen als Element dystropher Gewässer und *P. boryanum* oder *P. duplex* wiederum als Indikatoren für eher mesotrophente Wasserqualitäten (vergl. KOMÁREK & JANKOVSKÁ 2001). Die entsprechenden Funde dieser und anderer Arten in den Seesedimenten von Daaden machen aber deutlich, dass das ökologische Spektrum einiger dieser Typen sicherlich erweitert werden muss, denn der Paläosee besaß aufgrund der Chemie seines nährstoffreichen und basisch reagierenden, vulkanogenen Basismaterials niemals eine oligotrophe oder dystrophe Entwicklungsphase. Generell zeichnet sich aus vegetationsgeschichtlicher Sicht weiterhin ab, dass die Zusammensetzung der *Pediastrum*-Flora während des Spät- und Postglazials in vielen Seen der Erde sehr unterschiedlich gestaltet war. Einige Arten scheinen dabei ein häufiges Element spätglazialer Planktonflore gewesen zu sein wie z.B. *P. boryanum*, *P. duplex* oder *P. integrum*. Andere Typen tauchen – wie etwa *P. orientale* – eher selten auf, was im Einzelfall sicherlich mit noch bestehenden taxonomischen Unsicherheiten zu tun hat (vergl. NIELSEN & SØRENSEN 1992).

Hinsichtlich der absoluten Häufigkeiten zeichnet sich ebenfalls ein sehr unterschiedliches Bild ab: So ergaben beispielsweise Analysen aus der nordamerikanischen Great Lake Region (YU 2000), Irland (O'CONNELL 1999) wie auch aus Grönland (BJÖRCK et al. 2002) maximale Werte für das Auftreten von Pediastron in den Sedimenten der Jüngeren Dryas-Zeit, in einigen nordwestdeutschen Paläoseen sind Pediastron mit höheren Häufigkeiten bereits im Alleröd und Bölling nachgewiesen worden (MERKT & MÜLLER 1999). Zeitlich deutlich vor der Jüngeren Dryas-Periode liegen beispielsweise auch die Pediastron-Peaks in Sedimenten des Cass Basins in Neuseeland (MCCLONE et al. 2004). In Analysen aus dem Lama See (Zentralsibirien) wird dagegen eine solche Entwicklung – ebenso wie übrigens auch im Falle des Sees von Daaden – nicht deutlich (s. HAHNE & MELLES 1997).

Deutlicher als anhand des Verteilungsmusters verschiedener Arten oder Varietäten von Pediastron tritt in der Analyse der hiesigen Seesedimente die unterschiedliche Verteilung der coenobialen Größenverteilungen in den verschiedenen Biozonen hervor (Abb. 6). So zeigen beispielsweise *P. boryanum* var. *boryanum*, *P. boryanum* var. *cornutum* und *P. integrum* var. *integrum* in den alleroedzeitlichen und präborealen Seesedimenten von Daaden deutlich größere Coenobien als in solchen Ablagerungen, welche aus der Jüngeren Dryas-Zeit stammen. Am häufigsten treten beispielsweise in den alleroedzeitlichen Sedimenten Coenobien von *P. integrum* var. *integrum* auf, die einen Durchmesser von 40-50 mm besitzen. In den Sedimenten der Jüngeren Dryas besitzt die Hälfte aller nachgewiesenen Coenobien dieser Varietät einen Coenobien-durchmesser, der bei 20-30 mm liegt. In dieser Phase der Seegenese sind die Aggregat-

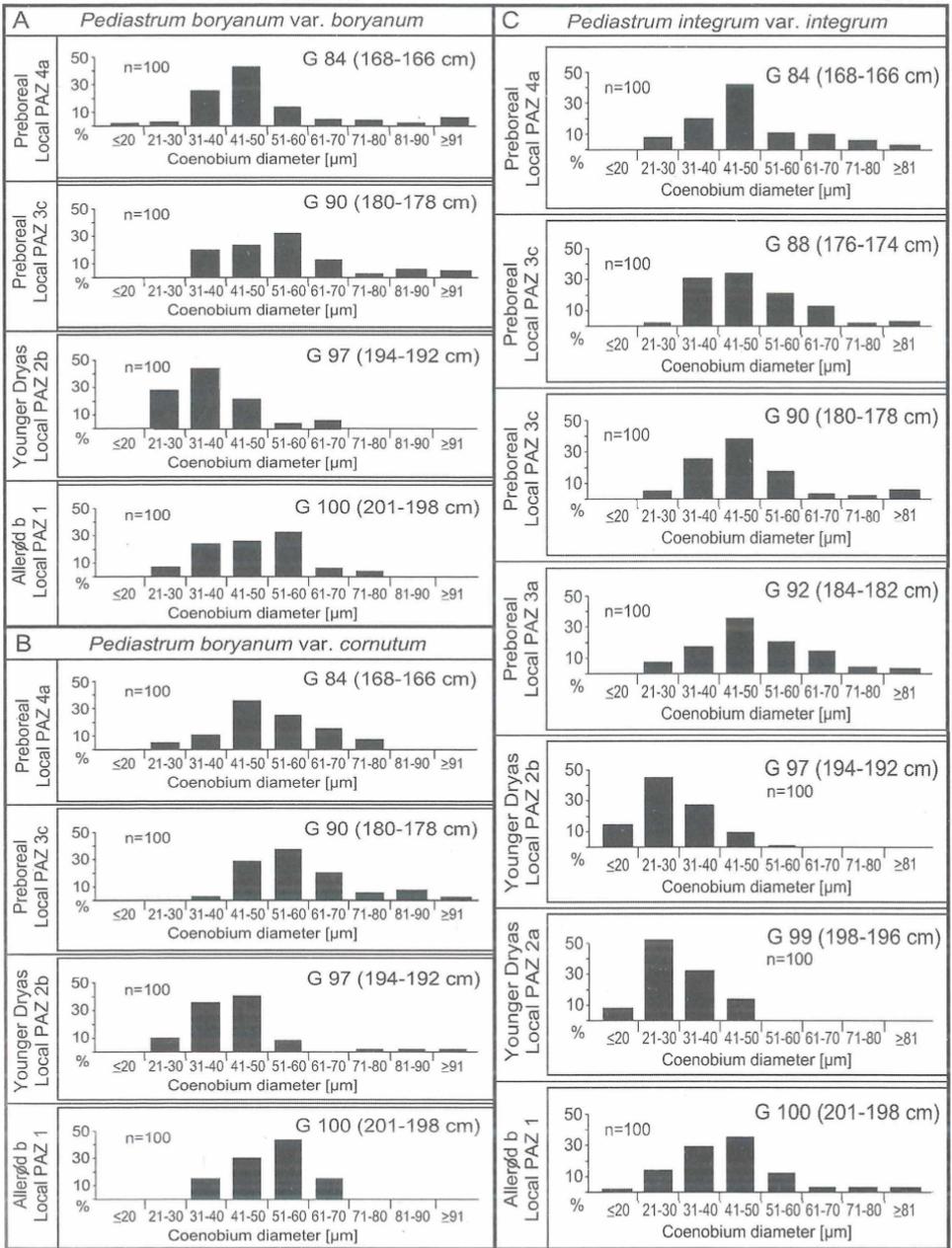


Abb. 6: Darstellung der Größenverteilung von Coenobien-Durchmessern bei ausgewählten Varietäten von Pediastrum-Arten aus dem Bohrkern: „GWV I“ („Daaden“) für zwei spätglaziale Biozonen (Allerød, Jüngere Dryas) und frühe holozäne Seeablagerungen (Präboreal).

verbände somit fast um die Hälfte kleiner, erreichen jedoch im Präboreal wieder ihre vorherigen Größen. Dies gilt in der Tendenz genauso für die beiden anderen genannten Varietäten. Mathematische Signifikanz- und Wahrscheinlichkeitstests nach Methoden von Kruskal-Wallis, Mann-Whitney (GLANTZ 1998) und Bonferroni (WEISS 2002) ergeben für die genannten Arten signifikante Größenunterschiede zwischen G 97 bzw. G99 aus der Jüngeren Dryas und den anderen Proben mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p_{\text{ein}} \leq 0.001$ für jeden einzelnen Test. Damit kann auch biostatistisch als sicher angenommen werden, dass die Coenobien der untersuchten *Pediastrum*-Varietäten aus der Jüngeren Dryas signifikant kleiner sind, als diejenigen aus dem Alleröd und Präboreal.

Erstmals kann daher durch paläoökologische Untersuchungen belegt werden, dass während der vergleichsweise klimatisch günstigeren Perioden des Alleröds und des Präboreals verschiedene Grünalgenpopulationen mit einer signifikanten Vergrößerung ihrer Aggregatverbände reagierten. Ob diese Größenzunahmen aufgrund einer höheren Wassertemperatur oder mit einer Veränderung von eingeschwemmten Nährstoffen in Verbindung stehen, sollen künftige Untersuchungen zeigen.

7. Zusammenfassung

Biogeowissenschaftliche Studien spätglazial-frühholozäner Seesedimente aus Daa- den im Hohen Westerwald gewähren erstmals Einblicke in die hiesige Landschafts- und Vegetationsentwicklung. Bis in die Periode des Boreals kann über eine Zeitspanne von ca. 4.000 Jahren die wechselvolle Geschichte eines montanen Flachwassersees rekonstruiert werden, dessen artenreiche aquatische Makrophyten- und Phytoplanktonflora sich hier unter meso- bis eutrophen Bedingungen entwickelte. Als Elemente des Phytoplanktons reflektieren Grünalgen der Gattung *Pediastrum* durch Veränderungen ihrer Coenobiengrößen ehemalige Umweltveränderungen.

8. Literatur

- BAALES, M., JÖRIS, O., STREET, M., BITTMANN, F., WENIGER, B. & WIETHOLD, J. (2002): Impact of the late glacial eruption of the Laacher See volcano, Central Rhineland, Germany. – *Quat. Res.* **58**: 273-288.
- BEHRE, K.-E. (1967): The Lateglacial and early postglacial history of vegetation and climate in Northwestern Germany. – *Rev. Palaeobot., Palynol.* **4**: 149-161.
- BEHRE, K.-E. (1978): Die Klimaschwankungen im europäischen Präboreal. – *Petermanns Geogr. Mitt.* **2**: 97-102.
- BEUG, H.-J. (2004): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. – Pfeil-Verl., 542 S., München.
- BJÖRCK, S., BENNIKE, O., ROSEN, P., ANDRESEN, C.S., BOHNKE, S., KAAS, E. & CONLEY, D. (2002): Anomalously mild Younger Dryas summer conditions in southern Greenland. – *Geol. Soc. Americ.* **5**: 427-430.
- BOGAARD, P. VAN DEN & SCHMINCKE, H.U. (1984): The eruptive center of the late Quaternary Laacher See tephra. – *Geol. Rundschau* **73**: 935-982.
- BOGAARD, P. VAN DEN & SCHMINCKE, H.U. (1985): Laacher See Tephra: A widespread isochronous late Quaternary tephra layer in central and northern Europe. – *Geol. Soc. of America Bull.* **96**: 1554-1571.
- BOGAARD, P. VAN DEN, SCHMINCKE, H.U., FREUNDT, A. & PARK, C. (1990): Evolution of complex Plinian eruptions: The late Quaternary Laacher See case history. – In: HARDY, D. et al. (eds.). *Thera and the Aegean World*, vol. 3. Santorini, Greece, The Thera Foundation: 463-483, London.
- BRÄUER, A., ENDRES, C. & NEGENDANK, J.F.W. (1999a): Lateglacial calendar year chronology based on annual laminated sediments from Lake Meerfelder Maar, Germany. – *Quat. Int.* **61**: 17-25.

- BRAUER, A., ENDRES, C., GÜNTHER, C., LITT, T. & STEBICH, M. & NEGENDANK, J.F.W. (1999b). High resolution sediment and vegetation responses to Younger Dryas climate change in varved lake sediments from Meerfelder Maar, Germany. – *Quat. Sci. Rev.* **18**: 321-329.
- DEASON, T.R. (1983): Cell wall structure and composition as taxonomic characters in the cocco- id Chlorophyceae. – *J. Phycol.* **19**: 248-251.
- ERDTMAN, G. (1954): An introduction to pollen analysis. – 239 pp., Stockholm.
- FREUNDT, A. & SCHMINCKE, H.U. (1986): Emplacement of small volume pyroclastic flows at Laacher See volcano (East Eifel, Germany). – *Bull. of Volcanology* **48**: 39-60.
- GLANTZ, S. A. (1998): Biostatistik: Ein Fachbuch für die Praxis. – 4. Aufl., McGraw-Hill, 451 S., Frankfurt/M., London, New York.
- HAASE, K.M., GOLDSCHMIDT, B. & GARBE-SCHÖNBERG, C.-D. (2004): Petrogenesis of Tertiary continental intra-plate lavas from the Westerwald region, Germany. – *J. of Petrol.* **45** (5): 883-905.
- HAHNE, J. & MELLES, M. (1997): Late- and post-glacial vegetation and climate history of the southwestern Taymyr peninsula, central Siberia, as revealed by pollen analysis of a core from Lake Lama. – *Veget. Hist. Archaeobot.* **6**: 1-8.
- JANKOVSKÁ, V. & KOMÁREK, J. (1995): *Pediastrum orientale* from subfossil layers. – *Folia Geobot. - Phytotax.* **30**: 319-329.
- JANKOVSKÁ, V. & KOMÁREK, J. (2000): Indicative value of *Pediastrum* and other coccal green algae in palaeoecology. – *Folia Geobot.* **35**: 59-82.
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. – 462 S., 1. Aufl., Fischer-Verl., Jena.
- KOMÁREK, J. & JANKOVSKÁ, V. (2001): Review of the green algal genus *Pediastrum*; implication for pollenanalytical research. – *Bibliotheca Phycologica* **108**: 127 S., Cramer-Verl., Berlin, Stuttgart.
- LIEDTKE, H. (1973): Klimatypen in Rheinland-Pfalz. – In: LIEDTKE, H., SCHARF, G. & SPERLING, W. (Hrsg.): Topographischer Atlas Rheinland-Pfalz: 24-25, Wachholtz-Verl., Neumünster.
- LITT, T. (2003): Environmental response to climate and human impact in central Europe during the last 15,000 years – a German contribution to PAGES-PEP III. Editorial. – *Quat. Sci. Rev.* **22**: 1-4.
- LITT, T. (2004): Eifelmaare als Archive für die Vegetations- und Klimageschichte der letzten 15000 Jahre. – *Ber. Reinh.-Tüxen-Ges.* **16**: 87-95.
- LITT, T. & STEBICH, M. (1999): Bio- and chronostratigraphy of the Lateglacial in the Eifel region, Germany. – *Quat. Int.* **61**: 5-16.
- LITT, T., H.U. SCHMINCKE & KROMER, B. (2003): Environmental response to climate and volcanic events in central Europe during the Weichselian Lateglacila. – *Quat. Sic. Rev.* **22**: 7-32.
- LOTTER, A.F., EICHER, U., SIEGENTALER, U. & BIRKS H.J.B. (1992): Late-glacial climatic oscillations as recorded in Swiss lake sediments. – *J. Quat. Sci.* **7** (3): 187-204.
- MCCLONE, M.S., TURNEY, C.S.M. & WILMHURST J.M. (2004): Late-glacial and Holocene vegetation and climate history of the Cass Basin, central South Island, New Zealand. – *Quat. Res.* **62**: 267-279.
- MERKT, J. (1994): The Alleröd – Duration and climate as derived from laminated lake sediments. – *Terra Nostra* **1/94**: 59-63.
- MERKT, J. & MÜLLER, H. (1999): Varve chronologie and palynology of the Lateglacial in North-west Germany from lacustrine sediments of Hämelsee in Lower Saxony. – *Quat. Int.* **61**: 41-59.
- NIELSEN, H. & SØRENSEN, I. (1992): Taxonomy and stratigraphy of late-glacial *Pediastrum* taxa from Lysmosen, Denmark-a preliminary study. – *Rev. Palaeobot. Palynol.* **74**: 55-75.
- O'CONNELL, M.O., HUANG, C.C. & EICHER, U. (1999): Multidisciplinary investigations, including stable-isotope studies of thick Late-glacial sediments from Tory Hill, Co. Limerick, western Ireland. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **147**: 169-208.
- POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. – 2. Aufl., Ulmer-Verl., 622 S., Stuttgart.
- POTT, R. (2000): Ökosystemanalyse des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt)- Interaktionen zwischen Still- und Fließgewässern, Grundwasser und Vegetation sowie Landnutzung und Naturschutz. – *Abh. Westf. Mus. Naturkde.* **62** (Beih.): 397 S., Münster.
- ROTH, H. J. (1996): Die Landschaft des Westerwaldes. – In: HUCKE, H.-J. (Red.): *Westerwald-Führer*: 22-50, Verl. Westerw.-Ver., Montabaur.

- SCHMINCKE, H.U. (2000): Vulkanismus. – 264 S., Wiss. Buchges., Darmstadt.
- SCHMINCKE, H. U., PARK, C. & HARMS, E. (1999): Evolution and environmental impacts of the eruption of Laacher See Volcano (Germany) 12,900 a BP. – Quat. Int. **61**: 61-72.
- SCHREIBER, U., ANDERS, D. & KOPPEN, J. (1999): Mixing and chemical interdiffusion of trachytic and latitic magma in a subvolcanic complex of the Tertiary Westerwald (Germany). – Lithos **46**: 695-714.
- SPEIER, M. (1994): Vegetationskundliche und paläoökologische Untersuchungen zur Rekonstruktion prähistorischer und historischer Landnutzungen im südlichen Rothaargebirge. – Abh. Westf. Mus. Naturkde. **56** (3/4): 174 pp., Münster.
- SPEIER, M. (1998): Raum-Zeit-Dynamik in der Vegetations- und Landschaftsentwicklung Mitteleuropas. – Natursch. u. Landschaftsplanung **30** (8/9): 237-242.
- SPEIER, M., HELMREICH CH. & TURNER F. (2005): Biotic responses of macrophytic and algae flora to late-glacial and early Holocene environmental changes – preliminary results from palaeoecological studies on post-glacial sediments from Daaden (Westerwald, NW-Germany). – in prep.
- WEISS, C. (2002): Basiswissen Medizinische Statistik. – 2.Aufl., Springer-Verl., 306 S., Berlin, Heidelberg, New York.
- WOŁOWSKI, K., OBIDOWICZ A. & WAWRZYCKA I. (2002): *Pediastrum* species (Chlorophyceae) in Quaternary sediments of “Zabie Oko” peat bog in the Tatra Mts.. – Acta Palaeobot. **42** (1): 51-61.
- YU, Z. (2000): Ecosystem response to Lateglacial and early Holocene climate oscillations in the Great Lakes region of North America. – Quat. Sci. Rev. **19**: 1723-1747.

Anschrift des Verfassers:

Priv.-Doz. Dr. Martin Speier, Institut für Geobotanik der Universität Hannover, Nienburgerstraße 17, D-30167 Hannover.

e-mail: speier@geobotanik.uni-hannover.de; martinspeier@aol.com

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: [17](#)

Autor(en)/Author(s): Speier Martin

Artikel/Article: [Biogeowissenschaftliche Untersuchung spätglazialer und frühholozäner Seeablagerungen im Westerwald - erste Ergebnisse - 93-112](#)