

Winterliche Grundwasserdynamik und deren Beeinflussung durch die Ufervegetation am Beispiel des Erlenbruchwaldes am Großen Heiligen Meer, Kr. Steinfurt

Jürgen Pust, Bernd Hagemann und Richard Pott, Hannover*

1. Einleitung

Standortfaktoren wie Lichtversorgung, Temperatur, aber auch Nährstoff- und Basengehalt von Böden, nehmen direkten Einfluß auf die Ausbildung der Vegetation. Nährstoffeinträge von außen über die Luft, über Oberflächengewässer und über das Grundwasser bewirken daher Veränderungen der Vegetation nährstoffarmer Standorte, besonders in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft (ELLENBERG 1996, POTT et al. 1996). Seit längerer Zeit werden an den nährstoffarmen Standorten des Naturschutzgebietes Heiliges Meer Rückgänge oligotropher Arten und Zunahmen von eutraphen Arten beobachtet; betroffen sind besonders Standorte der nährstoffarmen Litoralzonen stehender Gewässer, z.B. das Westufer des Großen Heiligen Meeres, das Ostufer des Erdfallsees sowie die Kleingewässer Heideweiher und Heidekolke nahe am Erdfallsee. Das hat Folgen für die standorttypische Vegetation und für die Biodiversität unterschiedlicher Biotoptypen der oligo- und mesotrophen Gewässer, wie es auch von RUNGE (1991), KAPLAN (1993) und POTT (1996) beschrieben wird.

Zur Untersuchung von Eutrophierungsphänomenen der nährstoffarmen pleistozänen Sandlandschaften besteht seit März letzten Jahres ein interdisziplinäres Forschungsprojekt, das mit Mitteln der Volkswagen-Stiftung gefördert wird und das federführend vom Institut für Geobotanik der Universität Hannover in Kooperation mit dem Institut für Landschaftspflege und Naturschutz der Universität Hannover, dem Institut für Ökologie der Universität Osnabrück, dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Münster sowie dem Landschaftsverband Westfalen-Lippe bearbeitet wird. Dabei stehen Möglichkeiten einer gezielten Gegensteuerung zur Verminderung von Stoffeinträgen in das Naturschutzgebiet im Vordergrund der Arbeiten (näheres dazu s. POTT et al. 1996). Zur Untersuchung von klimatischen Einflüssen und zur Erfassung von luftbürtigen Stoffeinträgen wurden von der Nordrhein-Westfalen-Stiftung automatisch registrierende Klimameßstationen zur Verfügung gestellt.

Die seit 1991 vom Landschaftsverband Westfalen-Lippe durchgeführten Pilotuntersuchungen zu Schadstoff- und Nährstoffbelastungen innerhalb der Grundwasserlandschaft des NSG Heiliges Meer haben als Quellen des Stoffeintrages die unmittelbar an das Schutzgebiet angrenzenden Agrarflächen, vorzugsweise Mais- und Getreideäcker im Süden des Gebietes, erkennen lassen. Diese grundwasservermittelten allochthonen

*) Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft für Biologisch-ökologische Landesforschung (ABÖL, Münster), Nr. 120. Wir danken der Volkswagen-Stiftung (Hannover) für die finanzielle Unterstützung und für die Förderung des Forschungsprojektes.

Nährstoffe unterliegen im Grundwasser durch REDOX-Reaktionen einer sehr effizienten Umwandlung, die sogar zur Festlegung und teilweise vollständigen Eliminierung der Eutrophierungsparameter, von Phosphat und Nitratstickstoff, führen können. So wird Phosphat im sauerstoffreichen Grundwasser unter Freilandflächen, z.B. unter Heide an Fe^{3+} gebunden, Nitratstickstoff wird unter Feuchtwaldstrukturen, z.B. unter Erlen- und Birkenbrüchern, denitrifiziert. Die ersten Ergebnisse zeigen, wie zum einen die Vegetation von Standortparametern, insbesondere von der Trophie des Standortes abhängig ist, wie aber die Vegetation ihrerseits auch auf die Stoffströme großen Einfluß nehmen kann. Es ist daher möglich, mit gezielten Eingriffen in die Vegetation auf spezielle Trophieparameter wie N- und P-Angebot Einfluß zu nehmen. Das kann z.B. über die Stoffaufnahme der Pflanzen geschehen, aber auch über unterschiedliche Strukturen des Assimilations- und besonders des Wurzelraums, die die Milieubedingungen im Boden und im Grundwasser verändern. So können abhängig von der jeweiligen Vegetation Stoffumwandlungen und Stofftransport kleinräumig wechseln, wie es z.B. Denitrifizierungen innerhalb von Weidengebüschen und Wald bzw. Phosphatfestlegungen innerhalb von Heide zeigen. Die für das Gebiet typische kleinräumige Abfolge von Heide-, Weide- und Waldflächen hat zu einer sehr heterogenen Grundwasserlandschaft geführt, in der sauerstoffreiche Bezirke (Phosphatfestlegung) mit sauerstoffarmen Bereichen (Denitrifizierung) kleinräumig wechseln. Der Heterogenität innerhalb der Vegetation ist es zu verdanken, daß trotz stark erhöhter Nährstofffrachten im Grundwasser der Umgebung im NSG Heiliges Meer heute noch oligotrophe Standorte anzutreffen sind.

Über direkt beobachtbare Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Vegetation, die die Grundwasserdynamik betreffen und die normalerweise nur mit Hilfe umfangreicher Messungen verschiedenster physikochemischer Parameter feststellbar sind, soll hier am Beispiel des winterlichen Erlenbruchwaldes am Ostufer des Großen Heiligen Meeres berichtet werden.

2. Trophiebedingungen des Bruchwaldes

Im Rahmen regelmäßiger Gewässeruntersuchungen werden laufend die Wassertemperaturen, die pH-Werte und die elektrolytischen Leitfähigkeiten mit dem PH 196 und dem LF 196 von WTW an ausgewählten Gewässern bestimmt. Hierzu gehören das Große Heilige Meer, der Erdfallsee sowie verschiedene Litoralbereiche dieser Seen. Dazu kommen benachbarte Sicker- und Grundwasserbereiche aus einem Erlenbruchwald vom Typ des *Carici elongatae-Alnetum* am Ostufer des Großen Heiligen Meeres, aus einem Birkenbruch (*Betuletum pubescentis*) am Nordwestufer sowie von Schwingrasen vom Typ eines *Carici canescentis-Agrostietum caninae* am Westufer des Großen Heiligen Meeres. Diese Standorte unterscheiden sich trophisch, strukturell, bodentypologisch und pflanzensoziologisch deutlich voneinander.

Im NSG „Heiliges Meer“ lassen sich oligo- bis dystrophe Standorte mit einer Leitfähigkeit von meist unter $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ von den oligo- bis mesotrophen Standorten mit

130-200 $\mu\text{S/cm}$ und von meso- bis eutrophen Standorten mit 200-350 $\mu\text{S/cm}$ unterscheiden. Deutlich höhere Leitfähigkeiten von 500-3000 $\mu\text{S/cm}$, wie sie lokal im Erlenbruch am Südostrand des Großen Heiligen Meeres gemessen werden, besitzen allerdings keinen direkten Bezug zur Trophie, sondern geben das Ausmaß an Salzbelastungen wieder, die heute besonders in der Nähe der südlich angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen gravierende Ausmaße erreichen. Es sind hier vorwiegend Natrium-, Chlorid- und Sulfationen, die die hohen Leitfähigkeiten bedingen, und nicht etwa Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor, Hydrogencarbonat, Kalium, Calcium und Magnesium (Tab. 1). Die Salzfrachten werden ursächlich durch die das Gebiet entwässernde „Meerbecke“ hineingetragen und stammen deshalb weitgehend aus der Meerbecke selbst. Sie belasten im Bereich der Nutzflächen und des Erlenwaldes weiträumig das Grundwasser (vgl. auch PUST 1993).

Tab. 1: Beziehung der el. Leitfähigkeit zu den im Pelagial und Litoral des Großen Heiligen Meeres und der Meerbecke festgestellten Ionen (Werte aus Herbst 1996 und Frühjahr 1997). Die Konzentrationen der dominierenden Ionen sind fett und unterstrichen dargestellt.

Meßstelle	LF $\mu\text{S/cm}$	NO_3^-	PO_4^{3-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Cl^-	SO_4^{2-}
Pelagial mg/l (Boje Mitte) mval/l	280	0.2	0.012	<u>25.0</u>	3.5	<u>73.2</u>	1.7	16.3	36.2	29.5
		0.003	0.0004	<u>1.2</u>	0.3	<u>1.2</u>	0.05	0.7	1.0	0.6
Ufer Süd mg/l (im Erlenbruch) mval/l	1100	2.2	0.07	<u>153.0</u>	15.0	61.0	1.3	27.0	<u>114.2</u>	<u>240.7</u>
		0.035	0.002	<u>7.6</u>	1.2	1.0	0.03	1.2	<u>3.2</u>	<u>5.0</u>
Ufer Ost mg/l (im Erlenbruch) mval/l	675	0.8	0.13	<u>70.0</u>	5.0	<u>122.0</u>	1.4	20.8	<u>77.7</u>	<u>105.1</u>
		0.013	0.004	<u>3.5</u>	0.4	<u>2.0</u>	0.04	0.9	<u>2.2</u>	<u>2.2</u>
Ufer Nord mg/l (im Rörich) mval/l	254	0.6	0.09	<u>25.0</u>	3.6	<u>79.3</u>	1.6	16.4	34.8	3.8
		0.010	0.003	<u>1.2</u>	0.3	<u>1.3</u>	0.04	0.7	1.0	0.1
Ufer West mg/l (im Rörich) mval/l	198	0.4	0.008	<u>25.0</u>	3.4	<u>48.8</u>	1.8	<u>20.3</u>	22.7	24.8
		0.006	0.0003	<u>1.2</u>	0.3	<u>0.8</u>	0.05	<u>0.9</u>	0.6	0.5
Meerbecke mg/l (am Ufer Süd) mval/l	2500	15.8	0.02	141.1	32.7	30.5	8.7	<u>405.0</u>	<u>513.7</u>	<u>445.1</u>
		0.255	0.0006	7.0	2.7	0.5	0.22	<u>17.6</u>	<u>14.5</u>	<u>9.3</u>

3. Wirkungen der winterlichen Eisbedeckung

Während einer längeren Frostperiode im Winter 1996/97 froren die Gewässer im NSG „Heiliges Meer“ zu; auch die Wasserflächen im Schlenkenbereich der Bruchwälder

vereisten während dieser Zeit. Nach Schneefall konnte am 17.01.1997 beobachtet werden, daß sich auf einer ca. 35 cm starken Eisschicht des Großen Heiligen Meeres eine ca. 3 cm starke Schneelage gebildet hatte, die auch die westlichen Uferbereiche einschließlich des Birkenbruchs bedeckte. Die Schneebedeckung des im Südosten gelegenen Erlenbruchs war jedoch auffällig lückig; sie fehlte weitgehend im Schlenkenbereich und war großflächigen Eisschichten gewichen. Die Stubbenbereiche der Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) waren weitgehend schneebedeckt, während vom Fuße der Stubben Eisschichtungen ausgingen, die keine Schneebedeckung aufwiesen (Abb. 1). An der Stubbenbasis einiger Schwarzerlen waren die Schnee- und Eisschichten z.T. sogar schon von der Krautschicht durchbrochen (Abb. 2). Im Eis der Schlenken bis zum Ufer des Großen Heiligen Meeres war darüberhinaus eine deutliche Schichtung zu erkennen. Zwischen den z.T. nur wenige mm dicken Eisschichten war Wasser eingelagert, und die gesamte zusammengesetzte Eisschicht zeigte an einigen Stellen weniger als 5 cm Mächtigkeit. An wenigen Dünnstellen der Eisdecke kam es spontan zu Grundwasseraustritten. Das Grundwasser überflutete weite Bereiche der vereisten Schlenken, gefror an der Oberfläche und führte so zur Bildung einer neuen dünnen Eisschicht. Dies zeigt, daß das Wasser unterhalb der Eisschicht unter Druck stand und daß Öffnungen im Eis zum Druckausgleich führten.



Abb. 1: Erlenbruchwald am Ostufer des Großen Heiligen Meeres.

Die Stubben der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) sind deutlich schneebedeckt, während der Schlenkenbereich zwischen den Stubben eine weitgehend schneefreie Eisschicht aufweist, die ausgehend von den Stubben kaskadenartig gegliedert ist.



Abb. 2: Stubbenbereich der Schwarzerle mit Krautschicht und Schneebedeckung. An der Stammbasis, im eisfreien Bereich, findet sich *Dryopteris carthusiana*, an den Randzonen der Stubben und z.T. die Schneelage durchbrechend, wächst *Iris pseudacorus*.



Abb. 3: Eisbildungen im Erlenbruchwald am Ostufer des Großen Heiligen Meeres. Von den Stubben der Schwarzerle gehen mit Grundwasser gefüllte Röhren innerhalb der Eisschicht aus, die zahlreiche Furkationen aufweisen und in Richtung der Vorflut (Großes Heiliges Meer) ziehen.

Am Fuße der Schwarzerlenstubben ließen sich ebenfalls spontane Wasseraustritte sowie von dort ausgehende sich zum Ufer des Großen Heiligen Meeres horizontal verzweigende Röhren im Eis beobachten, die wassergefüllt waren und die unter Druck standen (Abb. 3 u. 4). Trotz niedriger Außentemperaturen von ca. -5°C besaß das nach Öffnen aus den Eiströhren ausströmende Wasser und das der Erlenstubben eine Temperatur von bis zu $+6^{\circ}\text{C}$; die el. Leitfähigkeit lag zwischen 500 und über 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Es konnte sich nur um Wasser aus größerer Tiefe handeln, da sämtliches Sickerwasser gefroren war. Auch Wasser des Großen Heiligen Meeres schied aus, da nach längerer Frostperiode und Winterstagnation das Wasser des Sees eine maximale Temperatur von 4°C aufwies. Eisnockerablagerungen innerhalb der Eiströhren und durch Eisnocker rötlich gefärbte Eisschichten an Stellen, wo von der Meerbecke her stark eisenhaltiges Grundwasser ansteht, verdeutlichen, daß hier aus der Stubbenbasis der Schwarzerle reduziertes eisenhaltiges Grundwasser aufsteigt und an der Ober-



Abb. 4: Durch Auftauprozesse teilweise freigelegte Grundwasserröhre im Eis des Erlenbruchwaldes am Ostufer des Großen Heiligen Meeres.

Die Grundwasserröhre geht von einem Schwarzerlenstubben aus, wo Grundwasser aus der Tiefe aufsteigt und an die Erdoberfläche gelangt. Hier überflutet das Grundwasser weite Bereiche der aus vielen Schichten zusammengesetzten Eisschicht innerhalb der Schlenken und fließt entsprechend dem Gefälle in Richtung Großes Heiliges Meer ab. Das relativ warme Grundwasser löst die Oberfläche des Eises an, und es kommt zur Vertiefung und zur Kanalisierung des Gerinnes innerhalb der Eisschicht. Durch Überfrigerungen kommt es zur Bildung einer neuen oberen Eisschicht im Schlenkenbereich und zur Überdeckung des Gerinnes, das nun innerhalb einer Röhre in der Eisschicht abfließt. Im Anschnitt der Eiströhre sind die einzelnen Primärschichten der zusammengesetzten Eisschicht gut zu erkennen.

fläche einen Druckausgleich erfährt (Abb. 5). Während des Abfließvorgangs kommt es durch Anschmelzen des Eisuntergrundes zur Rinnenbildung mit Furkationen, aus denen bei längerer Frosteinwirkung und Überfrierung die zu beobachtenden Eisröhren entstehen. Beim Kontakt dieses eisenreichen Grundwassers mit dem Sauerstoff der Atmosphäre kommt es zur Ausfällung von Eisenerde und zu roten Eisverfärbungen. Der Gefrierprozeß führt zu einer Umverteilung der Ionen zwischen Eis und Flüssigphase, weshalb nach dem Öffnen der Eisröhren zunächst sehr hohe elektrische Leitfähigkeiten bis über $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$, nach einer Abflußzeit von wenigen Minuten jedoch,



Abb. 5: Durch Eisenerde verfärbte Eiskaskaden, die von den Stubben der Schwarzerlen ausgehen.

Das eisenreiche Grundwasser tritt bevorzugt im Stubbenbereich der Schwarzerle aus und bildet rotgefärbte Eiskaskaden, die die eisenarme, weiße Schneelage (Bildvordergrund) überdecken. Die rote Färbung im Eis kommt durch Oxidation des im Grundwasser gelösten 2-wertigen Eisens zu Eisenerde bei Kontakt mit dem Luftsauerstoff zustande.

bei nachströmendem Grundwasser, deutlich niedrigere Werte gemessen wurden. Auch während der warmen Jahreszeit sind hier im Schlenkenbereich stets mächtige Eisenerablagerungen zu beobachten. Die el. Leitfähigkeit der Bodenlösungen erreicht hier durch Akkumulation Werte von bis zu 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durch erhöhte Schwermetall- und Sulfatgehalte.

Eiskaskaden und Eisröhren mit einer weißen Färbung konnten außerhalb der von der Meerbecke beeinflussten Grundwasserzone ebenfalls im Bereich der Schwarzerlenstubben beobachtet werden. Auch hier trat gespanntes Grundwasser unter Druck aus. Dieses Grundwasser enthält weniger Eisen und Sulfat (Abb. 6). Die el. Leitfähigkeit der Bodenlösungen liegt dort auch während der warmen Jahreszeit meist unter 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Abb. 6: Grundwasseröhre im eisenarmen Grundwasserbereich. Im Bereich von eisenarmem Grundwasser kommt es ebenfalls zu Grundwasseraustritten im Stubbenbereich der Schwarzerle (Bildvordergrund). Hier fehlen jedoch die roten Eisverfärbungen; die Eisschichten sehen hier weiß aus.

4. Diskussion

Die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) vermag mit ihrem mehrere Meter in die Tiefe reichenden Vertikalwurzelwerk die flacheren Bruchwaldtorfschichten zu durchwachsen und in das Grundwasser des sandigen Aquifers vorzudringen; die Sauerstoffversorgung der im weitgehend anaeroben Grundwasser befindlichen Wurzeln erfolgt dabei über Lenticellen (KÖSTLER et. al. 1968). Auch die Reste des Wurzelwerkes bereits abgestorbener Erlen können dem gespannten Grundwasser eine erleichterte Vertikalpassage zur Erdoberfläche gegenüber dem weitgehend stark zersetzten und undurchlässigeren Bruchwaldtorf gestatten. Die Schwarzerle ist mit ihrem tiefreichenden Wurzelwerk in der Lage, die für sie günstigen Standortbedingungen des bewegten Grundwassers (vgl. ELLENBERG 1996) und den damit verbundenen Basennachschub zu stabilisieren, wie das Beispiel im NSG Heiliges Meer deutlich zeigt.

Die Moorbirke (*Betula pubescens*) vermag ihre Wurzeln nicht in der Weise wie die Schwarzerle mit Sauerstoff zu versorgen; sie besitzt im Birkenbruch daher flache, tellerförmige Wurzelwerke, die ihr Wachstum in die Tiefe nach Erreichen der sauerstofffreien Zone einstellen (KÖSTLER et. al. 1968). Sie ist an basenreichen Standorten der Erle konkurrenzmäßig unterlegen, vermag sich aber auf basenarmen Standorten durchzusetzen (ELLENBERG 1996). Grundwasseraustritte im *Betuletum pubescentis* am Westufer des Großen Heiligen Meeres konnten während der Frostperiode im Winter 1996/97 nicht beobachtet werden. Der Boden war hier bis in den Sandkörper durchgefroren. Auch wenn es in der warmen Jahreszeit hier zu Grundwasseraustritten kommen sollte, ist an diesem Standort nicht mit einer guten Basenversorgung durch das Grundwasser zu rechnen, da im Westen des Großen Heiligen Meeres von der Westheide stammendes, schwach saures oligotrophes Grundwasser ansteht, dessen Leitfähigkeit unter $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ liegt (PUST 1993, POTT et. al. 1996). Das Beispiel verdeutlicht aber auch, daß es die Moorbirke mit ihren Tellerwurzeln vermeidet, den Grundwasserzustrom über das Wurzelwerk unnötig zu erhöhen und die für sie günstigen Standortbedingungen zu destabilisieren.

Die Trophie-Differenzierungen, die die Ufervegetation am Großen Heiligen Meer widerspiegelt, besitzen mit einem *Betuletum pubescentis* am Westufer und einem *Carici elongatae-Alnetum iridetosum* am Ostufer eine beachtliche Dimension. Besonders erstaunlich ist, daß die Torfmächtigkeit im Birkenbruch nur sehr gering ist. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß diesen Standortdifferenzierungen nicht eine natürliche Sukzession zugrunde liegt, sondern daß sich hier historische Landnutzungen durch den Menschen heute noch bemerkbar machen. Jahrhunderte andauernde Heidewirtschaft haben die Landschafts- und Vegetationsstruktur des Schutzgebietes und auch seine Grundwasserlandschaft nachhaltig geprägt (POTT et al. 1996). Bis in das letzte Jahrhundert waren die Ufer des Großen Heiligen Meeres abgeholzt (SCHWARZ 1900), weshalb über längere Auswaschungsphasen Böden und Grundwasser nährstoffarm wurden.

Durch die Strömungsrichtung des Grundwassers von Südwest nach Nordost, die bereits LOTZE (1956) beschreibt, war somit eine ungleichförmige Nährstoffversorgung der Ufervegetation am Großen Heiligen Meer gegeben, wie sie in Teilen auch heute noch feststellbar ist - mit nährstoffarmem Grundwasser am Westufer und mit Seewasser gemischtem und daher nährstoffreicherem Grundwasser im Schatten des Sees am Nordostufer. Der Nährstoffgehalt im Wasser des Großen Heiligen Meeres ist einerseits durch Nährstoffakkumulation in Folge einer langdauernden Verlandungssukzession erhöht, andererseits aber auch durch Stoffeinträge durch die Meerbecke, die bis Ende der 60er Jahre direkt in das Große Heilige Meer mündete (vgl. PUST 1993). Das oberflächennahe Grundwasser besitzt noch heute im Nordosten lokal eine leicht erhöhte Leitfähigkeit von 380 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aber einen geringen Eisengehalt durch Zustrom von eisenarmem, meso- bis eutrophen Oberflächenwasser des Großen Heiligen Meeres. So ist es zu verstehen, daß im Zuge einer spontanen Wiederbewaldung zu Beginn dieses Jahrhunderts diese Nährstoffdifferenzierungen der Standorte in der Ufervegetation und in der verschiedenen Grundwasserdynamik zum Ausdruck kommen.

Die moderne Landwirtschaft mit ihren großflächigen Mais- und Getreideäckern, aber auch Abwässer aus der Industrie, haben heute diese Grundsituation weiter modifiziert: Drainagen im Norden des Großen Heiligen Meeres verstärken die Vorfluterfunktion der Senkungszone, in der das Große Heilige Meer liegt. Erhöhte Auswaschungen von Gülle und Düngemitteln auf den Äckern führen in Verbindung mit erhöhten Grundwasserneubildungsraten im Bereich dieser Agrarflächen auch zu erhöhten Nährstoffgehalten im Grundwasser, das verstärkt von Süden und Südosten her in das Gebiet eindringt. Die Meerbecke dient heute als Vorfluter für Industrieabwässer und besitzt zeitweise eine Leitfähigkeit von über 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Besonders im Bereich der Meerbecke werden daher die Nährstofffrachten des Grundwassers durch Schwermetalle und Salze begleitet, die heute bereits über den Erlenbruchwald in das Große Heilige Meer gelangen. Erhöhte Stickstoffdepositionen über den Luftpfad erhöhen großflächig sowohl das Angebot von Nitrat- als auch von Ammoniumstickstoff, weshalb oftmals nicht das Stickstoffangebot, sondern die Menge an Phosphat, Alkali- und Erdalkalitionen wachstumslimitierend wirken. Dies gilt besonders für die dystrophen Standorte des Gebietes (POTT et al. 1996). Die Heideflächen im Westen des Großen Heiligen Meeres bilden heute mit ihrer erhöhten Grundwasserneubildungsrate eine flächenmäßig begrenzte Insel mit phosphat- und basenarmem Grundwasser, die die Nährstoffsituation der Vegetation am West- und Nordwestufer stabilisiert, während das durch Industrie und Landwirtschaft belastete, basenreiche Grundwasser im Osten des Großen Heiligen Meeres die Eutrophierung forciert und zu polaren Strukturen innerhalb der Ufervegetation führt - mit einem *Betuletum pubescentis* am Westufer und einem *Carici elongatae-Alnetum* am Ostufer. Auch die unterschiedliche floristische Differenzierung des Naturschutzgebietes mit seltenen oligotraphenten Pflanzenarten findet in diesen grundlegenden, aber kleinräumig differenzierten Trophieunterschieden ihre Erklärung (vgl. u.a. LÜBBEN 1973).

Literatur

- DÖRING, U. (1987): Zur Feinstruktur amphibischer Erlenbruchwälder. *Tuexenia* **7**: 347-366, Göttingen. - DÖRING-MEDERAKE, U. (1991): Feuchtwälder im Norddeutschen Tiefland; Gliederung - Ökologie - Schutz.- *Scripta Geobotanica* **19**: 122, Göttingen. - ELLENBERG, H. (1996): *Vegetation Mitteleuropas und der Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. 5. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart, 1096 S. - KAPLAN, K. (1993): Heidewiehergefährdung durch Immissionen. Zur Situation der nährstoffarmen Stillgewässer und ihre Pflanzenarten. *LÖLF-Mitteilungen Nordrhein-Westfalen* **1/93**: 10-17, Recklinghausen. - KÖSTLER, J. N., E. BRÜCKNER & H. BIBELRIETHER (1968): *Die Wurzeln der Waldbäume - Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa*. Parey Verlag Hamburg und Berlin, 284 S. - LOTZE, F. (1956): *Zur Geologie der Senkungszone des Heiligen Meeres (Kreis Tecklenburg)*. Abh. Landesmus. Naturkunde **18**(1): 1-36, Münster. - LÜBBEN, U. (1973): Zur Verbreitung der Wasserlobelie (*Lobelia dortmanna* L.) in der Bundesrepublik Deutschland. *Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem.* **15/16**: 28-40, Göttingen. - POTT, R. (1983): Die Vegetationsabfolgen unterschiedlicher Gewässertypen Nordwestdeutschlands und ihre Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Wassers. *Phytocoenologia* **11**(3): 407-430. - POTT, R. (1995): *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands*. 2. Aufl., Ulmer Verlag Stuttgart, 622 S. - POTT, R. (1996): *Biotoptypen - schützenswerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen*. Ulmer Verlag Stuttgart, 448 S. - POTT, R., J. PUST & K. HOFMANN (1996): Trophiedifferenzierungen von Stillgewässern im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ und deren Auswirkungen auf die Vegetation - erste Ergebnisse. *Abh. Westf. Mus. Naturkunde Münster* **58**(2): 1-60. - PUST, J. (1993): Erste Ergebnisse zur Untersuchung der Grundwasserhältnisse im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt). *Abh. Westf. Mus. Naturkunde Münster* **55**(2): 1-80. - RUNGE, F. (1991): Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“ und ihre Änderungen in den letzten 90 Jahren. *Beiheft z. Natur und Heimat* **51**: 89 S., Münster. - SCHWAR, A. (1900): *Das Heilige Meer bei Hopsten*. Jber. Prov.-Ver. Wiss. Kunst **28**: 74-75, Münster. - WEBER, H.E. (1995): *Flora von Südwest-Niedersachsen und dem benachbarten Westfalen*. H. Th. Wenner, 770 S., Osnabrück. - WITTIG, R. & R. POTT (1981): Versuch einer Roten Liste der gefährdeten höheren Wasserpflanzen der Westfälischen Bucht auf der Basis von Rasterkartierungen. *Natur- und Landschaftskunde i. Westf.* **17**(2): 35-40, Hamm.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. Richard Pott, Dr. Jürgen Pust, Dipl. Biol. Bernd Hagemann, Institut für Geobotanik, Nienburger Str. 17, D- 30167 Hannover