

NAU

Nachrichtenblatt
Arbeitskreis
Unterwasserarchäologie

Band 15 – 2009

Herausgeber

Kommission für Unterwasserarchäologie
im Verband der Landesarchäologen
in der Bundesrepublik Deutschland

EDITORIAL

Liebe Leserinnen und Leser,

in der vorliegenden Ausgabe von NAU, die die stolze Zahl fünfzehn als Band trägt, sind unter anderem die Berichte der Tagung vom Ahrendsee zusammengefasst. Dieser kleine, auf den ersten Blick unbedeutende See bietet eine Vielzahl von Überraschungen. Die geologische Situation spielt in diesem Zusammenhang eine besondere Rolle. Gerade in Zeiten, in denen die Sicherheit des benachbarten Salzstocks von Gorleben als Atomlager diskutiert wird, erweckt es beim Leser ein gewisses Unbehagen, wenn man die Dynamik des Ahrendsees in den letzten Jahrtausenden betrachtet. Während der Fund eines Einbaums nicht weiter überrascht, ist der lange, neolithische Fischzaun ungewöhnlich, da eine solche Fangeinrichtung an einem so kleinen und gleichzeitig tiefen Gewässer eigentlich nicht zu vermuten gewesen wäre. Die Dokumentation des Prahms und seine Verbindung zum Kloster lassen die mittelalterliche Geschichte der Gegend in einem anderen Licht erscheinen. Insgesamt wird deutlich, dass erst durch die Zusammenarbeit von naturwissenschaftlichen, geologischen und archäologischen sowie historischen Untersuchungen ein Gesamtbild gezeichnet werden kann. Damit ist eine methodische Vorgehensweise vorgestellt worden, die sicherlich als modellhaft für andere Gewässer gelten kann.

Bislang fanden im deutschen Teil des Wattenmeers und den angrenzenden Hoheitsgewässern sowie in der Ausschließlichen Wirtschaftszone so gut wie keine unterwasserarchäologischen Maßnahmen statt. Bedingt durch den Bau von Offshore-Einrichtungen, besonders Windparks, aber auch durch Kiesabbau sind aber die dort vorhandenen Bodendenkmäler zunehmend gefährdet. Neben Wracks und mittelalterlichen bzw. frühneuzeitlichen Siedlungen sind vor allem mesolithische Fundstellen in der Nordsee zu nennen. Deshalb ist der Bericht über Taucharbeiten vor der englischen Küste von großem Interesse, da die dort gewonnenen Erfahrungen sicherlich bald in Deutschland von Nutzen sein werden. Weitere Artikel verdeutlichen das Potential intensiven Aktenstudiums. Die Durchforstung der Bestände kleinerer Museen führte zu einer erheblichen Erhöhung der Zahl der bekannten Boots- und besonders Einbaumfunde. In der Regel befassen sich die Artikel in NAU mit Grabungsergebnissen, während über die Arbeitsschritte danach wenig zu erfahren ist. Neben dem teilweise mühsamen und langwierigen Weg bis in die Ausstellung im Museum, ist vor allem die Frage nach der geeigneten Konservierungsmethode von Nasshölzern zu nennen. Ein Symposium, in dem die positiven und negativen Erfahrungen der letzten Jahrzehnte anhand von Wracks diskutiert wurde, kann helfen, in Zukunft schon einmal gemachte Fehler zu vermeiden. Insgesamt zeichnet das Nachrichtenblatt wieder ein sehr rundes und vielfältiges Bild der Unterwasserarchäologie und ich wünsche Ihnen allen viel Freude bei der Lektüre.

Timm Weski

Umschlagbild Vorderseite

Arendsee. Sondage und Dokumentation des Prahms durch Forschungstaucher. Foto Harald Lübke.

Umschlagbild Rückseite

Arendsee (Sachsen-Anhalt). Seetiefenkarte nach der Sonarvermessung (1999). Grafik Olaf Hartmann und Günter Schönberg (oben).

Stettfeld (Bayern/Mainfranken). Stark erodierter „Bug“ mit Bohrlöchern (links unten); Korrelation zwischen Einbaum (rot) und bayerischer Tannenkurve (blau) (Mitte unten); Bohrlöcher am „Heck“ durch den Boden des Rumpfes (rechts unten). Fotos und Grafik Franz Herzig, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (BLfD) .

Internes

<i>Bericht zur 14. Jahrestagung des Arbeitskreises Unterwasserarchäologie vom 05.10.–07.10.2007 in Arendsee /Altmark</i>	7
--	---

Schwerpunktthema Arendsee

Zur Entwicklung des Arendsees in der Altmark, Sachsen-Anhalt	9
ROSEMARIE LEINEWEBER, HANS-JÜRGEN BEUG, JÖRG CHRISTIANSEN, HANS-JÜRGEN DÖHLE, OLAF HARTMANN, MONIKA HELLMUND, BURKHARD W. SCHARF und GÜNTER SCHÖNBERG	
Unterwasserarchäologie im Arendsee.....	13
ROSEMARIE LEINEWEBER und HARALD LÜBKE	
Fischreste aus dem Bereich des Fischzaunes im Arendsee.....	25
HANS-JÜRGEN DÖHLE	
Pollenanalysen an Sedimenten des spätneolithischen Fischzauns vom Arendsee, Altmarkkreis Salzwedel	28
MONIKA HELLMUND	
Zur Entstehung des Arendsees. Ein Vergleich paläolimnologischer Untersuchungen mit den Ergebnissen eines Modellversuches The development of Lake Arendsee. A comparison of palaeolimnological investigations with a model experiment in a lab	37
BURKHARD W. SCHARF, RÜDIGER RÖHRIG, SHEILA KANZLER, HANS-JÜRGEN BEUG, OLAF BÜTTNER, JÖRG CHRISTIANSEN, JUDITH FIEKER, HANS-HENNING SCHINDLER und HARTMUT SCHINDLER	
Palynologische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Bereich des Arendsees und zum Alter seiner Sedimente.....	51
JÖRG CHRISTIANSEN	
Geologische Entwicklungsgeschichte und Untersuchungsergebnisse am Arendsee	58
OLAF HARTMANN und GÜNTER SCHÖNBERG	

Denkmalpflege und Forschung

Historische Schiffswracks in Großbritannien – Taucharbeiten in Zusammenhang mit dem ‘Protection of Wrecks Act’ 1973	65
DIETLIND PADDENBERG	
Die „Lange Brücke“ in Magdeburg.....	72
CHRISTOPH RINNE	
Strandgut – ein Einbaum im Altarm der Elbe bei Neukirchen, Altmark	78
MATTHIAS LINDEMANN	
Entdeckt in Magazinen, Akten und Gewässern – Einbäume in Sachsen-Anhalt.....	83
ROSEMARIE LEINEWEBER	
Neues zu Altfunden von Booten aus Bayern	93
FRANZ HERZIG und TIMM WESKI	

Nachrichten/Kurzberichte

Der Weg des Prahms aus Xanten-Wardt ins LVR-RömerMuseum.....	105
JULIA OBLADEN-KAUDER	

Tagungen/Kongresse

Bericht über den Workshop zum Stand der Konservierung und Präsentation von archäologischen Schiffs- und Bootsfunden in Deutschland – Erfahrungen und Möglichkeiten – Dienstag, den 17. und Mittwoch den 18. Juni 2008 im Deutschen Schifffahrtsmuseum, Bremerhaven (<i>T. Weski</i>).....	108
Bericht über das 14 th Annual Meeting of the European Association of Archaeologists (EAA) in Malta 16.–21. September 2008 (<i>T. Weski</i>).....	113

Neuerscheinungen/Buchbesprechungen

<i>„Wolfstans Voyage‘. The Baltic Sea region in the early Viking Age as seen from shipboard. Maritime Culture of the North, vol. 2, Roskilde 2009 (Anton Englert & Athena Trakadas [Eds.]</i>).....	116
<i>Vorindustrielle Lastsegelschiffe in der Schweiz. Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters 35, Basel 2008 (Thomas Reitmaier)</i>	117

Impressum

*Herausgeber: Kommission für Unterwasserarchäologie c/o Dr. Timm Weski,
Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Hofgraben 4, 80539 München*

*Redaktion: Dr. Ralf Bleile M.A., Dr. Anton Englert, Dr. Thomas Förster,
Ursula Hügi lic. phil., Dr. Joachim Köninger, Dr. Tobias Pflederer, Wolfgang Schmid MA*

Lektorat: Dr. Joachim Köninger, Wolfgang Schmid MA

Englischlektorat: Jamie McIntosh

*Vertrieb: Janus-Verlag Freiburg i. Br., Dr. Joachim Köninger, Astrid-Lindgren-Str. 4,
D-79100 Freiburg i. Br.*

Druck: Janus-Verlag Freiburg i. Br.; Gruber Design, Eschholzstr. 9a, D-79106 Freiburg i. Br.

Satz, Litho, Layout und Organisation: Janus-Verlag Freiburg i. Br.

<http://www.jkoeninger.de>

<http://www.unterwasserarchaeologie-arbeitskreis.de>

© 2009 Kommission Unterwasserarchäologie

Bericht zur 14. Jahrestagung des Arbeitskreises Unterwasserarchäologie vom 05.10.–07.10.2007 in Arendsee / Altmark

Die 14. Jahrestagung des Arbeitskreises Unterwasserarchäologie fand auf Einladung von Dr. Harald Meller und Dr. Rosemarie Leineweber, Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, statt.

Bereits am Freitag trafen sich die Kongress-Teilnehmer ab 14.30 h im Tauchclub Arendsee (TCA). Am späten Nachmittag begaben sich die bereits angereisten Tagungsteilnehmer zur Seerundfahrt auf die „Queen Arendsee“. Nach dem gemeinsam eingenommenen Abendessen in der IDA (Integrationsdorf Arendsee) Familienerholungsstätte beschloss der von R. Leineweber und H. Lübke gehaltene öffentliche Vortrag „Unterwasserarchäologie im Arendsee“ den Abend.

Am Samstag wurde die Tagung mit der 14. Sitzung des Arbeitskreises in der Mehrzweckhalle Integrationsdorf Arendsee (IDA) fortgesetzt.

Die Sitzung des Arbeitskreises eröffnete der Sprecher der Kommission für Unterwasserarchäologie T. Weski. Es folgten Grußworte von Harald Meller, Halle (Saale), Landesarchäologe und Direktor des Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Direktor des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle (Saale), von Hans-Jürgen Ostermann, Landrat des Altmarkkreises Salzwedel und von Klaus Führ, Bürgermeister der Stadt Arendsee.

Folgende Vorträge wurden gehalten:

Günter Schönberg, Magdeburg (D): Entwicklungsgeschichte und geologische Untersuchungen am Arendsee.

Burkhard W. Scharf, Bremen (D): Zur Entwicklung des Arendsees aus palaeolimnologischer Sicht.

Jörg Christiansen, Göttingen (D): Ein Überblick über die holozäne Vegetationsgeschichte am Arendsee.

Monika Hellmund, Halle (Saale) (D): Pollenanalysen an Sedimenten aus der Umgebung des Fischzauns im Arendsee.

Hans-Jürgen Döhle, Halle (Saale) (D): Faunenfunde aus der Umgebung des Fischzauns im Arendsee.

Michael Hupfer, Berlin (D): Untersuchungen rezenter Sedimentablagerungen zur Interpretation von natürlichen und anthropogenen Vorgängen im Arendsee.

Roman Scholz, Jena (D): Fotogrammetrische Dokumentation am Beispiel des Fischzauns im Arendsee.

Ruth Blankenfeld, Schleswig (D): Auf der Suche nach der Altgrabung – eine taucherische Prospektion im Thorsberger Moor.

Mike Belasus, Schwerin (D): Von der Schlei an die Warnow? Das spätmittelalterliche Wrack von Rostock – Hohe Düne.

Ralf Bleile, Schleswig (D): Archäologische Quellen zur mittelalterlichen Binnenschifffahrt in Mecklenburg-Vorpommern (8.–13. Jh.).

Rosemarie Leineweber, Halle (Saale) (D): Entdeckt in Magazinen, Akten und Gewässern: Einbäume in Sachsen-Anhalt.

Matthias Lindemann, Halle (Saale) (D): Strandgut, ein Einbaum im Altarm.

Timm Weski, München (D): Neues zu Altfunden von Booten aus Bayern.

Christoph Rinne, Halle (Saale) (D): Die „Lange Brücke“ von 1666 in Magdeburg. Die Vermessung und Datierung der 1634 bis 1666 neu erbauten Brücke über die Elbe bei Magdeburg.

Martin Mainberger, Staufeu (D): Ein Einbaum, ein Plankenschiff, eine Siedlung am Fluss! Unterwasserarchäologie am Bodensee, Frühjahr 2007.

Tobias Pffederer, Erlangen (D): Aktuelles aus der bayerischen Unterwasserarchäologie.

H. Bernd Fischer, Speyer (D): Aller Anfang ist schwer – die archäologische Forschungstauchergroupe Rheinland Pfalz stellt sich vor.

Matthias Billig, (D): Das hochmittelalterliche Schiffwrack von Wörth am Rhein.

Dietlind Paddenberg, Salisbury (GB): Historische Schiffswracks in Großbritannien – Taucharbeiten in Zusammenhang mit dem ‚Protection of Wrecks Act‘ (1973).

Petrika Lera, Korca (ALB), Harald Lübke, Schwerin, (D), Karl-F. Rittershofer, Frankfurt a. Main (D): Unterwasserarchäologie im Großen Prespa-See, Südost-Albanien – ein Vorbericht.

Mustafa Sahin, Bursa (TR): Unterwasserforschungen an der südlichen Küste des Marmarameeres.

Das Treffen des Arbeitskreises Unterwasserarchäologie, an dem 71 Personen teilnahmen, war von den örtlichen Organisatoren, Rosemarie Leineweber und Harald Lübke, sehr gut vorbereitet worden und kann deshalb als voller

Erfolg gewertet werden. Besonders zu erwähnen ist die hohe Zahl der Schweizer Kollegen, die die lange Anreise nicht abgeschreckt hatte. Die gemeinschaftliche Unterbringung und Verpflegung im Erholungsheim förderte die Kommunikation untereinander. Bereits die Seerundfahrt bei herrlicher Abendstimmung am Freitag mit der „Queen Arendsee“ zählte zu einem der Höhepunkte der Tagung. Unter den Vorträgen stach besonders der Themenblock über die naturwissenschaftlichen und archäologischen Untersuchungen zum Arendsee hervor. Durch die verschiedenen Blickwinkel auf das, zunächst unscheinbar wirkende Gewässer, wurde die spannende geologische und historische Geschichte deutlich. Auch sonst lag der geographische Schwerpunkt der Vortragsthemen auf dem Binnenland, der aber deutlich zeigte, dass auch dort zahlreiche Funde und Fundstellen mit unterwasserarchäologischem Bezug vorliegen. Oftmals handelt es sich dabei um ältere Meldungen und Untersuchungen, die aber meistens nur unzureichend von der Fachwelt wahrgenommen wurden. Vorträge, die sich auf Maßnahmen in der Ostsee oder auf die sogenannten Pfahlbauten bezogen, waren eindeutig unterrepräsentiert. Die Exkursion zu Bodendenkmälern in der Altmark mit anschließendem Besuch in einer Baumkuchenbäckerei in Salzwedel am Sonntag, wird allen Beteiligten in angenehmer Erinnerung bleiben, auch wenn keine unterwasserarchäologischen Fundstellen besichtigt werden konnten.

TIMM WESKI

Zur Entwicklung des Arendsees in der Altmark, Sachsen-Anhalt

ROSEMARIE LEINWEBER, HANS-JÜRGEN BEUG, JÖRG CHRISTIANSEN, HANS-JÜRGEN DÖHLE,
OLAF HARTMANN, MONIKA HELLMUND, BURKHARD W. SCHARF und GÜNTER SCHÖNBERG

Die Entstehung des Arendsees in der Altmark ist noch nicht in allen Details erforscht. Jedoch kamen Geologen, Limnologen, Biologen und Archäologen in jüngster Vergangenheit zu neuen Erkenntnissen. In diesem Überblicksbeitrag stellen die betreffenden Autoren den aktuellen Forschungsstand zur Genese des Arendsees zusammen.

Tabelle 1 verdeutlicht die Geschichte des Arendseer Salzstockes. Tabelle 2 und Abbildung 1 zeigen die Veränderungen des Arendsees während der sechs bisher bekannten Zeitfenster (Phasen I–VI), die für die Seentwicklung maßgeblich waren. Es folgen die Einzelbeiträge der Autoren, die die hier getroffenen Aussagen im Detail ausführen.

Die Prozesse des Salzaufstieges und der Ablauung von Salzen führten zu zeitlich und räumlich in der Intensität wechselnden Senkungen und Einbrüchen der Erdoberfläche bzw. des

Seegrundes. Damit bestimmen geologische Vorgänge die Morphogenese.

Der Tiefenbereich des Arendsees erweiterte sich im Verlaufe der Jahrtausende aufgrund der beschriebenen geogenen Veränderungen des Untergrundes, und damit vergrößerte sich zugleich die Fläche des Sees. Die Abbildungen zur See-Entwicklung in Abbildung 1 stellen nur Zeitfenster dar, die aus fünf Bohrungen und geophysikalischen sowie archäologischen Daten abgeleitet wurden. Da wir den genauen Verlauf der Grenze der Tiefenzone (Profundal) und des Flachwasserbereichs (Litoral) nicht kennen, sind diese Linien gestrichelt dargestellt.

Der Uferbereich im Westen, Süden und Osten war und ist nur schmal entwickelt. Stets war und ist der Uferbereich im Norden breiter ausgeprägt.

Seit Jahrtausenden leben Menschen an diesem See und nutzen seinen Fischreichtum.

Jahre vor heute	Veränderungen am Salzstock
heute bis ca. 126.000	langsamer Weiteraufstieg des Salzstockes, gleichzeitiger Fortgang der Salzablaugung und Entstehung des heutigen Gipshutes
ca. 126.000 bis ca. 378.000	Abtragung der restlichen Deckschichten des Salzstockes und Ablagerung eiszeitlicher Sedimente, weitere Salzablaugung
ca. 378.000 bis ca. 120 Mio	langsamer Weiteraufstieg des Salzstockes bei gleichzeitiger Erosion von Deckschichten und Ablauung der Salze durch Grundwässer (Beginn der Bildung des Gipshutes)
ca. 120 bis 200 Mio	Aufstieg von Salzen zu einem Salzstock bis in die Nähe der Erdoberfläche bei weitgehender Erosion der Deckschichten. Der höchste Teil des Salzstockes und der spätere Arendsee haben weitgehend übereinstimmende Lage und Größe.

Tab. 1: Zur geologischen Geschichte des Arendseer Salzstockes.

Phase	See-Entwicklung	Chronologie	Vegetations- geschichte	Geologie	Archäologie
VI		nach 1685 AD	Subatlantikum Pollenzone X	Holozän	Neuzeit
V		nach 822 AD	Subatlantikum Pollenzone IXb	Holozän	Früh-/ Hochmittelalter
IV		vor 822 AD (7./8. Jh. AD)	Subatlantikum Pollenzone IXb	Holozän	Frühmittelalter
III		≈ 2500 BC	Subboreal Pollenzone VIII	Holozän	Spätneolithikum
II		≈ 5000 BC	Atlantikum Pollenzone VII	Holozän	Mesolithikum
I		≈ 11000 BC	Allerød Pollenzone II	Spätpleistozän	Paläolithikum

Abb. 1: Die Entwicklung des Arendsees (See-Entwicklung aus SCHARF/RÖHRIG et al. 2009, 46.– BC=Before Christ, AD=Anno Domini).

Phase	(ungefähre) Zeitstellung	Veränderungen des Arendsees
Phase VI	1685 AD	Erweiterung des Sees im Südosten Infolge eines archivarisch dokumentierten Erdfalls versinkt eine Mühle im Arendsee
Phase V	13./14. Jh. AD	Schifffahrt und Fischerei (für Kloster) archivarisch und archäologisch dokumentiert
	1183 AD	Ersterwähnung des Benediktinerinnenklosters Arendsee
	827 AD	erste schriftliche Erwähnung des Arendsees
	nach 822 AD	Erhebliche Vergrößerung des Sees und Entstehung einer geschlossenen Seefläche, aufgrund eines archivarisch dokumentierten Großerdfalls
Phase IV	vor 822 AD (7./8. Jh. AD)	Vergrößerung der Flachwasserzone im Norden und Nord-Osten Archäologisch nachgewiesene Passivfischerei im Norden des Sees und hypothetische bauliche Struktur sowie Wegeführung auf eine Halbinsel im Süden aufgrund geophysikalischer Hinweise
Phase III	um 2500 BC	Erweiterung der Flachwasser- und Tiefenzone im Osten des Sees Passivfischerei im Norden und Nordwesten des Sees archäologisch belegt
Phase II	ca. 5000 BC	Vergrößerung des Litoralbereichs im Norden Menschliche Aktivitäten am See archäologisch nachgewiesen
Phase I	ca. 11000 BC	Hinweise auf flaches Gewässer im Osten und auf eine Tiefenzone (Profundal) im Westen, im Süden und in der heutigen Seemitte

Tab. 2: Zur Geschichte des Arendsees (Phasen I bis VI).

Literatur

CHRISTIANSEN 2009: J. CHRISTIANSEN, Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in der westlichen Prignitz, dem östlichen Hannoverschen Wendland und der nördlichen Altmark. Dissertation Universität Göttingen.

CHRISTIANSEN 2009: J. CHRISTIANSEN, Palynologische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Bereich des Arendsees und zum Alter seiner Sedimente. NAU 15, 2009, 51–57.

DÖHLE 2009: H.-J. DÖHLE, Fischreste aus dem Bereich des Fischzaunes im Arendsee. NAU 15, 2009, 25–27.

HARTMANN/SCHÖNBERG 2003: O. HARTMANN/G. SCHÖNBERG, Der Arendsee in der Altmark. Geologie und Entwicklung (Magdeburg 2003).

HARTMANN/SCHÖNBERG 2009: O. HARTMANN/G. SCHÖNBERG, Geologische Entwicklungsgeschichte und Untersuchungsergebnisse am Arendsee. NAU 15, 2009, 58–64.

HELLMUND 2009: M. HELLMUND, Pollenanalysen an den Sedimenten des neolithischen Fischzauns vom Arendsee. NAU 15, 2009, 28–36.

LEINWEBER/LÜBKE 2006 (2007), R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Unterwasserarchäologie in der Altmark. Archäologie in Sachsen-Anhalt NF 4/I, 2006 (2007) 127–139.

LEINWEBER/LÜBKE 2009: R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Unterwasserarchäologie im Arendsee. NAU 15, 2009, 13–24.

RÖHRIG/SCHARF 2002: R. RÖHRIG/B. W. SCHARF, Paläolimnologische Untersuchungen zur Entwicklung des Arendsees (Sachsen-Anhalt). Greifswalder Geografische Arbeiten 26, 2002, 123–126.

SCHARF/RÖHRIG et al. 2009, B. W. SCHARF/R. RÖHRIG/S. KANZLER/H.-J. BEUG/O. BÜTTNER/J. CHRISTIANSEN/J. FIEKER/HA. SCHINDLER/HE. SCHINDLER, Zur Entstehung des Arendsees. Ein Vergleich paläolimnologischer Untersuchungen mit den Ergebnissen eines Modellversuches. NAU 15, 2009, 37–50.



... das wohl ungewöhnlichste
archäologische Freilichtmuseum
Deutschlands.



PFAHLBAUMUSEUM UNTERUHL DINGEN

- Museum, Ausgrabungen und Forschung seit 1922
- 23 rekonstruierte Pfahlbauten
- Neueste Ergebnisse archäologischer Untersuchungen (Stein- und Bronzezeit)
- Originalfunde, Sonderausstellungen
- Qualifizierte Besucherführungen
- Schülerprojekte, Haus der Fragen, Familienprogramme und andere Aktivitäten

Strandpromenade 6 · D-88690 Uhldingen-Mühlhofen
Phone (+49) 75 56 · 85 43 · mail@pfahlbauten.de



Unterwasserarchäologie im Arendsee

ROSEMARIE LEINWEBER und HARALD LÜBKE

Zusammenfassung

Sachsen-Anhalt zählt zu den Bundesländern mit wenigen Binnengewässern. Eine Ausnahme ist der Arendsee im Norden der Altmark, ein besonders tiefer Einbruchsee, dessen geologische Entstehungsgeschichte noch weitgehend unbekannt ist. Den Arendseer Sporttauchern gelangen im See spektakuläre Funde, so u. a. ein hochmittelalterlicher Prahm, eines der ältesten flachbodigen Lastschiffe Norddeutschlands, und Mühlsteine, die wohl zu einer versunkenen Mühle gehören. Ihre bislang bedeutendste Entdeckung ist die einer 4600 Jahre alten und über 100 m langen Fischfangeinrichtung von außergewöhnlich guter Erhaltung, die zugleich die bisher älteste des deutschen Binnenlandes ist. Gemeinsam mit den Forschungstauchern aus Mecklenburg-Vorpommern bzw. der Römisch-Germanischen Kommission in Frankfurt a. Main (RGK) fand im Winter 2005/06 eine überaus aufwändige Teildokumentation und -bergung statt. Im März 2007 folgte eine weitere Unterwasserprospektion.

Zwischenzeitlich wurden neben Pflanzen- und Tierresten auch Seesedimente ausgewertet und der Seeboden mittels Sonar erkundet.

Der Arendsee bietet beste Voraussetzungen, die spannende Seegeschichte und die Beziehung zwischen den Uferbewohnern und dem See von der Jungsteinzeit bis ins Mittelalter zu erforschen. Zugleich werden für die Altmark und darüber hinaus bereits neue Erkenntnisse zur Binnenfischerei und Binnenschifffahrt sichtbar.

Abstract

Saxony-Anhalt is one of the federal states with few inland waters. An exception is Lake Arendsee in the North of the Altmark region, a very deep cave-in lake, whose geological history is still widely unknown.

The divers of Lake Arendsee came across some spectacular findings, e.g. a high medieval pram, one of the oldest flat bottomed heavy duty ships in Northern Germany and millstones, which most likely belonged to a sunken mill. Their most significant discovery so far is the 4600 years old and over 100 meters long fishing device which is exceptionally well preserved and also the oldest of the German inland. Together with the research divers from Mecklenburg-Western Pomerania and the RGK respectively an extremely elaborate documentation and recovery took place in the winter 2005/06; followed by a further underwater prospection in March 2007. Meanwhile plant and animal remains as well as lake sediment are to be analysed and the lake bottom to be explored by means of a sonar.

Lake Arendsee offers best prerequisites to investigate the fascinating history of the lake and the relation between the riparian people and the lake from the Neolithic to the Middle Ages. At the same time insights on inland fishing and inland water transport in the Altmark region become apparent.

Translation Katharina Leinweber

Seit dem Fund und der Bergung eines Einbaums aus dem Arendsee im Norden Sachsen Anhalts im Jahre 2004 (LEINWEBER/LÜBKE 2006) haben die Sporttaucher des Tauchclubs Arendsee e. V. (TCA) weitere historische Unterwasserobjekte geortet und so die Zusammenarbeit zwischen den Forschungstauchern des Landesamtes für Kultur- und Denkmalpflege Mecklenburg-Vorpommern, jetzt bei der Römisch-Germanischen Kommission (RGK) des Deutschen Archäologischen Instituts (DAI), und der Abteilung Bodendenkmalpflege des Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalts (LDA) intensiviert.

Bereits in den voran gegangenen Veröffentli-



Abb. 1: Sondage und Dokumentation des Prahms durch Forschungstaucher.



Abb. 2: Endstück vom Bug oder Heck des Prahms mit erodierten Nagellöchern (Fotomontage von Einzelaufnahmen, um 1990).



Abb. 3: Ferngesteuertes, unbemanntes Kameratauchboot (ROV) wird von K. Storch vor dem Einsatz zusammengesetzt.

chungen wurde der Versuch unternommen, auf der Grundlage der historischen, geologischen und limnologischen Quellen die Entstehung des für das norddeutsche Tiefland mit ca. 50 m Wassertiefe ungewöhnlichen Sees zu verstehen (LEINWEBER/LÜBKE 2006, 34 f., 2006 (2007), 127f.). Interdisziplinäre Diskussionen in der Folgezeit wie auch die 14. AKUWA-Tagung im Oktober 2007 in Arendsee führten die mit der Seegenese befassten Fachdisziplinen zusammen und damit durch Synergien zu neuen Einzelkenntnissen (s. Beitrag LEINWEBER et al. sowie Einzelbeiträge der Autoren, 9–64).

Es galt z.B., in die Fachliteratur eingegangene Bezeichnungen zu hinterfragen: wendischer See, fränkische Warte, versunkene Mühle oder ¹⁴C-Datierungen mit Pollendiagrammen oder Bohrprofilen zu korrelieren bzw. geologische Prozesse in die Überlegungen einzubeziehen. Folglich konnten Teilaspekte an Schärfe gewinnen, während andere Aussagen zu relativieren sind.

So kann aufgrund der jüngsten palynologischen Untersuchungsergebnisse (Beitrag CHRISTIANSEN, 51ff; HELLMUND, 28 ff.) der ursprünglich in das Subboreal bis 750 v. Chr. datierte be-

deutende und tiefe Einbruch im Osten des Sees (RÖHRIG/SCHARF 2002, 125) mit diesem eher engen Zeitansatz nicht mehr aufrechterhalten werden. Statt dessen ist jetzt ohne genauere Eingrenzung von einer Erweiterung und Vertiefung des nördlichen Seeteils zwischen 2500 BC und 822 AD auszugehen (Beitrag SCHARF et al., 37–50).

Der Vorgänger des heutigen Arendsees wird in verschiedenen Schriften (FELKE 1891–92, 3; HEINECKE 1926, 113) als „Wendischer See“ bezeichnet. Bei A. Brückner (1879, 25) ist nachzulesen, der „Arendsee ... soll dravenisch [regionaler slawischer Dialekt] *wlazdejske* geheißten haben“, was mit dem altslawischen Begriff für Herrschaft verwandt ist. Außer diesem, eine Verbindung zwischen Arendsee und Slawen (Wenden) aufzeigenden Hinweis A. Brückners, bleibt der Ursprung für den fortan als Wendischen See bezeichneten Vorläufer ungeklärt. Handelt es sich hierbei um die nur bei der slawischen Bevölkerung gebräuchliche Bezeichnung, wird dies nicht für das unter fränkischem Einfluss stehende germanische Gebiet der Altmark zutreffen. Selbst A. Brückner stellt (1879/1984, 4) fest: „... aber schon frühzeitig finden wir daselbst deutsche namen, der Arendsee heisst 822 *arnseo* ...“.

Dies bestätigen dann auch die ältesten Erwähnungen jenes kleinen Vorgängersees als „Arnseo“ in den Fränkischen Annalen des Einhard im Jahre 827 zum Jahr 822 (Zitat bei LEINWEBER/LÜBKE 2006 (2007) Anm. 4) und als „antiquum Arnesse“ im Jahre 1208 (RIEDEL 1859/1862, 2 ff.; Zitat bei LEINWEBER/LÜBKE 2006 (2007) Anm. 17), der somit eindeutig zwischen altem und neuem See trennt. Dies bewog dann die Autoren, im Folgenden auf die Bezeichnung „Wendischer See“ zu verzichten.

Prahm

Nördlich des Benediktinerinnenklosters am westlichen Stadtrand von Arendsee liegt im gleichnamigen See in mehr als 30 m Tiefe ein flachbodiges Lastschiff, das Wrack eines sogenannten Prahms. Auch dieses von den Sporttauchern bereits 1990 entdeckte Fahrzeug wurde gemeinsam mit den Taucharchäologen Mecklenburg-Vorpommerns betaucht und begutachtet (Abb. 1). Es ist 12,30 m lang und verbreiterte sich von 1,90 m an den Enden bis mittschiffs auf 2,30 m. Beide Enden und Teile der Bordwände ragen aus dem Sediment und zeigen deutliche Zersetzungserscheinungen (BELASUS 2006). Ein Endbalken mit stark erodierten Löchern der

Holznägel (Abb. 2) wurde vom TCA bereits in den 1990er Jahren geborgen und dem Deutschen Schiffahrtsmuseum Bremerhaven übergeben. Bei einem weiteren vom TCA sichergestellten Schiffsteil handelt es sich um ein bereits vom Schiffskörper abgefallenes Fragment einer Bordplanke aus Eichenholz. Das durch Jahrringanalyse gewonnene Fälldatum des einheimischen Bauholzes datiert das Schiff auf um/nach 1265 (DAI Berlin: Labornr. C41701, Holzart Eiche, Probe Planke, Beginn 1171, Ende 1243, Fälldatum um/nach 1265).

Da aufgrund der großen Wassertiefe weitere Sondierungstauchgänge mit Forschungstauchern nur mit entsprechend kurzen Grundzeiten möglich und infolge der damit verbundenen Risiken einen erhöhten technischen Aufwand erfordern, kam im Jahre 2008 zur Erkundung und Dokumentation des Wracks auf dem Seegrund erstmals ein ROV-Forschungsboot (Remotely Operated Vehicle) zum Einsatz. Das ferngesteuerte, unbemannte U-Boot (Abb. 3) lieferte tauchzeitunabhängig Bilder und Sedimentsonar Daten vom betauchten Objekt und von dessen Umgebung, die zurzeit ausgewertet werden.

Nach dem bisherigen Kenntnisstand besteht das sich zu den rampenartig nach oben gezogenen Enden hin verjüngende Schiff aus drei massiven Bodenplanken. Seitlich daran schließen über die gesamte Schiffslänge reichende Kimmplanken mit bogenförmigem Querschnitt an, die den Übergang Boden/Bordwand bilden. Die oberen Bordplanken haben sich bereits gelöst. Ein System aus L-förmigen Spanten, davon einige aus gewachsenem Krummholz, stabilisierte wohl auch dieses Schiff. Derzeit sind Bug und Heck noch nicht zu unterscheiden.

Ähnliche Funde des 12./13. Jhs. aus Haithabu (Schleswig) oder Egersund (Jütland) werden als Fähren interpretiert (NAKOINZ 2005). Der Prahm bot z. B. Platz für ein Fuhrwerk, für Baumaterial, Vieh und Erntegut. Hier kann ein Einsatz als Lastkahn in Zusammenhang mit dem Ausbau und der Bewirtschaftung des 1183 gegründeten Benediktinerinnen-Klosters vermutet werden, dessen Besitzungen über das Umfeld des Arendsees hinaus reichten. Ebenso kommt eine Verwendung als Fähre für die Nonnen und Gäste des Klosters in Betracht, wie als Analogie eine 1451/52 entstandene, in der Stiftsbibliothek des Klosters St. Gallen aufbewahrte Miniatur mit der Fahrt von Kolumban und Gallus in einem Prahm auf dem Bodensee zeigt.

Eigentlich waren jene flachbodigen Schiffe wegen ihres geringen Tiefgangs gerade für die stark

mäandrierenden, schmalen und flachen Binnenwasserstraßen geeignet. Aber auch am Arendsee war die Überquerung des Sees je nach Zielort mit einer Distanz von 2,5–3 km in jedem Fall dem schlechten Wegesystem mit Fuhrwerken auf einer Wegstrecke von ca. 5 km durch mooriges oder sandiges Gelände vorzuziehen. Dabei kommen auf dem Arendsee aufgrund seiner Tiefe als Fortbewegung lediglich Rudern oder Segeln in Frage.

Das Arendseer Fahrzeug zählt zu den äußerst seltenen Prahmfunden aus dem Hochmittelalter überhaupt und ist damit ein für Sachsen-Anhalt einmaliger Fund. Jüngst gelang in Werben (Altmark) wohl der Nachweis eines weiteren Prahms aus der 1. Hälfte des 13. Jhs. (GILDHOFF 2006, 340 ff. Abb. 13) durch den Fund eines abgewrackten und sekundär verwendeten Bordplankenteils in einem Bohlenweg. Zweifelsfrei wird damit der einheimische Schiffbau und die Binnenschifffahrt für die Altmark im 13. Jh. auf eindrückliche Weise belegt. Dies ist gerade im Hinblick auf den Schiffsverkehr während der Zugehörigkeit der altmärkischen Städte zum Städtebund der Hanse und dem damit verbundenen Warentransport auf flachen und schmalen Wasserstraßen von Bedeutung.

Fischfangeinrichtungen zur Passivfischerei

Von noch weiter reichendem wissenschaftlichen Wert ist die Entdeckung einer Fischfangeinrichtung durch die Arendseer Sporttaucher im Norden des Sees im Oktober 2003. Dort liegt über 300 Meter vom Ufer entfernt ein ehema-

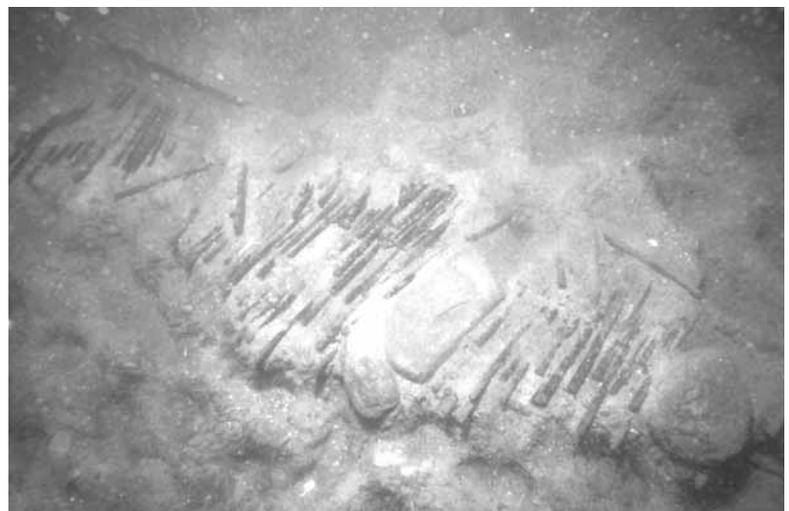


Abb. 4: Detailaufnahme des Fischzauns. Zustand während der Sondage im Frühjahr 2005.



Abb. 5: Fischzaunsegment. Durch Bast verbundene Ruten mit aufliegendem Querholz und Feldsteinen in originaler Fundposition (Ausschnitt aus entzerrtem Fotomosaik, Fläche 1, Ebene 1). Die im Foto zu sehenden Bälle (Kreise) gehören zum Vermessungssystem, wobei die größeren Bälle die Quadratmeter, die kleineren Bälle die Viertelquadratmeter markieren.

liger Fischzaun etwa horizontal in Seekreide eingebettet (Abb. 4). Eine kalibrierte ^{14}C -Datierung (Erl-8019) brachte mit 2671 ± 135 Jahren v. Chr. ein ungewöhnlich hohes Alter (Tab. 1). Damit stammt der älteste Fischzaun eines deutschen Binnengewässers aus einem Vorgänger des Arendsees, errichtet von Fischern der Einzelgrabkultur.

Dies war Anlass für das LDA, im Spätherbst und Winter 2005/2006 eine zweimonatige Prospektion und Teilbergung des außergewöhnlich bedeutenden Befundes vorzunehmen – abermals in bewährter Zusammenarbeit mit den Forschungstauchern des Landesamtes für Bodendenkmalpflege aus Mecklenburg-Vorpommern und dem THW Salzwedel. Ziel der Kampagne war eine Untersuchung des Befundes, um detaillierte Hinweise zur Konstruktion und zum Erhaltungszustand zu bekommen. Dazu war es erforderlich, partiell Teile des Fischzauns freizuspülen und zu dokumentieren. Ausgewählte Segmente wurden im Block geborgen und diese dann der Konservierungswerkstatt des Archäologischen Landesmuseums Schleswig übergeben. Die weitere Untersuchung musste im Januar 2006 allerdings vorzeitig abgebrochen werden, da aufgrund eines starken Kälteeinbruchs mit Temperaturen von bis -15°C der See bis in den März hinein zufror. Da die Dokumentationen derzeit noch nicht abgeschlossen sind, stellen die folgenden Angaben zu diesem Befund einen Vorbericht anhand des aktuellen Kenntnisstandes dar.

Bei den Sondierungstauchgängen konnte festgestellt werden, dass die Fischzaunteile in einer Länge von etwa 150 m in ca. 10–11 m Wassertiefe an der Abbruchkante einer Seekreidebank herausragten, da der Seeboden hier rasch von ca. 9 m auf über 20 m Wassertiefe abfällt. Während im Westen ein Ende des Zaunes nicht abschließend ermittelt werden konnte, wurde in östlicher Richtung deutlich, dass der Zaunverlauf hier allmählich bis auf ca. 9 m Wassertiefe ansteigt und an der Oberfläche der Seekreidebank ausstreicht. Hier konnten nur noch unmittelbar unter Feldsteinen, die auf der Seekreidebank aufliegen, kleinste Fragmente des Zauns beobachtet werden. Deshalb ist davon auszugehen, dass der früher wohl in Seekreide eingebettete Zaun in diesem Bereich bereits zerstört ist. Ursache hierfür waren die im See auch am Boden vorhandene natürliche Strömung und die damit verbundene noch immer anhaltende flächige Erosion der Seekreidebank.

Um genauere Informationen zur Konstruktion des Fischzauns zu erhalten, war die Freilegung von zwei jeweils 8 m² großen Grabungsflächen vorgesehen. Aufgrund des witterungsbedingten Grabungsabbruches konnte allerdings die zweite Fläche nicht abschließend untersucht werden. In der Fläche 1 war festzustellen, dass der Fischzaun offenbar aus einzelnen bis zu 1,60 m breiten Matten errichtet wurde, die aus bis 1,80 m langen Haselruten geflochten wurden. Diese Matten waren in insgesamt drei Lagen übereinander in der Seekreide eingebettet.

Die Zaunsegmente bestehen aus ein- bis zweijährigen Ruten, deren ebenmäßiger Wuchs auf eine Art Schneitelwirtschaft hinweist, bei der die Ruten allerdings nicht geschnitten, sondern am Stammansatz abgerissen wurden. Mehrere Reihen zweischäftigen Ahornbastes (s. Beitrag HELLMUND, 28 ff.) in Z-Drehung verbinden die Haselruten in Art des Fitzens (Korbmachertechnik). Stangen aus 8–15 jährigem Haselholz, vereinzelt auch aus Ahorn und Eiche, brachten Stabilität (Abb. 5).

Die Konstruktion erweckt den Eindruck vorgefertigter mattenartiger Zaunelemente, die im See an dünnen Staken befestigt, zu einem Zaun verbunden wurden. Da auch in den nicht gegrabenen Bereichen in Abständen wiederholt auf den Zaunteilen liegende, meist drei bis fünf aufeinander gepackte Feldsteine beobachtet wurden, ist anzunehmen, dass es sich bei den Matten um in fangfreier Zeit (Winter mit Eisgang) niedergelegte, d. h. vor Ort zwischengelagerte und beschwerte Zaunelemente handelt (s. Abb. 4).

Zusätzliche ¹⁴C-Datierungen (KIA 29663-29670) der freigelegten Befunde ergaben Daten bis 2266±52 Jahre (calBC) und bestätigen derzeit eine Nutzung der Fischfanganlage im Nordosten des Sees über mindestens 400 Jahre (Tab. 1).

Abermals durch die Sporttaucher des TCA wurden im Herbst 2006 Fischzaunreste nun auch im Nordwesten des Sees entdeckt und kurz darauf durch die Forschungstaucher begutachtet. Ihr Alter wird auf ca. 2400–2300 calBC bestimmt (KIA 31805–31807; Tab. 1). Die diesmal in drei bis sieben Meter und damit in gestaffelter Tiefe angetroffenen Geflechtreste belegen schon auf engem Raum über eine lange Zeitspanne unterschiedlich starke Seebodenabsenkungen.

Das ursprünglich aufrecht stehende Geflecht sollte die Fische in ufernahe Fangeinrichtungen leiten, deren Position und Gestalt jedoch noch unbekannt sind. In der europäischen Volkskunde sind vor allem aus dem östlichen Mittel- und Osteuropa vergleichbare aus Holzlatten oder ruten hergestellte Zaunelemente bekannt, die als Latten- oder Rutenschirme bezeichnet werden. Sie dienten der Errichtung von Schirmwehren in unterschiedlicher Form und Konstruktion, die sowohl für den Frühjahrs-, Sommer- als

auch Herbstfischfang verwendet wurden (SIRELIUS 1906, 432 ff.; LIGERS 1942, 33 ff.).

Ob der am Arendsee von Fischern am Ende des Neolithikums im Flachwasser – aufgrund der Höhe der Matten ist eine Wassertiefe von ca. 1,5 m anzunehmen – aufgestellte Fischzaun auch vor der damaligen Uferlinie errichtet wurde und somit zudem den einstigen Uferverlauf errahnen lässt, ist beim gegenwärtigen Forschungsstand aufgrund der starken Veränderungen der Seeumgebung infolge von Senkungserscheinungen über die Jahrtausende nicht sicher zu beantworten.

Der Vorgängersee nahm offenbar nur einen kleinen Teil der Seefläche des heutigen Arendsees ein und war wohl auch wesentlich flacher (vgl. Beitrag LEINWEBER et al., 10 Abb. 1). Bereits nach Aufgabe der Nutzung, also in vorhistorischer Zeit, begann die Einbettung des Zauns in die Seekreide und mit ihm auch all der Fischreste, Seilfragmente und sonstigen Dinge, die während der Ausgrabung wieder zutage gefördert wurden. Hier gilt es den Abschluss der Dokumentation wie auch der naturwissenschaftlichen Auswertungen abzuwarten (vgl. Beitrag HELLMUND, 28 ff.; sowie DOEHLE, 25 ff.).

Sedimentsonaruntersuchungen des LDA mit

Probenbezeichnung	Herkunft	Probenmaterial	Lab.-Nr.	¹⁴ C-Alter (BP)	Std	Kalenderalter (cal BC/AD)	Std	Δ ¹³ C
Fischzaun	NO-Bereich							
FZ-NE-01	Einzelprobe	Geflecht	Erl-8019	4078 BP	± 50	2680 BC	± 130	-31,4
G827-17	Fläche 1, Ebene 1	Geflecht	KIA-29668	3825 BP	± 25	2270 BC	± 50	-29,6
G827-20	Fläche 1, Ebene 1	Querholz	KIA-29670	3862 BP	± 25	2360 BC	± 60	-28,8
G827-19	Fläche 1, Ebene 2	Stake	KIA-29669	3725 BP	± 26	2120 BC	± 60	-31,5
G827-14	Fläche 1, Ebene 2	Stake	KIA-29665	3883 BP	± 26	2380 BC	± 60	-24,9
G827-15	Fläche 1, Ebene 3	Stake	KIA-29666	4008 BP	± 26	2530 BC	± 40	-28,3
G827-16	Fläche 1, Ebene 3	Geflecht	KIA-29667	4019 BP	± 25	2530 BC	± 40	-28,3
G827-06	Fläche 2	Geflecht	KIA-29663	3845 BP	± 24	2320 BC	± 70	-26,7
G827-09	Fläche 2	gr. Querholz	KIA-29664	3831 BP	± 20	2270 BC	± 40	-32,3
Fischzaun	NW-Bereich							
FZ-NW-01	Einzelprobe 8 m WT	Geflecht	KIA31805	3877 BP	± 26	2380 BC	± 60	-29,1
FZ-NW-02	Einzelprobe 8 m WT	Geflecht	KIA31806	3890 BP	± 24	2390 BC	± 50	-29,8
FZ-NW-03	Einzelprobe 7 m WT	Geflecht	KIA31807	3842 BP	± 25	2310 BC	± 70	-29,7
Oberflächenfunde	NE-Bereich							
5/07-1	Seeboden, 5 m WT	Holzpfahl 1	KIA-33273	391 BP	± 27	1510 AD	± 70	-25,9
5/07-2	Seeboden, 5 m WT	Holzpfahl 2	KIA-33274	77 BP	± 26	1800 AD	± 90	-28,0
5/07-3	Seeboden, 5 m WT	Holzpfahl 3	KIA-33275	347 BP	± 26	1540 AD	± 60	-27,3
5/07-4	Seeboden, 8 m WT	Fischreuse	KIA-33276	1186 BP	± 27	820 AD	± 40	-27,8
5/07-5	Seeboden, 7 m WT	Holzpfahl 4	KIA-33277	190 BP	± 31	1780 AD	± 110	-25,8

Tab. 1: Arendsee-Fischzaun: Radiokarbonaten der Fischzaunreste und ausgewählter Einzelfunde aus dem näherem Umfeld. Die Kalibration erfolgte mit dem Programm Calpal von B. Weninger, O. Jöris und U. Danzeglocke (vgl. www.calpal.de) unter Verwendung der Kalibrationskurve Intcal04 (Radiocarbon 46(3), 1029–1058). Std=Standardabweichung.

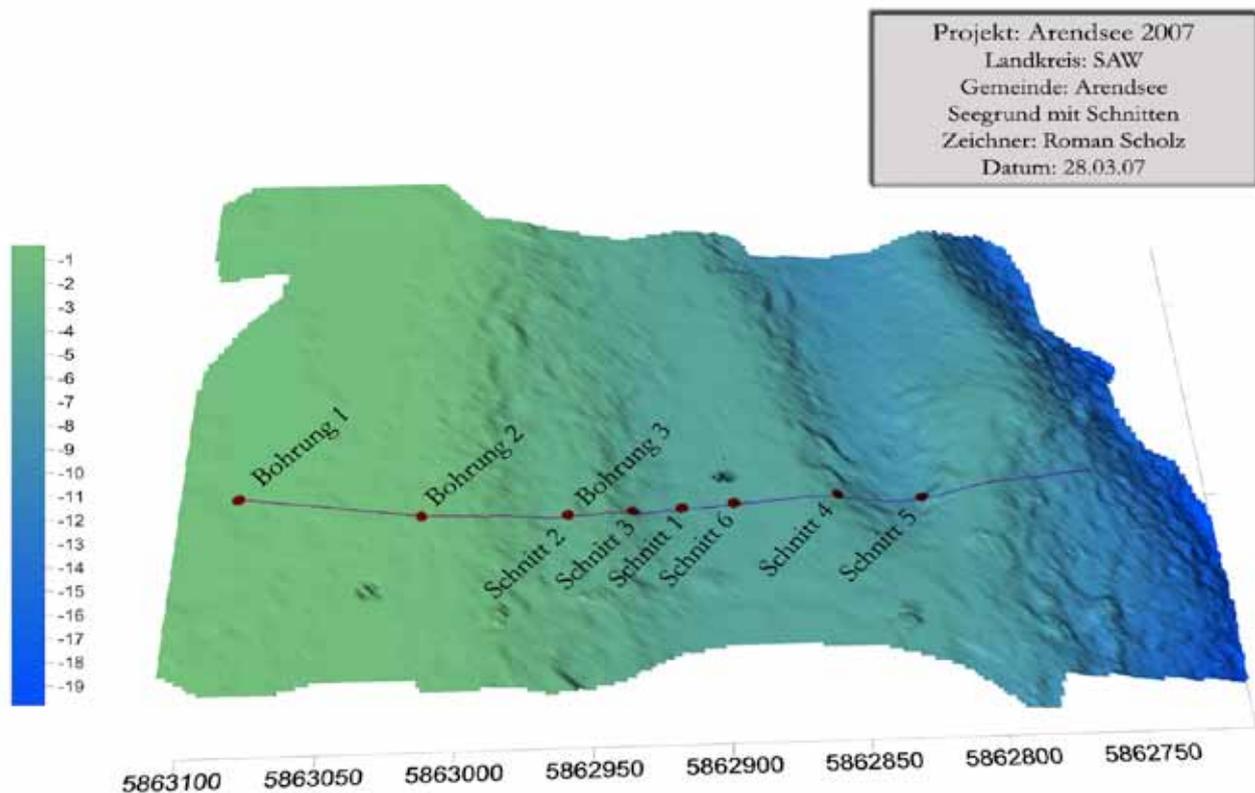


Abb. 6: 3D-Darstellung des Seegrundes mit Untersuchungsbereichen März 2007.

einem von Herrn K. Storch, Jena, ferngesteuerten Vermessungsboot (Soso Jena), ausgestattet mit Sonar und GPS, erkundeten im Laufe des Jahres 2006 den Seeboden im Bereich der Fischzäune und dem heutigen Nordufer des Sees, um genauere Hinweise zur Stratigraphie der dortigen Flachwasserzone und zu möglichen Anomalien zu erhalten. Nach Auswertung erster Ergebnisse folgte im März 2007 eine erneute Unterwassergrabung des LDA im Bereich zwischen dem nordöstlichen Fischzaun und dem heutigen Ufer durch Forschungstaucher der Römisch-Germanischen-Kommission des DAI in Frankfurt a. Main. Primäres Ziel der Untersuchungen war eine Überprüfung der Sonarergebnisse und die Klärung der Frage, ob unter den dort vorhandenen Sedimenten der ehemalige Uferbereich und Spuren prähistorischer Siedlungsaktivitäten aus der Zeit vor den urgeschichtlichen Seesenkungen bzw. Seefällen erhalten sind. Dazu wurden entlang einer vom heutigen Nordufer in Richtung der Grabungsflächen 2005/06 verlaufenden Nord-Süd-ausgerichteten Vermessungsschneise insgesamt sechs Schnitte von 2 m² bzw. bei einer Tiefe von mehr als 1 m von 4 m² Größe eingebracht (Abb. 6). Schnitt 2 ergab, dass im ufernahen Flachwasser-

bereich oberhalb von ca. 4 m Wassertiefe unter einer ca. 10 cm mächtigen rezenten Decksandlage bereits keine Seekreide mehr vorhanden ist, sondern flächig eine an der Oberfläche stark mit Feinwurzelwerk durchsetzte Feinsandschicht ansteht. Diese konnte aufgrund ihrer geringen Festigkeit nicht weiter durchteuft werden, da die Schnittkanten sofort nach ihrer Anlegung infolge der beständig aus den Wänden nachfließenden Feinsande einfielen. Ob diese Sande äolischen Ursprungs sind und sich somit das am heutigen Ufer vorhandene Dünenfeld vor den Seegrundabsenkungen bis in dieses Areal ausgedehnt hat, ließe sich wohl nur durch eine entsprechende bodenkundlich-sedimentologische Analyse klären.

In den uferferneren Bereichen von mehr als 6 m Wassertiefe hat die anstehende Seekreide hingegen bereits eine solche Mächtigkeit, dass mit den bis zu 2 m tief eingeteuften Schnitten die Basis der Seekreide nicht mehr erreicht werden konnte. Bohrungen im Bereich der Endteufe der beiden hier eingebrachten Schnitte 4 und 5 ergaben, dass die Seekreide an dieser Stelle in einer Mächtigkeit von mindestens 4 m ansteht. In den Profilen war deutlich erkennbar, dass die Seekreide mehrfach durch dunklere Schichten

mit einem höheren Detritusanteil (organische Rückstände von abgestorbenen Pflanzen und Tieren) gegliedert ist. Für pollenanalytische Untersuchungen wurden in dem uferfernstem, in 6,2 m Wassertiefe 2 m tief eingeteuften Suchschnitt 5, Einzelbeprobungen durchgeführt, indem von der Schnittsohle ausgehend in einem Abstand von 10 cm Sedimentproben mit PVC-Röhren von 5 cm Durchmesser entnommen wurden.

In Bezug auf die vorgegebene Fragestellung am ergiebigsten waren die in einer mittleren Wassertiefe zwischen 3 und 6 m eingebrachten drei restlichen Suchschnitte, da hier der mineralische Untergrund unter der Seekreide erreicht werden konnte. Im ersten Fall (Schnitt 1) stand allerdings wiederum ein nicht bindiger Feinsand an, der keine weitere Ausgrabung zuließ. In den beiden anderen Schnitten 3 und 6 wurde hingegen an der Basis ein durchwurzelter, humoser Feinsand festgestellt, der pedogenetisch überprägte mineralische Untergrund. Zudem konnte in einer Erweiterung von Schnitt 3 der Randbereich einer Sonaranomalie erfasst werden. Diese zeigte eine Ablagerung aus braunem, überwiegend stark zersetztem organischem Material, in dem noch einzelne grob verwitterte Rinden- und Holzreste erkennbar waren. Offenbar handelt es sich bei diesem Befund ursprünglich um eine natürliche flache vernässte Senke, in der organisches Material weniger schnell als in der unmittelbaren Umgebung zersetzt wurde. Zeitlich ist dieser Horizont aufgrund von Pollenanalysen in das Frühholozän zu stellen. In beiden Schnitten (Abb. 7) wurden die relevanten Sedimentschichten durch Entnahme von ca. 15 cm breiten und 60 cm hohen Profilkästen beprobt (s. Beitrag HELLMUND, 28 ff.).

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass aufgrund der eingebrachten Schnitte anzunehmen ist, dass unter der heutigen Seekreidebank am Nordufer des Arendsees zumindest in einem mittleren Bereich zwischen 3 und 6 m Wassertiefe Reste der früh- bis mittelholozänen mineralischen Oberfläche aus der Zeit vor der limnischen Sedimentation erhalten sind (ob die Seebildung durch Seefall oder durch Absenkung initiiert wurde, ist jedoch nicht bekannt). An anderen Bereichen konnte die mineralische Basis, wie bereits erwähnt, wegen der Mächtigkeit der Seekreideablagerung nicht erfasst werden. Hinweise auf anthropogene Eingriffe waren im mineralischen Untergrund nicht nachweisbar, sie hätten dann aber aufgrund des Alters der hangenden limnischen Sedimente aus dem Mesolithikum oder Spätpaläolithikum stammen müssen. Die in Zusammenhang mit der Errich-

tung und Nutzung des neolithischen Fischzauns sicher vollzogenen menschlichen Siedlungsaktivitäten müssen somit außerhalb des bisher untersuchten Gebietes am damaligen Seeufer stattgefunden haben.

Parallel zu den Ausgrabungen wurde im Untersuchungsbereich auch der heutige Seeboden nach weiteren Funden und Befunden abgesucht. Dabei fand sich auf der Seekreide das Fragment einer Fischreuse (Abb. 8). Ihre Datierung in das 9 Jh. (810–884 cal AD, KIA 33276; vgl. Tab. 1) ist ein weiterer Hinweis für die Seefischerei, diesmal in karolingischer Zeit.

In ca. 6 m Tiefe im Seesediment steckende, mit der Axt zugespitzte und oberhalb der Seekreide

Abb. 7: Schnitt 3 (oben) und Schnitt 6 (unten). Dargestellt ist die Lage der für weitere sedimentologische Untersuchungen entnommenen Profilkästen. In beiden Fällen besteht die Basis aus humosen Sanden, was als Hinweis auf eine Bodenbildung gewertet wird. Im Südprofil von Schnitt 3 war über den Sanden zusätzlich eine schwarzbraune, anmoorartige Ablagerung mit einzelnen stark zersetzten Holz- und Rindenresten zu erkennen.

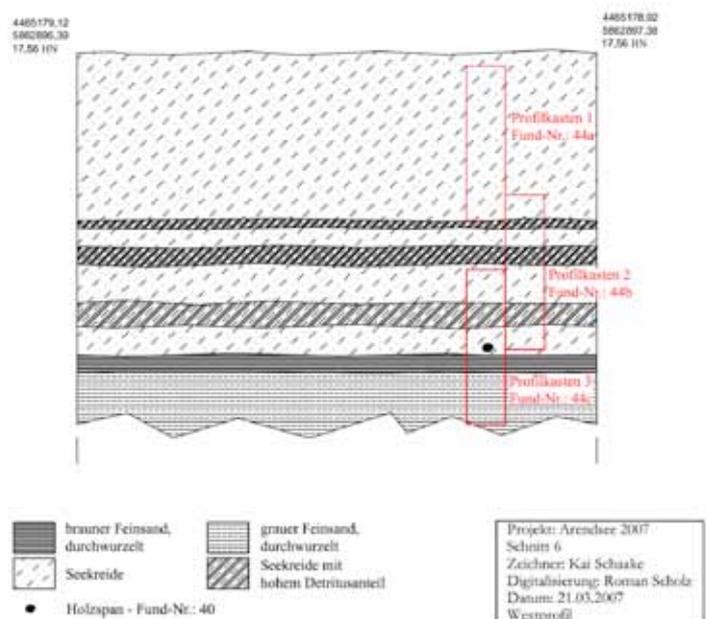
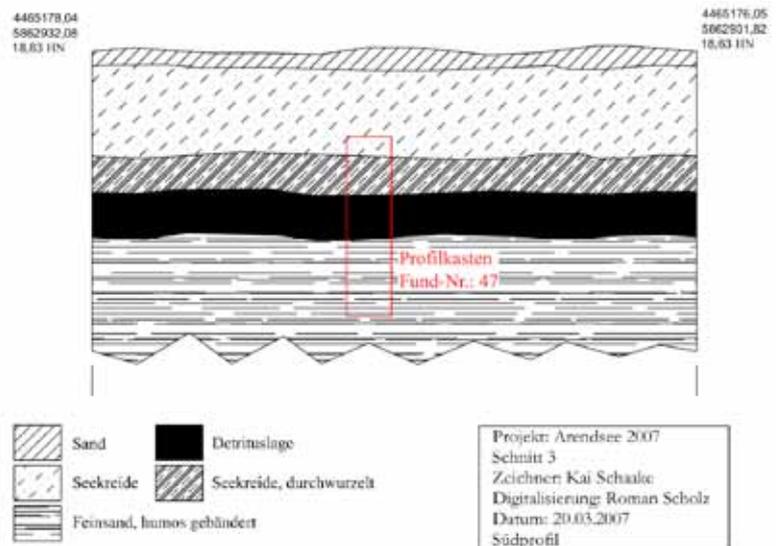




Abb. 8: Fragment einer Fischreue, die infolge ihrer Fragilität nicht geborgen werden konnte. Sie lag der Seekreide auf und ist frühmittelalterlich.



Abb. 9: Blick vom See auf das Zießauer Ufer um 1910. Im ufernahen Flachwasser stehen zahlreiche Stangen zur Netzfischerei.

verrottete Kiefernpfähle sind neuzeitlich (15.–20. Jh., KIA 33273–33275; 33277; Tab. 1). Sie bestätigen die seit Jahrhunderten in gleicher Weise bis heute ausgeübte Netzfischerei (Abb. 9) wie Fischer W. Kagel, Zießau, aus Überlieferungen für die letzten 200 Jahre auf Anfrage bestätigte.

Mühle

Ein archivarisch überliefertes Ereignis ist der Seefall vom 25. November 1685, als am Südostufer ein Hügel samt Windmühle und etwa 20 Hektar Land im See versanken (SILBERSCHLAG

1788, 231 f.; HALBFASS 1896, 15). Sporttaucher bargen an der Stelle des Seefalls, „Neue Tiefe“ genannt, in den Jahren 1983 und 2000 jeweils einen Läuferstein, die heute nördlich der Kirche des Benediktinerinnenklosters in Arendsee aufgestellt sind. Der fehlende Bodenstein gab Spekulationen Raum, die gehobenen Mühlsteine lediglich als Schiffsanker zu interpretieren.

Im Bereich der „Neuen Tiefe“ im Jahr 2006 vorgenommene Sedimentsonarprospektionen, verorteten eine 6 x 6 m große und 2,5 m tief im Seesediment liegende, annähernd quadratische, flächige Struktur mit starkem Signal, die die jetzige Position der einstigen Mühle nach den Ereignissen des 25.11.1685 wahrscheinlich macht. Zwei ebenfalls vom Sonar in 3 m unter Seegrund erfasste lineare Strukturen, die als Wege gedeutet werden, laufen von Südosten und von Westen stumpfwinklig auf die „Mühle“ zu (Abb. 10).

Eine vor Jahren von Sporttauchern des TCA geborgene Eichenbohle – nach Aussagen von H.-H. Schindler bei Auffindung mehr als 5 m lang – wurde 2008 im Auftrag des LDA am Deutschen Archäologischen Institut Berlin auf ein Fälldatum des Baumes von um/nach 1322 datiert (DAI Berlin: Labornr. C50339 Holzart Eiche, Probe Bohle, Beginn 1204, Ende 1302, Fälldatum um/nach 1322). Damit ist in Zusammenhang mit den Mühlsteinen auch der Nachweis zumindest eines wahrscheinlich zur Mühle gehörenden hölzernen Bauteils gelungen. Offenbar hatte diese Mühle am alten Standort schon längere Zeit bestanden, wenngleich auch mit einer Sekundärverwendung der Eichenbohle gerechnet werden darf.

Struktur auf den Hügeln im See

In den Arendseer Chroniken ist von einer um 822 im See versunkenen sogenannten fränkischen Warte zu lesen, die auf den Hügeln im See gestanden habe (FELKE 1891–92, 2 ff.; HEINECKE 1926, 113). Ein wissenschaftlicher Beleg für deren Existenz liegt bisher nicht vor. Die Fränkischen Annalen (Ann. regn. Franc., 157), berichten nur von einem *deserto loco* bei Arendsee, der um 800 zur ostfränkischen Einflussphäre gehörte. „*Item in parte orientali Saxoniae, quae Soraborum finibus contigua est, in quodam deserto loco, iuxta lacum qui dicitur Arseo in modum aggeris terra intumuit, et limitem unius leigae lomgitudine porrectum sub unius noctis spatio absque humani operis molimine instar valle subrexit*“... (Ein ähnlicher Fall begab sich

im östlichen Sachsen, nicht weit von der Grenze der Sorben, an einem wüsten Ort in der Nähe des Sees, der Arnseo heißt, wo der Boden wie zu einem Damm sich aufblähte und während einer einzigen Nacht ohne menschliche Beihilfe in der Länge einer Leuga einen Wall bildete.) Dem fränkischen Chronisten war als Orientierung dieser offenbar um 820 bereits wüste Ort immerhin einer Erwähnung wert.

Aus geologischer Sicht (HARTMANN/SCHÖNBERG 2003, 10 f.; Abb. 12) wird vermutet, dass an dieser Stelle bis nach 800 Gipsfelsen vorhanden waren. Deren Lage hätte topografisch wie strategisch beste Voraussetzungen für eine befestigte Anlage geboten.

Die Sporttaucher Hans-Henning und Hartmut Schindler hatten auf den Hügeln zahlreiche große Feldsteine jedoch ohne erkennbaren Zusammenhang beobachtet. Die Oberfläche bezeichnen sie hingegen als sedimentfrei, fest und plastisch verformbar (evtl. aus Lehm bestehend).

Zum Aufklären der Situation kam das Sedimentsonar 2006 auch auf den in 16 m Wassertiefe liegenden Hügeln zum Einsatz. Dort zeigte sich in 2,5–3 m unter Grund eine annähernd rechteckige bis ovale, möglicherweise bauliche Struktur, WSW–ONO orientiert, mit einer Maximalausdehnung von ca. 160 x 80 m (Abb. 11). Keinesfalls kann es sich jedoch um die Relikte eines Wartturmes mit wesentlich kleinerem Grundriss handeln, da dieser ins Spätmittelalter datieren würde.

Als fränkisches Bauwerk käme nur eine große befestigte burgartige Anlage in Frage. Solche kreisförmigen oder rechteckigen Burgen sind anderenorts für das 7.–10. Jh. bekannt (BÖHME 2000, 694) und auch für die Altmark nicht auszuschließen.

Im Auftrag Karls des Großen errichtete Grenzkastelle gegen die Slawen werden in den fränkischen Annalen für das Jahr 808 und eines für das Jahr 810 bei Hobuoki an der Elbe genannt:

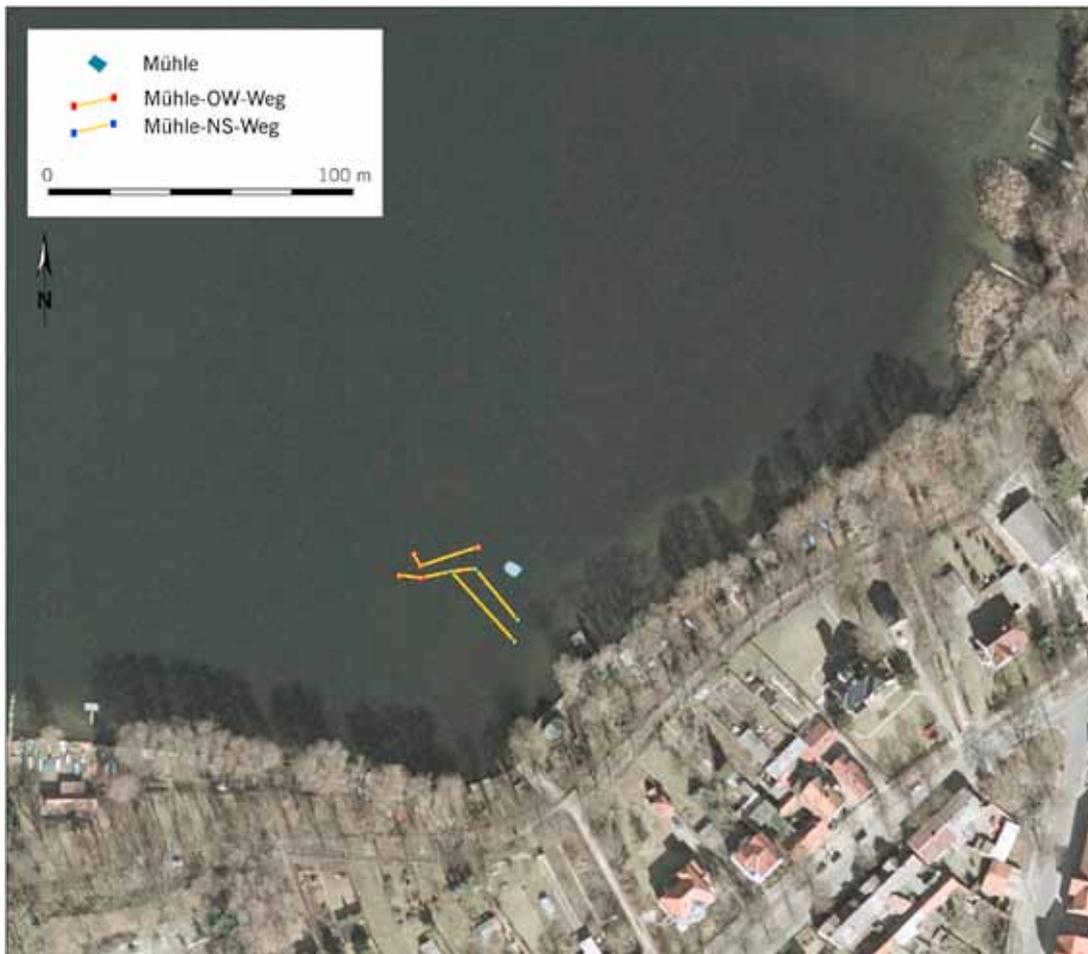


Abb. 10: Flächige und lineare Strukturen der versunkenen Mühle und zweier Wege durch das Sedimentsonar im Seegrund erfasst: blaues Rechteck – Mühle, gelb/rot – Westostweg zur Mühle, gelb/blau Südostweg zur Mühle.

„...castellum vocabulo Hobbuoki Albiae flumini adpositum, in quo Odo legatus imperatoris et orientaliu Saxonum erat praesidium, a Wilzis captum.“ (Ann. regn. Franc., 131 f.).

Bezeichnenderweise findet eine zerstörte Anlage unweit des Arendsees ebenfalls in den Reichsannalen und in Zusammenhang mit den geologischen Ereignissen des Jahres 822 Erwähnung (s.o.). Handelt es sich dabei um das 811 zwar wieder aufgebaute aber kurz danach verlassene, dem Chronisten bekannte Hobuoki an der Elbe in Nähe des Arendsees oder ist es eine noch nicht lokalisierte andere Anlage? Die Viereckschanze am linken Elbeufer bei Vietze am Hühbeck im Hannoverschen Wendland, das fränkische Kastell Hobuoki (SPROCKHOFF 1958; HARCK 1972, 144 ff.; WACHTER 1976/77, 87 f.; SAILE 2004, 562), ist eine langrechteckige massive Wallkonstruktion in den Abmessungen 65x165 m mit einer Verkleidung aus Findlingen. Sie ließe jedoch bei Lage im Seesediment ein ähnliches Sonarbild erwarten.

Was sich auch immer hinter dieser Struktur auf den Hügeln im Arendsee verbirgt, woraus sie besteht und wann sie entstand, ist dennoch derzeit nicht zu klären.

Altwege

Durch das Sedimentsonar gelang es, wohl versunkene Altwege als lineare Strukturen im Süden des Sees zu entdecken, die durch die Verdichtung des Untergrundes sichtbar werden. Von einer Pflasterung, die erst im 19. Jahrhundert üblich wurde, ist nicht auszugehen. Zwei bereits in Zusammenhang mit der versunkenen Mühle erwähnte Wege (s.o.) laufen von Südosten und von Westen stumpfwinklig auf diese zu und verbanden diese mit der Stadt bis zum 25. November des Jahres 1685.

Ein Uferweg, vom heutigen Schiffsanleger in Richtung Südwesten führend und durch den Seefallkegel von 1685 unterbrochen, gehört ebenso zu einem wohl nahe des alten Seeufers gelegenen Wegesystem, wie ein anderes, ebenfalls in 2,5 m unter Seegrund geortetes Wegstück. Dieses verläuft nordöstlich vom Kloster im See entlang des Stadtufer nach Nordosten und hat einen Kreuzungspunkt mit einer heute in 20 m Tiefe liegenden Wegeverbindung von den Hügeln im See in Richtung Horning, einem alten Siedlungskern der späteren Stadt Arendsee (Abb. 12). Noch fehlen die chronologische Zuordnung und die Einbindung in ein Wegenetz, das jedoch bereits vor dem Seefall zu Beginn des 9. Jhs. bestanden haben kann.

Sollte allerdings die bei G. C. Silberschlag (1788, 226) niedergelegte Beobachtung: „... Vor 10 Jahren konnte man zwischen den Mauern des Klosters bey Arendsee und dem See mit Wagen und Pferden im Trocknen hin und her fahren. Jetzt stehet das Wasser schon 5 bis 6 Zoll an den Mauern hoch...“ zutreffen, ist ein Nachrutschen des Uferzone im 18. Jh. zu erwägen. Bei W. Halbfass (1898/1931, 27) ist in diesem Kontext ca. 120 Jahre später folgendes zu lesen: „Die Arendseer behaupten, daß seit etwa 50 Jahren der Wasserspiegel um nahezu 1 m gefallen sei. Im Jahre 1850 soll der See die Klostermauern unterspült haben. Andererseits berichteten mir Ziessauer, daß an 100 Jahren Kühe dort geweidet hätten, wo jetzt Wasser steht.“ Da die Sporttaucher 2007 nördlich vom Kloster im ufernahen Seebereich zahlreiche klosterformatige Ziegel entdeckten, ist zu überprüfen, ob es sich hierbei um im See versunkene Teile der ursprünglich den Weg im Süden begleitenden Klostermauer handeln könnte. Wären diese Beobachtungen zutreffend, hätte sich die Seefläche in nachfolgender Zeit durch langsame Seegrundabsenkung weiter nach Süden bzw. Norden erweitert.

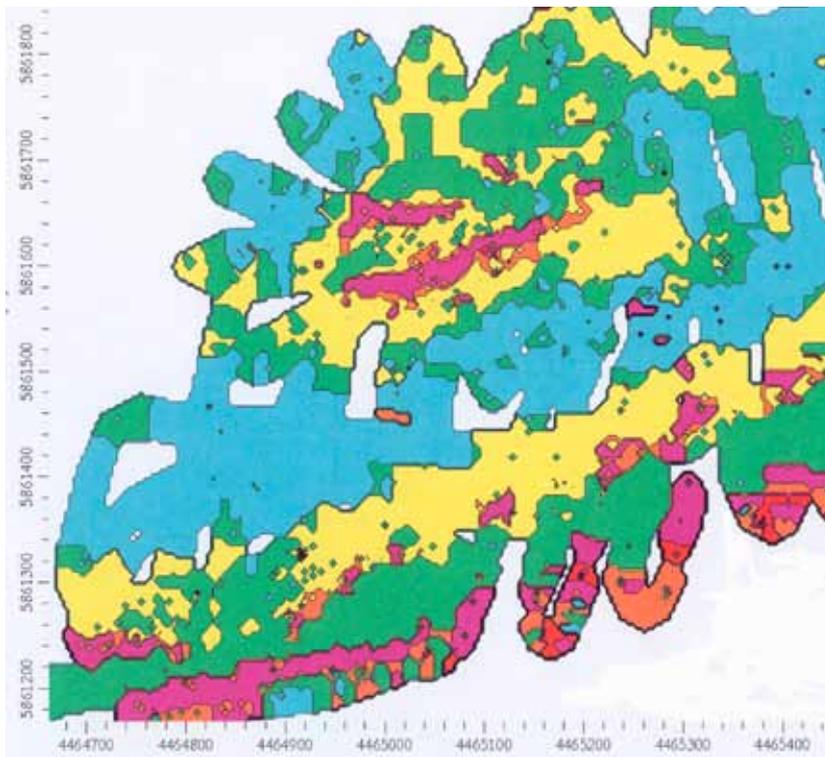


Abb. 11: Langrechteckige Struktur auf den Hügeln im See durch das Sedimentsonar im Seegrund erfasst (kardinalrot/rot) in der oberen Bildmitte. NF Aufnahme in 2,5 m Sedimenttiefe.

Ausblick

Auch zukünftig werden unterwasserarchäologische Untersuchungen im Arendsee vorgenommen werden. Im Bereich des Fischzauns sind neue Untersuchungen geplant. Auch der Prahm harret noch einer wissenschaftlichen Untersuchung. Insbesondere werden die Sporttaucher als ehrenamtliche Bodendenkmalpfleger des LDA die Erkundung und Vermessung von weiteren bereits georteten Unterwasserobjekten übernehmen.

Danksagung

An der Untersuchung des Prahms waren die Forschungstaucher Andreas Grundmann, Mike Belasus und Jana Freigang beteiligt. Für den Einsatz des ROV unter unwirtliche Bedingungen ist dessen Entwickler, Herrn Dr. Klaus Storch, Jena, herzlich zu danken. Bei diesem Vorhaben trat der Förderverein des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle (Saale) als Sponsor auf. Hartmut Schindler, TCA, unterstützte dankenswerter Weise bei widrigster Witterung im März 2008 als Bootsmann die Untersuchung. Zur fünfköpfigen Forschungstaucher-Einsatzgruppe im Winter 2005/06 gehörten neben dem Co-Autor wiederum Andreas Grundmann sowie im Wechsel Mike Belasus, Ute Brinker, Sebastian Bürger, Erich Halbwidl, Dirk Hering, Wolfgang Heuschen, Michael Kandler, Stefanie Kloß, Gerald Link, Norbert Richmann, Mark Schrader und Dirk Skotarczyk. Allen sei für ihr Engagement trotz widriger Einsatzbedingungen – äußerst eingeschränkter Sicht unter Wasser, Sturm und starker Frost – an dieser Stelle recht herzlich gedankt. Gleichfalls danken wir Familie U. Meyer, Neulingen, für vielfältige Unterstützung.

Herrn Dr. Klaus Storch, Sondersonar Jena, übernahm bei den Sonaruntersuchungen den Einsatz der Technik, und Hartmut Schindler (TCA), Guben, die Bootsführung. Beiden Herren sind für diese und alle weiteren Vermessungen herzlich zu danken.

Die Datierung der Dendroproben erfolgte dankenswerterweise im DAI Berlin durch Herrn Dr. K.-U. Heußner. Für die Bestimmung des Bastes ist Herrn W. Schoch, Adliswil (Schweiz) vielmals zu danken. Frau Dipl.-Arch. Stefanie Kloß, Universität Kiel, der wir ebenfalls recht herzlich für die Durchführung danken möchten, bestimmte die Holzarten.

Unser Dank gilt insbesondere den drei Sport-

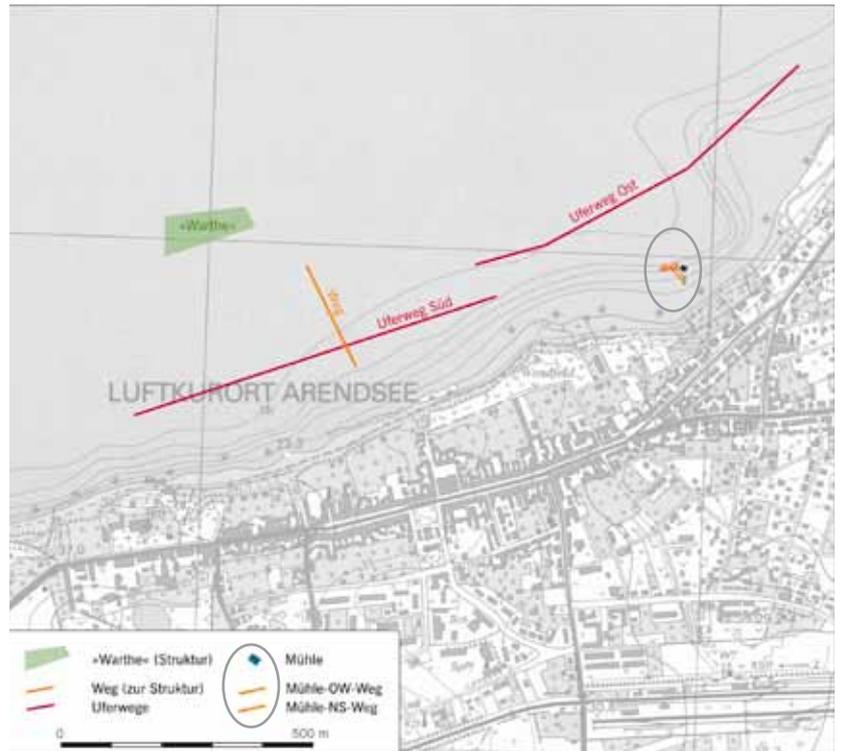


Abb. 12: Lineare Strukturen eines Wegesystems durch das Sedimentsonar im Seegrund erfasst: Trapez – bauliche Struktur („Warte“), Weg – Weg von den Hügeln im See zur Stadt Richtung Horning, Oval – Mühle mit Wegen.

tauchern und ehrenamtlichen Beauftragten des LDA, Rüdiger Pohlmann, Hans-Henning und Hartmut Schindler sowie den weiteren Sporttauchern des TCA Werner Heide (†), Dieter Holdag und Jürgen Kreuzmann.

Anschriften der Verfasser

Dr. ROSEMARIE LEINEWEBER
Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie
Sachsen-Anhalt
Richard-Wagner-Straße 9
D-06114 Halle (Saale)
E-Mail: rleineweber@lda.mk.sachsen-anhalt.de

Dr. HARALD LÜBKE
Stiftung Schleswig-Holsteinische Landesmuseen
Zentrum für Baltische und
Skandinavische Archäologie
Schloss Gottorf
D-24837 Schleswig
E-Mail: harald.luebke@imail.de

Quellen

Monumenta Germaniae Historica. Annales regni Francorum inde ab a. 741 usque ad a. 829, qui dicuntur Annales Laurissenses maiores et Einhardi. Herausgegeben von Friedrich Kurze. XX. Berlin 1895 (Nachdruck München 1950).

Literatur

BELASUS 2006 (2007): M. BELASUS, Ein in Sachsen-Anhalt einmaliger Schiffsfund – der hochmittelalterliche Prahm aus dem Arendsee, Altmarkkreis Salzwedel. Arch. Sachsen-Anhalt (NF) 4, 2006 (2007) 140–143.

BÖHME 2000: H. W. BÖHME, Burgenbau und Befestigungstechnik des 10. Jhs. im deutschen Altsiedelland und in den Marken. In: A. WIECZOREK/H. M. HINZ, Europas Mitte um 1000. Beitr. Geschichte, Kunst u. Archäologie 2 (Stuttgart 2000) 694–702.

BRÜCKNER 1879/1984: A. BRÜCKNER, Die slavischen Ansiedlungen in der Altmark und im Magdeburgischen (Leipzig 1879, Reprint 1984).

DÖHLE 2009: H.-J. DÖHLE, Fischreste aus dem Bereich des Fischzaunes im Arendsee. NAU 15, 2009, 25–27.

GILDHOFF 2006: C. GILDHOFF, Die kleinste von den 7 Land=Staedten in der alten Marck Brandenburg – Archäologische Aufschlüsse zu den Anfängen der Stadt Werben a. d. Elbe, Ldkr. Stendal. Jahresschr. mitteldt. Vorgesch. 90, 2006, 315–384.

HARCK 1972: O. HARCK, Nordostniedersachsen vom Beginn der jüngeren Bronzezeit bis zum frühen Mittelalter (Hildesheim 1972).

HALBFASS 1896: W. HALBFASS, Der Arendsee in der Altmark. Mitt. Ver. Erdkunde zu Halle a. d. Saale (1896) 1–26.

HALBFASS 1898/1931: W. HALBFASS, Der Arendsee. In: Beiträge zur Geschichte, Landes- und Volkskunde der Altmark 1, H. 1 (Stendal 1898; Erweiterter und ergänzter Neudruck 1931) 11–34.

HARTMANN/SCHÖNBERG 2003: O. HARTMANN/G. SCHÖNBERG, Der Arendsee in der Altmark, Geologie und Entwicklung (Magdeburg 2003).

HELLMUND 2009: M. HELLMUND, Pollenanalysen an Sedimenten des spätneolithischen Fischzauns vom Arendsee, Altmarkkreis Salzwedel. NAU 15, 2009, 28–36.

LEINWEBER/LÜBKE 2006: R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Der Einbaum aus dem Arendsee. Nachrichtenblatt Arbeitskreis Unterwasserarchäologie (NAU) 13, 2006, 33–44.

LEINWEBER/LÜBKE 2006 (2007): R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Unterwasserarchäologie in der Altmark. Arch. Sachsen-Anhalt (NF) 4, 2006 (2007) 127–139.

LIGERS 1942: Z. LIGERS, Die Volkskultur der Letten. Ethnografische Forschungen I (Riga 1942).

NAKOINZ 2005: O. NAKOINZ, Wrack 4 von Haithabu. Ein Prahm des 12. Jahrhunderts und seine Parallelen im Ostseeraum. Arch. Korrbbl. 35, 2005, 123–142.

RIEDEL 1859/1862: A. RIEDEL, Codex diplomaticus brandenburgensis. Sammlung der Urkunden, Chroniken und sonstigen Quellschriften für die Geschichte der Mark Brandenburg und ihrer Regenten, Bd. A XVII/XXII (Berlin 1859/1862).

SAILE 2004: T. SAILE, Frühgeschichtliche Burgwälle am Höhbeck bei Lenzen. In: M. FANSA/F. BOTH/H. HASSMANN (Hrsg.), ArchäologieLandNiedersachsen, 25 Jahre Denkmalschutzgesetz – 400 000 Jahre Geschichte. Begleitschrift zur Ausstellung (Oldenburg 2004) 562–565.

SILBERSCHLAG 1788: G. C. SILBERSCHLAG, Nachrichten von dem See bey Arendsee in der Altmark. Schr. Ges. naturforschender Freunde zu Berlin 8, 1788, 225–235.

SIRELIUS 1906: U. T. SIRELIUS, Über die Speerfischerei bei den finnisch-ugrischen Völkern. Eine vergleichende ethnographische Untersuchung. Kansatieellisiä Julkaisuja – Travaux Ethnographiques III (Helsingfors 1906).

SPROCKHOFF 1958: E. SPROCKHOFF, Kastell Höhbeck. In: Neue Ausgrabungen in Deutschland (Berlin 1958) 518–531.

WACHTER 1976/77: B. WACHTER, Archäologische Burgenforschung im Kreisgebiet. In: Hannoversches Wendland 6. Jahresh. Heimatkundl. Arbeitskr. Lüchow-Dannenberg (1976/1977) 87–90.

Abbildungsnachweis

- Abb. 1, 4, 8 H. Lübke
- Abb. 2 H.-H. Schindler / B. Leineweber
- Abb. 3 R. Leineweber
- Abb. 5 H. Lübke / O. Schröder (LDA)
- Abb. 6 K. Storch / R. Scholz (beide Jena)
- Abb. 7 K. Schaake (Berlin) / R. Scholz
- Abb. 9 Postkarte aus dem Besitz von O. Meußling, Arnsberg
- Abb. 11 K. Storch
- Abb. 10, 12 K. Storch/R. Leineweber/N. See-
länder (LDA)

Fischreste aus dem Bereich des Fischzaunes im Arendsee

HANS-JÜRGEN DÖHLE

Zusammenfassung

Die archäologische Prospektion des spätneolithischen Fischzaunes im Arendsee erbrachte auch einige Dutzend Knochen, Zähne und Schuppen von Fischen. Vier Fischarten konnten nachgewiesen werden: Hecht (*Esox lucius*), Brassen (*Abrama bramis*), Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) und Zander (*Stizostedion lucioperca*). Auf den Hecht entfallen die meisten Funde, gefolgt vom Flussbarsch. Mit dem Nachweis des Zanders liegt ein weiterer Hinweis darauf vor, dass das Verbreitungsgebiet dieser Fischart im Neolithikum weiter nach Westen reichte als in heutiger bzw. historischer Zeit.

Abstract

The archaeological prospection of the late Neolithic fishing fence in the Arendsee revealed some dozens of bones, teeth and fish scales. In all, four species could be determined: pike (*Esox lucius*), bream (*Abrama bramis*), perch (*Perca fluviatilis*), and pike-perch (*Stizostedion lucioperca*). The pike is the most frequent species in the assemblage, followed by the perch. The presence of the pike-perch in the Neolithic lake of the Arendsee gives reason to believe that the Neolithic distribution of this species reached further west than nowadays or in historic times.

Im Bereich des Fischzaunes wurden im Rahmen der archäologischen Prospektion mehrere Schnitte angelegt. Unter den Funden, die aus diesen Schichten stammen, befinden sich auch einige Knochen, Zähne und Schuppen von Fischen. Diejenigen, die aus den ¹⁴C-datierten spätneolithischen Schichten stammen (s. Beitrag LEINEWEBER/LÜBKE, 13–24), sollen nachfolgend kurz vorgestellt werden. Die Dar-

legungen basieren auf Untersuchungsergebnissen von Herrn Prof. Dr. Dirk Heinrich (früher Universität Kiel, jetzt Flensburg), dem auch an dieser Stelle für die Bestimmung der Fischreste herzlich gedankt sei.

Insgesamt konnten vier Fischarten nachgewiesen werden. Am häufigsten fanden sich Knochen und Zähne vom Hecht (*Esox lucius*), ge-

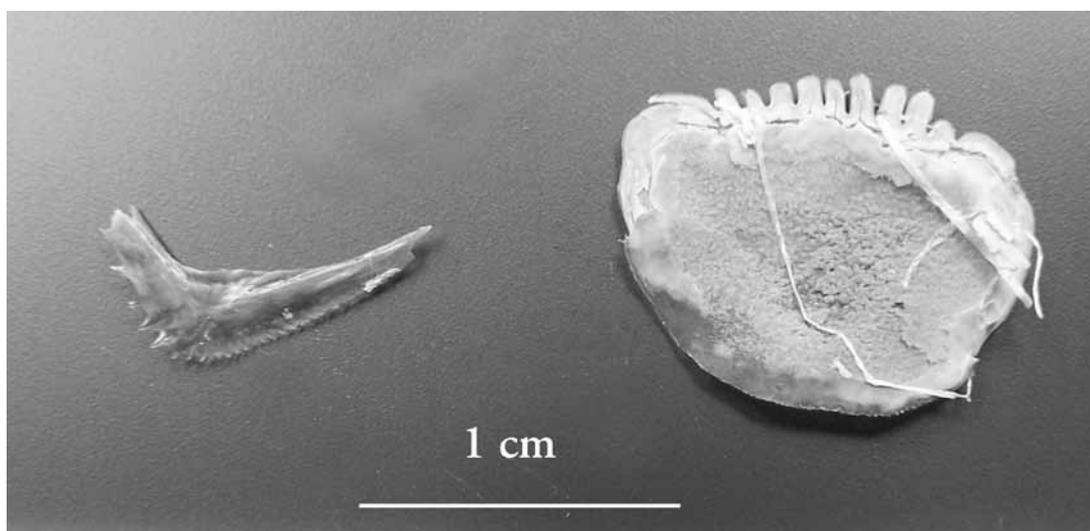


Abb. 1: Cleithrum (ein Knochen des Schultergürtels, links) und Schuppe vom Flussbarsch (rechts).

folgt von Funden des Flussbarsches (*Perca fluviatilis*). Zander (*Stizostedion lucioperca*) und Brassen (*Abramis brama*, auch Blei oder Brachsen genannt) sind nur durch je einen Knochen vertreten, des weiteren einige Knochen von nicht näher zu bestimmenden Karpfenfischen. Insgesamt konnten dem Hecht 9 Zähne und 27 Knochen, dem Flussbarsch 8 Knochen und 19 Schuppen (Abb. 1), dem Zander 1 Knochen, dem Brassen 1 Knochen (Abb. 2) und Karpfenfischen allgemein 5 Knochen zugeordnet werden. Aus den einzelnen Schnitten liegen somit folgende Fischreste vor:

Schnitt 1

Hecht: 1 Zahn, 1 Ceratohyale, 1 Sphenoticum, 8 Praecaudoal-Wirbel (von mind. 3 Individuen)

Flussbarsch: 2 Spinae pinnae dorsalis, 1 Praecaudoal-Wirbel, 9 Schuppen.

Zander: 1 Wirbel.

Karpfenfische: 1 Schlundknochen-Fragment, 1 Basioccipitale, 1 Vertebrum caudalis.

Schnitt 3

Hecht: 3 Zähne.

Flussbarsch: 1 Praeoperculare, 1 Schuppe.

Karpfenfisch: 1 Schlundknochen-Fragment.

Schnitt 4

Hecht: 1 Zahn, 1 Prooticum, 1 Parethmoid, 2 Praecaudoal-Wirbel, 3 Caudal-Wirbel, 4 weitere nicht näher zu bestimmende Knochen (diese 4 evtl. von einem knapp 60 cm langen Individuum).

Flussbarsch: 1 Schuppe.

Karpfenfisch: 1 Praeoperculare.

Schnitt 5

Hecht: 4 Zähne, 1 Hypurale, 1 Praecaudoal-Wirbel (Individuum nur ca. 15 cm lang),

3 Caudal-Wirbel.

Flussbarsch: 1 Praemaxillare, 1 Basipterygium, 2 Caudal-Wirbel, 1 Schuppe.

Brassen: 1 Caudal-Wirbel.

Reuse (Fund 48)

Flussbarsch: 7 Schuppen.

Die vier nachgewiesenen Arten gehören heute zu den regelmäßig in Sachsen-Anhalt vorkommenden Fischen. Hecht, Flussbarsch und Brassen leben auch im Arendsee, während der Zander heute hier fehlt (freundliche Auskunft Frau Kagel, Arendsee). Auch zwischen 1980 und 1996 liegen für den Arendsee keine Nachweise vor (KAMMERAD u. a. 1997, 129). Dieser räuberisch lebende Vertreter aus der Familie der Barsche bevorzugt flache, trübe Seen und ernährt sich von Kleinfischen (MÜLLER 1987, 217). Der heutige Arendsee bietet ihm keine geeignete Lebensgrundlage, weshalb auch auf Aussetzungen von Jungfischen verzichtet wird. Das natürliche Verbreitungsgebiet des Zanders liegt östlich der Elbe (MÜLLER 1987, 218). Gegenwärtige (und historische) Vorkommen westlich davon gehen auf Aussetzungen zurück. Im Neolithikum reichte das Verbreitungsgebiet des Zanders offenbar weiter nach Westen, wie relativ reichhaltige Funde aus der neolithischen Siedlung Wolkenwehe im Travetal bei Bad Oldesloe in Holstein zeigen (HEINRICH 1987, 148). Die seinerzeit höheren Durchschnittstemperaturen boten dem Zander demnach auch in Teilen des nordwestlichen Mitteleuropa günstige Lebensbedingungen. Der spätneolithische Zanderfund aus dem Arendsee deutet darauf hin, dass dort zu jener Zeit andere Bedingungen existierten als heute. Vor allem dürfte der See nährstoffreicher gewesen sein, schon aufgrund der auch hier höheren Jahresmitteltemperaturen.

Hecht und Flussbarsch sind Nahrungskonkurrenten des Zanders (KAMMERAD u. a. 1997, 128). Der Hecht lebt in stehenden und langsam fließenden Gewässern (MÜLLER 1987, 153). Flussbarsche kommen in nahezu allen Binnengewässern vor, aber auch im Brackwasser der Ostsee (MÜLLER 1987, 216). Der Brassen ist ein gesellig lebender Grundfisch. Er bevorzugt größere Seen und ruhige Unterläufe größerer Fließgewässer (KAMMERAD u. a. 1997, 104). Aufgrund der Nachweise dieser drei Fischarten, die in nahezu allen Gewässern vorkommen, sind

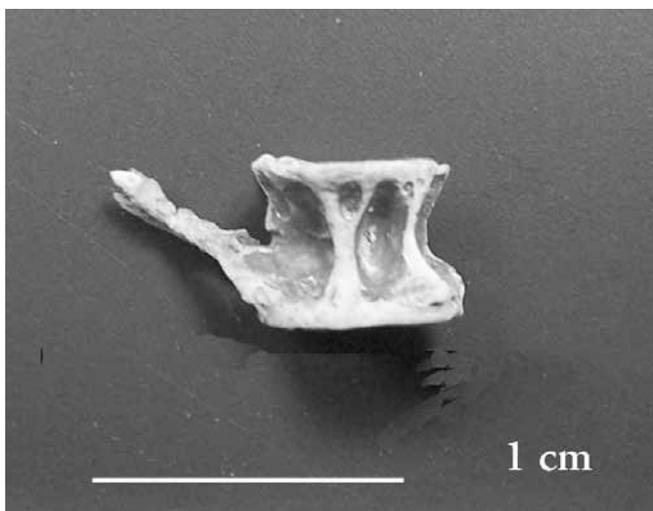


Abb. 2 Schwanzwirbel vom Brassen.

somit kaum Rückschlüsse auf die ökologischen Gegebenheiten im Arendsee in neolithischer Zeit möglich.

Gemessen an anderen neolithischen Lokalitäten in Norddeutschland, von denen Fischreste bestimmt werden konnten (Tab. 1), nimmt sich das Fundmaterial vom Arendsee mit 51 bestimmbaren Fischknochen bzw. Zähnen und 19 Schuppen vom Flussbarsch recht bescheiden aus. Unter den vier aufgeführten neolithischen Fundplätzen ist Hüde I am Dümmer, Ldkr. Diepholz, ein Fundplatz der Rössener und der Trichterbecherkultur, der Älteste. Er erbrachte mit 1003 wenigstens bis zur Familie bestimmbaren Fischresten das reichhaltigste Material (HÜSTER 1983). Gut halb so viele bestimmbare Funde (581) lieferten zwei Siedlungsgruben der altmärkischen Gruppe der Tiefstichkeramik von Niedergörne, Ldkr. Stendal (STOLLE u. a. 1988), die sehr viele Knochen von Karpfenfischen enthielten. Ein großer Teil davon konnte bis zur Art bestimmt werden, so dass hier ein bemerkenswert breites Artenspektrum zustande kam. Der spätneolithische Siedlungsplatz der Einzelgrabkultur am Löddigsee bei Parchim in Mecklenburg ergab 208 bestimmbare Fischknochen (BENECKE 2002). Nur dieser Fundplatz lieferte neben dem einen Beleg vom Arendsee weitere Knochen vom Zander. Allen vier Fundkomplexen ist gemeinsam, dass Funde vom Hecht weit überwiegen. Mit Ausnahme von Niedergörne ist der Flussbarsch die zweithäufigste Art.

Angesichts der wenigen bestimmbaren Funde vom Arendsee überrascht, dass hier dennoch vier Arten nachgewiesen werden konnten. Selbst der materialreiche Fundplatz Hüde I erbrachte „nur“ sechs Fischarten. So bleibt abzuwarten, ob sich das bisherige Artenspektrum, das vom Arendsee bekannt ist, durch Funde aus weiteren Prospektionen erweitern lässt. Von Bedeutung wären insbesondere Fischarten mit spezielleren Umweltansprüchen, deren Nachweise geeignet sind, die früheren ökologischen Verhältnisse im Arendsee näher zu charakterisieren

Anschrift des Verfassers

Dr. HANS-JÜRGEN DÖHLE
Landesamt für Denkmalpflege
und Archäologie Sachsen-Anhalt
Landesmuseum für Vorgeschichte

	Hüde I	Niedergörne	Löddigsee	Arendsee
Hecht	x	x	x	x
Flussbarsch	x	x	x	x
Kaulbarsch	x			
Zander			x	x
Brassen	x	x		x
Schleie	x	x		
Plötze		x	x	
Rotfeder		x		
Döbel		x		
Aland		x		
Rapfen		x		
Aal	x	x	x	
Wels		x	x	
Stör		x		

Tab. 1: Fischnachweise aus dem Neolithikum Norddeutschlands (weitere Angaben s. Text).

Richard-Wagner-Strasse 9
06114 Halle/Saale
email: hjoehle@lda.mk.sachsen-anhalt.de

Literatur

BENECKE 2002: N. BENECKE, Archäozoologische Studien an Tierresten von der neolithischen Inselsiedlung am Löddigsee bei Parchim. In: D. BECKER/N. BENECKE, Die neolithische Inselsiedlung am Löddigsee bei Parchim. Archäologische und archäozoologische Untersuchungen. Beitr. Ur- u. Frühgesch. Mecklenburg-Vorpommern 40 (Lübstorf 2002).

HEINRICH 1987: D. HEINRICH, Untersuchungen an mittelalterlichen Fischresten aus Schleswig. Ausgrabung Schild 1971–1975. Ausgrabungen in Schleswig. Berichte und Studien 6 (Neumünster 1987).

HÜSTER 1983: H. HÜSTER, Die Fischknochen der neolithischen Moorsiedlung Hüde I am Dümmer, Kreis Grafschaft Diepholz. Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen 16, 1983, 401–480.

KAMMERAD u. a. 1997: B. KAMMERAD/S. ELLERMANN/J. MENCKE/O. WÜSTEMANN/U. ZUPPKE, Die Fischfauna von Sachsen-Anhalt. Verbreitungsatlas. Herausgegeben vom Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (Magdeburg 1997).

MÜLLER 1987: H. MÜLLER, Fische Europas.² (Leipzig, Radebeul 1987).

STOLLE u. a. 1988: T. STOLLE/N. BENECKE/J. BERAN, Zwei Siedlungsgruben der Tiefstichkeramik von Niedergörne, Kr. Stendal. Jahresschr. mitteldt. Vorgesch. 71, 1988, 37–55.

Pollenanalysen an Sedimenten des spätneolithischen Fischzauns vom Arendsee, Altmarkkreis Salzwedel

MONIKA HELLMUND

Zusammenfassung

Im Jahre 2003 wurden im Arendsee, einem Binnensee im Norden Sachsen-Anhalts, durch den Tauchclub Arendsee e.V. (TCA) ein Einbaum sowie Holzreste eines in Seekreide eingebetteten Fischzaunes entdeckt. In den Folgejahren 2004, 2005/2006 und 2007 fanden Forschungsgrabungen statt, bei denen unter anderem Sedimente für archäobotanische Untersuchungen geborgen wurden. Der erwähnte Einbaum konnte dendrochronologisch in das Spätmittelalter datiert werden. Der radiometrisch in das 3. vorchristliche Jahrtausend datierte und damit der neolithischen Einzelgrabkultur zugeordnete Fischzaun befindet sich heute in einer Wassertiefe von 9–11 m, und ist damit wesentlich tiefer gelegen als zu der Zeit, als er benutzt wurde.

Die festgestellten spätneolithischen Pollenspektren sind charakteristisch. Sie sind durch vermehrt auftretende sekundäre Siedlungszeiger und Pollen vom Wildgras-Typ (Poaceae) sowie mikroskopisch kleine Holzkohlefragmente gekennzeichnet. Jedoch sind in den Pollenspektren bereits in früherer Zeit ab dem Ulmenabfall sekundäre Siedlungszeiger vertreten, beispielsweise Spitz-Wegerich (Plantago lanceolata). Dies zeigt, daß bereits während der mittloneolithischen Trichterbecherkultur in gewissem Maße anthropogene Eingriffe in die damalige Vegetation in der Umgebung des Arendsees stattgefunden haben. Diese verstärkten sich jedoch während der Zeit der Einzelgrabkultur.

Der spätneolithische Fischzaun bestand aus parallel angeordneten, vorwiegend aus Haselnuss (Corylus) hergestellten, dünnen Zweigen, die mit einem zweischäftigen Seil verflochten waren. Letzteres war offenbar aus der Rinde von Acer campestre (Feld-Ahorn) angefertigt. Stärkere Äste aus Hasel, Eiche (Quercus), Esche (Fraxinus) sowie Ahorn (Acer) dienten zur Stabilisierung des Flechtzauns.

Ausgehend vom Fischzaun wurden längs eines N–S-Transektes weitere Schnitte (S5, S6 und S3) ergraben und Probenmaterial für pollenanalytische Untersuchungen geborgen. Es stellte sich heraus, daß die Sedimente am südlichen Punkt S5 am jüngsten und jene an Lokalität S3 am ältesten sind. In der Umgebung von S3 und S6 war bereits im Frühholozän ein See ausgebildet, also bereits lange Zeit vor der spätneolithischen Nutzungsphase des Arendsees.

Die an „on-site“-Sedimenten des spätneolithischen Fischzauns sowie die an „off-site“-Sedimenten erhobenen Pollenspektren des Arendsees stehen im Folgenden im Fokus der Untersuchungen. Ergebnisse dieser Bearbeitung wurden erstmalig im Oktober 2007 beim Jahrestreffen des Arbeitskreises Unterwasserarchäologie in Arendsee vorgestellt.

Abstract

In 2003 a logboat from the Middle Ages and wooden remains of a neolithic wooden fishing fence, embedded in sediment, were discovered by members of a diving club in the Arendsee, a lake in northern Saxony-Anhalt (Germany). Due to subsidence the site of the neolithic fence now lies in water depths of 9–11 meters, much deeper than in the past, when the fence was still in use. This indicates that the lake bed sank considerably in the postneolithic period. Parts of the investigated wooden fence revealed radiocarbon dates pointing to the third millennium BC.

In 2004, 2005/2006 and 2007 scientific research activities led to excavations at different sites and to the collection of sediment for pollen analyses. The pollen spectra of the on-site sediments of the neolithic fence are characteristic. They can be allotted to the Subboreal period, i. e. the period after the decline of the Ulmus curve. Interestingly, the pollen spectra show a greater amount of anthropogenic indicators, Poaceae and microscopic charcoal fragments. The pollen spectra of the late neolithic period can be correlated with a part of the off-site pollen (diagram ARS 4). The decline of Ulmus is documented in the lower part of this diagram. Plantago lanceolata became more frequent in the subsequent phase. This was due to middle neolithic colonization in the Altmark area. The human impact increased during the younger Single Grave culture period. The results of the pollen analyses are supported by those of the wood analysis of the neolithic fence. The fence was made of thin Corylus branches bound together by twine. One twine sample indicates the phloem of Acer cf. campestre. Other wood species such as Quercus, Fraxinus and Acer platanoides/pseudo-platanus were also used for the fishing fence. Other off-site sediments were taken from sites S5, S6 and S3 which were located from the south to the north towards the recent bank of the Arendsee. Stratigraphically, the youngest sediments were conserved in the south at S5 and the oldest ones at S3 in the north. It must be considered that there was already limnic sedimentation in the early Holocene at S3 and S6. The article focuses on the on-site and the off-site pollen spectra of the Arendsee. Results of this investigation were already presented at the meeting of the "Arbeitskreis Unterwasserarchäologie" in Arendsee in 2007.

Einleitung

Im Jahre 2003 entdeckten Sporttaucher im nördlichen Abschnitt des Arendsees einen Einbaum sowie Reste eines hölzernen Fischzaunes (LEINEWEBER/LÜBKE 2006). Der Einbaum ist nach den Ergebnissen der Dendrochronologie mittlerweile als spätmittelalterlich bestimmt worden, denn der jüngste Jahrring des Eschenholzes wurde nach 1389 AD gebildet. Das Boot wurde wahrscheinlich im Verlaufe des 15. Jhs. im Wasser versenkt. Der besagte Fischzaun ist hingegen wesentlich älter. Mit Hilfe von ^{14}C -Datierungen wurde festgestellt, dass dessen Hölzer in das 3. vorchristliche Jahrtausend datieren und damit der spätneolithischen Einzelgrabkultur zugeordnet werden können (Abb. 1) (LEINEWEBER/Lübke 2006/2007; dies. 2009).

Dieses unerwartet hohe Alter des Fischzaunes war Anlass zu weiteren, in den Jahren 2005/2006 und 2007 durchgeführten wissenschaftlichen Tauchgrabungen. Dabei wurde aus der unmittelbaren Umgebung des stellenweise aus mehreren Lagen bestehenden Fischzaunes Probenmaterial für Pollenanalysen geborgen. Darüber hinaus wurden vom Fischzaun ausgehend in Richtung Norden Grabungsschnitte angelegt sowie Sedimente für botanische Untersuchungen sichergestellt.

Für die noch laufenden Bearbeitungen stellt sich die Frage, in welcher Weise die so genannten „on-site“ Pollenspektren des Einbaums und des spätneolithischen Fischzaunes charakteristisch sind und ob sich die mittel- und die spätneolithischen Pollenspektren in einem zeitlich umfassenderen Pollendiagramm („off-site“-Bohrkern ARS 4) einordnen lassen. Ferner war zu klären, inwieweit die längs eines N-S-Transektes geborgenen Sedimente spätneolithische Pollenspektren beinhalten. Des Weiteren waren die Hölzer des spätneolithischen Fischzauns von Interesse.

Material und Methode

Im Rahmen der Untersuchung lag sowohl Probenmaterial von den archäologischen Fundplätzen selbst („on-site“) als auch von den außerhalb der Fundplätze gelegenen Orten („off-site“) vor. Die „on-site“-Proben stammen aus der unmittelbaren Umgebung des spätneolithischen Fischzaunes, zum Teil aus Blockbergungen. Die Taucher bargen außerdem Einzelproben aus dem vom spätmittelalterlichen Einbaum abgedeckten Seesediment. Darüber hinaus wurde ein an einem benachbarten Bohrpunkt gebor-

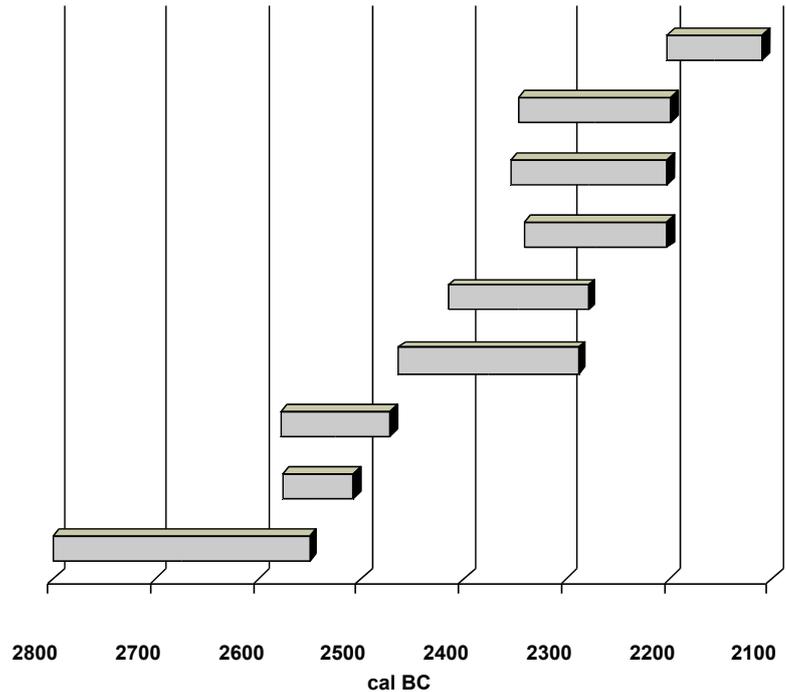


Abb. 1: Arendsee, neolithischer Fischzaun; östlicher Abschnitt. ^{14}C -AMS-Datierungen, Kalibriertes (cal) Alter, 2 Sigma-Bereich. BC = before Christ.

genes Profil („off-site“ Profil ARS 4) in die Untersuchung einbezogen. Bereits in den 1990er Jahren waren durch Prof. Dr. B. W. Scharf, Bremen, Bohrungen an den Sedimenten des Arendsees und des Faulen Sees durchgeführt worden (RÖHRIG/SCHARF 2002; RÖHRIG et al. 2004; SCHARF et al. 2009). Christiansen (2009) untersuchte zwei dieser aus dem Profundal des Arendsees stammende Bohrkerne (ARS 1, ARS 5) sowie den oberen Bohrkern aus dem Flachwasserbereich (ARS 4) am Nordufer des Arendsees. Zur zeitlichen Parallelisierung der „on-site“ Pollenspektren des Fischzauns wurde von der Verfasserin der untere Bohrkern von ARS 4 bearbeitet.

Die Aufbereitungsmethode für die Pollenanalysen wird in Schäfer (1988; dies. 1996) dargelegt. Zum Teil wurde Probenmaterial zusätzlich mit Ultraschall gesiebt (Siebmaschenweite 10 μm). Um eine ausreichende Masse der mikroskopisch kleinen Pollenkörner für eine ^{14}C -AMS-Datierung zu erhalten, wurde das Sediment in spezifischer Weise aufbereitet (nach der modifizierten Vorschrift von JAHNS, vgl. REGNÉLL/EVERTT 1996).

Es wurden die einschlägige Bestimmungsliteratur sowie die Vergleichssammlungen rezenter Pflanzenreste für die Identifizierung der Pollen, Hölzer und Großreste verwendet. In den Siebrückständen der Pollenproben (>125 μm) fanden

sich keine pflanzlichen Großreste mit Ausnahme von so genannten Oosporangien von Armleuchteralgen (*Characeen*). Das Probenmaterial für die Makrorestproben wurden mit Schlämmsieben verschiedener Maschenweiten gesiebt. Hierin waren vereinzelt pflanzliche Großreste vorhanden, v.a. von *Najas* (Nixenkraut), *Potamogeton* (Laichkraut), *Ceratophyllum* (Hornblatt) und *Lycopus europaeus* (Ufer-Wolfstrapp). An den Holzresten wurden mittels Rasierklinge die für die Bestimmung erforderlichen Hand-schnitte für die Quer-, Tangential- und Radialansicht angefertigt.

Die prozentualen Anteile der Pollentypen wurden in den Pollendiagrammen, wie heute meist üblich, auf die jeweilige Gesamtpollen/-sporensomme der Landpflanzen (ausschließlich Wasserpflanzen und einigen Sporenpflanzen) bezogen berechnet. In den eher traditionell ausgerichteten Arbeiten wird stattdessen die Baumpollensumme exkl. Hasel und z.T. auch exkl. Erle als Bezugssumme gewählt (vgl. CHRISTIANSEN 2009). Die mikroskopisch kleinen Holzkohlenfragmente wurden in dieser Bearbeitung stichprobenartige je Präparat erfasst und mit Hilfe der Exoten-Marker-Methode hochgerechnet. Die Berechnungen wurden mit Hilfe des Programms „TILIA“ ermittelt und die Pollendiagramme mit der von E. Grimm (Illinois State Museum, Springfield) entwickelten Software „TG-View Ver. 2.0.2“ erstellt. Die jeweiligen Prozentanteile sind im Schattenriss und zudem mit einer zweiten Signatur zehnfach überhöht dargestellt. Die Pollenspektren der Einzelproben werden als Balkendiagramm (ohne Überhöhung) dargestellt (Abb. 2).

„On-site“ Pollenspektren – spätmittelalterlicher Einbaum

Die spätmittelalterlichen Baumpollenspektren der „Einbaum-Pollenproben“ (Abb. 2 oben) sind im Unterschied zu den Proben des spätneolithischen Fischzauns vor allem durch höhere Anteile von Birke (*Betula*), Rotbuche (*Fagus*) und Hainbuche (*Carpinus*) charakterisiert. Dennoch erreichen die Anteile von Rotbuche und Hainbuche nur einige Prozentpunkte. Dies ist ein Indiz dafür, daß zu dieser Zeit, also im ausgehenden Spätmittelalter, die im Verlaufe des ersten nachchristlichen Jahrtausends in der Altmark entstandenen rotbuchen- und hainbuchenreichen Wälder bereits erheblich dezimiert waren. Wegen der relativ geringen Siedlungszeiger-Werte handelt es sich zudem um eine Phase mit eher geringer anthropogener Einwirkung auf die Vegetation und nicht um eine Hochphase anthropogener Siedlungstätigkeit. Die mikroskopisch kleinen Holzkohlenfragmente sind vergleichsweise häufig ebenso wie Sporen von *Pediastrum*, einer Grünalgen-Gattung.

„On-site“ Pollenspektren – spätneolithischer Fischzaun

Vom spätneolithischen Fischzaun liegen mehrere „on-site“ Sedimente vor: ein 60 cm-Profil (Abb. 3), das die etwa drei Fischzaunlagen sowie ältere Abschnitte umfasst, ein 10 cm-Profil vom ältesten Fischzaun (Abb. 2 unten) sowie drei 10 cm-Profile vom mittleren Fischzaun (Abb. 2 Mitte).

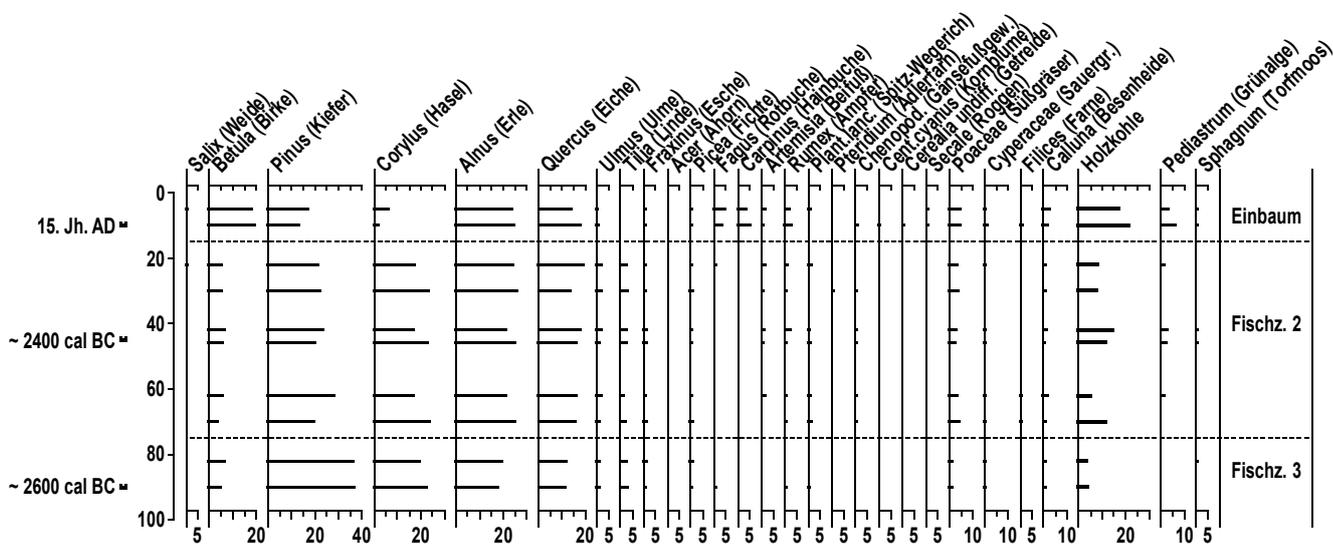


Abb. 2: Arendsee. Zusammengesetztes Pollendiagramm aus Einzelproben, drei Profilen vom Fischzaun 2 sowie einem Profil vom Fischzaun 3. Tiefenangaben fiktiv (nicht in Superposition). Bezugssumme: Summe von Landpflanzen (Baumpollen, Nichtbaumpollen, Sporen) = 100 %. Circa-Altersangaben aufgrund von dendrochronologischen Daten sowie der Radiokarbondatierungen. Analyse M. Hellmund.

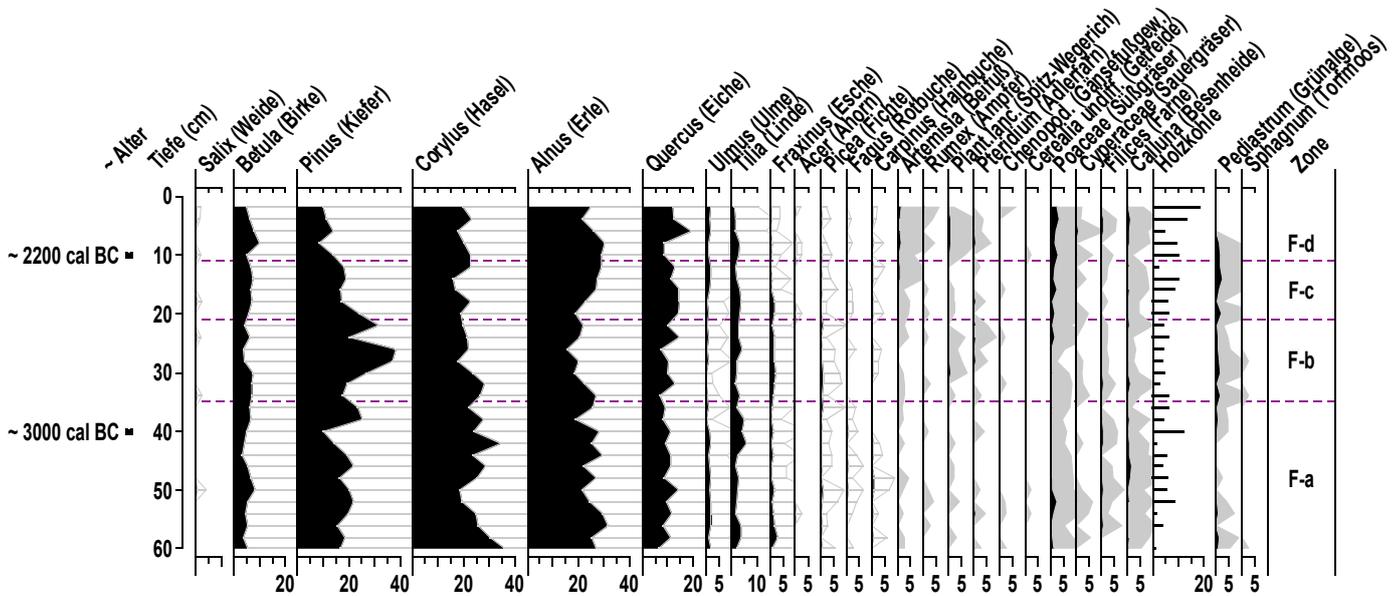


Abb. 3: Arendsee. Pollendiagramm neolithischer Fischzaun, Lage 1 oben bis Lage 3 Mitte. Bezugssumme: Summe der Landpflanzen (Baumpollen, Nichtbaumpollen, Sporen) = 100 %; Circa-Altersangaben aufgrund Radiokarbondatierungen an Hölzern des Fischzauns. Lokale Pollenzonen Fa bis Fd. Subboreal VIII. Analyse M. Hellmund.

Arendsee

Profil ARS 4

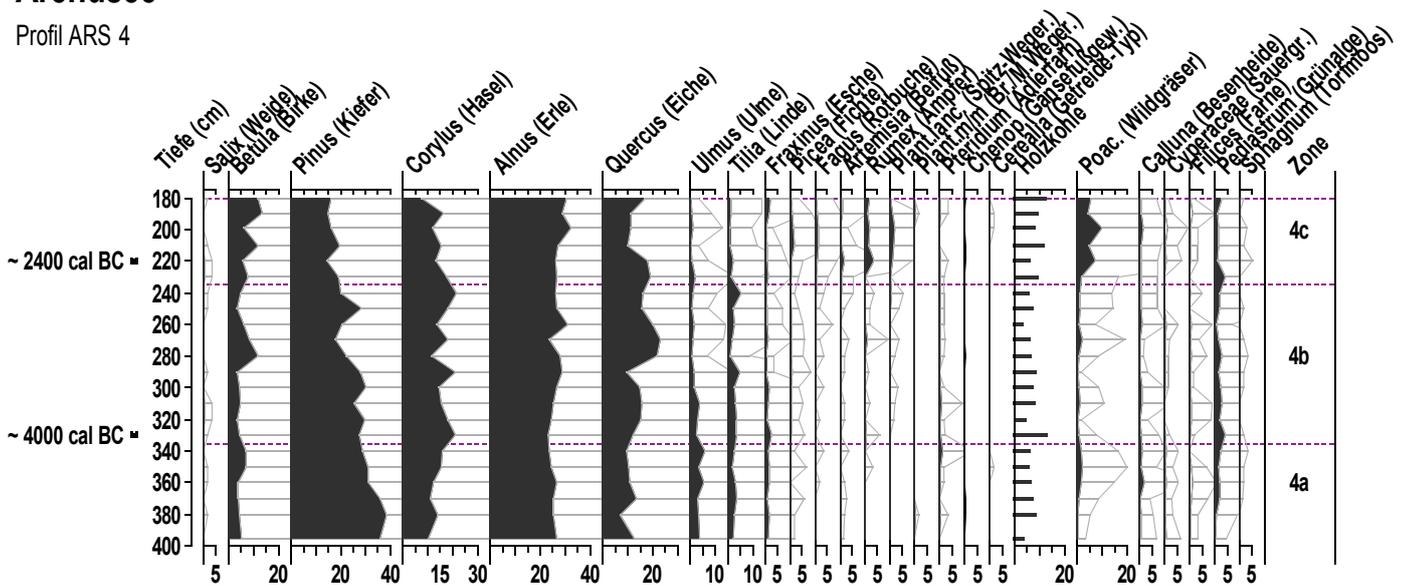


Abb. 4: Arendsee, Pollendiagramm Bohrpunkt ARS 4. Bezugssumme: Summe der Landpflanzen (Baumpollen, Nichtbaumpollen, Sporen) = 100 %. Circa-Altersangaben aufgrund biostratigraphischer Korrelierung. Pollenzone 4a: Spätes Atlantikum VII; Pollenzonen 4b u. 4c: Subboreal VIII. Analyse M. Hellmund.

Es ist augenfällig, daß es sich bei den „on-site“ Pollenspektren aus der Umgebung des spätneolithischen Fischzauns um solche mit sehr geringen Anteilen von Ulme (*Ulmus*) handelt. Das heißt, diese Spektren sind biostratigraphisch nicht mehr in das Späte Atlantikum (Firbas-Pollenzone VII), sondern in das Subboreal (Firbas-Pollenzone VIII, vgl. FIRBAS 1949, dort jedoch

noch andere Altersangaben) zu stellen, d.h. in die Zeit nach dem Ulmenabfall. Dies steht mit den Radiokarbondatierungen der Holzproben im Einklang, denn die Hölzer des Fischzauns datieren in das dritte vorchristliche Jahrtausend (Abb. 1). Aufgrund der Pollenspektren lässt sich ableiten, dass ein Abschnitt nach dem mittelhöhen Ulmenabfall erfasst wurde. Hierbei

kommen das 4. vorchristliche Jahrtausend sowie jüngere Zeitabschnitte in Betracht.

Der Ulmenabfall stellt für die biostratigraphische Untergliederung der vegetationsgeschichtlichen Abschnitte des Späten Atlantikums und des Subboreals eine Art Leithorizont dar. Hier wird das Alter des Ulmenabfalles mit circa 4000 cal BC angenommen, der an verschiedenen Orten zwischen 3800 und 4200 cal BC datiert wird (vgl. DÖRFLER 2008; DÖRFLER/SCHÜLKE 2002; HERKING 2004; JAHNS 2000; ders. 2008; SCHÄFER 1996; WIETHOLD 1998; WOLTERS 1999; ders. 2002). Christiansen (2009) geht stattdessen von einem Alter von ca. 3500 cal BC für den Ulmenabfall aus. Ein derartig junges Datum muss jedoch erst durch weitere Datierungen bestätigt werden. Die möglichen Ursachen des Ulmenabfalls sind wiederholt dargestellt worden (beispielsweise SCHÄFER 1996, 175 ff.).

Die in den Pollendiagrammen (Abb. 2,3,4) ausgewiesenen Zeitstellungen sind Circa-Angaben und von den jeweiligen Radiokarbondatierungen sowie der jeweiligen biostratigraphischen Korrelierung abgeleitet. Es sei erwähnt, dass eine an Pollenkörnern selbst durchgeführte Radiokarbondatierung kein zuverlässiges Alter erbracht hat. Dies dürfte auf dem Hartwassereffekt (Reservoirereffekt) der vor Ort abgelagerten kalkreichen Sedimente des Arendsees beruhen. Die angereicherten Pollenkörner des Sedimentes aus 30 cm Tiefe wurden auf 4745 ± 45 BP (KIA-32383) datiert, was einem kalibrierten Alter von 3632–3576 cal BC entspricht. Da die Hölzer des Fischzauns in das 3. Jt. v. Chr. datieren, ist diese Pollendatierung um circa 1000 Jahre zu alt. Auch die meisten von Scharf/Röhrig an Sedimenten des Arendsee angegebenen ^{14}C -AMS-Datierungen haben sich als zu alt erwiesen (RÖHRIG o. J.).

Die spätneolithischen Baumpollenspektren der „on-site“-Proben sind durch Kiefer (*Pinus*), Hasel (*Corylus*), Eiche (*Quercus*), Linde (*Tilia*), Ulme (*Ulmus*) und Erle (*Alnus*) gekennzeichnet. Kiefer erreicht Prozentpunkte von 20 bis 30 %. Wenngleich die Pollenkörner von Kiefer sehr weit verbreitet werden, ist bei einem derartig hohen Prozentanteil davon auszugehen, dass Kiefern in der Umgebung des Arendsees auf sandigen Flächen verbreitet waren. Die Anteile der sogenannten Eichenmischwald-Gehölze mit Eiche (*Quercus*), Winter-Linde (*Tilia cordata*), Ulme, Esche (*Fraxinus*) und Ahorn (*Acer*) erreichen zwischen 15 bis 20 %. Wenngleich auch Eiche eine gute Pollenverbreitung aufweist, weisen ihre relativ hohen Anteile auf ein beträchtliches Vorkommen von Eiche in den Wäldern

hin. Auch Winter-Linde war deutlich vertreten und in den Wäldern offenbar häufiger als Ulme, denn als insektenblütiges Gehölz verfügt Linde über eine geringere Pollenverbreitung als Ulme. Unter den Nichtbaumpollen sind die sekundären Siedlungszeiger in dieser Zeit auffällig, vor allem Spitz-Wegerich (*Plantago lanceolata*) und Sauerampfer (*Rumex acetosella*-Typ). Auch Beifuß (*Artemisia*) und Adlerfarn (*Pteridium*) sind nachgewiesen. Außerdem steigt die Kurve der Pollen vom Wildgras-Typ (*Poaceae*) zu dieser Zeit an. Die primären Siedlungszeiger, die Kulturpflanzen, wie *Cerealia*, sind hingegen ausgesprochen selten.

Die spätneolithische Einzelgrabkultur ist in den Pollendiagrammen des Arendsees demnach durch die offenbar „erstmalig“ deutlich höheren Werte der sekundären Siedlungszeiger sowie weiterer Nichtbaumpollen, u. a. von *Poaceae*, gekennzeichnet. In den Sedimenten des älteren Fischzaunes (Abb. 2 unten) sind die Siedlungszeiger-Werte jedoch noch geringer als in den Sedimenten des mittleren und des jüngeren Fischzaunes (Abb. 2 Mitte; Abb. 3, Zone Fd).

Die Anteile der Nichtbaumpollen an der Pollensumme erreichen in den spätneolithischen Pollenspektren des Arendsees einige bis maximal 15 %. Die andererseits vergleichsweise hohen Prozentwerte der Baumpollen sprechen daher dafür, dass die Umgebung des Arendsees weitgehend bewaldet war. Es stellt sich heraus, dass die spätneolithischen Pollenspektren zwischen 5–10 % mikroskopisch kleine Holzkohlenfragmente beinhalten. Diese Anteile sind zu dieser Zeit ebenfalls relativ erhöht. Die mikroskopisch kleinen Holzkohlenfunde aus den Seesedimenten sind größtenteils eine Folge anthropogener Tätigkeiten, da Feuerereignisse durch die Besiedelung und Landschaftsnutzung befördert wurden. Dies wurde wiederholt in der Literatur dargestellt (beispielsweise SCHÄFER 1996, 24).

Bezüglich der Siedlungszeiger ist auffällig, dass Beifuß, Gänsefußgewächse (*Chenopodiaceae*), Spitz-Wegerich, Adlerfarn und Ampfer (*Rumex*) erfasst wurden. Der Adlerfarn gilt als Störungszeiger und kann sich in den Wäldern vor allem nach Aufflichtungen infolge Waldweide und Holzentnahmen ausbreiten. Besenheide (*Calluna*) ist nahezu stetig vorhanden, auch *Poaceae*= (Wildgras-Typ) erreichen Anteile von bis zu 5 %. Die Besenheide dürfte in der weiteren Umgebung in kiefernreichen Wäldern auf nährstoffarmen Böden vorgekommen sein.

Die gestiegenen Prozentwerte der *Poaceae* sind auch als Hinweis auf eine Zunahme der Offenlandvegetation zu werten. Ein gewisser Anteil

dürfte auf stellenweise vorhandene Grasbestände in Seeufernähe zurückgehen. Ob es sich hierbei um Schilf (*Phragmites*) handelt, muss offen bleiben, da Schilf anhand der Morphologie seiner Pollenkörner nicht eindeutig zu identifizieren ist (BEUG 2004).

Soweit bekannt, sind die meisten Seen in vorgeschichtlicher Zeit und damit auch der Arendsee, als nährstoffarm und nicht als nährstoffreich zu bewerten (vgl. SCHARF 1998). Von daher ist von einer allenfalls spärlich entwickelten Ufervegetation auszugehen. Wie bereits erwähnt, gibt es nur wenige Großrestfunde in den Pollenprofilen sowie Pollen bzw. Sporen von Wasserpflanzen, wie meist üblich sind diese nicht zahlreich. Eine Ausnahme von dieser Regel stellt ein bestimmter Horizont in Profil S3 dar. Hier erreicht der Pollentyp *Typha/Sparganium* (Rohrkolben/Igelkolben) relativ hohe Anteile.

„Off-site“-Pollenspektren – Bohrprofil ARS 4

Das „off-site“-Pollendiagramm ARS 4 weist in seinem unteren Abschnitt (Abb. 4, Zone 4a u. 4b) den auffälligen Rückgang von Ulme auf. Wenngleich Ulme in der Altmark nur relativ schwach vertreten ist, ist der Abfall der Ulmenwerte auf etwa die Hälfte der vorherigen Anteile offensichtlich. Dieser Zeitabschnitt mit höheren Ulmenwerten fehlt hingegen in dem Pollendiagramm am Fischzaun (Abb. 3). Dies zeigt, daß im unteren Abschnitt des Fischzaun-Profiles das ausgehende 4., aber nicht mehr das beginnende 4. vorchristliche Jahrtausend erfasst wurde. Die ältesten Sedimente an Bohrpunkt ARS 4 sind hingegen in das Späte Atlantikum (VII) zu stellen. Die Mineralbasis wurde an diesem Profil ARS 4 offenbar nicht erbohrt.

Die spätneolithischen Pollenspektren sind mit dem oberen Profilabschnitt von ARS 4 zu korrelieren (Abb. 4, 4c). Dort ist ein Siedlungszeiger-Peak auffällig. Die älteren Pollenzonen 4b und 4c sind in das Subboreal (Firbas-Pollenzone VIII) zu stellen. Bereits in diesen beiden unteren Teilabschnitten (Abb. 4, 4a u. 4b) sind die Holzkohlenfragmente weitgehend kontinuierlich enthalten, und es treten sekundäre Siedlungszeiger, wie Adlerfarn, Beifuß, Sauerampfer und Spitz-Wegerich auf. Es ist demzufolge bereits für die Zeitspanne des frühen Subboreals (ab Ulmenabfall um 4000 cal BC) bis zum Beginn der Einzelgrabkultur (Spätneolithikum: ca. 2800 bis 2200 cal BC) von anthropogenen Einwirkungen auf die Vegetation in der Umgebung des

Arendsees auszugehen. Spätestens ab dem Ulmenabfall (Abb. 4: Grenze Zonen 4a/4b) treten sekundäre Siedlungszeiger auf, jedoch sind nur wenige Pollen vom *Cerealia*-Typ erfaßt worden. Als Störungszeiger und Verlichtungszeiger sind die Sporen von Adlerfarn, und die Pollenkorn-tetraden von *Calluna* (Besenheide), sowie die phasenweise höheren Anteile der Pollenkörner vom Wildgras-Typ zu werten. Dies spricht für die Anwesenheit des mittelneolithischen Menschen in der Umgebung des Arendsees.

In dem von Christiansen (2009) ausgewiesenen Pollendiagramm ist die mittel- bis spätneolithische Besiedlungsphase in dem Tiefenabschnitt von etwa 330 bis 300 cm reflektiert. Das Litoral-Profil ARS 4 umfasst diese Zeitspanne im Tiefenbereich von etwa 3,40 m bis 2 m. Bohrpunkt ARS 4 weist während dieser Zeit demnach eine wesentlich höhere Sedimentationsrate im Flachwasserbereich auf.

Es ist anzumerken, daß der Arendsee heutzutage eine Fläche von 514 ha (Maximalausdehnung 3,5 x 2 km, vgl. LEINWEBER/LÜBKE 2006/2007) umfasst. Bereits im Spätneolithikum nahm der See große Teile des heutigen Seebeckens ein und umfasste in seiner O–W-Ausdehnung mehr als 2 km (Beitrag LEINWEBER et al., Abb. 1, Phase III). Das heißt, die Seesedimente des Arendsees beinhalten nicht nur den Polleneintrag aus den Wäldern der nahen Umgebung, wie dies bei einem kleinen See oder Moor der Fall wäre, sondern auch den regionalen und überregionalen Polleneintrag aus einem größeren Einzugsgebiet (vgl. MOORE et al. 1991).

Bereits in den spätneolithischen Pollenspektren sind vereinzelt Pollenkörner von Rotbuche und Hainbuche vorhanden. Dies zeigt das bekannte Phänomen, dass diese beiden, vergleichsweise spät im Verlaufe des Holozäns einwandernden Gehölze mehr als zwei Jahrtausende benötigten, um sich in den Wäldern auszubreiten.

Holzfunde vom spätneolithischen Fischzaun

Bisher wurde ein Teil der Holzfunde des spätneolithischen Fischzaunes holzanatomisch untersucht (vorrangig durch S. Klooß, Kiel, sowie durch die Verfasserin). Die bisher analysierte Stichprobe (Abb. 5) besteht zum großen Teil aus *Corylus* (Hasel). Es sind aber auch Berg-/Spitz-Ahorn (*Acer pseudo-platanus/platanoides*), Eiche (*Quercus*) und Esche (*Fraxinus*) nachgewiesen worden. Dass die genannten Gehölze zur damaligen Zeit in der Umgebung des Arendsees

verbreitet waren, kann durch die Pollenfunde bestätigt werden. Lediglich Ahorn ist als insektenblütiges Gehölz im Pollenniederschlag stets unterrepräsentiert. Daher sind in den Pollenspektren lediglich Einzelfunde von Ahorn erfasst worden.

Für den Fischzaun wurden wenigjährige Hölzer verwendet. Möglicherweise wurden die Haselruten in Holzbeständen gewonnen, die in einer Art Niederwald bewirtschaftet und „auf den Stock“ gesetzt wurden. Auf diese Weise ließen sich vergleichsweise einfach geradschäftige dünne Haselruten gewinnen. Dass es während des Jung- und Endneolithikums bereits eine Art Waldbewirtschaftung gegeben hat, wurde beispielsweise am Bodensee nachgewiesen (vgl. BILLAMBOZ/KÖNINGER 2008).

Die Untersuchung eines Seilrestes vom spätneolithischen Fischzaun wurde von W. Schoch, Adliswil (Schweiz), als Rinde (Bast) von *Acer campestre* (Feld-Ahorn) identifiziert. Hierbei handelt es sich nicht um isolierte Bastfasern, sondern um Zellverbände der Rinde. Dies spricht dafür, dass die Rinde von den Zweigen und Ästen abgelöst bzw. abgeschnitten wurde. Wahrscheinlich wurde das noch berindete Holz

aber nicht in einem aufwändigen Verfahren gewässert und geröstet (Rotte), um die Bastfasern zu isolieren. Zwei Rindenstränge wurden gegeneinander zu einem zweisechäftigen Seil von etwa 1 cm Breite gedreht und die dünnen Haselnuss-Zweige des Fischzauns umflochten. Feld-Ahorn ist heutzutage in der Umgebung des Arendsees seltener als Berg-Ahorn (*Acer pseudo-platanus*) und Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*), wie dies die Pflanzenverbreitungskarten ausweisen (BENKERT et al. 1996).

„Off-site“-Pollenspektren – N–S-Transekt

Ausgehend von dem östlichen Abschnitt des Fischzaunes wurden 2007 längs eines N–S-Transektes in Richtung Seeufer die Grabungsschnitte S5, S6 und S3 angelegt und die entsprechenden Sedimente beprobt. Obwohl die absoluten Höhen an den drei Grabungsschnitten S3, S6 und S5 nur um ein bis zwei Meter differieren (bei einer heutigen Wassertiefe von 5 bis 7 m), unterscheiden sich die Pollenspektren auffällig voneinander und sind verschieden alt. An Schnitt S6 sind ebenso wie im Fischzaunbereich keine jüngeren als subborealen Sedimente mehr vorhanden. Wie bereits beschrieben, wurde der Fischzaun anfangs an einer steil abfallenden Kante (von 11 auf ca. 20 m) des Seebodens entdeckt, da seine Hölzer stellenweise ins Wasser hervorragten (LEINEWEBER/LÜBKE 2006/2007; dies. 2009).

An Schnitt S6 sind die ältesten Pollenspektren älter als jene des Fischzaun-Profiles. Am nördlichen Schnitt S3 wurden limnische Sedimente erfaßt, die in das Frühholozän, also das Präboreal, Boreal und das frühe Atlantikum datieren. Dies belegt, dass vor Ort bereits lange Zeit vor Phase II der Seentwicklung (Spätes Atlantikum) ein kleiner See existierte (s. Beitrag LEINEWEBER et al., Abb. 1, Phase II).

Die jüngsten Sedimente wurden an dem am weitesten seewärts gelegenen Schnitt S5 festgestellt. Dessen Pollenspektren entsprechen dem oberen Abschnitt von Bohrprofil ARS 4. Bei Profil ARS 4 stammen die jüngsten Sedimente aus dem Älteren Subatlantikum, jüngere Sedimente fehlen dort (Beitrag CHRISTIANSEN, 51 Abb. 1).

Im Hinblick auf die Entwicklung des Arendsees bleibt festzuhalten, dass auch im nördlichen Teilbereich des heutigen Sees, sowohl an den Profilverpunkten ARS4 und in S6 ebenso wie an dem Fundort des spätneolithischen Fischzauns bereits vor dem 3. vorchristlichen Jahrtausend, spätestens seit dem ausgehenden Atlantikum,

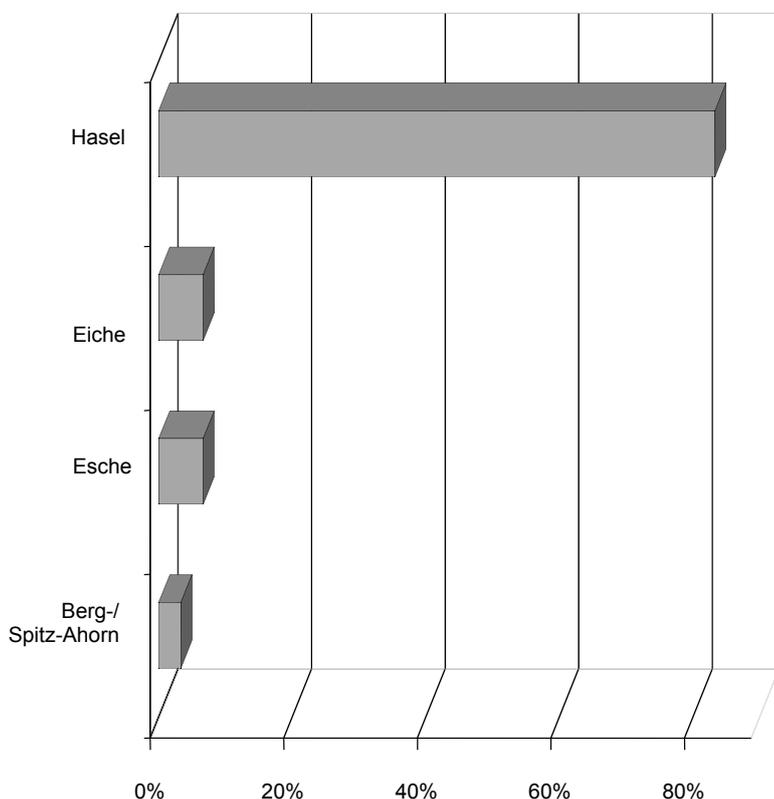


Abb. 5: Holzfundes vom spätneolithischen Fischzaun. $n = 30$. Analyse St. Klooff, Kiel.

ein See existierte. An Schnitt S3 kam es bereits im Frühholozän zu limnischer Sedimentation. Im Beitrag Leineweber et al. (9–11) ist die Genese des Arendsees nach dem bisherigem Kenntnisstand zusammengetragen worden. Bisher ist nicht eindeutig geklärt, ob es neben den beiden archivalisch bekannten Seefällen im 9. und im 17. Jh. einen weiteren Seefall in vorgeschichtlicher Zeit gegeben hat (vgl. hingegen SCHARF/RÖHRIG 2002, 125). Heute befindet sich der spätneolithische Fischzaun in einer Wassertiefe von 9 bis zu 11 m und liegt damit wesentlich tiefer als zu der Zeit, als er zur Passivfischerei genutzt wurde. Falls es einen vorgeschichtlichen Seefall gegeben hat, fand dieser in der Zeit nach 2200 v. Chr. statt. Die beträchtliche Senkung des Seebodens hängt offenbar vorwiegend mit den unterirdisch stattfindenden Lösungs- und Senkungsvorgängen des Salzstockes zusammen (Beitrag HARTMANN/SCHÖNBERG 58–64; dies. 2003). Die verschiedenen Hypothesen (vgl. Beitrag SCHARF et al., 37–50) zeigen, daß das Senkungs-, Sedimentations- und Abtragungsgeschehen im Arendsee komplex war und ist. Weitergehende Untersuchungen können dazu beitragen, die Kenntnisse zur Entwicklung und der anthropogenen Nutzung des Arendsees und der Vegetation seiner Umgebung weiter zu vertiefen.

Danksagung

Herrn Dr. H. Lübke, Schleswig, sowie den Mitarbeitern seiner Tauchteams danke ich für die Probenahme unter Wasser. Die Überlassung des Probenmaterials verdanke ich Frau Dr. R. Leineweber, LDA Halle (Saale). R. Leineweber initiierte die aus folgenden Teilnehmern bestehende Arbeitsgruppe: Prof. Dr. H.-J. Beug, Dr. J. Christiansen, Dr. H.-J. Döhle, Dr. M. Hellmund, Dr. O. Hartmann (LAGB Magdeburg), Dr. R. Leineweber, Dr. G. Schönberg (LAGB Magdeburg) und Prof. Dr. B. Scharf. Prof. Dr. B. Scharf (Bremen), Prof. Dr. H.-J. Beug sowie Dr. J. Christiansen, beide Universität Göttingen, stellten dem LDA in Halle (Saale) freundlicherweise die noch nicht bearbeiteten Bohrkerne aus dem Arendsee zur Verfügung. Die technischen Arbeiten wurden von M. Jahreis und D. Nothnagel, beide LDA Halle (Saale), in bewährter Weise durchgeführt. Dr. S. Kloß, Kiel, analysierte dankenswerterweise die betreffende Stichprobe an Hölzern (Abb. 5) und nahm des Weiteren an Tauchgängen im Arendsee teil. Herrn W. Schoch, Adliswil (Schweiz), sei herzlich für

die Analyse einer Probe des Seiles gedankt, und Frau Dr. S. Jahns, Wünsdorf, für die Mitteilung der Aufbereitungsmethode für die Durchführung von ¹⁴C-AMS-Datierungen an Pollenkörnern aus limnischen Sedimenten.

Anschrift der Verfasserin

Dr. MONIKA HELLMUND
Landesamt für Denkmalpflege und
Archäologie Sachsen-Anhalt
Richard-Wagner-Straße 9
D-06114 Halle (Saale)
E-Mail: mhellmund@lda.mk.sachsen-anhalt.de

Literatur

- BENKERT et al. 1996: D. BENKERT/F. FUKAREK/H. KORSCH (Hrsg.), Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Ostdeutschlands (Jena 1996).
- BEUG 2004: H.-J. BEUG, Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete (München 2004).
- BILLAMBOZ/KÖNINGER 2008: A. BILLAMBOZ/J. KÖNINGER, Dendroarchäologische Untersuchungen zur Besiedlungs- und Landschaftsentwicklung im Neolithikum des westlichen Bodenseegebietes. In: W. DÖRFLER/J. MÜLLER (Hrsg.), Umwelt – Wirtschaft – Siedlungen im dritten vorchristlichen Jahrtausend Mitteleuropas und Südkandinaviens. Internationale Tagung Kiel 4.–6. November 2005 (Neumünster 2008) 317–334.
- CHRISTIANSEN 2009: J. CHRISTIANSEN, Palynologische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Bereich des Arendsees und zum Alter seiner Sedimente. Nachrichtenblatt Arbeitskreis Unterwasserarchäologie 15, 2009, 51–57.
- DÖRFLER 2008: W. DÖRFLER, Das 3. Jahrtausend v. Chr. in hochauflösenden Pollendiagrammen aus Norddeutschland. In: W. DÖRFLER/J. MÜLLER (Hrsg.), Umwelt – Wirtschaft – Siedlungen im dritten vorchristlichen Jahrtausend Mitteleuropas und Südkandinaviens. Internationale Tagung Kiel 4.–6. November 2005 (Neumünster 2008) 135–148.
- DÖRFLER/SCHÜLKE 2002: W. DÖRFLER/A. SCHÜLKE, Der Rugensee bei Schwerin und sein Umfeld – Paläoökologische und archäologische Untersuchungen im Vergleich. In: Die jungquartäre Fluß- und Seegenese in Nordostdeutschland. Greifswalder Geografische Arbeiten 26 (Greifswald 2002) 139–142.
- FIRBAS 1949: F. FIRBAS, Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Band 1: Allgemeine Waldgeschichte (Jena 1949).
- HARTMANN/SCHÖNBERG 2003: O. HARTMANN/G. SCHÖNBERG, Der Arendsee in der Altmark. Geologie und Entwicklung (Magdeburg 2003).
- HARTMANN/SCHÖNBERG 2009: O. HARTMANN/G. SCHÖNBERG, Geologische Entwicklungsgeschichte und Untersuchungsergebnisse am Arendsee. Bisherige Untersuchungen und Quellen, Nachrichtenblatt Arbeitskreis Unterwasserarchäologie 15, 2009, 58–64.

- HERKING 2004: C. M. HERKING, Pollenanalytische Untersuchungen zur holozänen Vegetationsgeschichte entlang des östlichen unteren Odertals und südlichen unteren Warttals in Nordwestpolen. Dissertation Universität Göttingen (Göttingen 2004).
- JAHNS 2000: S. JAHNS, Late-glacial and Holocene woodland dynamics and land-use history of the Lower Oder Valley, north-eastern Germany, based on two, AMS ^{14}C dated, pollen profiles. *Vegetation History and Archaeobotany* 9, 2000, 111–123.
- JAHNS 2008: S. JAHNS, Die Reflektion der Besiedlung im späten Neolithikum in Pollendiagrammen aus Löddigsee bei Parchim, Mecklenburg, und aus dem östlichen Brandenburg. In: W. DÖRFLER/J. MÜLLER (Hrsg.), *Umwelt – Wirtschaft – Siedlungen im dritten vorchristlichen Jahrtausend Mitteleuropas und Südsandinaviens*. Internationale Tagung Kiel 4.–6. November 2005 (Neumünster 2008) 211–218.
- LEINWEBER et al. 2009: R. LEINWEBER/H.-J. BEUG/J. CHRISTIANSEN/H.-J. DÖHLE/O. HARTMANN/M. HELLMUND/B. W. SCHARF/G. SCHÖNBERG, Zur Entwicklung des Arendsees in der Altmark, Sachsen-Anhalt. *Nachrichtenblatt Arbeitskreis Unterwasserarchäologie* 15, 2009, 9–11.
- LEINWEBER/Lübke 2006: R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Der Einbaum vom Arendsee. *Nachrichtenblatt Arbeitskreis Unterwasserarchäologie (NAU)* 13, 2006, 33–44.
- LEINWEBER/Lübke 2006 (2007): R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Unterwasserarchäologie in der Altmark. *Arch. Sachsen-Anhalt NF* 4/I, 2006 (2007) 127–139.
- LEINWEBER/LÜBKE 2009: R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Unterwasserarchäologie im Arendsee. *Nachrichtenblatt Arbeitskreis Unterwasserarchäologie* 15, 2009, 13–24.
- MOORE et al. 1991: P. D. MOORE/J. A. WEBB/M. E. COLLINSON, *Pollen Analysis* (Oxford 1991).
- REGNÉLL/EVERITT 1996: J. REGNÉLL/E. EVERITT, Preparative centrifugation – a new method for preparing pollen concentrates suitable for radiocarbon dating by AMS. *Vegetation history and Archaeobotany* 5, 1996, 201–207.
- RÖHRIG o. J.: R. RÖHRIG, Die Geschichte der Seen des Arendseegebietes, nördliches Sachsen-Anhalt, anhand von paläolimnologischen Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung subfossiler Chironomidenreste. Unpubl. Manuskript.
- RÖHRIG et al. 2004: R. RÖHRIG/H.-J. BEUG/R. TRETTIN/P. MORGENSTERN, Subfossil chironomid assemblages as paleoenvironmental indicators in Lake Faulersee (Germany). *Studio Quaternaria* 21, 2004, 117–127.
- RÖHRIG/SCHARF 2002: R. RÖHRIG/B. W. SCHARF, Paläolimnologische Untersuchungen zur Entwicklung des Arendsees (Sachsen-Anhalt). In: *Die jungquartäre Fluß- und Seegenese in Nordostdeutschland*. Greifswalder Geografische Arbeiten 26, 2002, 123–126.
- SCHÄFER 1988: M. SCHÄFER (Hellmund), *Pollenanalysen von Böden im Hohen Vogelsberg*. Diplomarbeit Universität Frankfurt a. Main (Frankfurt a. Main 1988).
- SCHÄFER 1996: M. SCHÄFER (Hellmund), *Pollenanalysen an Mooren des Hohen Vogelsberges (Hessen) – Beiträge zur Vegetationsgeschichte und anthropogenen Nutzung eines Mittelgebirges*. *Dissertationes Botanicae* 265 (Berlin/Stuttgart 1996).
- SCHARF 1998: B. W. SCHARF, Eutrophication history of Lake Arendsee (Germany). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140, 1998, 85–96.
- SCHARF et al. 2009: B. W. SCHARF/R. RÖHRIG/S. KANZLER/H.-J. BEUG/O. BÜTTNER/J. CHRISTIANSEN/J. FIEKER/HA. SCHINDLER/HE. SCHINDLER, Zur Entstehung des Arendsees. Ein Vergleich paläolimnologischer Untersuchungen mit den Ergebnissen eines Modellversuches. *Nachrichtenblatt Arbeitskreis Unterwasserarchäologie* 15, 2009, 37–50.
- WIETHOLD 1998: J. WIETHOLD, Studien zur jüngeren postglazialen Vegetations- und Siedlungsgeschichte im östlichen Schleswig-Holstein. *Universitätsforsch. zur prähist. Arch.* 45 (Bonn 1998).
- WOLTERS 1999: S. WOLTERS, Spät- und postglaziale Vegetationsentwicklung im Bereich der Fercher Berge südwestlich von Potsdam. *Gleditschia* 27, 1999, 25–44.
- WOLTERS 2002: S. WOLTERS, *Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen zur spätglazialen und holozänen Landschaftsentwicklung in der Döberitzer Heide (Brandenburg)*. *Dissertationes Botanicae* 366 (Berlin/Stuttgart 2002).

Zur Entstehung des Arendsees

Ein Vergleich paläolimnologischer Untersuchungen mit den Ergebnissen eines Modellversuches

The development of Lake Arendsee A comparison of palaeolimnological investigations with a model experiment in a lab

BURKHARD W. SCHARF, RÜDIGER RÖHRIG, SHEILA KANZLER, HANS-JÜRGEN BEUG, OLAF BÜTTNER,
JÖRG CHRISTIANSEN, JUDITH FIEKER, HANS-HENNING SCHINDLER und HARTMUT SCHINDLER

Zusammenfassung

Der Arendsee liegt über einem Salzstock und ist durch dessen Ablaugung entstanden, indem die Deckschichten eingebrochen sind. Die ältesten limnischen Sedimente stammen aus dem Spätglazial. Der Einbruch der Deckschichten erfolgte zuerst auf der Seite, auf der das Grundwasser auf den Salzstock trifft, und dann hufeisenförmig um den Salzstock herum. Das Einbruchgeschehen schreitet mit der Grundwasserfließrichtung voran. Die anfangs in der Mitte des Sees noch vorhandenen Deckschichten über dem Salzstock sind 822 AD im See versunken, wodurch sich die Seefläche beträchtlich vergrößerte. In einem Modellversuch konnte die Entwicklung des Arendsees simuliert werden.

Abstract

Lake Arend is located above a salt dome and formed by subrosion. The oldest limnetic sediments were deposited in the late glacial. The collapse of the cover deposits started on the side where the ground water had the first contact with the salt dome and the process continued in the shape of a horseshoe around the salt dome. The collapse of the cover deposits continued with the flow of ground water. In 822 AD the existing cover deposits in the middle of the lake submersed and the lake area enlarged considerably. The development of the lake was simulated in a model experiment.

1. Einleitung

Der Arendsee befindet sich über einem Salzstock und ist durch die Ablaugung des Salzes durch das Grundwasser entstanden, indem die Deckschichten eingebrochen sind (STOTTMEISTER 1998; GABRIEL/RAPPSILBER 1999). Dieser Einbruch war jedoch kein einmaliges Ereignis, es gab vielmehr eine Reihe von Erdfällen, wodurch sich der See jedes Mal vergrößerte (RÖHRIG/SCHARF 2002). Seit dieser Publikation ist eine weitere Bohrung durchgeführt worden, die unsere Kenntnisse über die Entwicklung des Arendsees erweitert hat. Zusätzlich wurden bei der jetzt vorliegenden Veröffentlichung archäologische Befunde und die Beobachtungen der Taucher mit ausgewertet.

Es wurde eine Hypothese aufgestellt, wie es zu den Erdfällen kam. Diese Hypothese wurde in Experimenten im Laboratorium überprüft. Die Ergebnisse dieser Experimente werden abschließend mit den Erkenntnissen aus den paläolimnologischen und archäologischen Untersuchungen sowie den Beobachtungen der Taucher verglichen.

2. Material und Methode

Der Arendsee

Der Arendsee ($A_0=5,14 \text{ km}^2$, $Z_{\max}=48,7 \text{ m}$, $Z_m=28,6 \text{ m}$, $V=146,9 \text{ Mio m}^3$, $TW=114 \text{ a}$ [RÖNICKE 1986]) liegt ca. 20 km östlich von

Salzwedel in der Altmark (N 52 ° 53,5', E 11° 28,6'; Abb. 1). Mittlerweile ist eine größte Tiefe von 50,1 m nachgewiesen (Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Tiefenaufnahme September 2003). Der See befindet sich ziemlich genau über einem Salzstock und ist durch Ablaugung der Deckschichten des Salzstockes entstanden (STOTTEMEISTER 1998; GABRIEL/RAPPSILBER 1999). In den letzten Jahrzehnten ist der See eutrophiert und muss jetzt als polytroph klassifiziert werden (KLAPPER 1992; SCHARF 1998).

Echolot

Im Rahmen der Erfassung des Makrozoobenthos vom Arendsee (WILHELMY/SCHARF 1996) wurden auch einzelne Echolotprofile aufgenommen (Echolot der Fa. Lowrance ‚Mach 1‘, 192 kHz, Schwinger TH – N8°).

Entnahme und Auswerten von Bohrkernen

Im Rahmen einer seismischen Vermessung durch das Alfred-Wegener-Institut (F. Niessen, C. Kopsch) wurden im Jahr 1997 in Zusammen-

arbeit mit dem UFZ (Umweltforschungszentrum) Sektion Gewässerforschung Magdeburg (B. Scharf) 14 Querprofile und 3 Längsprofile aufgenommen. Diese Untersuchung erbrachte wichtige Informationen über die obersten Meter des Sedimentes. Damit konnte gezielt die Lage der Bohrpunkte ausgewählt werden, um ungestörte Bohrkernkerne zu erhalten.

Die Bohrungen erfolgten von einer Plattform aus mit einem Kolbenlot der Fa. UWITEC, Mondsee, Österreich, mit 6 bzw. 9 cm Durchmesser an verschiedenen Punkten im Arendsee (Abb. 2). Im nördlichen flachen Bereich (Bohrpunkt ARS 4 in Abb. 1) wurde auch erfolgreich ein etwa 2 m langer Gefrierkern gewonnen (Abb. 2). Ergänzend wurden Kurzkerne bis zu 60 cm Länge mit dem Mondsee-Corer, einem Gavitationslot der Fa. UWITEC, gewonnen.

Chironomiden

Das Sediment wurde entsprechend Heider (2005) in 10% KOH 30 Minuten lang bei 80 °C gekocht, dann mit Sieben von 200 und 100 µm

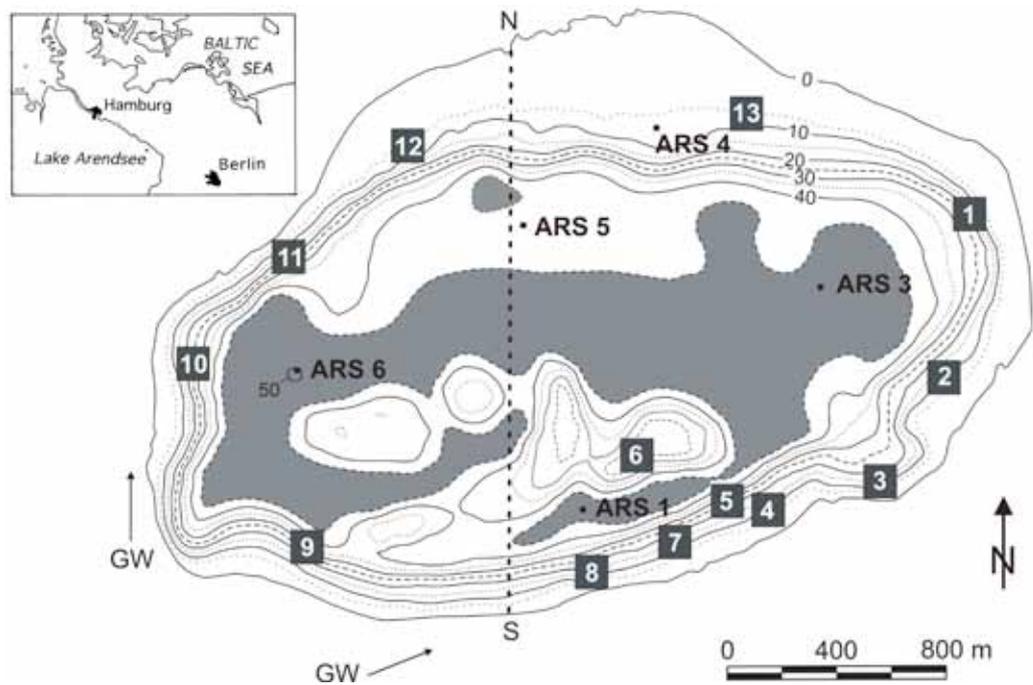


Abb. 1: Tiefenkarte und Lage der Bohrungen ARS 1 bis ARS 6 im Arendsee. Die gestrichelte Linie zeigt die Lage des N–S-Echolotprofils aus Abb. 5. GW = Fliessrichtung des Grundwassers. Die weißen Ziffern auf schwarzem Grund kennzeichnen die Stellen, an denen die Taucher etwas gefunden haben, was mit der Entstehung des Arendsees in Zusammenhang steht. Die Grundlage für diese Abbildung ist eine Tiefenkarte, die der ‚Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt‘ nach einer Vermessung im September 2003 erstellt hat. Erklärung im Text.

Fig. 1: Bathymetric map and position of coring sites ARS 1 to 6 in Lake Arendsee. The dashed line shows the position of the N–S-echogram (Fig.5). GW = flow direction of the ground water. The white numbers on black ground mark the positions at which the divers have found some evidence which is important in relation to the development of Lake Arendsee. The source of this figure is a bathymetric map, made by ‚Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt‘. Explanations are in the text.

Maschenweite mit destilliertem Wasser gewaschen. Der Rückstand wurde in einer Petrischale, die mit einem Gitter von 5 x 5 mm versehen war, unter dem Stereomikroskop bei 20-facher Vergrößerung sortiert. Die Kopfkapseln wurden mit Pasteur-Pipetten ausgelesen. Diese waren vorher mit Silikon-Oil Typ 3 behandelt worden, um ein Festkleben der Kopfkapseln am Glas der Pipetten zu verhindern.

Die Größe der Proben schwankte zwischen 3 und 50 ml Frischsediment, so dass mindestens 50 Kopfkapseln vorlagen. Proben, die weniger als 50 Kopfkapseln enthielten, wurden von der Analyse ausgeschlossen (HOFMANN 1986; LAROCQUE 2001; HEIRI/LOTTER 2001). Wenn eine Probe eine unerwartet hohe Dichte an Kopfkapseln aufwies, wurden die ersten 50 von jeder Fraktion ausgelesen und zu Dauerpräparaten verarbeitet, während der Rest nur gezählt wurde. Ein halbes Mentum der Kopfkapsel wurde als 0,5 Tier gezählt. War mehr als die Hälfte eines Mentums vorhanden, wurde es als ganzes Tier angesehen. Lag weniger als ein halbes Mentum vor, wurde der Rest nicht berücksichtigt. Die Kopfkapseln wurden auf Glas-Objektträger in Hydro-Matrix® eingebettet. Die Kopfkapseln wurden bestimmt nach Hofmann (1971), Saether (1975), Wiederholm (1983), Pillot/Buskens (1984), Kowalyk (1985) und Rieradewall/Brooks (2001).

Das Ergebnis der Chironomiden-Analyse wurde als Prozent-Häufigkeitsdiagramm dargestellt. Die Einteilung der Chironomidenzonen erfolgte unter Berücksichtigung aller Chironomidentaxa. Hierfür wurde folgende Software verwendet: psimpoll 3.01 (BENNETT, 1998) nach der Methode (4): Optimal splitting by information content.

Die Datierung wurde mit Hilfe der Standard „accelerator-mass-spectrometry“ (AMS ¹⁴C-Datierung) an Algenmudden, Pflanzenresten und Muschelschalen am Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung in Kiel durchgeführt. Die Bestimmung erfolgte nach Nadeau et al. (1998) und Schleicher et al. (1998). Die Kalibrierung der Radio-Kohlenstoff-Daten erfolgte mit der Software „Radiocarbon Calibration Program Rev 4.2“ (STUIVER et al. 1998).

Tauchen

Taucher vom Tauchclub Arendsee (TCA), insbesondere die Brüder Hartmut und Henning Schindler, haben seit Jahrzehnten eine Reihe von Beobachtungen gemacht, die auf jüngste



Abb. 2: Bohrplattform (links) und Gefrierkern (rechts), genommen am 8. September 1998 an dem Bohrpunkt ARS 4.

Fig. 2: Coring platform (left) and freeze core (right), taken at the coring position ARS 4. Date: September 8th, 1998.

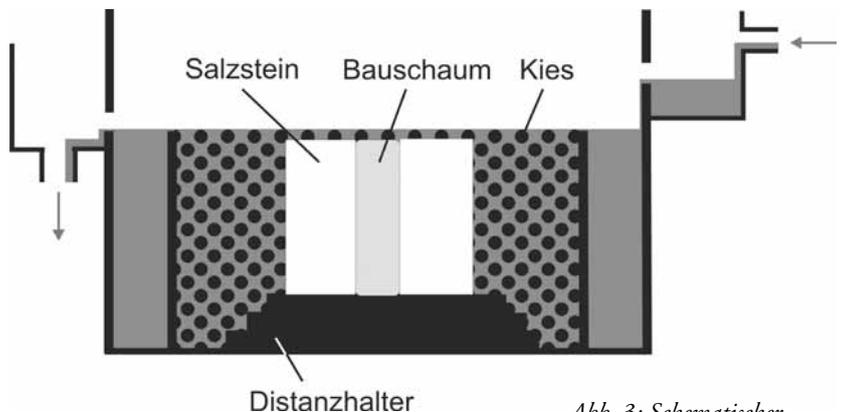


Abb. 3: Schematischer Querschnitt durch das Versuchsbecken. Erklärung im Text.

Fig. 3: Schematic profile of the experimental basin. Explanation is in the text.

Absenkungereignisse im Arendsee hinweisen. Die auffälligen Stellen wurden in ihrer Wassertiefe erfasst, mit Bojen markiert und die Bojen wurden vom Boot aus mit einem GPS-Gerät eingemessen.

Modellversuch

Um die Entstehung und die zukünftige Entwicklung des Arendsees zu simulieren, wurde in einem Versuchsbecken mit einer Länge von 47 cm, einer Breite von 45 cm und einer Höhe von 30 cm ein runder Salit® Vieh-Salzleckstein, der in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt wird, durch durchströmendes Wasser an- und zum Teil auch aufgelöst (Abb. 3). Der Vieh-Salzleckstein, im Folgenden als ‚Salzstein‘ bezeich-

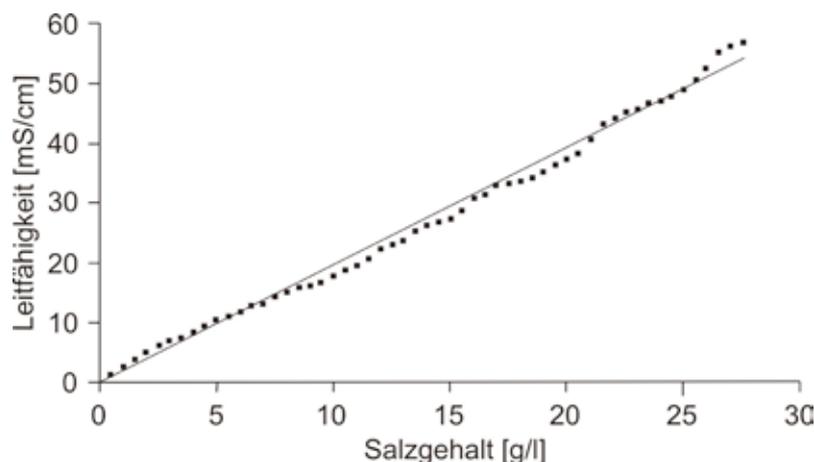


Abb. 4: Abhängigkeit der Leitfähigkeit vom Salzgehalt des Wassers.

Fig. 4: Relation of the conductivity and the amount of soluted salt in the water.

net, hatte einen Durchmesser von 15,5 cm und eine Höhe von 15,5 cm mit einem Loch in der Mitte. Um eine ungewollte Auflösung in dem Loch in der Mitte des Salzsteins zu verhindern, wurde das Loch mit Bauschaum ausgeschäumt. Die Füllung mit Bauschaum hatte nebenbei den Vorteil, dass sie am Ende des Versuches die ursprüngliche Höhe des Salzsteins anzeigte. Der Raum zwischen dem Salzstein und der Beckenwand wurde mit Sediment gefüllt. Hierzu wurden in verschiedenen Versuchen Grobkies, Feinkies und Sand verwendet. Das Versuchsbecken wurde bis zu der Oberkante des Salzsteins mit Sediment gefüllt, bzw. der Salzstein wurde mit 1 bzw. 5 cm Sediment überschichtet. Durch die Kombination von Grobkies, Feinkies und Sand mit den Überschichtungshöhen von 0, 1 und 5 cm ergab sich eine Gesamtzahl von 9 Versuchen.

Der Wasserstand im Versuchsbecken war konstant und befand sich auf der Höhe der Sedimentoberfläche bzw. des Salzsteins, wenn dieser nicht mit Sediment überschichtet war (= 0 cm Überschichtungshöhe). Um dieses zu erreichen, lagen auf dem Boden des Versuchsbeckens Platten als Distanzhalter, so dass die exakte Höhe genau eingestellt werden konnte (Abb. 3).

Über dem Versuchsbecken war ein Schlitten angebracht, auf dem eine Messvorrichtung zur Ermittlung der Sedimenthöhe befestigt war. Dies geschah mit Hilfe eines Messingstabes, der mit einer Skalierung versehen war und abgesenkt werden konnte. Damit war es möglich, an jeder Stelle im Versuchsbecken die Höhe der Oberfläche des Salzsteins bzw. des Sedimentes zu ermitteln.

Das Wasser floss durch eine horizontale Lochreihe in das Versuchsbecken. Damit war gewährleistet, dass der Zustrom von Wasser sich gleichmäßig auf die ganze Breite des Versuchsbeckens verteilte. Eine Durchflusspumpe sorgte für einen konstanten Zufluss von Wasser mit 2 ml/s.

Es wurde erwartet, dass sich das mit Salz befrachtete Wasser in der Tiefe des Versuchsbeckens anreichern würde. Deshalb wurden 7 Röhren auf eine Platte montiert, mit denen aus verschiedenen Tiefen des Versuchsbeckens Wasser entnommen und die Leitfähigkeit des Wassers ermittelt werden konnte. Vorversuche hatten den Zusammenhang zwischen dem Salzgehalt (Kochsalz) und der Leitfähigkeit des Wassers aufgezeigt (Abb. 4).

Die Absenkung der Sedimentoberfläche wurde in den Versuchen nach 4, 24 und 48 Stunden gemessen.

3. Ergebnisse

Echolot

Das Echolotprofil (Abb. 5) zeigt die Erhöhungen in der Mitte des Sees, die auch in der Tiefenkarte gut zu erkennen sind (Abb. 1). Am Nord- und am Südufer sind jeweils Gräben am Fuße des Hanges zu erkennen. Außerdem deuten sich am Nordufer zwei Störungen an. In diesem Bereich waren Muschelkrebse zu finden, die auf einen leicht brackigen Salzgehalt hinweisen, d.h. dort treten salzhaltige Grundwässer in den See, was die Annahme von Störungen bestärkt.

Paläolimnologische Untersuchungen

Vorweg einige Bemerkung zur Datierung: Der Arendsee ist ein Hartwassersee und deshalb sind Hartwassereffekte zu erwarten, d.h. die ermittelten ^{14}C -Datierungen sind zu alt. Karbonate, die vor der datierten Probe abgelagert wurden, waren zum Teil wieder in Lösung gegangen und weil sie aufgrund ihres höheren Alters einen geringen ^{14}C -Gehalt aufweisen, täuschen sie in der datierten Probe ein größeres Alter vor. Außerdem kommt hinzu, dass bei den Einbrüchen der Deckschichten über dem Salzstock und dem Gipshut sicherlich altes Wasser aus den Höhlen im Gipshut in den See tritt, was ja auch das Alter der datierten Probe erhöht. Dass unsere Datierungen zu alt sind, zeigt Abb. 6. Für den Laacher See Tuff ist ein Alter von 13091 ± 81 cal BP angegeben. Der Ausbruch des Laacher Sees war jedoch 12880 cal BP (z. B. SCHARF et al. 2005).

Wahrscheinlich ist auch das Alter von 750 AD etwas zu alt. Richtig dürfte 822 AD sein. Da war der große Einbruch, bei dem wahrscheinlich die Sandlage in 30 bis 40 cm Tiefe bei ARS 3 abgelagert wurde. Diese Vermutung würde auch gut damit übereinstimmen, dass zu diesem Zeitpunkt der Anteil an euryhalinen Chironomiden angestiegen ist, weil salines Wasser aus dem Gipshut in den See gelangte. Nach Einbrüchen im Arendsee verschiebt sich das Verhältnis an Schwefel-Isotopen in den Sedimenten und zwar steigen Schwefel-Isotope an, die für das Zechsteinsalz des Salzstockes charakteristisch sind (RÖHRIG, unpubl.)

Die ältesten Sedimente werden in den Bohrungen ARS 5, ARS 6 und ARS 1 gefunden. Um ca. 12.700 BC beträgt z. B. bei ARS 5 der Anteil profundaler Chironomiden 17 %. Sie sind ausschließlich vom Typ *Chironomus anthracinus*, welcher auch bei höheren Salzkonzentrationen vorkommt. Nach 11500 BC erhöhen sich die Werte auf über 20 %.

Zu dieser Zeit werden auch bei Bohrpunkt ARS 3 im östlichen Teil des heutigen Arendsees die ersten limnischen Reste gefunden (Abb. 6, siehe auch Tab. 1). Die Zonen ARS3-1, ARS3-2 und ARS3-4 (ca. 11500–10 500 BC) weisen hohe Anteile von krenobionten, semiterrestrischen und litoralen Taxa wie *Limnophyes* spec., *Metriocnemus* spec., *Stempellinella* spec., *Corynoneura* spec. und *Corynoneura scutellata* auf. In den Zonen ARS3-3 werden kaum und in der ca. 2 m mächtigen Sandschicht (ARS3-5) keine limnischen Reste gefunden.

Ca. 5600 BC treten die ersten Chironomiden im nördlichen Teil des heutigen Arendsees auf (Bohrung ARS 4 in Abb. 1). Bis heute dominieren hier Taxa des Litorals.

Bei ARS 3 im östlichen Teil des heutigen Sees gibt es ab 3200 BC (ARS3-6) wieder limnische Sedimente (Abb. 6). Die Chironomidengesellschaft hat hier eine ähnliche Zusammensetzung wie im mittleren Bereich der Arendsees bei Bohrung ARS 5. Hier dominieren polyoxibionte profundale Taxa, wie z. B. *Sergentia coracina* oder *Micropectra radialis*-Typ, mit Werten bis zu 46 %. Flachwasser-Chironomiden bleiben deutlich unter 20 %.

Ca. 750 AD, kurz nach einer ca. 10 cm starken Sandlage in 40–30 cm Bohrtiefe, zeigen oligostenohaline Chironomiden ein Minimum auf,

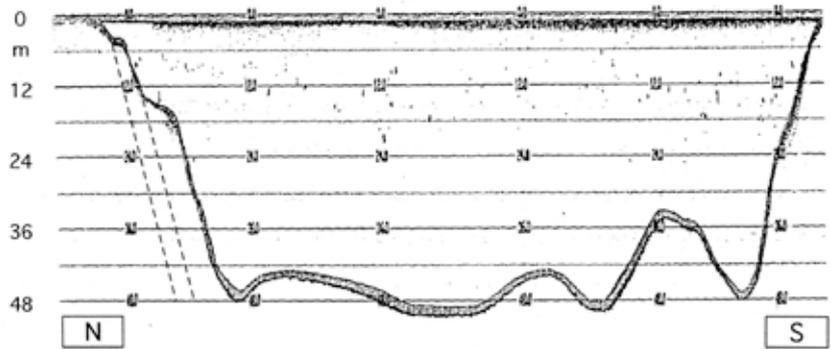


Abb. 5: Echolotprofil durch den Arendsee, aufgenommen am 7. Juni 1994. Zur Lage des Profils siehe Abb. 1. Länge des Profils: 2,1 km.

Fig. 5: Echogram of Lake Arendsee. For the position see Fig. 1. Date: June 7th, 1994. Length of the profile: 2.1 km.

Tiefe [cm]	Beschreibung des Bohrkerns
0–30	Faulschlamm, schwarz
30–40	Sand mit dunklen turbulenten Banden
40–160	Faulschlamm, schwarz
160–357	Sand, leicht marmoriert
357–366	Torf
366–389,5	Sand, leicht marmoriert
389,5–408,3	Torf, braun-schwarz, mittelstark zersetzt, Zweige und Wurzeln erkennbar, kein Sand
408,3–409,5	Feinsand, hell mit einzelnen Pflanzenfasern (Laacher See Tuff)
409,5–410,3	Torf, hellbraun
410,3–427,5	Torf, braun-schwarz, stark zersetzt
427,5–434	Gemisch aus grauem Feinsand und schwarzem Torf

Tab. 1: Beschreibung des Bohrkerns ARS 3, durchgeführt am 22.4.1999. Wassertiefe: 48 m, Koordinaten: N 52° 53,5467', E 11° 29,3240'.

Table 1: Description of the core ARS 3, taken at April 22nd, 1999. Water depth: 48 m, coordinates: N 52° 53,5467', E 11° 29,3240'.

wie *Sergentia coracina*, *Microtendipes* und *Pseudochironomus*. Euryhaline Arten, wie *Procladius* spec. und *Cricotopus* spec., haben zu dieser Zeit leicht erhöhte Abundanzen. Jüngere Sedimente wurden bei ARS 3 nicht erbohrt. Zum Alter siehe die Eingangsbemerkungen zu diesem Kapitel.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts verzeichnen die profundalen Taxa bei ARS 5 als Folge einer Eutrophierung des Sees einen starken Rückgang und verschwinden vollständig mit dem Beginn der Warvenbildung im See (SCHARF 1998).

regte. Wahrscheinlich war das ein erneuter kleiner Einbruch, bei dem die Deckschicht in eine Höhle des Gipsshutes gefallen ist und Wasser aus der Höhle aufgestiegen ist.

In dieser Gegend gab es auch zwischen 20 und 25 m Wassertiefe einen Trichter von 2–3 m Durchmesser. Er wurde schon vor 1988 entdeckt. Er konnte nach den Einbrüchen von 1992/93 nicht mehr beobachtet werden. Es wird vermutet, dass er einen Vorläufer der folgenden Absenkungen darstellte und mit diesen verschmolzen ist.

Bei den Punkten 2 und 4 in Abb. 1 wurde eine mit Kopfsteinen gepflasterte Straße entdeckt, die zur Mühle (Nr. 3 in Abb. 1) geführt hat. An der Lokalität 2 befindet sich diese Straße jetzt in 12 m Wassertiefe. Alter der Straße und Zeitpunkt des Absinkens sind unbekannt.

An dem Punkt 3 in Abb. 1 ist 1685 AD eine Mühle im See versunken (HEINECKE 1926). Zwei Mühlsteine in 9 bzw. 12 m Tiefe wurden entdeckt und geborgen. In diesem Bereich wurden in 2 bis 4 m Tiefe Abbruchkanten entdeckt, die mit Wurzelwerk durchzogen sind. Es ist anzunehmen, dass diese Wurzeln noch aus der Zeit vor 1685 stammen und mit dem Versinken der Mühle auch abgesackt sind. Zwischen 16 bis 20 m befinden sich bis zu 2,5 m hohe, senkrechte Abbruchkanten, die jüngerem Alter zu sein scheinen. In diesem Gebiet gibt es auch Risse, die erst nach 1993 beobachtet worden sind.

Auf einem Hügel (Punkt 6 in Abb. 1) wurden in 16 m Wassertiefe Feldsteine und eine Tonschale gefunden. Die Lage und Struktur der Feldsteine könnten von einer Befestigung stammen. Eine Erhöhung reichte von dort bis zum heutigen südlichen Seeufer und war eventuell eine alte Wegführung (Punkt 5 in Abb. 1) (Beitrag LEI-NEWEBER/LÜBKE 13–24). Im Süden dieses Hügel befindet sich die höchste im See beobachtete Steilkante, die von 22 bis auf 36 m Tiefe abfällt.

Bei Punkt 7 befindet sich in 18 m Wassertiefe eine etwa 3 m lange, 20 cm hohe senkrechte Wand. Alter unbekannt.

Vor dem Kloster wurden in 12 m Tiefe eine Bruchkante (Punkt 8) und vor dem Waldheim in 20 bis 27 m Tiefe (Punkt 9) ein Graben entdeckt. Über dem Graben war das Wasser weiß getrübt. Wahrscheinlich handelt es sich um Grundwasseraustritte. Am häufigsten sind

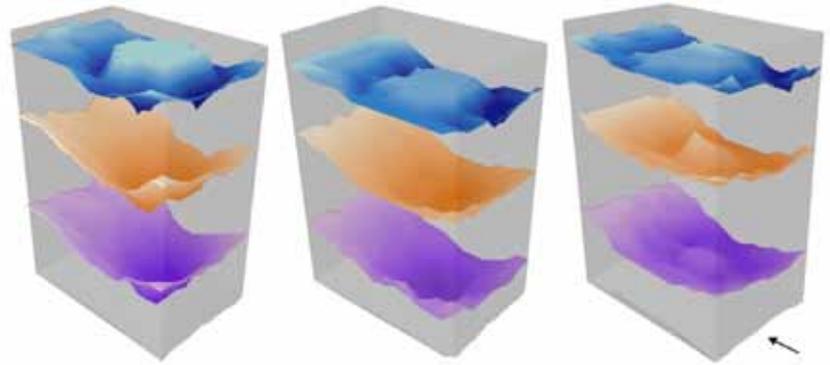


Abb. 7: Dreidimensionales Bild von der Absenkung der Grobkiesoberfläche in den Versuchen. Links keine Übersichtung des Salzsteins mit Kies, Mitte mit 1 cm Übersichtung und rechts mit 5 cm Übersichtung des Salzsteins mit Kies. Absenkung nach 4 Stunden in blau, nach 24 Stunden in orange und nach 48 Stunden in violett dargestellt. Der Pfeil zeigt die Anströmung des Salzsteins. Der Bauschaum ist nicht dargestellt. Erklärungen im Text.

Fig. 7: Three-dimensional picture of the lowering of the gravel surface in the experiment. Left with no cover, middle with 1 cm cover, and right with 5 cm cover of coarse gravel over the salt stone. The lowering after 4 hrs in blue, after 24 hrs in orange, and after 48 hrs in purple. The arrow shows the flow direction of the water. The PU-foam is not figured. Explanations are in the text.

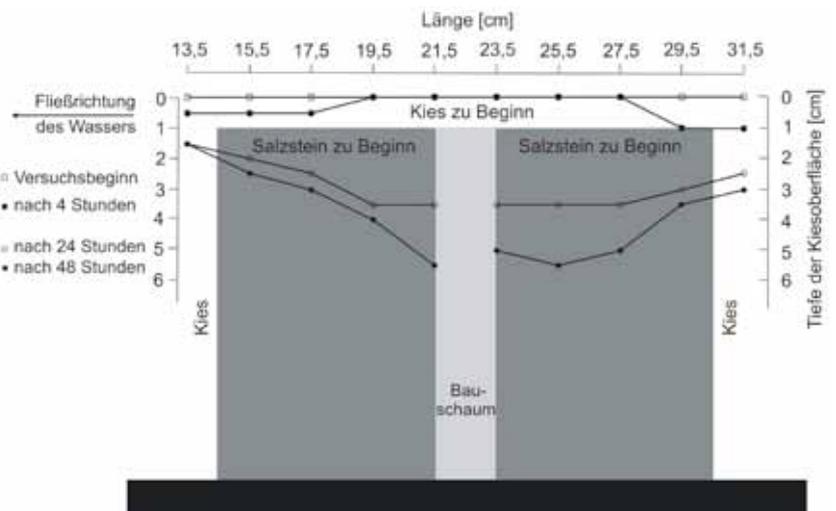


Abb. 8: Absenkung der Kiesoberfläche in der Versuchsanordnung im Laufe der ersten 48 Stunden während eines Versuchs. Die Übersichtung des Salzsteins mit Grobkies betrug zu Beginn des Versuchs 1 cm.

Fig. 8: Lowering of the gravel surface in the experimental basin during the first 48 hours in the experiment. In the beginning of the experiment the cover of coarse gravel over the salt stone was 1 cm.

derzeit solche Trübungen im Bereich der Mühle und der ehemaligen Straße zu beobachten (Punkte 3 und 2 in Abb. 1).

Im Bereich vor Schrampe und vor Zießau wurden stufenförmige Abbrüche entdeckt (Punkte 10 bis 13 in Abb. 1), die auch im Echolotprofil zu erkennen sind (Abb. 5). Unmittelbar neben den Fischzäunen (Abb. 13, Punkte 12 und 13) wurden ebenfalls Absenkungen beobachtet. Sie liegen im Zentimeter- bis Meter-Bereich.

Modellversuch

Bei den Versuchen, bei denen der Salzstein nicht mit Kies oder Sand überschichtet war, zeigte sich, dass der Salzstein an den Rändern rasch aufgelöst wurde. Das Sediment rutschte in den entstandenen Ringgraben. Später löste sich

auch die Mitte des Salzsteines auf, das Sediment rutschte weiter nach, und schließlich war der Salzstein vollständig mit Sediment überdeckt (linkes Bild in Abb. 7).

Von den Versuchen, bei denen der Salzstein mit 1 bzw. 5 cm Kies bzw. Sand überschichtet wurde, soll der Versuch mit Grobkies und 1 cm Überschichtung im Detail beschrieben werden (Abb. 3 und 8). Zu Beginn des Versuches war die Oberfläche des Kieses eben. Aber bereits nach 4 Stunden zeigte sich eine Absenkung (Abb. 8). Sie betrug auf der Seite des Zuflusses 1 cm, auf der Seite des Abflusses aber nur 0,5 cm, die Mitte war noch nicht abgesunken. Im dreidimensionalen Bild zeigte sich eine ringförmige Absenkung über dem Rand des Salzsteines (mittlere Darstellung in Abb. 7). Nach 24 Stunden war auch der obere Teil des Salzsteines in der Mitte aufgelöst und entsprechend Kies von den Rändern nachgerutscht (Abb. 8). Diese Tendenz setzte sich mit der Zeit fort, und nach 48 Stunden war die Absenkung in der Mitte am stärksten. Die leichte Erhöhung bei einer Länge von 23,5 cm in Abb. 8 erklärt sich durch die Zufälligkeit bei einer der vielen Rutschungen des Kieses vom Rande her. Auf der Seite des Zustromes ist über die ganze Zeit und bei allen Versuchen die Absenkung stärker als auf der Seite des Abflusses.

Die Auflösung des Salzsteines nach 4, 24 bzw. 48 Stunden hing von der Höhe der Überschichtung mit ‚Sediment‘ und von dem Material selber ab. Je höher der Salzstein überschichtet wurde, umso langsamer wurde der Salzstein auf der Oberseite aufgelöst und folglich rutschte das Sediment verspätet in den entstandenen Hohlraum (Abb. 7). Die Auflösung des Salzsteines erfolgte beim Grobkies rascher als beim Feinkies. Am langsamsten löste sich der Salzstein beim Sand als umgebendes Material auf (Abb. 9).

Die Dichte des Wassers hängt von der Temperatur und vom Salzgehalt ab. Die Temperatur haben wir in den Versuchen nicht verändert. Sie betrug Raumtemperatur. Die Messungen der Leitfähigkeit ergaben, dass sich das schwere, mit Salz befrachtete Wasser gleich nach Versuchsbeginn in der Tiefe anreicherte (Abb. 10). Mit der Auflösung des Salzsteines an der Oberfläche verringerte sich im Laufe des Versuches von oben her die Leitfähigkeit. Unterhalb einer Tiefe von ca. 10 cm kam es anfänglich zu einer sehr hohen Salzanreicherung, die nach 48 Stunden etwas abnahm.

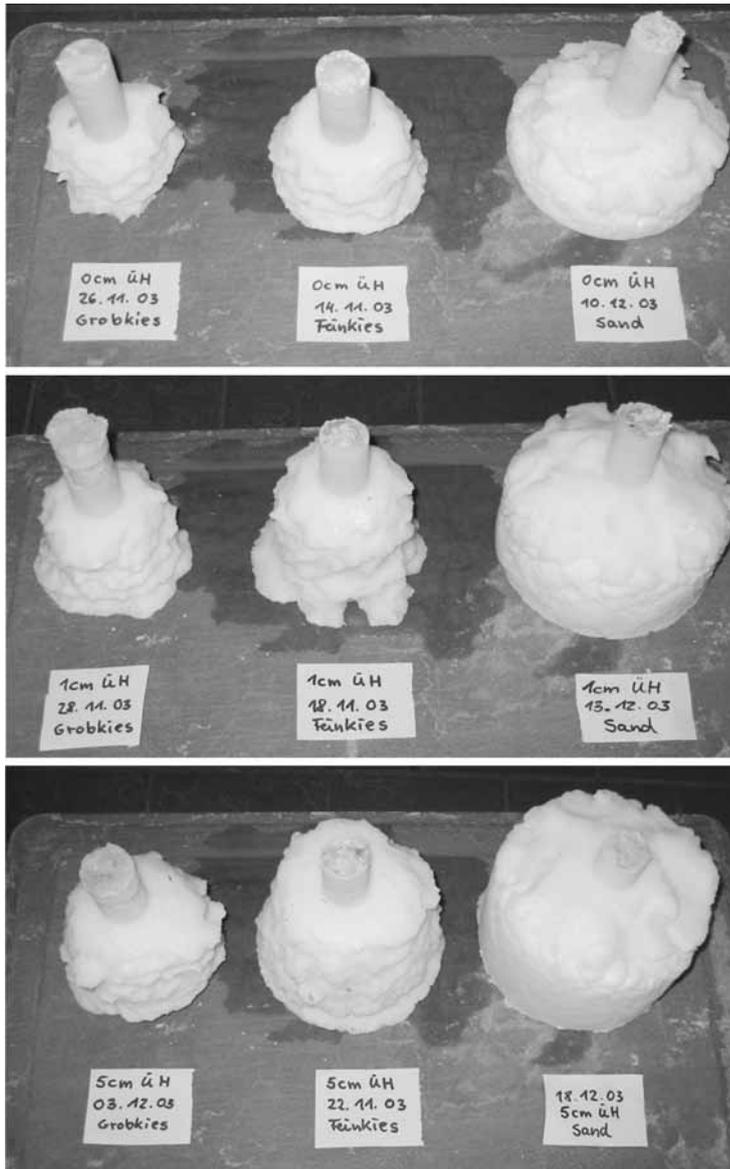


Abb. 9: Zusammenstellung der nach 48 Stunden verbliebenen Reste der Salzsteine. Horizontale Reihen: oben: Die Salzsteine waren nicht mit Kies oder Sand überschichtet, Mitte: Überschichtung von 1 cm und unten: Überschichtung von 5 cm. Senkrechte Reihen: links Grobkies, Mitte Feinkies und rechts Sand. Der gelbe Bauschaum in der Mitte der Salzsteine zeigt die Höhe des jeweiligen Salzsteines zu Beginn des Versuches an.

Fig. 9: Overview of the remaining salt stones after 48 hrs in the experimental basin. Horizontal rows: At the top: the salt stone was not covered by gravel or sand. Middle: 1 cm cover of gravel or sand. Bottom: 5 cm cover of gravel or sand. Vertical rows: Left: coarse gravel, Middle: fine gravel, Right: sand. The yellow PU-foam in the middle of the salt stone demonstrates the original height of the salt stone at the beginning of the experiment.

4. Diskussion

Paläolimnologische Ergebnisse

In Abb. 11 sind die Grenzen des Profundals und des Litorals zu den verschiedenen Zeiten in der Entwicklung des Arendsees aufgezeigt. Als Grenze zwischen dem Profundal und Litoral wurde eine Tiefe von 15 m angesetzt. In dieser Tiefe befindet sich bei vielen mesotrophen Seen der Übergang vom Litoral zum Profundal, und der Arendsee war bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts als mesotropher See einzustufen (HALBFASS 1896; KLAPPER 1992; SCHARF 1998).

Die Festlegung der Profundal/Litoral- und Litoral/Ufer-Grenze hängt von der Anzahl der Bohrungen ab, und wir können gesicherte Aussagen nur aus dem Bereich machen, in dem wir gebohrt haben, bzw. aus denen uns andere Informationen zur Verfügung stehen, z.B. Informationen der Archäologen und der Taucher. Leider hatten wir nur 5 Bohrungen zur Auswertung. Eine größere Anzahl von Bohrungen hätte unsere Aussagen besser abgesichert und die Zahl der offenen Fragen wäre kleiner. So wäre es z.B. wünschenswert gewesen, auch in den Tälern zwischen den Erhebungen in der Mitte des Sees zu bohren, um die Frage zu klären, ob die Mitte in einem Stück abgesunken ist oder ob der Vorgang in mehreren Schritten erfolgt ist. Da wir den genauen Verlauf der Profundal/Litoral- und Litoral/Ufer-Grenze nicht kennen, haben wir diese Grenzen gestrichelt in Abb. 11 eingezeichnet.

Im Spätglazial, rund 11000 BC, gab es in der südwestlichen Ecke des heutigen Arendsees einen hufeisenförmigen See, der auch ein Profundal aufwies. Im Gebiet der Bohrung ARS 3 ließ sich ein Flachgewässer nachweisen. Ob dieses Gewässer Verbindung zu dem hufeisenförmigen See hatte, wissen wir nicht. Um 5000 BC war jedoch die Region um ARS 3 trocken gefallen. Dafür hatte sich der hufeisenförmige See nach Nordosten hin ausgebreitet, was die Chironomiden und Pollen (CHRISTIANSEN 2009) der Bohrung ARS 4 zeigen. Um 2500 BC hatte sich der See auf der nördlichen Seite bis in den Bereich der Bohrung ARS 3 erweitert und zwar als tiefer See. Der See muss sich auch nach Norden hin ausgebreitet haben, denn aus dieser Zeit stammen die bisher ältesten aus dem Arendsee bekannten Fischzäune, die in geringer Wassertiefe gestanden haben müssen (Punkte 12 und 13 in Abb. 1). Über die Zeit zwischen 2500 BC und 822 AD wissen wir wenig. Über Erweite-

rungen der Seefläche geben die vorhandenen Bohrungen keine Auskunft. Aufgrund der allgemeinen Tendenz des Sees, sich auszubreiten, haben wir eine leichte Vergrößerung eingezeichnet. Ob die Landfläche in der Mitte des heutigen Sees, also zwischen dem damaligen nördlichen und südlichen Arm des Sees, eine durchgehende Fläche war, wissen wir nicht. – Die Erkenntnisse der Archäologen weisen darauf hin, dass es an dem Punkt 6 in Abb. 1 wahrscheinlich eine vom Menschen geschaffene Befestigung gab und dass ein Damm oder ein Weg zwischen der Befestigung und dem südlichen Ufer bestand (Punkt 5 in Abb. 1). Bei dem großen Erdfall von 822 AD ist die mittlere Landfläche mit der Befestigung im See versunken. Ob bei dem Ereignis auch die Straßen am südöstlichen Rand (Punkte 2 und 4 in Abb. 1) ebenfalls im See versanken, ist nicht bekannt, da wir keine Datierung von dem Sediment haben, das den Straßen aufliegt. Die Entscheidung für die Darstellung des Versinkens der Straße zusammen mit dem Erdfall 1685 AD, bei dem die Mühle im See versank (Punkt 3 in Abb. 1), erscheint naheliegend, ist aber nicht belegt.

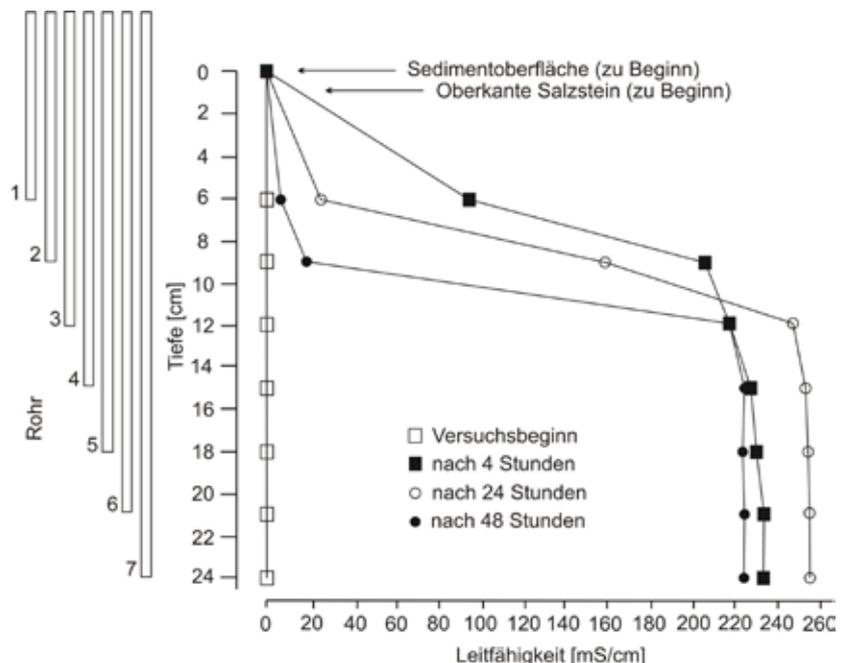


Abb. 10: Veränderung des Salzgehalts im Versuchsbecken während der Versuchsdauer. Links im Bild sind die verschiedenen Röhren dargestellt, über die Wasser aus dem Versuchsbecken entnommen wurde.

Fig. 10: Variation of the salt content in the experimental basin during the duration of the experiment. Left: Lengths of outlet tubes used in the experimental basin.

Vergleich der paläolimnologischen Rekonstruktion der Seeentwicklung mit dem Modellversuch

Ein Modell, so auch unser Modell zur Simulation der Auflösung eines Salzstockes durch das Grundwasser, enthält zwangsläufig eine Reihe von Vereinfachungen. Hier wären bei unseren Versuchen vor allem zu nennen:

1. Der Gipshut wurde nicht berücksichtigt. Gips löst sich wesentlich schwerer als Natriumchlorid in Wasser. Bei der Auflösung des Salzstockes durch das Grundwasser bleibt u.a. Gips als kleiner Anteil des Salzstockes zurück und

reichert sich zum Gipshut im Laufe der Zeit auf dem eigentlichen Salzstock an. Die hauptsächlichsten Lösungsereignisse finden im Salz des Salzstockes statt.

2. Eine eventuell noch vorhandene Hebung des Salzstockes wurde nicht berücksichtigt. Nach Trusheim (1957) ist die Bewegung des Zechsteinsalzes im Untergrund in Norddeutschland weitgehend abgeschlossen. Es ist wahrscheinlich, dass dieses auch für den Salzstock Arendsee gilt (O. HARTMANN, mündl. Mitt.).

3. Es wurde ein relativ schnell lösliches Salz verwendet (Salit® Vieh-Salzleckstein). Anders hätten die Versuche nicht in kurzer Zeit im La-

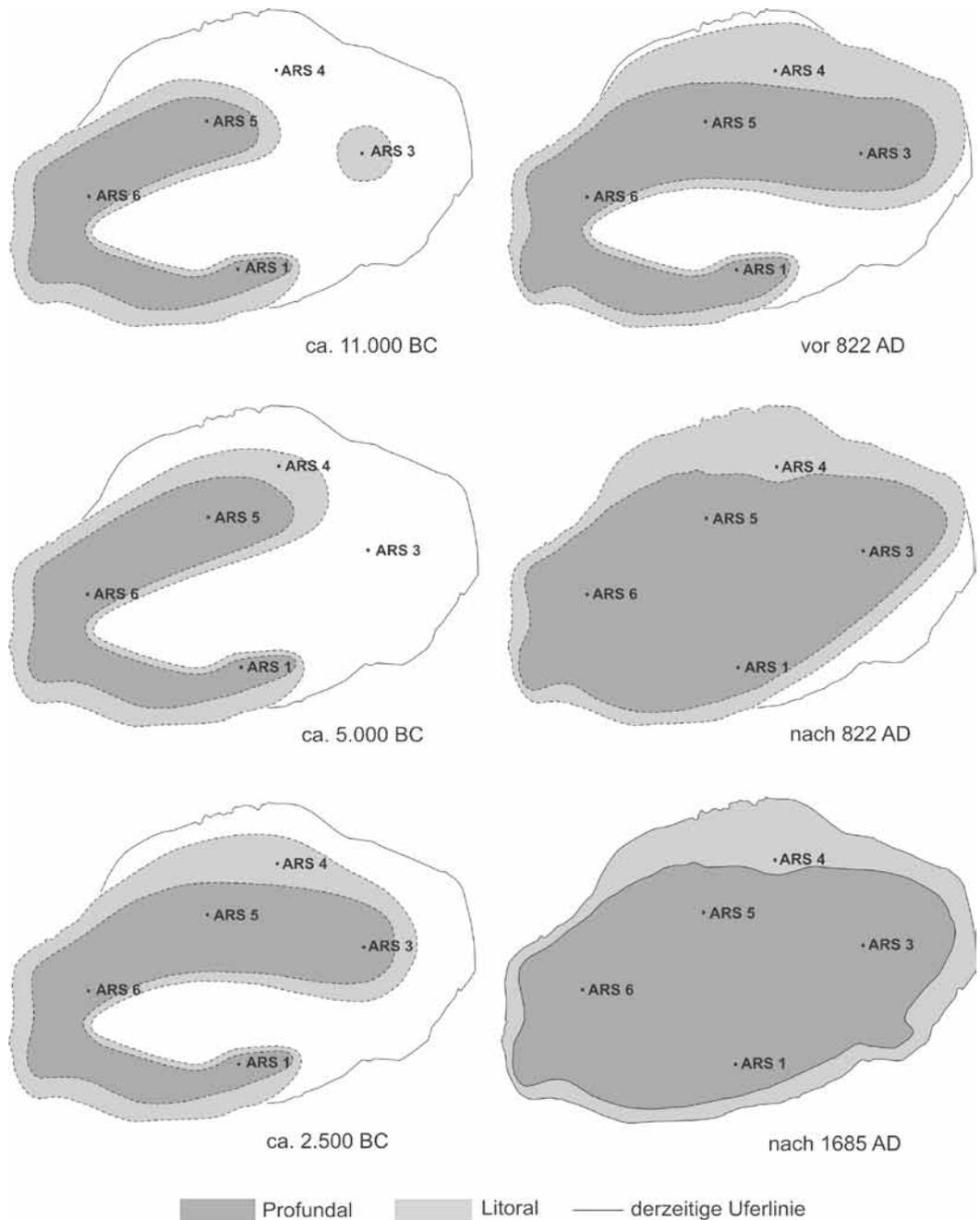


Abb. 11: Entwicklung des Arendsees aufgrund paläolimnologischer Untersuchungen.

Fig. 11: Development of Lake Arendsee on the basis of palaeolimnological investigations.

boratorium durchgeführt werden können.

4. Wir haben einen zylinderförmigen Vieh-Salzleckstein verwendet (es gibt auch eckige). Damit kommt er der Form des Arendsee-Salzstockes recht nahe, dessen Grundriss im oberen Bereich etwa oval ist (GABRIEL/RAPPSILBER 1999).

5. Der Salzstock Arendsee ist von verschiedenen Lagen von Gestein umgeben. Schluffe, Tone und Mergel als Grundwassergeringleiter wechseln sich mit Sanden als gute Grundwasserleiter ab (STOTTMEISTER 1998). Aus Gründen der Reproduzierbarkeit haben wir für die Versuche jeweils ein einheitliches Material (Grobkies, Feinkies, Sand) verwendet.

6. In den Versuchen wurde nur ein Zufluss aus dem obersten Grundwasserleiter simuliert, nicht aber Zuflüsse aus unteren Grundwasserstockwerken. Bei unseren Versuchen wäre ein Zufluss von Frischwasser im unteren Bereich des Salzsteins zwar technisch möglich gewesen, weil die Wände für das Sediment auf der Zufluss- und Abflussseite aus einer Reihe von aufeinander gestapelten eckigen Kunststoffstäben, ähnlich den Bohlen bei einem Wehr eines Absperrbauwerkes in einem Bach, bestanden. Die Versuche zur Auflösung des Salzstockes durch untere Grundwasserleiter waren aber nicht notwendig, weil die Auflösung des Salzstockes vor allem im obersten Grundwasserleiter stattfindet (O. HARTMANN, mündl. Mitt.).

7. In der Vergangenheit hat es Phasen mit mehr und mit weniger Niederschlag als heute gegeben. Dementsprechend haben auch die Grundwasserneubildung, -menge und -fließgeschwindigkeit geschwankt. Aus Gründen der Reproduzierbarkeit der Versuche haben wir mit einem einheitlichen Zufluss von 2 ml/s gearbeitet.

Dem Modell liegen eine Reihe von Hypothesen zugrunde. Hier wären anzuführen:

1. Der Salzstock ist für das Grundwasser undurchlässig. Dieses trifft für den Salzstock Gorbelen zu (KLINGE et al. 2002) und es ist wahrscheinlich, dass dieses auch für den Salzstock Arendsee gilt.

2. Das Grundwasser umfließt den Salzstock und löst zuerst das Salz am Rande des Salzstockes auf. Und falls es über den Salzstock fließt, so löst es natürlich auch den Salzstock von oben her auf. Unsere Versuche in dem Modellbecken zeigen sehr deutlich den Unterschied, ob der Salzstein nur umflossen wird oder ob das Wasser auch über den Salzstein fließt. In dem in Abb. 7 dargestellten Versuch mit Grobkies ist links der Fall

dargestellt, dass sich auf dem Salzstein kein Kies befand. Das Wasser floss um den Salzstein herum, und daher war nach 4 Stunden die Mitte des Salzsteins noch nicht angelöst, während in den Versuchen mit einer Übersichtung des Salzsteins die Oberfläche des Salzsteins sofort mit Wasser in Kontakt kam und nach 4 Stunden bereits an- bzw. aufgelöst war. Die Übersichtungshöhe mit Kies über dem Salzstein hat einen großen Einfluss auf die Auflösung des Salzsteins. Ist die Übersichtungshöhe groß, fließt das meiste Wasser durch den Kies oberhalb des Salzsteines und die Lösungsercheinungen am Salzstein verlangsamten sich deutlich. Nach 48 Stunden sind noch Reste von der Oberfläche des Salzsteines zu erkennen, während diese ‚Hügel‘ bei den beiden Versuchen mit 0 und 1 cm Übersichtung nach 24 Stunden bereits verschwunden sind. Dasselbe Ergebnis ist auch an den Reststeinen abzuleiten, die nach 48 Stunden übrig geblieben sind. Der verbleibende Rest vom Salzstein nimmt mit der Übersichtungshöhe zu, also von oben nach unten in Abb. 9. Außerdem kann man deutlich erkennen, dass die Auflösung des Salzsteins von dem umgebenden Material abhängt. Im Sand liegt die geringste Durchflussgeschwindigkeit vor und dementsprechend ist der Salzstein am wenigsten aufgelöst.

3. Am Rande des Salzstockes bricht das Deckgebirge zuerst ein. Dieses ergibt sich aus der Hypothese, dass das Grundwasser den Salzstock umfließt und dabei das Salz aus seiner festen in die flüssige Phase überführt und abtransportiert. Damit entstehen Hohlräume, in die das Deckgebirge einbricht. Diese Hypothese kann durch unsere Versuche bestätigt werden. Die dreidimensionalen Bilder (Abb. 7) zeigen sehr schön das ringförmige Einbrechen des Sedimentes, insbesondere nach 4 Stunden. Auch das Echolotprofil durch den Arendsee (Abb. 5) lässt deutlich auf der Nord- und Südseite des Arendsees tiefe Gräben erkennen. Und die paläolimnologischen Untersuchungen bestätigen ebenfalls diese Hypothese. Anfangs bildete sich ein hufeisenförmiger See (Abb. 11).

4. Das Deckgebirge wird in der Richtung des Grundwasserstromes einbrechen. Diese Arbeitshypothese ergibt sich als Folge aus der Hypothese 3. Beim Umfließen des Salzstockes wird das Grundwasser mit Salz befrachtet und kann damit auf seinem weiteren Wege weniger Salz lösen als an dem Punkt, an dem das Grundwasser erstmalig auf den Salzstock trifft. Abb. 8 zeigt deutlich, dass die Auflösung des Salzsteines auf der Zustromseite intensiver ist als

auf der Abstromseite. Und diese Beobachtung stimmt auch mit den Erkenntnissen über die Entstehung des Arendsees überein (Abb. 11). Die ältesten limnischen Sedimente finden wir in der südwestlichen Ecke, und das ist der Bereich, in dem das Grundwasser auf den Salzstock trifft (siehe die Grundwasserfließrichtung in Abb. 1). Das Einbruchgeschehen schreitet auf der Nordseite und auch auf der Südseite des Salzstockes voran. Die stärksten aktuellen Einbrüche ereignen sich derzeit auf der Ostseite, also auf der Seite, die der Zustromseite des Grundwassers gegenüber liegt. Siehe den Einbruch der Mühle 1685 AD an der südöstlichen Ecke und die Beobachtungen der Taucher, vor allem in Osten des Sees.

5. Die in der Mitte des Sees anfänglich noch vorhandenen Deckschichten versinken später im See. Die Modellversuche zeigen, dass die zentralen Deckschichten erst nach der Bildung der seitlichen Randgräben absinken (Abb. 7). Bei den Versuchen mit Grobkies und 5 cm Übersichtung sind nach 24 und 48 Stunden noch Hügel zu erkennen, während diese bei der geringeren oder fehlenden Übersichtung mit Kies nach 24 Stunden bereits nicht mehr vorhanden sind. Beim Arendsee (Abb. 11) gab es bis 822 AD noch die Deckschichten als Landfläche in der Mitte des Sees. 822 AD versank dieser Bereich unter die Wasseroberfläche und derzeit sind in der Mitte des Sees noch deutlich Untiefen zu erkennen (Abb. 1).

6. Durch das Nachbrechen der Ufer vergrößert sich der See. In den Modellversuchen war der Durchmesser des äußeren Randes vom Graben stets größer als der des Salzsteins (Abb. 8), was ja auch verständlich ist, denn senkrechte Wände sind in der Regel instabil und es finden so lange Rutschungen statt, bis sich eine stabile Hangneigung eingestellt hat. Die Gestalt des Hanges vor Zießau im Norden des Sees (Abb. 5) legt nahe, dass dort Störungen (Verwerfungen), verursacht durch die Subrosion, stattgefunden haben. Diese Störungen würden auch erklären, weshalb in einer Wassertiefe von 3, 7 und 11 m Fischzäune unterschiedlichen Alters gefunden wurden (Punkte 12 und 13 in Abb. 1).

7. Innerhalb eines Grundwasserleiters werden die Lösungserscheinungen am Salzstock im oberen Bereich am größten sein. Da das mit Salz befrachtete Wasser deutlich schwerer ist als das zufließende Grundwasser, wird es bei dem Umfließen des Salzstockes absinken. Damit wird der Salzstock im unteren Teil weniger aufgelöst als im oberen Teil des Grundwasserleiters. Die Modellversuche legen diesen Schluss nahe (Abb.

10). Ob diese Hypothese aber in der Wirklichkeit zutrifft, wissen wir nicht.

Vergleicht man die Ergebnisse der paläolimnologischen und archäologischen Untersuchungen sowie die Beobachtungen der Taucher mit den Ergebnissen des Modellversuches, so lässt sich dies wie folgt zusammenfassen.

1. Der Salzstock ist für das Grundwasser undurchlässig. Diese Hypothese ist aufgrund des anfänglich hufeisenförmigen Einbrechens des Sees sehr wahrscheinlich richtig.

2. Das Grundwasser umfließt den Salzstock, und die Deckschichten brechen zuerst über dem Rande des Salzstockes und zwar in der Grundwasserfließrichtung ein. Diese Annahme kann durch die paläolimnologischen Untersuchungen sowie durch das Modell bestätigt werden. Der Einbruch erfolgte auf der Seite des Grundwasserzuzufusses in der südwestlichen Ecke des heutigen Sees, wie geophysikalische Messungen belegen (O. HARTMANN, mündl. Mitt.). Die ältesten Sedimente finden wir bei den paläolimnologischen Untersuchungen in den Bohrungen ARS 6, ARS 1 und ARS 5. Die anfänglich hufeisenförmige Ausbildung des Sees stimmt sehr gut mit den Vorstellungen zur Genese des Sees überein. Die Vergrößerung des Sees erfolgte in den nächsten Zeitabschnitten nur auf der Nordseite des Sees. Dieses kann geologisch bedingt sein, wenn nämlich der Salzstock leichter im Norden als im Süden umflossen wurde. Aber das wissen wir nicht.

3. Die in der Mitte anfänglich vorhandenen Deckschichten versinken verzögert im See. Diese Hypothese kann sowohl von den paläolimnologischen Untersuchungen als auch von den Modellversuchen bestätigt werden. Ob der Salzstock in der Mitte Klüfte hatte, über denen die zentralen Deckschichten stufenweise eingebrochen sind, wissen wir nicht. Hierüber würden weitere Bohrungen in den Tälern zwischen den heute im zentralen Bereich des Sees noch vorhandenen Hügeln und auf den Hügeln selbst Aufschluss geben. Der Modellversuch kann hierzu keine Informationen liefern, da der Salzstein eine zylinderförmige Gestalt hatte und eine glatte Oberfläche aufwies. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Beobachtung, dass der anfänglich noch vorhandene Hügel in den Modellversuchen verschwindet. Verständlich ist die Vorstellung schon. Anfänglich wird der Salzstein nur umflossen. Und die Auflösung findet nur im oberen Bereich statt, was die Messungen der Leitfähigkeit nahe legen (Abb. 10) und auch die Reste der Salzsteine belegen. Sobald aber das Grundwasser den Salzstock unter dem zentralen

Teil der Deckschichten angelöst hat, brechen diese zusammen und das Grundwasser fließt über die Deckschichten und damit auch über den Salzstock hinweg. Die Modellversuche mit einer Übersichtungung mit Kies oder Sand zeigen, dass der Salzstein gleichzeitig von der Seite und von oben her aufgelöst wird. Ob die heutigen Hügel im See vollständig verschwinden, wie es die Modellversuche erwarten lassen, wissen wir nicht, und den eventuellen Einbruch werden wir höchstwahrscheinlich nicht mehr erleben.

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Durchführung eines Forschungsvorhabens (Scha 533/2-1 und Scha 533/2-2). Wir danken den Herren Dr. F. Niessen sowie Dipl.-Ing. C. Kopsch, AWI Bremerhaven, bzw. Potsdam für die seismische Vermessung, Herrn Dipl.-Biol. H. Wilhelmy, Hildesheim, für die Mitarbeit bei den ersten Bohrungen, Herrn M. Herzog, UFZ Umweltforschungszentrum Magdeburg, für die Mitarbeit bei allen Bohrungen, Herrn Dr. T. Neu, ebenfalls UFZ Magdeburg, für die Bereitstellung der Durchfluspumpe für unsere Modellversuche, Herrn Dr. F. Viehberg, TU Braunschweig, für die sprachliche Korrektur des englischen Textes, und Frau Dr. R. Leineweber, Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, für viele kritische Anmerkungen.

Anschriften der Verfasser

apl. Prof. Dr. BURKHARD W. SCHARF
Ellhornstr. 21
28195 Bremen
früher: Helmholtz-Centre for Environmental Research – UFZ, Dept. Lake Research
39114 Magdeburg
Email: burkhard.w.scharf@t-online.de

Dipl.- Biol. RÜDIGER RÖHRIG
Im Winkel 10
38154 Königslutter
früher: Helmholtz-Centre for Environmental Research – UFZ, Dept. Lake Research,
39114 Magdeburg
Email: r.roehrig@gam-online.com

Dipl.-Ing. SHEILA KANZLER
Otto-von-Guericke-Str. 82B
39104 Magdeburg
Email: Sheila.Kanzler@t-online.de

Prof. Dr. Dr. HANS-JÜRGEN BEUG
Albrecht-von-Haller-Institut für
Pflanzenwissenschaften

Abteilung für Palynologie und Klimadynamik
Universität Göttingen
Untere Karspüle 2
37073 Göttingen
Email: hj.beug@arcor.de

Dipl.-Math. OLAF BÜTTNER
Helmholtz-Centre for Environmental Research
– UFZ, Dept. Lake Research
Brückstr. 3a
39114 Magdeburg
Email: olaf.buettner@ufz.de

Dr. JÖRG CHRISTIANSEN
Albrecht-von-Haller-Institut für
Pflanzenwissenschaften
Abteilung für Palynologie und Klimadynamik
Universität Göttingen
Untere Karspüle 2
37073 Göttingen
Email: J.Christiansen@biologie.uni-goettingen.de

Dipl.-Biol. JUDITH FIEKER
Universitätsklinikum Essen
Institut für Physiologische Chemie
Hufelandstr. 55
45147 Essen
früher: Institut für Evolution und Ökologie der Tiere
Hüfferstr. 1
48149 Münster
Email: judithfieber@gmx.de

HANS-HENNING SCHINDLER
Töbelmannstr. 38
39619 Arendsee
Email: tca.henning@gmx.de

HARTMUT SCHINDLER
Heinrich-Mannstr. 15
03172 Guben
Email: Tauchclub-Arendsee@gmx.de

Literatur

CHRISTIANSEN 2009: J. CHRISTIANSEN, Palynologische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Bereich des Arendsees und zum Alter seiner Sedimente. *NAU* 15, 2009, 51–57.

GABRIEL/RAPPSILBER 1999: G. GABRIEL/I. RAPPSILBER, Der Salzstock Arendsee bei Salzwedel – Ein gravimetrischer Beitrag zur Klärung geologischer Fragestellungen. *Mitt. Geologie Sachsen-Anhalt* 5, 1999, 5–17.

HALBEASS 1896: W. HALBEASS, Der Arendsee in der Altmark. *Petermanns Geogr. Mitt.* 42, 1896, 173–187.

HEIDER 2005: V. C. HEIDER, Late Pleistocene and Holocene paleolimnology and climate history in Southern Sweden reconstructed from chironomid, diatom and pollen record. *Diss. Uni Braunschweig* (<http://opus.tu-bs.de/opus/volltexte/2005/668/>).

HEINECKE 1926: O. HEINECKE, *Chronik der Stadt Arendsee in der Altmark* (Arendsee 1926).

HEIRI/LOTTER 2001: O. HEIRI/A. F. LOTTER, Effect of low count sums on quantitative environmental reconstructions: an example using subfossil chironomids. *Journal of Paleolimnology* 26, 2001, 343350.

- HOFMANN 1971: W. HOFMANN, Zur Taxonomie und Paläoökologie subfossiler Chironomiden (Diptera) in Seesedimenten. *Archiv für Hydrobiologie, Beih. Ergebnisse der Limnologie* 6 (1/2), 1971, 1–50.
- HOFMANN 1986: W. HOFMANN, Chironomid analysis. In B. E. BERGLUND (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons, 1986, pp. 715–727.
- KLAPPER 1992: H. KLAPPER, *Eutrophierung und Gewässerschutz* (Jena, Stuttgart 1992).
- KLINGE et al. 2002: H. KLINGE/A. KÖTHER/R.-R. LUDWIG/R. ZWIRNER, Geologie und Hydrologie des Deckgebirges über dem Salzstock Gorleben. *Zeitschr. angewandte Geologie* 2, 2002, 7–15.
- KOWALYK 1985: H. KOWALYK, The larval cephalic setae in the Tanypodinae (Diptera, Chironomidae) and their importance in generic determinations. *The Canadian Entomologist* 117, 1985, 67–106.
- LAROCQUE 2001: I. LAROCQUE, How many chironomid headcapsules are enough? A statistical approach to determine sample size for palaeoclimatic reconstructions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 172, 2001, 133–142.
- LEINWEBER/LÜBKE 2007: R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Unterwasserarchäologie in der Altmark. *Arch. Sachsen-Anhalt* 4, 2006, 127–139.
- LEINWEBER/LÜBKE 2009: R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Unterwasserarchäologie im Arendsee. *NAU 15*, 2009, 15–24.
- NADEAU et al. 1998: M.-J. NADEAU/P. M. GROOTES/M. SCHLEICHER/P. HASSELBERG/A. RIECK/M. BITTERLING, Sample throughput and data quality at the Leibniz-Labor AMS facility. *Radiocarbon* 40 (1), 1998, 239–245.
- PILLOT/BUSKENS 1984: H. M. PILLOT/R. BUSKENS, De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera). *Nederlandse faunistische Mededelingen* 1A, 1984, 1–277.
- RIERADEVALL/BROOKS 2001: M. RIERADEVALL/S. J. BROOKS, An identification guide to subfossil Tanypodinae larvae (Insecta: Diptera: Chironomidae) based on cephalic setation. *Journal of Paleolimnology* 25, 2001, 81–99.
- RÖHRIG unpubl.: R. RÖHRIG, Die Geschichte der Seen des Arendseegebietes, nördliches Sachsen-Anhalt, anhand von paläolimnologischen Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung subfossiler Chironomidenreste. Unveröff. Diss. Technische Universität Braunschweig.
- RÖHRIG/SCHARF 2002: R. RÖHRIG/B. W. SCHARF, Paläolimnische Untersuchungen zur Entwicklung des Arendsees (Sachsen-Anhalt). *Greifswalder Geographische Arbeiten* 26, 2002, 123–126.
- RÖNICKE 1986: H. RÖNICKE, Beitrag zur Fixation des molekularen Stickstoffs durch planktische Cyanophyceen in einem dimiktischen, schwach durchflossenen Standgewässer. Diss. A, Humboldt-Universität Berlin.
- SAETHER 1975: O. A. SAETHER, Nearctic chironomids as indicator of lake typology. *Internat. Verhandl. Vereinigung für Limnologie* 19, 1975, 3127–3133.
- SCHARF 1998: B. W. SCHARF, Eutrophication history of Lake Arendsee (Germany). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 140, 1998, 85–96.
- SCHARF et al. 2005: B. W. SCHARF/F. BITTMANN/T. BOETTGER, Freshwater ostracods (Crustacea) from the Lateglacial site at Miesenheim, Germany, and temperature reconstruction during the Meindorf Interstadial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 225, 2005, 203–215.
- SCHLEICHER et al. 1998: M. SCHLEICHER/P. M. GROOTES/M.-J. NADEAU/A. SCHOON, The carbonate C-14 background and its components at the Leibniz-Labor AMS facility. *Radiocarbon* 40(1), 1998, 85–93.
- STOTTMEISTER 1998: L. STOTTMEISTER (ed.), *Erläuterungen zur Geologischen Karte 1 : 25000 von Sachsen-Anhalt, Blatt Arendsee 3134*. 1. Aufl. Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt (Halle/Saale 1998).
- STUIVER et al. 1998: M. STUIVER/P. J. REIMER/E. BARD/J. W. BECK/G. S. BURR/K. A. HUGHEN/B. KROMER/G. MCCORMAC/J. VAN DER PLICHT/M. SPURK, INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24000–0 cal BP. *Radiocarbon* 40(3), 1998, 1041–1083.
- TRUSHEIM 1957: F. TRUSHEIM, Über Halokinese und ihre Bedeutung für die strukturelle Entwicklung Norddeutschlands. *Zeitschr. Deutsche Geologische Ges.* 109, 1957, 111–151.
- WIEDERHOLM 1983: T. WIEDERHOLM, Chironomidae of the Holarctic region – Keys and diagnoses. Part 1. Larvae. *Entomologica Scandinavia Suppl.* 19, 1983, 1–457.
- WILHELMY/SCHARF 1996: H. WILHELMY/B. W. SCHARF, Makrozoobenthos des Arendsees, Sachsen-Anhalt. *Braunschweiger naturkundl. Schr.* 5, 1996, 85–90.

Palynologische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Bereich des Arendsees und zum Alter seiner Sedimente

JÖRG CHRISTIANSEN

Zusammenfassung

Am Arendsee wurden 3 Profile palynologisch untersucht. Die ältesten pollenführenden Sedimente stammen vom Ende der älteren Dryas-Zeit, als das Gebiet noch waldfrei war. Die gesamte holozäne Vegetations- und Siedlungsgeschichte spiegelt sich in den Sedimenten wider und erlaubt eine gute Rekonstruktion der Entwicklung der Umweltbedingungen am Arendsee. Die Annahme, dass es einen „Wendischen See“ als Vorläufer im Norden des heutigen Arendsees gegeben hat, konnte nicht bestätigt werden.

Abstract

Three sediment cores from the Arendsee have been studied palynologically. The oldest pollen-bearing sediments date back to the Older Dryas. The Holocene development of vegetation and human impact have been studied in detail. The supposition, found in literature, that there was a “Wendish lake” as a precursor of the northern part of the modern lake could not be confirmed.

Einleitung

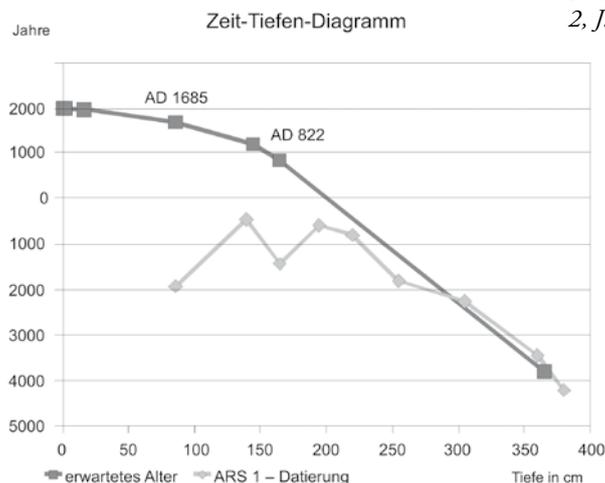
Im Rahmen einer Dissertation wurden in der westlichen Prignitz, im östlichen Hannoverschen Wendland und der nördlichen Altmark vegetationsgeschichtliche Untersuchungen durchgeführt (CHRISTIANSEN 2008). Aus diesem Gebiet lagen bisher nur wenige Untersuchungen vor. Es wurden mehrere Moore und der Arendsee palynologisch untersucht. Auf der AKUWA-Tagung, die im Oktober 2007 am Arendsee stattfand, wurden die Ergebnisse der palynologischen Untersuchungen vom Arendsee vorgestellt. Die hochausgezählten und hochauflösenden Pollendiagramme geben ein sehr genaues Bild der Vegetations- und Siedlungsgeschichte der nördlichen Altmark.

Material und Methoden

Die Gewinnung der Bohrkerne erfolgte unter Leitung von Prof. Dr. Scharf (RÖHRIG 2002; CHRISTIANSEN 2008; SCHARF et al. 2009). Die mit einem Kolbenlot der Firma UWITEC erbohrten Kerne ARS 1, 4 und 5 wurden palynologisch untersucht. Bei ARS 1 wurde zusätzlich auch ein Mondsee-Core untersucht. Die Kerne

wurden in regelmäßigen Abständen alle 2 bzw. 5 oder 10 cm beprobt. Die Aufbereitung erfolgte nach dem üblichen Acetolyseverfahren (BEUG 1957). Die Bestimmung der Pollenkörner erfolgte mit einem Zeiss-Standard-Mikroskop bei 500-facher Vergrößerung. In der Regel wurden die Proben auf 1000 Baumpollen ausgezählt. Nur im Bereich des Spätglazials weisen einige Proben aufgrund geringer Pollenführung niedrigere Zählsummen aus. Zur Bestimmung wurden die Arbeiten von Fægri/Iversen et al. (1989),

Abb. 1: Zeit-Tiefen-Diagramm mit den nach den palynologischen Ergebnissen erwarteten Altersangaben und den tatsächlichen Datierungen. Grafiken und Fotos, ausgenommen Abb. 2, J. Christiansen.



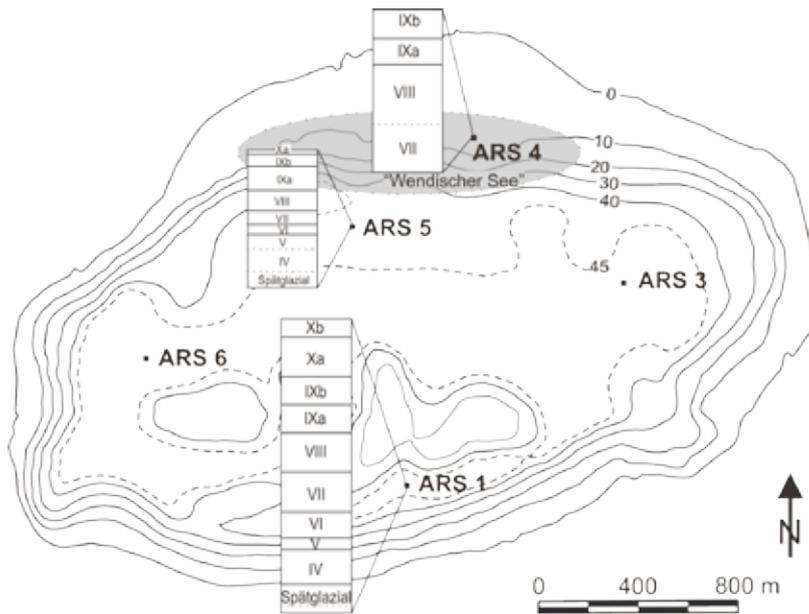


Abb. 2: Lage der Bohrpunkte im See, mit den vegetationsgeschichtlich erfassten Abschnitten (n. SCHARF et al. 2009, 38 Abb. 1, verändert).

Alter und Entstehung der Sedimente

Zur Datierung von ARS 1 wurden Proben an das AMS C14-Labor (KORA) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg geschickt. Hier wurden die Proben so aufbereitet, dass nur der Kohlenstoff der Pollenfraktion datiert wurde. Dies war notwendig, weil Proben aus dem Arendsee, bei denen das gesamte Sediment datiert wurde, mehr oder weniger stark vom Hartwasser-/Reservoireffekt betroffen waren. Die Abtrennung der limnischen Fraktion von der Pollenfraktion scheint nur teilweise gelungen zu sein, so dass hier nur drei Datierungen (Tab. 1) als sicher gelten können. Dies ergibt sich aus dem Vergleich (Abb. 1) mit anderen pollenanalytischen Arbeiten der Region (CHRISTIANSEN 2008). Im Zeit-Tiefen-Diagramm sind zwei Datierungen besonders auffällig, die eine noch deutlichere Abweichung erkennen lassen, als es dem Hartwassereffekt nach zu vermuten wäre. Dies führte zu dem Schluss, dass hier auch noch eine andere Ursache eine Rolle spielen musste. Am wahrscheinlichsten scheint eine Verbindung mit den archivarisch belegten Erdfällen von 822 AD und 1685 AD zu sein. Vermutlich wurden durch die Einbrüche erhebliche Mengen an älteren Sedimenten aufgewirbelt. Die Kalibrierung der Daten erfolgte in Erlangen mit dem Kalibrierungsdatensatz aus Reimer et al. (2004).

Tiefe im Diagramm (cm)	Lab. -Nr.	$\Delta^{13}\text{C}$ (‰)	Konventionelles ^{14}C -Alter (BP)	Alter in kalibrierten Jahren (angegeben ist der Datierungsabschnitt mit der höchsten Wahrscheinlichkeit im 1 σ -Bereich)
305–310	Erl-10696	-27,8	3808 ± 53	2311–2143 BC
355–365	Erl-10697	-28,0	4660 ± 36	3512–3426 BC
377,5–382,5	Erl-10690	-28,4	5374 ± 58	4274–4227 BC

Tab. 1: Messdaten der verwendeten Radiokohlenstoffanalysen des Bohrkernes ARS 1.

Moore/Webb/Collinson (1991), Beug (2004), und die von Punt (1976), Punt/Clarke (1980; 1981; 1984), Punt/Blackmore/Clarke (1988) und Punt/Blackmore (1991) herausgegebenen Bände der 'Northwest European Pollen Flora', sowie die Vergleichssammlung der Abteilung für Palynologie und Klimadynamik der Universität Göttingen herangezogen. Die Berechnung der Daten erfolgte mit dem Programm TILIA, die graphische Darstellung mit dem Programm TG-View (GRIMM 1990). Die Ergebnisse der Pollenanalysen sind als Schattenriss-Kurven dargestellt, die extra Linien geben zehnfach überhöhte Werte an. Als Bezugssumme für die Pollendiagramme diente die Summe der Baumpollen (=100%) ohne *Alnus* (Erle) und *Corylus* (Hasel). Weitere Details zu Kernbeschreibungen, Probenentnahme und -aufbereitung finden sich bei Christiansen (2008).

Abbildung 2 zeigt die Lage der Bohrpunkte und die aktuelle Wassertiefe. Außerdem geben die Säulen die Pollenzonen an, welche in den Sedimenten erfasst wurden. Dabei sind die Höhen der Säulen proportional zur Länge der Bohrkern, und das verdeutlicht die unterschiedlichen Sedimentationsraten. Die Sedimente der Kerne ARS 1 (680 cm) und 5 (330 cm) bestehen überwiegend aus Algenmudden, während der Kern ARS 4 (376 cm) aus Seekreide besteht. Die Ursache für die Entstehung unterschiedlicher Sedimentarten liegt in der Wassertiefe. Während sich im tiefen Wasser Algenmudden ablagerten, entstand im flachen Wasser Seekreide. Der „Wendische See“ bezeichnet die ungefähre Lage und Ausdehnung einer Seekreidebank, deren Ablagerungen im Jahr 1995 dazu genutzt wurden, eine Seekreideaufspülung durchzuführen (STÜBEN et al. 1998). Diese Seekreidebank entstand in einem ehemaligen Flachwasserbereich, in dem auch ein neolithischer Fischzaun gefunden wurde (Beitrag LEINWEBER/LÜBKE 13–24; dies. 2007). Dass dieser Flachwasserbereich ein eigenständiger, vom Arendsee getrennter See

war, ist nach heutigem Kenntnisstand unwahrscheinlich (vgl. Beitrag LEINWEBER et al., 9–11; SCHARF et al. 37–50). Sicher ausschließen kann man aber, dass es sich hier um den ältesten See-Teil handelt.

Abbildung 3 zeigt den Top eines Mondsee-Cores vom Profil ARS 1. Deutlich erkennt man als Folge der Seekreideaufspülung eine dicke Seekreideschicht. Die Tatsache, dass die Laminierung nach der Aufspülung der Seekreide wieder einsetzt, steht für den Misserfolg des Verfahrens. Weiter unten in dem Kern erkennt man mehrere dicke dunkle Lagen, deren Entstehung mit der Einleitung von Wasser aus dem benachbarten Faulen See in Verbindung gebracht werden kann. Der Faule See wurde in den Jahren 1960–70 trocken gelegt (SCHARF 1998). Ab 16 cm erkennt man keine Laminierung mehr, was sich bis in 680 cm Tiefe fortsetzt.

Vegetationsgeschichte

Abbildung 4 gibt anhand ausgewählter Pollenformen einen Überblick über die Vegetationsgeschichte des Spätglazials und des Holozäns am Arendsee. Die Pollenzone I spiegelt die Vegetation am Ende der Älteren Dryas-Zeit wider. Es herrschten offene Tundren-Gesellschaften vor, die als Anzeichen einer beginnenden Klimaverbesserung von lichten Birken-Wäldern

abgelöst wurden. Im Pollendiagramm ist das auf Grund hoher Anteile der Nichtbaumpollen (NBP)-Werte zu erkennen, auf die ein Anstieg der Birken- und Kiefern-Werte folgt. In dem Allerød-Interstadial (Pollenzone II) führte diese Klimaverbesserung zur Ausbildung von Kiefern-Birken-Wäldern. In diese Zeit fällt der Ausbruch des Laacher See-Vulkans, der auf 10 930 BC datiert wird (STEBICH 1999), und dessen Tephra in den allerødzeitlichen Sedimenten des Arendsees (ARS 1, 632 cm Tiefe im Diagramm) nachgewiesen werden konnte. Am Ende des Allerød-Interstadials begann eine Klimaverschlechterung.



Abb. 3: Mondsee-Core ARS 1.

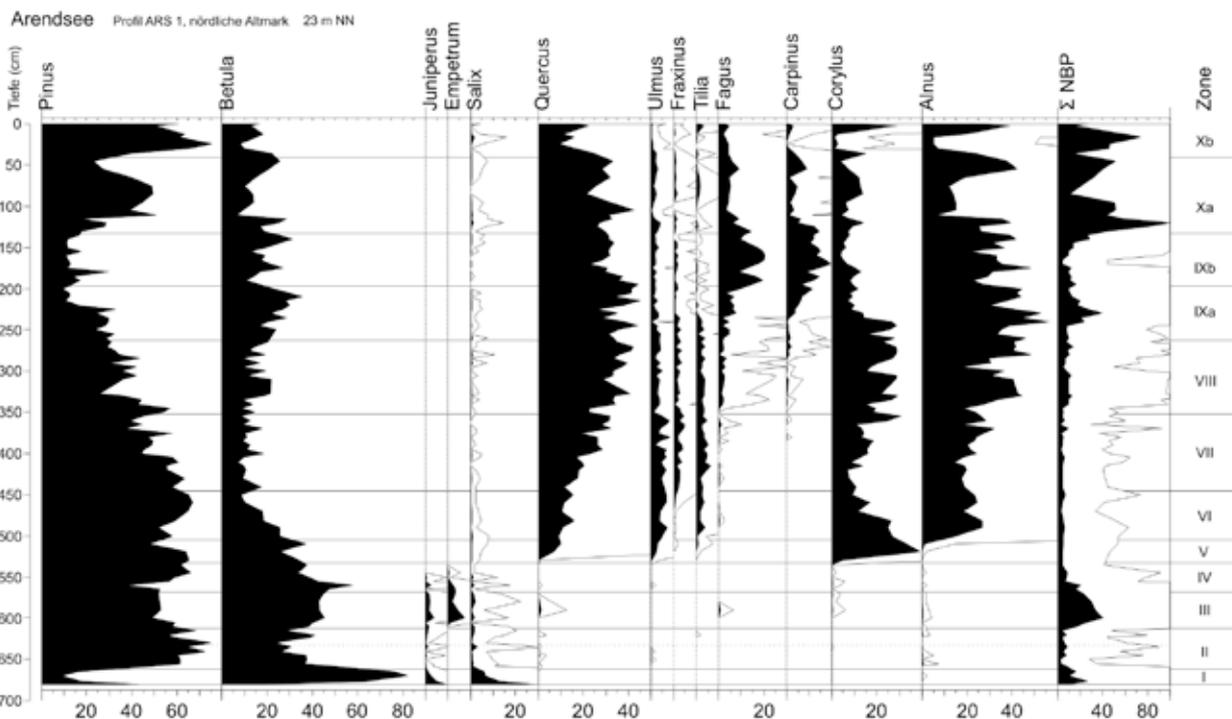


Abb. 4: Vereinfachtes Pollendiagramm vom Arendsee mit walddeschichtlicher Zonierung n. Firbas (1949).

rung, die zur Jüngerer Dryas-Zeit (Zone III) führte. Es kam zur Öffnung der allerødzeitlichen Waldbestände und zur Ausbreitung von *Juniperus*- (Wacholder) und *Empetrum*- (Krähenbeeren) heiden. Ganz offensichtlich kam es aber nicht zu einer vollständigen Vernichtung der Baumbestände.

Mit dem Präboreal (Pollenzone IV), dem Beginn des Holozäns, kam es erneut und endgültig zur Bildung geschlossener Wälder, an denen sich Birken, Kiefern und Pappeln beteiligten. Im Boreal (Pollenzone V) breitete sich *Corylus* (Hasel) aus. Wie es für eine lössfreie Altmoränenlandschaft zu erwarten war, ist der boreale Haselgipfel am Arendsee nur gering ausgeprägt. Es entstanden Kiefer-Haselwälder, in denen sich im weiteren Verlauf der Pollenzone V wärmeliebende Gehölze mit Ulme und Eiche ausbreiteten. Die lichtliebende Birke verlor dadurch stark an Bedeutung.

Im älteren Teil des Atlantikums (Pollenzone VI) verlor die Hasel an Bedeutung, und die Erle breitete sich an feuchten Standorten bevorzugt aus. Gemeinsam mit Ulme und Linde gewannen damals Eichen auf Kosten der Kiefern einen zunehmenden Einfluss im Waldbild. In der Pollenzone VII, dem jüngeren Teil des Atlantikums, wanderten Esche und Ahorn am Arendsee ein. Die Hauptbaumart war neben der Kiefer die Eiche.

Die Grenze zum Subboreal (Pollenzone VIII) wird mit dem Rückgang der Ulmen-Anteile gezogen. Dieser sogenannte Ulmenfall ist aufgrund der geringen Ulmen-Anteile in den Diagrammen des Arendsees nicht besonders deutlich ausgeprägt. Im Subboreal erreichte die Eiche ihre stärkste Verbreitung. Dieses erfolgte zu Lasten der noch verbliebenen Kieferbestände. Im Subboreal begann die Einwanderung der Rotbuche, gefolgt von der der Hainbuche.

Mit dem Übergang zum älteren Subatlantikum (Pollenzone IXa) um etwa 800 v. Chr. begann die verstärkte Ausbreitung der Buchen (*Fagus sylvatica* und *Carpinus betulus*). Außerdem nahm der anthropogene Einfluss auf die Vegetationsentwicklung deutlich zu.

Ob die in Zone IXb einsetzende Massenausbreitung der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) um Christi Geburt klimatische Ursachen hatte, als Folge geringer werdenden menschlichen Einflusses zu werten ist oder ausschließlich einwanderungsgeschichtliche Ursachen hat, konnte nicht mit Sicherheit geklärt werden.

Im jüngsten Teil des Subatlantikums (Zone Xa), in dem sich vor allem Kiefer und Eiche wieder ausbreiteten, gingen die Buchenwerte deutlich zurück. Es gab eine zunehmende anthropogene Entwaldung, und Wälder verblieben nur dort, wo die Böden für eine landwirtschaftliche Nutzung weniger gut geeignet waren.

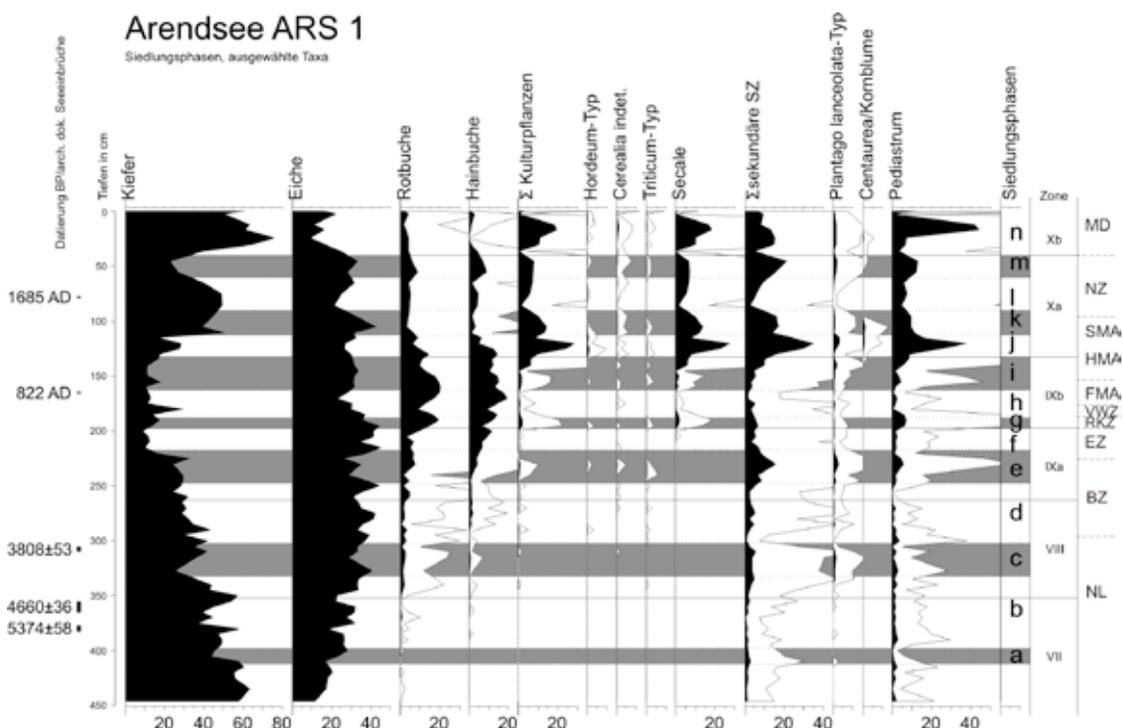


Abb. 5: Vereinfachtes Pollendiagramm vom Arendsee mit den im Text erläuterten Siedlungsphasen und der Gliederung vom Neolithikum (NL) bis in die Moderne (MD).

Siedlungsgeschichte

In Abbildung 5 sind nur die siedlungsgeschichtlich relevanten Diagrammabschnitte (Pollenzonen VII–X) und eine Auswahl siedlungsgeschichtlich relevanter Pollenformen dargestellt. Die Summe der Kulturpflanzen umfasst alle Arten, die in Kultur genommen und angebaut wurden, wie z. B. die Getreidearten (Siedlungszeiger erster Ordnung). Bei den sekundären Siedlungszeigern (SZ; z. B. *Plantago lanceolata*, *Centaurea cyanus*) handelt es sich um Arten, die durch Ackerbau und andere anthropogene Aktivitäten gefördert wurden. Viele der Arten, die als Siedlungszeiger gewertet werden, sind lichtliebend. Sie zeigen im Grunde nur eine Öffnung der Vegetation an, was aber im Holozän stets durch Siedlungsvorgänge bedingt ist. Im Spätglazial, in dem Wälder fehlten oder noch nicht geschlossen waren, treten einige dieser lichtliebende Arten auf (z. B. *Artemisia*). Als Siedlungszeiger können sie daher hier nicht bewertet werden.

Für eine übersichtlichere Gliederung der einzelnen Siedlungsphasen wurde in Abb. 5 jede zweite Phase grau unterlegt. Die Phasen sind mit den Kleinbuchstaben a–n bezeichnet. Die Siedlungsphasen in den Diagrammen sind anhand der Änderungen der Kurven der Siedlungszeiger ausgewiesen, das heißt, sie sind durch Änderungen der Pollenkurven definiert und nicht durch eine Zuweisung zu bestimmten archäologischen Perioden.

Am Ende des Atlantikums zeigt das Pollendiagramm in der Phase a (etwa 4450 v. Chr.) erste Spuren einer neolithischen Besiedlung am Arendsee an. Der Anstieg in der Summenkurve der sekundären Siedlungszeiger ist nur gering. Wären nicht im parallel untersuchten Kern ARS 5 (CHRISTIANSEN 2008) in dieser Phase auch Pollenkörner vom Getreide-Typ gefunden worden, so hätte man diese Phase wohl nicht mit Sicherheit als Siedlungsphase ausweisen können. Die Altersangabe wurde durch einfache Extrapolation der verwendeten ¹⁴C-Datierungen ermittelt und ist dementsprechend ungenau.

In der Phase b sind die SZ-Werte gering und Pollenkörner vom Getreide-Typ fehlen. Aus Gründen der zeitlichen Einordnung ist diese Phase der Trichterbecher-Kultur zuzuordnen. Erst im Subboreal gibt es dann am Arendsee wieder deutliche Spuren einer neolithischen Besiedlung (Phase c), das Alter für den Beginn dieser Phase konnte aus den vorhandenen ¹⁴C-Daten nur interpoliert werden und dürfte bei etwa 2800 v. Chr. liegen. Das Ende der Phase c

wurde mit 2267±93 calBC datiert. Somit kann sie der Zeit zugeordnet werden, in die die Anlage des neolithischen Fischzauns (Beitrag LEINWEBER/LÜBKE, 13–24) fällt. Die Phase c endet mit einem deutlichen Rückgang der Siedlungszeiger am Übergang zur Bronzezeit um etwa 2200 v. Chr. Ob das Ende dieser Siedlungsphase möglicherweise auf einen See-Einbruch/Absenkung zurückgeht, wodurch der neolithische Fischzaun in eine Tiefe versenkt wurde, in der er nicht mehr genutzt werden konnte, muss zur Zeit offen bleiben.

Die Phase d beginnt mit niedrigen Werten der sekundären Siedlungszeiger, was auf eine geringere Besiedlungsintensität schließen lässt. Im weiteren Verlauf der Phase steigen die Werte zunächst wieder auf das Niveau der Phase c an. Erst in der jüngeren Bronzezeit zeigt sich eine deutliche Zunahme der SZ-Werte, die offenbar bis in die frühe Eisenzeit andauerte (Phase e). In dieser Zeit spielte die Jastorf-Kultur im Untersuchungsgebiet eine wichtige Rolle.

Gegen Ende der vorrömischen Eisenzeit in Phase f gibt es wieder einen deutlichen Rückgang der Siedlungszeiger-Werte. Im Verlauf der römischen Kaiserzeit wurde dann der Anbau von Roggen (*Secale*) eingeführt (Phase g), der sehr schnell an Bedeutung gewann. In der darauf folgenden Völkerwanderungszeit (Phase h) zeigt sich ein deutlicher Rückgang der Besiedlungsintensität und damit auch des Roggenanbaus. In diese Phase geringer Besiedlungsintensität fällt eine starke Ausbreitung der Rot- und Hainbuche. Das geht offenbar auf die Wiederbewaldung von vormals gerodeten Nutzflächen zurück, was im Zusammenhang mit den demographischen Veränderungen der Völkerwanderungszeit stehen dürfte. Das Ende der Phase h fällt mit dem See-Einbruch 822 AD zusammen und ist daher gut datiert. Die Frage, ob es im See bis dahin eine Insel oder Halbinsel mit einer Burgwarte gab (s. Beitrag SCHARF et al. 37–50; LEINWEBER/LÜBKE, 13–24), lässt sich anhand des Pollendiagramms nicht beantworten. Diese Phase h mit geringer Besiedlungsdichte dauerte nach den vorliegenden Datierungen (CHRISTIANSEN 2008) deutlich länger als die Völkerwanderungszeit, und erst in der Phase i zeichnet sich eine erneute Zunahme der Besiedlungsintensität im Diagramm ab, die der Zeit der slawischen bzw. sächsischen Besiedlung zuzuordnen ist.

Mit Beginn der deutschen Ostkolonisation im 11. Jahrhundert kam es zu einer starken Intensivierung des Getreideanbaus (Phase j). Es endete auch die Buchendominanz in den Wäldern, und eine ausgedehnte Kulturlandschaft

trat an die Stelle der bisher noch weitgehend ursprünglichen Vegetation. Auch die Gründung des Klosters und der Ausbau des Ortes Arendsee zur Stadt spiegeln sich im Diagramm wider. Siedlungszeiger und Kulturpflanzen erreichen maximale Werte.

Es waren wohl die Seuchenzüge der Pest, die im 15. Jahrhundert (FELCKE 1891) den mittelalterlichen Ausbau der Kulturlandschaft beendeten mit der Folge, dass es aufgrund der Entvölkerung zu einer gewissen Wiederbewaldung kam. Diese erfolgte durch Kiefern und Eichen, und möglicherweise wegen der inzwischen verschlechterten Bodenverhältnisse nicht durch Buchen (Phase k).

Noch schlimmer trafen die Verheerungen des 30-jährigen Krieges Stadt und Umgebung des Arendsees (Phase l), und auch der See-Einbruch von 1685, bei dem die Mühle im See versank, fällt in diese Phase. In Phase m stieg die Besiedlungsintensität wieder an. Die Anteile der sekundären Siedlungszeiger erreichen aber nur noch Werte wie gegen Ende des späten Mittelalters.

Das Einsetzen einer geplanten Forstwirtschaft (Phase n) führte dann zu einer erheblichen Förderung der Kiefer, die auch heute noch die dominierende Waldbaumart im Untersuchungsgebiet ist. Auf den ersten Blick mag es verwunderlich erscheinen, dass auch nahe der Gegenwart die Kurve der Siedlungszeiger die mittelalterlichen Höchstwerte nicht mehr erreicht. Hier muss aber bedacht werden, dass die Landwirtschaft diese „Siedlungszeiger“ in der Regel als Unkräuter betrachtet und sie entsprechend bekämpft wurden. Mit der Einführung moderner chemischer Mittel wurde hier die Effektivität enorm gesteigert. Ein Blick auf die Kurve von *Pediastrum*, einer limnischen Grünalgenart, die als Hinweis auf den Grad der Eutrophierung gelten darf, belegt dies. Diese Kurve erreicht ihr Maximum in Phase n. Wohl weil die Eutrophierungen durch menschliche Maßnahmen so stark waren, dass Grünalgen von Blaualgen abgelöst wurden, sinkt die Kurve am Ende der Phase n wieder ab.

Danksagung

Mein Dank gilt dem Arbeitskreis für Unterwasserarchäologie für die Einladung zur Tagung und insbesondere Frau Dr. R. Leineweber für die organisatorische Arbeit. Für die Durchführung der Bohrarbeiten sei Herrn Prof. Dr. Scharf und seinem Team vom UFZ-Magdeburg gedankt.

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und konstruktive Diskussionen gilt mein besonderer Dank Herrn Prof. Dr. Beug. Die durchgeführten Arbeiten wurden im Rahmen zweier Projekte: „Wandel der Geo/Biosphäre der letzten 15000 Jahre“ und „Slawen an der unteren Mittelelbe“ von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

Anschrift des Verfassers

Dr. JÖRG CHRISTIANSEN
Georg-August-Universität Göttingen
Albrecht-von-Haller-Institut
für Pflanzenwissenschaften
Abt. für Palynologie und Klimadynamik
Untere Karspüle 2
37073 Göttingen
J.Christiansen@gmx.de

Literatur

BEUG 1957: H. J. BEUG, Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Floren- und Vegetationsgeschichte einiger Mittelgebirge (Fichtelgebirge, Harz und Rhön) Flora 145, 1957, 167–211.

BEUG 2004: H. J. BEUG, Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzender Gebiete (München 2004).

CHRISTIANSEN 2008: J. CHRISTIANSEN, Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in der westlichen Prignitz, dem östlichen Hannoverschen Wendland und der nördlichen Altmark. Dissertation Georg-August-Universität Göttingen (Göttingen 2008).

FÆGRI/IVERSEN et al. 1989: K. FÆGRI/J. IVERSEN/P. E. KALAND/K. KRZYWINSKI, Textbook of pollen analysis (Chichester [u.a.] 1989).

FELCKE 1891: A. F. L. FELCKE, Chronik der Stadt Arendsee in der Altmark (Gardelegen 1891).

FIRBAS 1949: F. FIRBAS, Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Bd. 1: Allgemeine Waldgeschichte (Jena 1949).

GRIMM 1990: E. C. GRIMM, TILIA and TILIA-GRAPH: PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA-Commission for the study of the Holocene. Working group for data-handling methods, Newsletter, 1990.

LEINWEBER et al. 2009: R. LEINWEBER/H.-J. BEUG/J. CHRISTIANSEN/H.-J. DÖHLE/O. HARTMANN/M. HELLMUND/B. W. SCHARF/G. SCHÖNBERG, Zur Entwicklung des Arendsees in der Altmark, Sachsen-Anhalt. NAU 15, 2009, 9–11.

LEINWEBER/LÜBKE 2007: R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Unterwasserarchäologie in der Altmark. Archäologie in Sachsen-Anhalt (NF) 4, 2006 (2007), 127–139.

LEINWEBER/LÜBKE 2009: R. LEINWEBER/H. LÜBKE, Unterwasserarchäologie im Arendsee. NAU 15, 2009, 13–24.

MOORE/WEBB/COLLINSON 1991: P. D. MOORE/J. A. WEBB/M. E. COLLINSON, Pollen analysis (Oxford 1991).

PUNT 1976: W. PUNT, The Northwest European Pollen Flora 1 (Amsterdam 1976).

PUNT/BLACKMORE/CLARKE 1988: W. PUNT/S. BLACKMORE/G. CLARKE, The Northwest European Pollen Flora 5 (Amsterdam 1988).

PUNT/BLACKMORE 1991: W. PUNT/S. BLACKMORE, The Northwest European Pollen Flora 6 (Amsterdam 1991).

PUNT/CLARKE 1980; 1981; 1984: W. PUNT/G. CLARKE, The Northwest European Pollen Flora 2 (Amsterdam, 1980). – 3 (Amsterdam 1981). – 4 (Amsterdam 1984).

REIMER et al. 2004: P. J. REIMER et al., IntCal04 Terrestrial Radiocarbon Age Calibration, 0–26 Cal Kyr BP, Radiocarbon, 2004.

RÖHRIG 2002: R. RÖHRIG/B. W. SCHARF, Paläolimnische Untersuchungen zur Entwicklung des Arendsees (Sachsen-Anhalt). Greifswalder Geographische Arbeiten 26, 2004, 123–126.

SCHARF 1998: B. W. SCHARF, Eutrophication history of Lake Arendsee (Germany), Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 140, 1998, 85–96.

SCHARF et al. 2009: B. W. SCHARF/R. RÖHRIG/S. KANZLER/H.-J. BEUG/O. Büttner/J. CHRISTIANSEN/J. FIEKER/HA. SCHINDLER/HE. SCHINDLER, Zur Entstehung des Arendsees. Ein Vergleich paläolimnologischer Untersuchungen mit den Ergebnissen eines Modellversuches. NAU 15, 2009, 37–50.

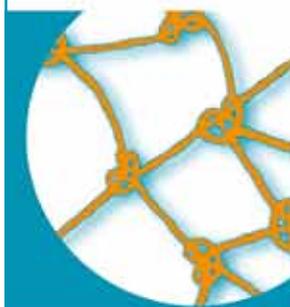
STEBICH 1999: M. STEBICH, Palynologische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Weichsel-Spätglazial und Frühholozän an jährlich geschichteten Sedimenten des Meerfelder Maars (Eifel). Dissertationes Botanicae 320 (Berlin, Suttgart 1999).

STÜBEN et al. 1998: D. STÜBEN/E. WALPERSDORF/K. VOSS/K. RÖNICKE/H. RÖNICKE/M. SCHIMMELE/M. BABROWSKI/G. LUTHER/W. ELSNER, Application of lake marl at Lake Arendsee, NE Germany: First results of a geochemical monitoring during the restoration experiment, The Science of the Total Environment (Amsterdam 1998).



ARCHÄO ist eine Bürogemeinschaft von vier Archäologen/ Kulturwissenschaftlern.

Seit 1995 planen, gestalten und realisieren wir unterschiedliche Projekte in den Bereichen Archäologie, Kultur und Tourismus. Ob Ausstellungen, Museen, Outdoor Präsentationen, Fachpublikationen oder Fachberatung – unsere umfangreichen Kontakte im fachlichen und praktischen Bereich stehen Ihnen zur Verfügung!



IKU

Dr. Dorothee Ade M. A.

Telefon 07472/28 32 54

Mobil 0173 65 46 192

Fax 07472/28 36 94

Mail dorade@archaeo.de



Archäo-Service

Matthias Seitz M. A.

Telefon 07472/28 10 46

Mobil 0173 34 36 257

Fax 07472/28 36 94

Mail info@archaeo.de



ausstellungen+projekte

Karin Sieber-Seitz

Telefon 07472/28 11 26

Mobil 0172 70 15 311

Fax 07472/28 36 94

Mail KaSiSe@archaeo.de



Fabrica

Andreas Willmy M. A.

Telefon 07472/28 32 54

Mobil 0173 65 46 192

Fax 07472/28 36 94

Mail awillmy@archaeo.de

Geologische Entwicklungsgeschichte und Untersuchungsergebnisse am Arendsee

OLAF HARTMANN und GÜNTER SCHÖNBERG

Zusammenfassung

Der Arendsee im Norden der Altmark stand im Laufe seiner Entwicklung als Einbruchsee über einem Salzstock immer wieder im Mittelpunkt wissenschaftlicher Betrachtungen. Ein Abriss zu den historischen Quellen verdeutlicht den sich daraus ergebenden Kenntnisstand.

Die Entwicklung des Salzstockes und die Entstehung des Sees aus heutiger Sicht werden vor allem anhand der jüngeren Untersuchungsergebnisse ausführlich erläutert und belegt. Dabei sind auf Basis einer engen Zusammenarbeit zwischen Geologen, Limnologen und Archäologen erhebliche Fortschritte erzielt worden. Diese interdisziplinären Arbeiten werden fortgesetzt.

Abstract

The Arendsee to the north of the Altmark, being a lake caused by an irruption above a salt dome, has throughout its development often been the focus of scientific considerations. A survey of the historical sources clarified the resulting knowledge.

From the present-day perspective the development of the salt dome and the formation of the lake are explained in detail and proven on the basis of more recent test results. In this process considerable progress has been made based on the close cooperation between geologists, limnologists and archaeologists. This interdisciplinary work will continue.

Bisherige Untersuchungen und Quellen

„Ebenso erhob sich im östlichen Gebiet Sachsens, das den Gebieten der Sorben benachbart ist, an einem verlassenem Ort bei dem See, der Arendsee genannt wird, die Erde wie ein Damm. Er ließ den Grenzdamm, der sich eine Gallische Meile hinzog im Laufe einer Nacht ohne große Anstrengungen zu einem Walle emporrichten.“

Diese Worte von Einhard in den Fränkischen Annalen für das Jahr 822 enthalten die erste schriftliche Erwähnung des Arendsees und berichten über eine darin/daran stattgefundene Veränderung mit dem Charakter einer Hebung.

Entzelt spricht hingegen im Jahre 1579 in seinem „Chronicon der Alten Marck“ von einem „grefßlichen Erdfal und Wasser, die Arentsee genannt“, also einem Einbruch, und nennt damit – aus nicht nachvollziehbaren Gründen – eine Ursache für den oben genannten Vorgang.

Die ausführliche Beschreibung des Einbruches von ca. 20 ha Land am Südostufer („Neue Tiefe“) im Jahre 1685 durch den damals zuständigen Amtmann Walter und die kürzeren Bemerkungen der Pastoren aus Bodenteich und

Aulosen dazu sind, obwohl alle drei Autoren während des Bruchvorganges nicht anwesend waren, recht glaubhaft.

Im 18. und 19. Jahrhundert werden die Darstellungen zum Charakter des Arendsees ausführlicher (GUNDLING 1724; RITTER 1744; SILBERSCHLAG 1788; STEINHART 1802), aber nicht in jedem Falle qualitativ besser.

Erst mit den limnologischen Untersuchungen von Halbfass (1896) beginnt die Phase zuverlässiger wissenschaftlicher Arbeiten. Allerdings konnte auch er nur vermuten, dass Auslaugung von Salzen im Untergrund die Existenz des Arendsees verursachten, da zu dieser Zeit noch kein Nachweis dieser Gesteine am Standort vorlag.

Nach Stappenbeck (1932) soll ein „Salzstock“ bei Braunkohlebohrungen westlich des Arendsees in ca. 60 m Tiefe angetroffen worden sein, nachdem bereits 1900 eine Tiefbohrung in der Nähe bei 560 m Tiefe Sole nachwies.

Mit der geophysikalischen Reichsvermessung gelang der erste zuverlässige, aber indirekte, Nachweis des Salzstockes Arendsee. Durch weitere geophysikalische Oberflächenmessungen im Rahmen der Kohlenwasserstoffsuche nach

1945 wurde die Datenbasis erweitert und verbessert. Vor allem wegen der Bebauung ist die reflexionsseismische Vermessung relativ weit vor dem Ufer des Sees abgebrochen worden.

Den ersten materiellen Beleg für hochliegendes Zechsteinsalinar lieferte die Erdölsuchbohrung E Arendsee 2/60 (Salzüberhang von 953 m bis 1136 m am Ostrand der Salzstruktur). Weitere 5 Erdölbohrungen standen außerhalb des Salzstockes, trugen jedoch erheblich zur Klärung der strukturellen Verhältnisse bei.

Die Kartierungsbohrung Leppin 201/63 erbohrte Hutgestein ab 412 m und durchörterte es bis 500 m nicht. Die nichtfündige Erdgasbohrung E Arendsee 10/82 sowie die vorlaufenden digitaleismischen Vermessungen erweiterten die Kenntnisse zur Situation außerhalb des Salzstockes. Mit der ingenieurgeologischen Bohrung Arendsee 11/85 wurde der Salzstock am Ostufer nochmals belegt (Caprock von 335 m bis 430 m unter Geländeoberkante [GOK]), während unmittelbar am Südufer bis 360 m u. GOK durch die Arendsee 12/84 nur Känozoikum erbohrt wurde. Bis Anfang der 1990er Jahre war somit überwiegend belegt, „wo der Salzstock nicht ist“. Während des Winters 1996/1997 froh der See zu, so dass erstmalig eine gravimetrische Vermessung vom Eis aus möglich war (GABRIEL/RAPPSILBER 1999).

Seit 1998 liegt die Geologische Karte 1:25000, Blatt 3134 Arendsee vor, nachdem die 1960–62 begonnene (dann abgebrochene) Erstkartierung fortgesetzt wurde.

In Vorbereitung einer geothermisch/balneologischen Nachnutzung der Erdgasbohrung Arendsee 10/82 förderte das Land Sachsen-Anhalt eine aufschlussreiche see- und landseismische Vermessung und ein Reprocessing älterer digitaleismischer Daten neben Aufwältigung und Test der genannten Bohrung.

Seit den 1950er Jahren werden nahezu kontinuierlich limnologische Untersuchungen im Arendsee durchgeführt (Beyer, Klapper, Rönicke u. a.), die für geowissenschaftlich-seegene-tische Betrachtungen hilfreich sind. Besonders zu erwähnen ist unter diesen Gesichtspunkten ein Beitrag von Röhrig und Scharf (2002), der wichtige Fakten zur Entstehung und Entwicklung des Sees enthält.

Durch ein Oberflächennivellement, das im zwei-jährigen Rhythmus gemessen wird, werden seit 1993 Bewegungen der Erdoberfläche erfasst.

Tiefenmessungen im See sind durch Angaben zu Tiefe und Relief des Seegrundes auch für geowissenschaftliche Auswertungen grundsätzlich hilfreich, besonders bei weit auseinander

liegenden Messterminen durch evtl. Nachweis zwischenzeitlich eingetretener Veränderungen. Die Messungen von 1786 (SILBERSCHLAG 1788) und 1838 (FELCKE 1892) haben leider nur historischen Wert, während die Angaben von Halbfass (1896) trotz Unsicherheiten bei der Lageangabe der Messpunkte ein recht zuverlässiges Bild des Seegrundes liefern. Spätere Messungen vom Eis mit Lot (MEUSSLING 1955) und mit Echolot (MEUSSLING 1991) ergänzten den Datenbestand, bevor 1993 durch das Ingenieurbüro für Hydrographie und Geodäsie Schäfermeier (Echolot) bzw. 1999 durch GeoPro GmbH (Side Scan Sonar) professionelle Untersuchungen mit modernen Navigations- und Meßmethoden erfolgten.

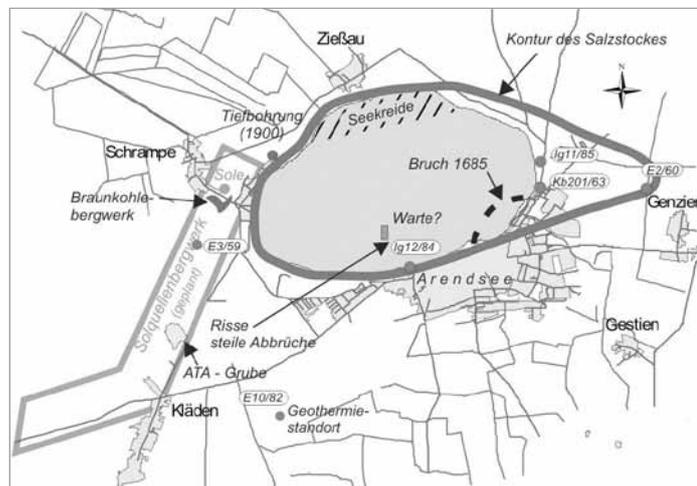


Abb. 1: Lage wichtiger Phänomene und geologischer Aufschlüsse.

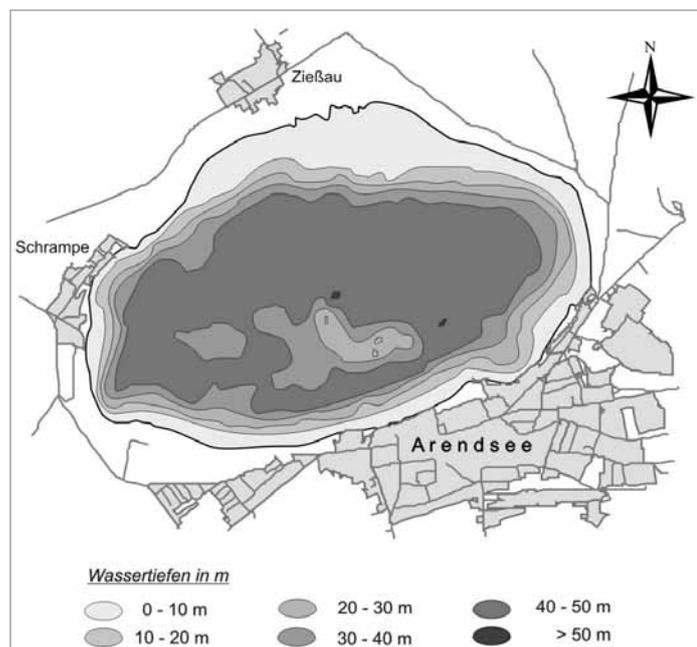


Abb. 2: Seetiefenkarte nach Sonarvermessung (1999).

Obertägige Merkmale von Salzstöcken und Subrosion

Salzstöcke in Norddeutschland (einschließlich Nordsee etwa 450) sind an der Geländeoberfläche in der Regel nicht erkennbar. Die Salze des Zechstein, mit einer Mächtigkeit von mehr als 500 m, reagieren bei Temperatur- und Druckerhöhung plastisch und beginnen zu „fließen“. In Einzelfällen, z. B. Meseberg bei Osterburg, zeigen sie messtechnisch oder in jungen Sedimenten nachweisbare Hebungen der Erdoberfläche. Häufiger sind Einsenkungen oder Brüche, die wassererfüllt oder als Feuchtgebiete ausgebildet sein können, wie sie u. a. in Wittenmoor (bei Stendal) oder in Bodenteich (bei Salzwedel) auftreten.

Besonders markant sind sogenannten Kalkberge wie in Lüneburg, Bad Segeberg, Lübtheen oder Sperenberg, wo Gesteine des Zechsteinsalinars an der Erdoberfläche anstehen. Die Bezeichnung „Kalk“berg ist dabei falsch, weil diese Berge aus Gips bestehen und wohl nur wegen der früheren Verwendung des Gipses als Mörtelmaterial der nicht zutreffende Terminus entstand.

Als Subrosion wird die unterirdische Auflösung von Gesteinen (*Chloride*: Steinsalz, Kalisalz; *Sulfate*: Anhydrit, Gips; *Karbonate*: Kalk, Dolomit) bezeichnet. Die Wasserlöslichkeit dieser Gesteine verhält sich in der genannten Reihenfolge etwa wie 10000 : 100 : 1, so dass zuerst Chloridsubrosion auftritt. Dabei bleiben nur anhydritische und unlösliche Bestandteile (Tone) der Steinsalze erhalten und bilden einen

Gipshut. Anhydrit wird dabei in Gips umgewandelt. Seine Mächtigkeit hängt vom Anhydrit- und Tonanteil im Ausgangsgestein und der Menge gelöster Salze ab.

Dieser Gipshut, der sich überwiegend an der Salzstockoberfläche bildet, weil dort die Subrosion vorrangig erfolgt, und nur eingeschränkt – nach unten dünner werdend – auch an der Flanke entwickelt ist, schützt in erheblichem Maße das Steinsalz vor weiterem Wassereinfluss. Allerdings wird auch er durch das Grundwasser gelöst (Sulfatsubrosion) und kann dabei lokal an Schutzwirkung verlieren (Abb. 4).

Der lösungsbedingte Massenschwund an den Gesteinen des Salzstockes bewirkt größere oder kleinere Einsenkungen der Erdoberfläche und in Sonderfällen auch Einbrüche (Erdfälle), die, abhängig vom Grundwasserstand, wasserführend sein können (s.o.). Anhaltender Salzaufstieg kann teilweisen Ausgleich schaffen und in Sonderfällen den Gipshut als „Kalkberg“ obertägig erscheinen lassen.

Entstehung und Entwicklung des Salzstockes Arendsee

In Auswertung der vorgenannten Quellen und Untersuchungen, besonders der Arbeiten nach 1945, kann eine plausible und recht zuverlässige Darstellung für die Entstehung und Entwicklung des Salzstockes Arendsee erfolgen.

Die Bedingungen für plastisches Verhalten der Zechsteinsalze waren bei einer Versenkungstiefe

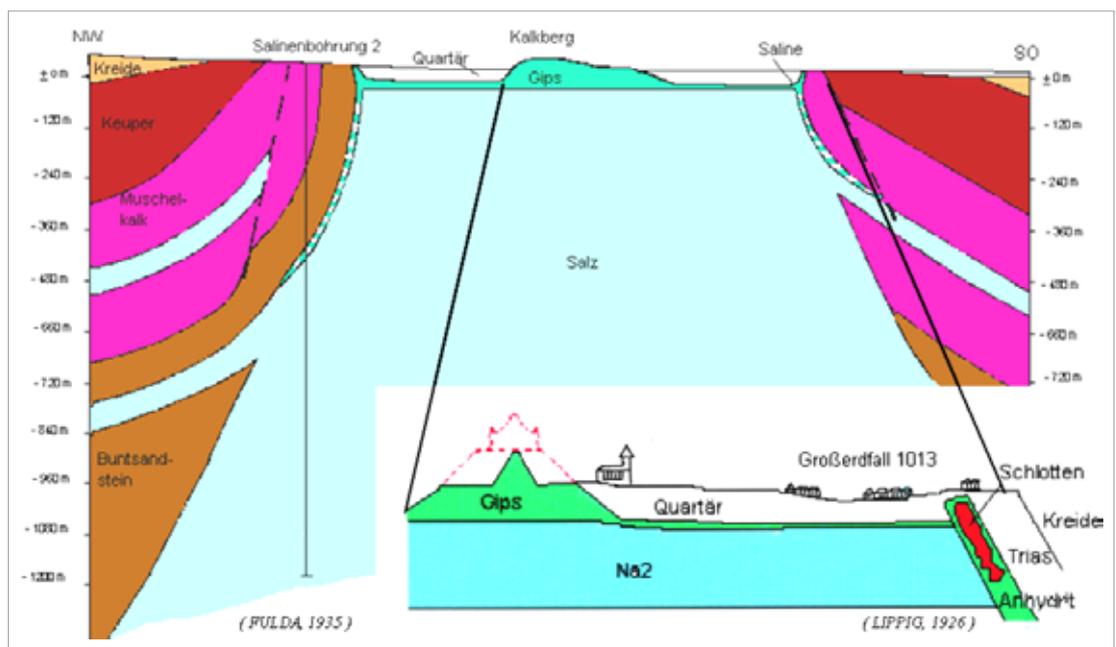


Abb. 3: Geologischer Schnitt durch den Salzstock Lüneburg.

von etwa 1500 m im Keuper, also vor über 200 Mio. Jahren, erreicht und tektonische Bewegungen im Untergrund lösten den Fließprozess aus. Es entstand zu Anfang ein Salzkissen, dessen Deckgebirge dabei aufgewölbt und abgetragen wurde. Der Zentralteil des Salzkissens stieg verstärkt auf und während der Unterkreide (vor ca. 100 Mio. Jahren) durchbrach das Salz das Deckgebirge und bildete einen Salzstock, wobei die überlagernden Schichten erodiert wurden. Die Abwanderung des Salzes aus dem Umfeld führte zur Entstehung tiefer Randsenken, in denen sich mächtige Sedimentpakete ablagerten. Die Salze gerieten in dieser Zeit erstmalig in den Einflussbereich des Grundwassers und die Subrosion begann.

Während der Oberkreide und im Tertiär stieg der Salzstock weiter, jedoch deutlich langsamer auf. Sedimente dieser Epoche wurden auf dem Salzstock nicht oder in stark verringerter Mächtigkeit abgelagert. Die Aufschleppung junger tertiärer Schichten am Westrand des Sees belegt den anhaltenden Aufstiegsvorgang. Auch in dieser Phase wurden Salze abgelagert.

Zur Zeit der pleistozänen Inlandvereisung führten wechselnde Eisauflasten und Erosion von Deckschichten (einschließlich Gipshut) zu verstärkter Salzaufstiegsbewegung. Die Subrosion nahm in den Zwischeneiszeiten und besonders am Ende des Eiszeitalters durch die oben genannte Reduzierung des Gipshutes und erhöhtes Wasserangebot (Schmelzwässer des Inlandeises) zu. Die Folge sind stärkere Bodensenkungen und es entsteht der rezente Gipshut. In diese Phase vor etwa 10 000–12 000 Jahren fällt die Entstehung des „Ur“arendsees, der wahrscheinlich im Nordbereich des heutigen Sees lag. Vorkommen und Alter mächtiger Seekreideablagerungen und Ergebnisse limnologischer und archäologischer Untersuchungen in diesem Areal bestätigen grundsätzlich diese Annahme (Abb. 1). Bis in die Gegenwart sind nach den vorliegenden Daten die Prozesse Salzaufstieg, Salzablaugung und Einsenkungen bzw. Einbrüche, wie historisch belegt und aktuelle Ereignisse zeigen (s. u.), noch aktiv.

Der Salzstock Arendsee erstreckt sich heute in West–Ost-Richtung etwa 4,5 km und in Nord–Süd-Richtung maximal 2 km. Während der Fuß des Salzstockes bei mehr als 3500 m Tiefe liegt, befindet sich der Top im Westen weniger als 100 m tief. Seine Oberfläche taucht im Bereich des Ostufers des Sees steil auf über 300 m und dann langsam bis auf ca. 1000 m Tiefe ab. Die Flanken fallen fast senkrecht mit kleinen Überhängen bis ca. 2500 m ab.

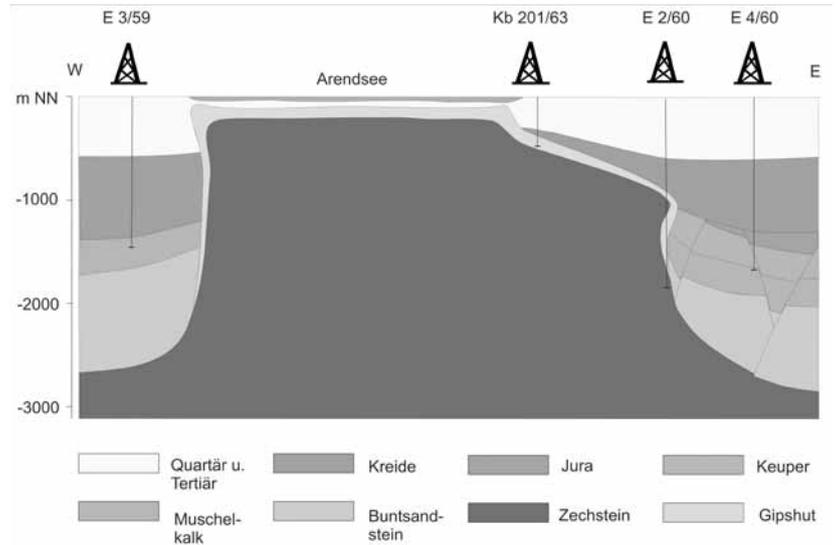


Abb. 4: Geologischer West–Ost-Schnitt durch den Salzstock Arendsee.

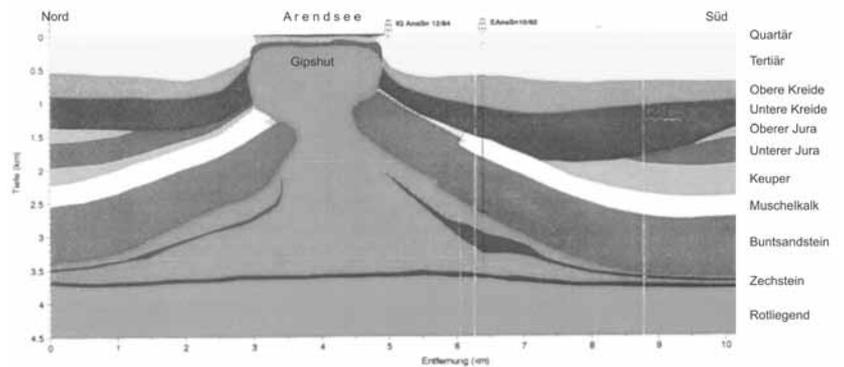


Abb. 5: Nord–Süd-Schnitt durch den Salzstock Arendsee nach gravimetrischer Modellierung 1999.

Salzstockgeologie und der See – Ergebnisse von Untersuchungen der letzten 50 Jahre

Die teilweise sehr intensiven geologischen Untersuchungen bis Anfang der 1980er Jahre dienten, bis auf eine Kartierungsbohrung, der (hier erfolglosen) Suche nach Erdöl und Erdgas. Aus diesem Grunde blieben das See- und aus Sicherheitsgründen auch das Stadtgebiet ohne nähere Bearbeitung. Aus reflexionsseismischen Messungen waren lediglich der östliche Bereich und Teile des nördlichen Randes des Salzstockes bekannt. Die Ergebnisse gravimetrischer (Übersichts-) Vermessungen lieferten den Beleg für den Salzstock und grundsätzliche Kenntnisse über seine Form und Lage. Unter Berücksichtigung der bereits erwähnten, bohrtechnischen Belege für die Salzstruktur ergab sich in den Grundzügen das heutige Bild, wobei in weiten

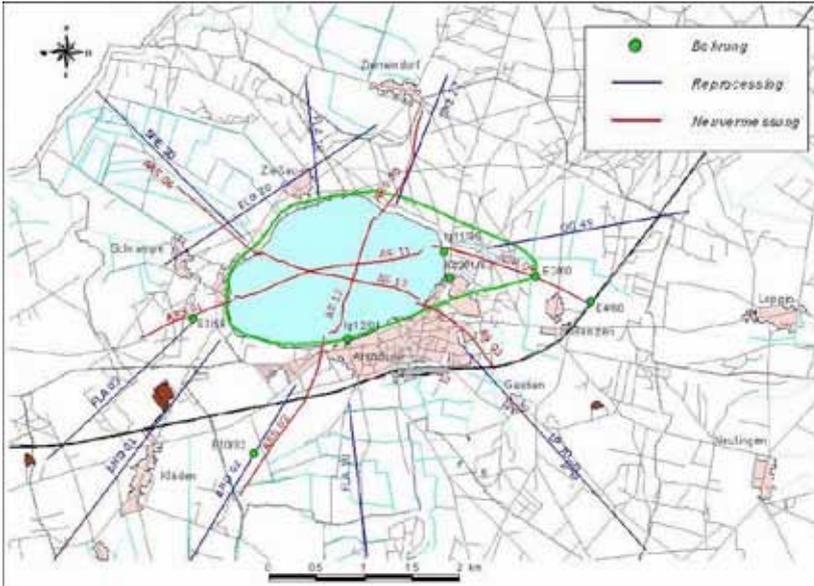


Abb. 6: Reflexionsseismische Untersuchungen um und auf dem Arendsee.

Bereichen keine bzw. keine sichere Konturierung möglich war.

Putscher u. a. (1981) unterzogen den Salzstock, und damit See und näheres Umfeld, einer eingehenden ingenieurgeologischen Analyse und Bewertung und stellten dabei Untersuchungsbedarf fest. Daraufhin wurden die ingenieurgeologischen Bohrungen Arendsee 11 und 12 in den Jahren 1984/85 abgeteuft, intensiv untersucht und für eine hydrogeologische Dauerbeobachtung installiert. Der ingenieurgeologische Kenntnisszuwachs war dennoch insgesamt gering, weil der vorrangig interessierende Bereich des Salzstockdaches nicht bzw. sehr tief angegriffen wurde. Bezüglich der Standsicherheit konnte jedoch die Zuverlässigkeit der Bewertung erhöht werden und die damals vorgenommenen diesbezüglichen Aussagen gelten auch heute noch.

Durch gravimetrische Untersuchungen vom Eis des zugefrorenen Sees aus und teilweise an Land (1996/97) wurde die bisherige Messlücke für dieses Verfahren im Wasserbereich geschlossen und die Messpunktdichte im Umfeld erhöht. Nach anschließender Modellierung und unter Einbeziehung der Daten aus anderen Untersuchungen war es möglich, die Kontur des Salzstockes genauer zu bestimmen und orientierende Werte zur Teufenlage seiner Oberfläche zu ermitteln (GABRIEL/RAPPSILBER 1999).

Im Zusammenhang mit geowissenschaftlichen Arbeiten zu den geothermischen Verhältnissen im Umfeld des Salzstockes wurden ältere reflexionsseismische Daten (außerhalb des Sees) über-

arbeitet und drei neue Profile verbindend über den See vermessen. Die Interpretation dieser Ergebnisse, besonders der seeseismischen Profile, erlaubt nun erstmalig zuverlässige Darstellungen zur Teufenlage der Gipshutoberfläche und zur Mächtigkeit der ihn überlagernden Sedimente sowie Orientierungen zur Teufe der Oberfläche des Salzes.

Im Seeprofil AS 13 (nördlich Schrampe nach Arendsee) weist die Oberfläche des Salzstockdaches nur eine gering bewegte Morphologie auf. Sie wird von Seebodensedimenten (Schlick) und von Lockergestein überdeckt, die zusammen nur 10–30 m Mächtigkeit besitzen. Darunter folgt bereits der Gipshut mit ca. 50 m Stärke (in der Tiefbohrung 11/84 im Strandbad erreichte er rund 100 m).

Eine von zwei Ausnahmen der sonst „ausgeglichenen“ Gipshutoberfläche ist – wie im Seeprofil AS 12 zwischen Arendsee und Ziemendorf erkennbar – eine „Kuppe“. Sie ragt 15–30 m über das Niveau des Salzstockdaches. Damit verursacht sie das „unterseeische Gebirge“, welches aus den Tiefenmessungen bekannt ist. Hier sind über dem Gipshut z. T. nur 10 m Lockerseimente als Überdeckung vorhanden.

Auf dem Seeprofil AS 11 (zwischen Schrampe und Strandbad) ist im Schramper Eck als zweite morphologische Besonderheit ein Graben ausgebildet. Hier liegt das Salzstockdach 20–25 m tiefer als im übrigen Seebereich. Er ist ca. 500 m breit und mit annähernd horizontal geschichteten Sedimenten gefüllt. Sie erreichen bis zu 50 m Mächtigkeit und damit deutlich mehr als im übrigen See. Diese Struktur deutet auf einen Einbruch hin, der älter sein muss als der von 822, denn die Sedimentationsrate kann sich hier nicht wesentlich von der im übrigen Sees unterscheiden. Weitere kleinere Abbrüche im Gipshut zeichnen sich z. T. auch in der Seebodenmorphologie ab.

Insgesamt wird deutlich, dass im größten Teil des Seegebietes der heutige Seeboden dem Relief der Oberfläche des Salzstockdaches weitgehend entspricht.

Das Oberflächennivellement lässt Höhenveränderungen von 2 bis 8 mm per annum erkennen. Dabei werden östlich des Sees Senkungen registriert, während in den anderen Bereichen überwiegend Hebungen erkennbar sind. Eine eindeutige geologische Interpretation dieser Messergebnisse wird erst nach Einbindung der Daten in großflächige Nivellementnetze erwartet. Zumindest bestätigen die Werte die Annahme, dass der Salzstock noch heute in Bewegung ist.

Die eingangs erwähnten Tiefenmessungen gestatten im Falle des hoch auflösenden und flächenhaft registrierenden Side Scan Sonars bei Wiederholungsmessungen die Detektion von kleineren bzw. kleinräumigen Tiefenänderungen. Alle anderen Messungen sind wegen linienhafter (Echolot) oder punktförmiger Datenermittlung für diese Zwecke nur bedingt geeignet.

Beim Vergleich der Ergebnisse von Halbfass (1896) und aus den 1990er Jahren sind teilweise gravierende Unterschiede feststellbar. Obwohl leider Messpunktlage und evtl. Tiefe bei Halbfass teilweise angezweifelt werden können, sind Veränderungen in der Lage des Seegrundes über den langen Zeitraum zwischen den Messungen naheliegend, aber in der erkennbaren Größenordnung nicht sehr wahrscheinlich.

Da sich die Veränderungen am Seeboden bislang (bis auf eine Ausnahme) dem menschlichen Auge entziehen, sich wohl überwiegend kleinräumig entwickeln und weitgehend bruchfrei ablaufen, sind u. E. zu ihrem Nachweis Side Scan Sonar Messungen in größeren Zeitabständen erforderlich. Bei der erwähnten Ausnahme handelt es sich um eine von aufmerksamen Tauchern entdeckte grabenförmige Einsenkung von ca. 20 m Länge, bei einer Breite von reichlich 1 m und einer Tiefe von weniger als 1 m. Sie wird als Folge von Subrosion im Gipsstut gedeutet und dürfte keine Einzelercheinung sein. Es handelt sich dabei um geologische Prozesse, die seit Jahrhunderten ablaufen und auch zukünftig – wie bisher weitestgehend unerkannt – zur Normalität gehören werden.

Während für 822 und 1685 einschneidende Ereignisse am/im Arendsee schriftlich belegt sind und der Einbruch von 1685 auch hinreichend genau lokalisierbar ist, sind der sog. „Wendische

See“ und eine (fränkische?) Warte nur aus Legendem bekannt. Der „Wendische See“ könnte u.E. im Nordteil des heutigen Sees, vielleicht im Bereich der Seekreideverbreitung, gelegen haben und damit dem erwähnten „Ur“arendsee entsprechen. Für eine Warte wird eine günstige Geländedeposition unterstellt, die hinreichend weite Sicht erlaubt. Dafür würde sich ein Standort am Südufer des damaligen Sees, evtl. auf einer „Halbinsel“, die nach Scharf u. a. (s. Beitrag SCHARF u. a. 37–50) dort möglich ist, auf einer Geländeerhebung anbieten. Eine solche Erhebung könnte in Anbetracht der geologischen Situation ein „Kalk“berg, wie noch heute auf anderen Salzstöcken anzutreffen, gewesen sein. Bei Annahme von Einbrüchen mit „Fahrstuhleffekt“, also mit annähernder Beibehaltung des Reliefs, befindet sich der Standort vermutlich heute im Gebiet der geringsten Tiefe im Südteil des Sees und hat auch nur eine geringmächtige Bedeckung mit Sedimenten (Abb. 7).

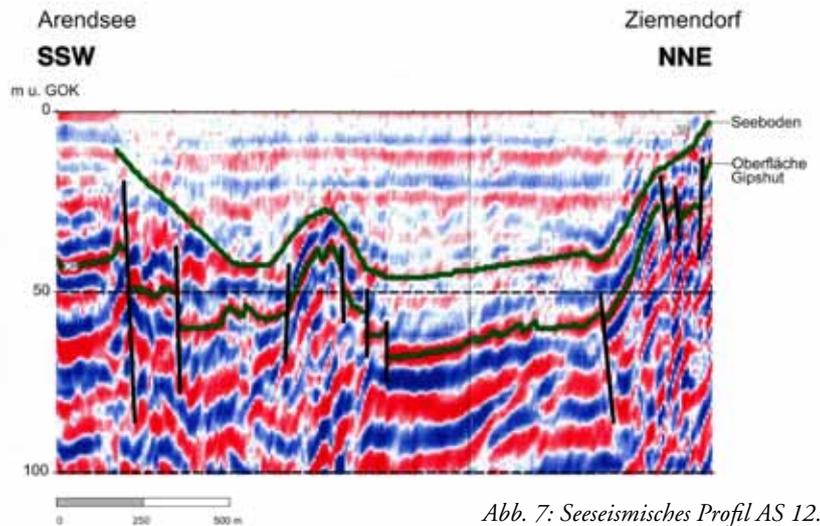


Abb. 7: Seismisches Profil AS 12.

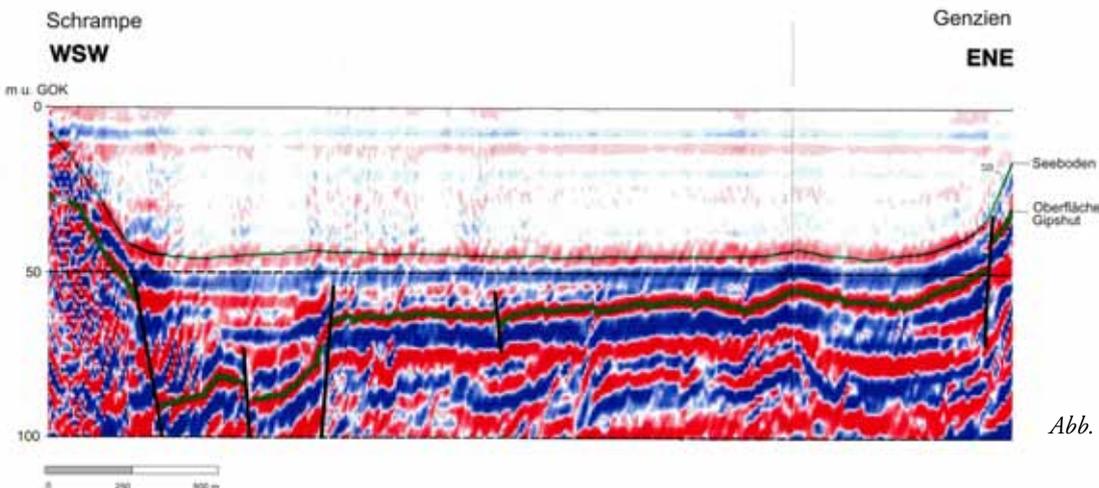


Abb. 8: Seismisches Profil AS 11.

Fazit

Die geologische Situation im Umfeld und im Untergrund des Arendsees ist weitgehend bekannt. Klärungsbedarf besteht noch bezüglich der geologischen Vorgänge in der jüngeren Vergangenheit (seit ca. 12000 Jahren bis heute), zu den Lagerungs- und Mächtigkeitsverhältnissen im Salzstockdach (Gipshut) und ihn überlagernden Sedimenten sowie zu den hydrogeologischen Verhältnissen im näheren Umfeld des Salzstockes und damit zu Wirkungsbereich und Ausmaß der Subrosion.

Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Limnologen und Archäologen bei der Beantwortung dieser Fragen sehr zweckdienlich ist.

Anschrift der Verfasser

OLAF HARTMANN
Dorfstraße 2
39517 Brunkau
o.h.hartmann@web.de

GÜNTER SCHÖNBERG
Landesamt für Geologie und Bergwesen
Standort Magdeburg
Fürstenwallstraße 10
39104 Magdeburg
schoenberg@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Literatur

EINHARD (827): Einhards Jahrbücher des fränkischen Reiches (Fränkische Annalen). – Monumenta Germaniae historica – Scriptores I und V; Fulda und Xanten, übersetzt von O. Abel (1850) Berlin.

ENTZELT, C. (1579): Chronicon der Alten Marck. – Faksimiledruck (1925); Stendal.

FELCKE, A. F. L. (1891–1892): Chronik der Stadt Arendsee in der Altmark; Gardelegen.

ANONYM (1838): 12 Tiefenmessungen vom 20.11.1838 vom Eis des Arendsees. In: FELCKE, A. F. L. (1892) 15, Fig. 2.

GABRIEL, G./RAPPSILBER, I. (1999): Der Salzstock Arendsee bei Salzwedel – Ein gravimetrischer Beitrag zur Klärung geologischer Fragestellungen. – Mitt. Geologie Sachsen-Anhalt, 5, 5–17; Halle.

GUNDLING, I. P. v. (1724): Brandenburgischer Atlas oder Geographische Beschreibung der Chur Marck Brandenburg. – Potsdam.

HALBFASS, W. (1896): Der Arendsee in der Altmark. – Petermanns Geographische Mitteilungen, 42: 173–187; Gotha.

HARTMANN, B. (1999): Ergebnisbericht Geophysikalische Messungen „Seismik Arendsee“. – Geophysik Gesellschaft für Geowissenschaftliche Dienste m. b. H. Leipzig, unveröffentlicht.

MEUSSLING, O. (1955): Lotungen (vom Eis) im März 1955. – Falö Offizin.

MEUSSLING, O. (1991): Tiefenmessungen im Arendsee am 29.09.1990. – Falö Offizin.

PUTSCHER, S. (1981): Anhang zur Forschungsleistung A 4/2 des Themas „Analyse der Subrosions- und Senkungserscheinungen“. Untersuchungen zur Klärung der geodynamisch-hydrochemischen Situation im Bereich des Salzstockes Arendsee. – ZGI Berlin, unveröffentlicht.

RIHM, R. (1999): Side Scan Sonar und Bathymetrie auf dem Arendsee. – GeoPro GmbH Hamburg. In HARTMANN, B. (1999).

RITTER, A. (1744): Historisch-Physikalisches Send-Schreiben von dem in der Marck-Brandenburg gelegenen merck- und wundernswürdigen Arend-See. – Sondershausen.

RÖHRIG, R./SCHARF, B. (2002): Paläolimnologische Untersuchungen zur Entwicklung des Arendsees (Sachsen-Anhalt). – Greifswalder Geographische Arbeiten, 26: 123–126; Greifswald.

SCHÄFERMEYER, D. (1993): Tiefenkarte des Arendsee. – Ingenieurbüro für Hydrographie und Geodäsie, unveröffentlicht.

SILBERSCHLAG, G. CH. (1788): Nachrichten von dem See bey Arendsee in der Altmark – Beobachtungen und Entdeckungen aus der Naturkunde. – Gesellschaft Naturforschender Freunde 8: 225–235; Berlin (Maurer).

STAPPENBECK, R. (1932): Über einen unbekanntes Salzstock in der Altmark. – Zeitschrift für praktische Geologie, 40, H. 9, 141; Halle.

STEINHART, H. C. (1802): Über die Altmark: Ein Beitrag zur Kunde der Mark Brandenburg. – Stendal.

WALTER, A. L. (1685): Handschriftlicher Bericht an die Kurfürstliche Amtskammer zu Cölln a. d. Spree über den Erdfall vom 25.11.1685 (Ber.-datum 03.12.1685). In: FELCKE, A. F. L. (1892) 8–12.