

IM SENFTENBERGER SEE VERMISCHT SICH SAURES, CARBONAT- UND NÄHRSTOFFARMES WASSER MIT NEUTRALEM, CARBONAT- UND NÄHRSTOFFREICHEM WASSER AUS DER SCHWARZEN ELSTER. DIESE MISCHUNG FÜHRT ZU EINER EINZIGARTIGEN ZUSAMMENSETZUNG DER MAKROPHYTENVEGETATION.

KLAUS VAN DE WEYER, JÜRGEN NEUMANN, WERNER PIETSCH, JENS PÄZOLT, PATRICK TIGGES

## Die Makrophyten des Senftenberger Sees

Schlagwörter: Tagebauseen, Makrophyten, *Juncus bulbosus*, *Littorella uniflora*, *Potamogeton nodosus*, Characeae, *Chara braunii*, Wasserrahmenrichtlinie

### Zusammenfassung

Die aquatischen Makrophyten im Tagebausee Senftenberger See wurden im August 2007 durch Tauchgänge an 11 Transekten untersucht. An ausgewählten Standorten wurde die physikalisch-chemische Beschaffenheit der Wasserkörper und Gewässersedimente erfasst. Aufgrund der speziellen physikalisch-chemischen Bedingungen kommen im Senftenberger See sowohl Hart- wie auch Weichwasser-Makrophyten vor. Deren Bestandsentwicklung von 1968-2007 wird beschrieben. Bei der Mehrzahl der Makrophytenarten im Senftenberger See handelt es sich um Arten der Roten Liste höherer Gefährdungskategorien. Der See befindet sich aus Sicht der EG-Wasser-Rahmen-Richtlinie in einem guten Zustand.

### 1 Einleitung

Die Faktoren, die die Zusammensetzung der Makrophytenvegetation in Seen bestimmen, sind hinlänglich bekannt. Abgesehen von biogeografischen Gegebenheiten sind hier Uferneigung, Substrat, Salinität, Härte/Kalkgehalt, pH-Wert, Trophie und Wasserstandsschwankungen zu nennen (BLOEMENDAHL & ROELOFS 1988, BLÜMEL et al. 2002, GESSNER 1955, MELZER 1994, 1997, PÄZOLT 2007, PIETSCH 1972, POTT & REMY 2000, STELZER 2003, VAN DE WEYER 2006, 2007a, WIEGLEB 1978). Steile Ufer sind von Natur aus wegen der extremen Neigung, oft in Kombination mit groben Substraten, frei von Makrophyten. Dies ist gleichermaßen in den eiszeitlichen Seen der Alpen und Vor-alpen sowie des Norddeutschen Tieflandes zu beobachten. Küsten- und Strandseen weisen aufgrund des Salzeinflusses eine spezifische Zusammensetzung der Makrophytenvegetation mit obligaten (*Ruppia* spp., *Zannichellia palustris* spp. *pedicillata*, *Chara baltica*, *C. canescens*, *Zostera* spp.) und fakultativen halophilen Sippen (z.B. *Potamogeton pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*) auf. In Süßwasser lassen sich deutliche Unterschiede der Makrophytenvegetation in Abhängigkeit von der Härte bzw. dem Hydrogenkarbonatgehalt des Wassers feststellen. So lassen sich Weichwasserarten wie *Potamogeton polygonifolius* und *Nitella translucens* von Hartwasserarten wie *Potamogeton coloratus*, *P. nodosus* und *Chara hispida* unterscheiden.

Insbesondere in weichen, karbonatarmen Gewässern wirkt der pH-Wert als weiterer differenzierender Faktor. So finden sich z.B. in sauren Seen Arten wie *Juncus bulbosus*, *Sphagnum* spp. bzw. *Utricularia minor*. Unterschiede sind hierbei zwischen natürlichen Seen und Tagebauseen zu beobachten (PIETSCH 1973, 1995). Weiterhin ist die Trophie von großer Bedeutung. In karbonatreichen bayerischen Seen finden sich z.B. *Potamogeton coloratus* und *Chara hispida* in nährstoffarmen bzw. gering belasteten Abschnitten, während z.B. *Potamogeton nodosus* und *P. friesii* sehr stark belastete Bereiche charakterisieren (MELZER 1994). Weiterhin lassen sich Unterschiede in Abhängigkeit von der Anbindung an Fließgewässer registrieren (VAN DE WEYER 2006). Im Rahmen des EG-WRRL-Monitorings wurden im Jahr 2007 neben der chemisch-physikalischen Wasserbeschaffenheit, dem Plankton, dem Makrozoobenthos und benthischen Kieselalgen auch die aquatischen Makrophyten des Senftenberger Sees im Auftrag des Ministeriums für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MLUV) untersucht. Bei der Untersuchung der aquatischen

Makrophyten wurden Artenzusammensetzungen von Weich- und Hartwasserarten sowie von oligo- und eutraphenten Arten beobachtet, die nachfolgend dargestellt werden. Da zudem ältere Aufzeichnungen von PIETSCH (1990a, 1998) vorliegen, kann auch auf die Entwicklung der Makrophyten im Senftenberger See seit dem Jahr 1968 eingegangen werden.

### 2 Untersuchungsgebiet

Der etwa 1.475 ha große Senftenberger See besitzt eine Fläche von 9 km<sup>2</sup> und ist eine der jüngsten Bildungen in der Niederlausitz. Er liegt im Lausitzer Urstromtal und entstand aus dem Restloch des Tagebaues Niemtsch (NIXDORF 2000), das nach 26 Jahren Bergbautätigkeit zur Gewinnung der hier aufgeschlossenen miozänen Braunkohle am 15. November 1967 mit dem Oberflächenwasser der Schwarzen Elster geflutet wurde. Vor Beginn des Tagebauaufschlusses war das Gebiet teils Flussaue der Schwarzen Elster, teils grundwassernahe und sumpfige Niederung, durch Heideseen und Fischteiche mit pleistozänen Gewässersubstraten



Abb. 1

Der Senftenberger See mit Lage der Transekte (Quelle: Google Earth)

charakterisiert. Strandlingsrasen und Nadelbinsenfluren bestimmten zusammen mit Arten des atlantischen Florenelementes (*Deschampsia setacea*, *Eleocharis multicaulis*, *Juncus bulbosus* und *Potamogeton polygonifolius*) eine für die Lausitzer Niederung typische Vegetation.

Die im Südostteil des ehemaligen Tagebaues aufgekipperten Abraummassen an pleistozänen und tertiären Deckschichten der Kohle bilden 2 bis 21 m über dem heutigen Seespiegel herausragende, nur durch eine schmale Landbrücke im Süden verbundene Inselkerne mit teils steilen, teils strandartigen, flachauslaufenden Ufern. Das NW-Ufer des östlichen Inselteiles zeichnet sich infolge Reliefbildung bei der Abraumschüttung durch Förderkippenbetrieb durch den starken Wechsel zahlreicher schmaler bis zu 1 km langer Riegel und Wasserrinnen aus (PIETSCH 1990a, 1998). Es herrschen Kipp-sande pleistozänen und tertiären Ursprungs vor, die im Wechsel sowohl flächig als auch schichtweise von Kippkohlesanden und Kohleletten durchsetzt sind. Lediglich am Ostufer des westlichen Inselkernes lagern kleinflächig von Mergelbrocken durchsetzte Kipplehme vor.

Die Flutung des Senftenberger Sees begann Ende 1967 und war 1972 im wesentlichen abgeschlossen. Durch das einströmende saure Grundwasser war der pH-Wert des gesamten Seewassers zunächst sehr niedrig. Die bis heute bestehende Durchleitung von Wasser der Schwarzen Elster hat zu einer Neutralisierung des Nordbeckens geführt und hält diese stabil, während der pH-Wert des davon abgekoppelten südlichen Teilbeckens durch weiterhin zuströmendes saures Grundwasser bis heute niedrig geblieben ist. Die beiden Teilbecken weisen somit eine sehr unterschiedliche Wasserbeschaffenheit auf. Auf Grund des unterschiedlichen Chemismus in den Seeteilen konnten sich bislang noch keinen stabilen ökologischen Verhältnisse für das Gesamtsystem einstellen.

In Abhängigkeit von Vermischung und Ausmaß des Grundwasserzustroms sind Übergangsbereiche ausgeprägt, die sich in ihrer stärksten Form auch optisch durch unterschiedliche Wasser- und Sedimentfärbung sowie Trübung ausmachen lassen. Diese Erscheinungen entstehen bei Vermischung von saurem Grund- und Oberflächenwasser mit Seewasser mit stark abweichendem pH-Regime. Daraus resultieren auch sehr unterschiedliche Lebensbedingungen für Flora und Fauna des Gewässers. Speziell der benthischen Lebensgemeinschaft bieten sich in einigen Bereichen auf relativ kleinem Raum sehr variierende Verhältnisse.

### 3 Methoden

#### 3.1 Chemisch-physikalische Untersuchungen

Die chemisch-physikalischen Parameter wurden nach genormten Vorschriften (Tabelle 1) von der IDUS Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH und vom Analytischen

**Tabelle 1: Übersicht auf die untersuchten physikalischen-chemischen Parameter und die Untersuchungsmethoden**

Parameter	Vorschrift / Gerät
Probenvorbereitung / Filtration	Membranfilter 0,45 µm
Temperatur (Wasser)	Tiefensonde
Sauerstoffkonzentration und -sättigung	DIN EN 25814 – G 22/23 / Tiefensonde
Sichttiefe	EN ISO 7027 – C 2 / Secchi-Scheibe
pH-Wert	DIN 38404 – C 5 / Tiefensonde
spezif. Leitfähigkeit (25°C)	EN ISO 27888 – C 8 / Tiefensonde
Redoxspannung	DIN 38404 – C 6 / Tiefensonde
abfiltr. Stoffe	DIN 38409 - H 2
Chlorid, Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 D 19
Gesamthärte	Summe (Ca+Mg), Berechnung
Orthophosphat (SRP)	DIN EN ISO 6878 D11
Gesamtphosphor (TP)	DIN EN ISO 11885
Ammonium-N	DIN 38406 E5-1
Nitrit-N	DIN EN ISO 26777
Nitrat-N	DIN EN ISO 10304-1 D19
TN	DIN 38409 H27
Säure-/Basekapazität KS/KB4,3/8,2	DIN 38409 – H 7
Chlorophyll a /Phaeophytin	DIN 38412 – L 16
TIC, TOC, DOC	DIN EN 1484 – H 3
Calcium, Eisen (gesamt), Eisen (gelöst), Magnesium, SiO <sub>2</sub> -Si	DIN EN ISO 11885-E 22
Aluminium, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Mangan, Nickel, Kupfer, Zink	DIN EN ISO 11885-E 22

Labor der SGL mbH analysiert.

An den tiefsten Stellen des Nord- und Südbeckens wurden von Anfang Mai bis September 2007 an acht Terminen Analysen von Mischproben der euphotischen Zone vorgenommen. Im September fanden zusätzliche chemisch-physikalische Untersuchungen an den Transekten der biologischen Untersuchungen im Uferbereich bei ca. 0,3-0,4 m Wassertiefe statt.

#### 3.2 Makrophyten

Die Bestandsaufnahme der Makrophyten erfolgte gemäß den Vorgaben des Landesumweltamtes Brandenburg (LUA) durch Tauchuntersuchungen (PÄZOLT 2007). Tauchuntersuchungen führen in der Regel zu höheren Artenzahlen in Seen und Fließgewässern (VAN DE WEYER 2007b). Im August 2007 wurden 11 Transekte untersucht (s. Abb. 1). Die Erfassung der Makrophyten erfolgte getrennt für jede Vegetationszone. Hierfür wurde die Tiefenausbreitung und Länge ermittelt. Innerhalb jeder Vegetationszone erfolgte eine halbquantitative Erfassung aller Makrophyten anhand der Skala von LONDO (1974). Die Untersuchung erfolgte bis zur unteren Vegetationsgrenze, die als Grenze des homogenen Bewuchses definiert ist. Nachfolgend werden nur die aquatischen Bereiche dargestellt. Außerdem wurden weitere, außerhalb der Transekte vorkommende Arten notiert.

Die Bestimmung erfolgte nach CASPER & KRAUSCH (1980/1981), KRAUSE (1997) und VAN DE WEYER & SCHMIDT (2007). Die Nomenklatur der Makrophyten folgt bei

den Farn- und Blütenpflanzen WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998), bei den Armleuchteralgen BLUMEL & RAABE (2004) und bei den Moosen KOPERSKI et al. (2000). Sterile Individuen von *Nitella* konnten nicht bis zur Art bestimmt werden. In allen Fällen handelt es sich um das Artenpaar *N. flexilis*-*N. opaca*. *Elatine hexandra* konnte sicher bestimmt werden. Da nicht alle *Elatine*-Individuen Blüten bzw. Früchte aufwiesen, sind weitere *Elatine*-Arten nicht auszuschließen.



Abb. 2

Die Untersuchungen erfolgen durch Taucher

Foto: P. Tigges

## 4 Ergebnisse chemisch-physikalischer Untersuchungen

Das mit einer maximalen Tiefe von rund 24 Metern nur mäßig tiefe Nordbecken des Senftenberger Sees wies im Zeitraum von Anfang Mai bis Mitte August 2007 eine meist nur unscharfe thermische Schichtung auf. Dies beruht auf der Morphologie des Gewässers mit größter Erstreckung fast genau in West-Ost Richtung, entsprechend der vorherrschenden Windrichtung. Dieser Seeteil war im Bereich der tiefsten Stelle mit pH-Werten von 7,1 bis 7,8 neutral bis schwach alkalisch, was auf den Einfluss des Wassers aus der Schwarzen Elster zurückzuführen ist. Er wies ein nur gering gepuffertes, mittelhartes Wasser auf. Die Karbonathärte betrug zwischen 0,45 und 0,60 mmol/l. Der Gehalt an anorganischen Kohlenstoff TIC lag im Mittel bei 5,9 mg/l. Gesamteisen lag in Konzentrationen zwischen 0,2 und 1,0 mg/l vor. Die Leitfähigkeit bewegte sich zwischen 630 und 650 µS/cm. Auch während der Stagnationsphase trat selbst in Grundnähe kein größeres Sauerstoffdefizit auf. Die Sichttiefe bewegte sich zwischen 2,7 und 4,5 m. Der Nitratgehalt war mit 0,8 bis 1,3 mg/l N relativ gering. Die Ammoniumkonzentration lag mit Werten von <0,03 bis 0,08 mg/l N im Gegensatz zum sauren Südbecken deutlich unter dem Nitratgehalt. Die SRP-Gehalte waren überwiegend gering und bewegten sich zwischen <0,002 und 0,006 mg/l P. Die TP-Konzentration erreichte Werte von <0,01

mg/l P bis 0,07 mg/l P. Der Gehalt an Chlorophyll a war recht gering und lag zwischen 1,0 und 2,2 µg/l. Die Siliziumkonzentration erreichte Werte von 0,9 bis 1,5 mg/l. Das deutlich kleinere Südbecken des Senftenberger Sees weist eine maximale Tiefe von rund 17 Metern auf. Es war wegen seiner kompakteren Form und der geringeren Windangriffsfläche im Untersuchungszeitraum von Anfang Mai bis September 2007 geschichtet. Dieser Seeteil hat mit pH-Werten nur wenig über 3 einen stark sauren Charakter. Das Wasser war mittelhart und wies eine deutliche Azidität auf. Die Karbonathärte betrug < 0,01 mmol/l. Aus diesem Grund blieb der TIC im Mittel unter 0,3 mg/l. Gesamteisen lag infolge des niedrigen pH-Wertes in Konzentrationen zwischen 2,5 und 4,9 mg/l vor. Die Leitfähigkeit schwankte von 790 bis 850 µS/cm und war damit deutlich höher als im Nordbecken. Der  $K_{B4,3}$  betrug immerhin 0,6 – 1,0 mmol/l. Lediglich in Grundnähe kam es während der Stagnationsphase zu einem Sauerstoffdefizit. Die Sichttiefe war in der Regel mit Werten zwischen 6,6 und 13,0 m hoch. Lediglich bei der Untersuchung Ende Mai war das Wasser mit einer Sichttiefe von lediglich 2,5 m stärker getrübt. Die euphotische Zone erstreckte sich somit meist bis zum Grund. Der Nitratgehalt war mit 0,33 bis 0,40 mg/l N gering. Die Ammoniumkonzentration lag mit Werten von 0,26 bis 1,0 mg/l N meist deutlich über dem Nitratgehalt. Dies ist für saure Gewässer nicht ungewöhnlich, da hier die Nitrifikation gehemmt ist. Die SRP-Gehalte lagen überwiegend unter der Bestimmungs-

grenze von <0,002 mg/l P. Maximal wurden Anfang Mai 0,005 mg/l SRP gemessen. Die TP-Konzentration bewegte sich zwischen <0,01 mg/l P und 0,05 mg/l P. Die Konzentration an Chlorophyll a war mit Werten zwischen <0,2 und 1,6 µg/l im gesamten Untersuchungszeitraum gering. Die Siliziumkonzentration erreichte mit 6,6 bis 7,6 mg/l recht hohe Werte.

Nachfolgend werden vier charakteristische Transekte beschrieben.

**Transekt 1** liegt im Südwesten („Südsee“). Das Wasser wies an diesem Transekt im September 2007 einen stark sauren pH-Wert von 3,4 auf. Dementsprechend lag der TIC-Gehalt unter der Bestimmungsgrenze von 0,3 mg/l und die Konzentration von Eisen<sub>gesamt</sub> war mit 2,6 mg/l relativ hoch. Das Wasser war mittelhart und wies eine deutliche Azidität auf. Die Karbonathärte war mit < 0,01 mmol/l sehr gering. Die Leitfähigkeit erreichte 830 mS/cm. Der  $K_{B4,3}$  betrug 0,8 mmol/l. Der Nitratgehalt war mit 0,8 mg/l N gering. Die Ammoniumkonzentration lag mit 0,9 mg/l N leicht über dem Nitratgehalt. Die Phosphatgehalte (SRP und TP) blieben unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen von <0,002 bzw. <0,01 mg/l P. Die Konzentration an Chlorophyll a war mit 0,7 µg/l gering. Die Siliziumkonzentration erreichte mit 7,3 mg/l einen recht hohen Wert.

**Transekt 2** liegt am Südost-Ufer (Großkoschen). Dieser Abschnitt wird als Badeufer genutzt. Er liegt am östlichen Ende des Nordbeckens unmittelbar am Ausgang des

Tabelle 2: Physikalisch-chemische Parameter, Mischprobe euphotische Zone, tiefste Stelle Senftenberger See, (Nordbecken), 8 Termine 2007

Kriterium	Einheit	Minimum	Mittelwert	Maximum
pH-Wert	[ - ]	7,10	7,44	7,72
LF (25°C)	[µS/cm]	619	626	640
O <sub>2</sub> -Gehalt	[mg/l]	8,2	9,3	10,8
O <sub>2</sub> -Sättigung	[%]	89	96	102
Sichttiefe	[m]	2,7	3,8	4,5
abfiltr. Stoffe	[mg/l]	0,4	5,0	9,6
Ammonium	[mg/l N]	<0,03	0,04	0,08
Nitrit	[mg/l N]	0,003	0,007	0,015
Nitrat	[mg/l N]	0,80	1,03	1,30
anorgan. geb. N	[mg/l N]	0,9	1,1	1,4
gesamt-N	[mg/l N]	1,1	1,8	3,2
o-Phosphat	[mg/l P]	<0,002	0,003	0,006
Gesamtposphat	[mg/l P]	<0,01	0,018	0,070
Chl a	[µg/l]	0,7	1,5	2,2
Phaeophytin	[µg/l]	0,3	0,7	1,4
KS <sub>4,3</sub>	[mmol/l]	0,45	0,53	0,60
KB <sub>8,2</sub>	[mmol/l]	0,05	0,07	0,10
Gesamthärte	[mmol/l]	2,01	2,29	2,51
TIC	[mg/l]	5,16	5,86	6,35
TOC	[mg/l]	4,2	6,7	13,6
DOC	[mg/l]	1,4	5,4	13,2
Ca	[mg/l]	58,4	67,6	74,2
Mg	[mg/l]	13,5	14,6	16,1
Si	[mg/l]	0,83	1,14	1,48
Chlorid	[mg/l]	35	42	45
Sulfat	[mg/l]	166	180	195

Tabelle 3: Physikalisch-chemische Parameter, Mischprobe euphotische Zone, tiefste Stelle Senftenberger See (Südbecken), 8 Termine 2007

Kriterium	Einheit	Minimum	Mittelwert	Maximum
pH-Wert	[ - ]	3,21	3,34	3,41
LF (25°C)	[µS/cm]	807	824	841
O <sub>2</sub> -Gehalt	[mg/l]	9,2	9,8	10,9
O <sub>2</sub> -Sättigung	[%]	91	99	104
Sichttiefe	[m]	2,5	9,1	13,0
abfiltr. Stoffe	[mg/l]	0,4	3,6	10,8
Ammonium	[mg/l N]	0,26	0,81	0,98
Nitrit	[mg/l N]	<0,001	<0,002	0,002
Nitrat	[mg/l N]	0,33	0,37	0,40
anorgan. geb. N	[mg/l N]	0,6	1,2	1,3
gesamt-N	[mg/l N]	1,2	1,7	2,5
o-Phosphat	[mg/l P]	<0,002	0,002	0,005
Gesamtposphat	[mg/l P]	<0,01	0,020	0,050
Chl a	[µg/l]	0,1	1,1	1,6
Phaeophytin	[µg/l]	0,1	0,2	0,5
KB <sub>4,3</sub>	[mmol/l]	0,60	0,76	1,00
KB <sub>8,2</sub>	[mmol/l]	0,90	1,01	1,15
Gesamthärte	[mmol/l]	1,95	2,29	2,47
TIC	[mg/l]	<0,3	<0,3	0,83
TOC	[mg/l]	0,6	3,8	9,8
DOC	[mg/l]	0,2	1,6	5,5
Ca	[mg/l]	51,8	64,7	70,3
Mg	[mg/l]	15,1	16,4	17,4
Si	[mg/l]	6,58	7,14	7,59
Chlorid	[mg/l]	22	25	26
Sulfat	[mg/l]	253	266	272

südöstlich verlaufenden Verbindungskanals zum Südbecken. Das Wasser wies im September 2007 einen nahezu neutralen pH-Wert von 7,3 auf. Der Gehalt an anorganischen Kohlenstoff TIC erreichte 4,7 mg/l. Der Gehalt an Gesamteisen war mit 0,9 mg/l mäßig. Das mittelharte Wasser wies mit einem  $K_{S4,3}$  von 0,55 mmol/l eine geringfügige Alkalinität auf. Die Karbonathärte betrug 0,55 mmol/l. Die Nitratkonzentration war mit 0,9 mg/l N gering. Die Ammoniumkonzentration blieb vor allem infolge der bei circumneutralen Verhältnissen guten Bedingungen für die bakterielle Nitrifikation mit nur 0,04 mg/l N deutlich unter dem Wert des eingangs beschriebenen Transektes im sauren Südbecken. Der Gehalt an ortho-Phosphat-Phosphor (SRP) überschritt mit 0,002 mg/l P knapp die Bestimmungsgrenze, während der TP-Gehalt unter 0,01 mg/l P blieb. Die Konzentration von Chlorophyll a betrug lediglich 0,9 µg/l. Die Siliziumkonzentration war mit 1,7 mg/l relativ klein.

Transekt 3 liegt am nordöstlichen Ufer der Insel. Das Ufer ist sehr flach und erreicht auch nach 150 m Länge erst eine Tiefe von 1,4 m. An diesem Transekt hatte das Wasser im September 2007 einen leicht alkalischen pH-Wert von 7,9. Der Gehalt an anorganischen Kohlenstoff TIC erreichte 5,6 mg/l. Es lag mit 0,3 mg/l nur wenig Gesamteisen vor. Das mittelharte Wasser wies eine gering ausgeprägte Alkalinität auf. Der  $K_{S4,3}$  betrug 0,4 mmol/l. Die Karbonathärte lag bei 0,4 mmol/l. Der Nitratgehalt war mit 0,8 mg/l N gering. Die Ammoniumkonzentration lag mit 0,06 mg/l N auf einem ähnlichen Niveau, wie an Transekt 2. Die Phosphatgehalte (SRP und TP) lagen unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen. Der Chlorophyllgehalt errei-

chte lediglich 1,0 µg/l. Die Siliziumkonzentration war mit 0,8 mg/l gering.

Transekt 4 liegt am Nordufer (Senftenberg) und ist unmittelbar von der Schwarzen Elster beeinflusst. In diesem Bereich hatte das Wasser einen leicht alkalischen pH-Wert von 7,6. Der Gehalt an anorganischen Kohlenstoff TIC betrug 5,5 mg/l. Der Gehalt an Gesamteisen war mit 0,2 mg/l gering. Das Wasser war mittelhart und zeigte mit einem  $K_{S4,3}$  von 0,6 mmol/l eine geringfügige Alkalinität. Die Karbonathärte betrug 0,6 mmol/l. Nitrat war mit 0,8 mg/l N nur in geringen Mengen vorhanden. Der Ammoniumgehalt war mit 0,04 mg/l ähnlich gering, wie bei den anderen zwei vorgestellten Transekten im Nordbecken. Die Phosphatgehalte (SRP und TP) blieben unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen. Die Chlorophyllkonzentration lag bei 1,0 µg/l. Der Siliziumgehalt war mit 0,9 mg/l gering.

### 5 Ergebnisse Makrophyten

Am Ufer von Transekt 1 im Südwesten („Südsee“) befand sich ein Schilf-Röhricht (Scirpo-Phragmitetum), das bis zu einer Wassertiefe von ca. 1 m reichte. Danach schlos-

sen sich Reinbestände von *Juncus bulbosus* an.

Die flachen Bereiche von Transekt 2 am Südost-Ufer (Großkoschen) waren aufgrund der Badenutzung fast frei von Makrophyten, lediglich *Juncus bulbosus* trat in geringer Menge auf. In der Tiefenzone von 0,3-0,8 m schlossen sich Dominanzbestände von *Eleocharis acicularis* und *Nitella flexilis/opaca* an. Bemerkenswert ist das gemeinsame Auftreten der Weichwasserart *Juncus bulbosus* und der Hartwasserart *Potamogeton nodosus*. Ohne Bewuchs war der Bereich von 0,8-1,3 m Tiefe. In der Tiefenzone von 1,3-1,8 m schlossen sich wiederum Dominanzbestände von *Nitella flexilis/opaca* an. Hierauf folgte eine Zone, die von *Eleocharis acicularis* bestimmt war (1,8-2,9 m Tiefe). Den Abschluss der Vegetation bildeten bis zu einer Tiefe von 3,3 m verschiedene Arten mit geringer Deckung. Im Flachwasser von Transekt 3 am nordöstlichen Ufer der Insel dominierte *Littorella uniflora* auf einer Länge von fast 12 m. Im Flachwasser traten Helophyten, in der Zone von 0,2 bis 0,5 m Wassertiefe kam *Chara virgata* hinzu. Hieran schloss sich eine Zone an, die von *Najas marina* ssp. *intermedia* bestimmt war. Hier fanden sich auch verschiedene andere Hydrophyten. Im Bereich

Tiefe (m)	0-0,3	0,3-0,8	0,8-1,3	1,3-1,8	1,8-2,9	2,9-3,3
Länge (m)	0-14,1	14,1-22	22-28,1	28,1-32,4	32,4-59,2	59,2-72,5
<i>Juncus bulbosus</i>	0.2	0.1		+		
<i>Eleocharis acicularis</i>		3			7	0.1
<i>Nitella flexilis/opaca</i>		3		6		
<i>Potamogeton nodosus</i>		0.4		0.4		
<i>Chara virgata</i>				0.2		+
<i>Potamogeton pusillus</i>				+	+	0.1
<i>Sagittaria sagittifolia</i>				+		
<i>Myriophyllum spicatum</i>					0.1	0.1
<i>Utricularia australis/vulgaris</i>					+	0.1
<i>Potamogeton alpinus</i>					+	
<i>Elodea canadensis</i>						+
<i>Elatine spec.</i>						+

Tiefe (m)	0-1,1	1,1-1,6
Länge (m)	0-3,3	3,3-39
<i>Phragmites australis</i>	9	
<i>Callierigonella cuspidata</i>	0.2	
<i>Juncus bulbosus</i>		9



Abb. 3  
In Transekt 1 bildet *Juncus bulbosus* dichte Bestände

Foto: K. van de Weyer



Abb. 4  
In Transekt 2 kommen *Juncus bulbosus* und *Potamogeton nodosus* zusammen vor

Foto: K. van de Weyer

Tabelle 6: Transekt 3

Tiefe (m)	0-0,2	0,2-0,5	0,5-0,8	0,8-1,4
Länge (m)	0-3,5	3,5-11,7	11,7-116	116-150
<i>Littorella uniflora</i>	4	9		
<i>Elatine hexandra</i>	0.1			
<i>Phragmites australis</i>	3			
<i>Eleocharis palustris</i> agg.	2			
<i>Myriophyllum spicatum</i>	+			
<i>Chara virgata</i>		0.1	0.4	0.4
<i>Najas marina</i> ssp. <i>intermedia</i>			2	1+
<i>Eleocharis acicularis</i>			0.2	7
<i>Nitella flexilis/opaca</i>			0.1	0.4
<i>Potamogeton nodosus</i>			0.1	
<i>Potamogeton pectinatus</i>			0.4	
<i>Potamogeton pusillus</i>			0.1	0.2
<i>Chara braunii</i>				0.1
<i>Chara contraria</i>				0.2

Tabelle 7: Transekt 4

Tiefe (m)	0-1,2	1,2-2,7	2,7-4,2
Länge (m)	0-52,2	52,2-60,5	60,5-76
<i>Najas intermedia</i>	2	0.2	0.4
<i>Potamogeton nodosus</i>	0.1	7	
<i>Elatine hexandra</i>	0.4		
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0.4	0.2	
<i>Nitella flexilis/opaca</i>	0.2		
<i>Chara contraria</i>		0.1	

von 0,8 bis 1,4 m Wassertiefe schloss sich eine über 100 m lange Zone an, die von *Eleocharis acicularis* dominiert war. Auffällig ist hierbei das Auftreten von vier Armleuchteralgen, von denen *Chara contraria* und *C. braunii* ihren Schwerpunkt in karbonatreichem Wasser haben.

In der Tiefenzone von Transekt 4 am Nordufer (Senftenberg) bis 1,2 m dominierte *Najas marina* ssp. *intermedia*, hierauf folgte eine Zone, die von *Potamogeton nodosus* bestimmt war. Den Abschluss bildeten Einartbestände von *Najas marina* ssp. *intermedia* mit geringer Deckung.

Außerdem wurden in den übrigen Transekten bzw. außerhalb der Transekte das Pilularietum globuliferae und *Utricularia minor* reiche *Juncus bulbosus*-Bestände auch im Jahr 2007 nachgewiesen.

## 6 Diskussion

Die nachgewiesenen aquatischen Makrophyten sind in Tabelle 6 dargestellt. Neben fünf Weichwasser- wurden auch vier Hartwasserarten nachgewiesen. Hierbei bleibt zu berücksichtigen, dass Weichwasserarten wie *Juncus bulbosus* und *Utricularia minor*

auch bei höheren Karbonatgehalten vorkommen können (PIETSCH 1973), dies trifft auch in Bezug auf andere Parameter wie z.B. den pH-Wert zu. Auch die Hartwasserart *Najas marina* ssp. *intermedia* kommt in mäßig karbonatreichen Gewässern vor (DOLL 1981, PIETSCH 1981). Die Anteile der Weichwasser- und Hartwasserarten sind im Senftenberger See räumlich sehr unterschiedlich. Während im Südwesten (s. Transekt 1) nur Weichwasserarten vorkommen und Hartwasserarten fehlen, ist das Verhältnis am Nordufer (s. Transekt 4) umgekehrt. Daneben sind Bereiche (s. Transekt 2, 4) vorhanden, wo Weichwasser- und Hartwasserarten gemeinsam auftreten. Die nachgewiesenen Weichwasserarten (Tab. 6) haben ihren Schwerpunkt in oligo- bis mesotrophen Gewässern, während die Hartwasserarten weitere Amplituden in Bezug auf die Trophie aufweisen.

Gemeinsames Auftreten von Weichwasser- und Hartwasserarten ist ein seltenes Phänomen. So kommen z.B. *Potamogeton polygonifolius* und *P. coloratus* gemeinsam in Belgien (DENYS et al. 2006), auf der niederländischen Insel Texel (BRUIN 1997) und in Großbritannien (HESLOP-HARRISON 1949, BRUIN 1997) vor. Im Buitengoor bei Mol



Abb. 5

In Transekt 3 bilden im tiefen Wasser *Eleocharis acicularis* und Armleuchteralgen große Bestände

Foto: P. Tigges



Abb. 6

In Transekt 4 dominiert *Najas marina* ssp. *intermedia*

Foto: P. Tigges

(Belgien) kommen ebenfalls Weichwasserarten wie *Juncus bulbosus* und *Potamogeton polygonifolius* zusammen mit der Hartwasserart *Chara hispida* vor (BRUIN & VAN DE WEYER, n. publ.). BRUIN (1997) gibt als Voraussetzung für das gemeinsame Auftreten von Weichwasser- und Hartwasserarten ein „spezifisches intermediäres Milieu zwischen deutlich basischen, kalkreichen und hartem Wasser einerseits und mehr oder weniger saurem, kalkarmem, weichen Wasser andererseits“ an. Im Senftenberger See ist das gemeinsame Auftreten von Weichwasser- und Hartwasserarten durch die geogene Ausgangssituation (s. Kap. 3) in Verbindung mit dem nährstoffarmen, karbonatarmen Grundwasser und dem nährstoffreichen, karbonatreichen Wasser der Schwarzen Elster zu erklären.

Im Senftenberger See mischen sich jedoch nicht nur Weichwasser- und Hartwasserarten, sondern auch oligo- und eutraphente Arten. Dies macht die Besonderheit des Senftenberger Sees aus Sicht der Makrophyten aus. Gleichzeitig lässt sich der Senftenberger See nur schwer den von MATHES et al. (2002) beschriebenen Seentypen zuordnen. In Hinblick auf die Einstufung und Bewertung nach EG-WRRL bliebe zu prüfen, ob im

Tabelle 8: Ökologische Charakterisierung der nachgewiesenen aquatischen Makrophyten und deren Nachweise von 1968-2007

	Trophie	1968	1976	1978	1980	1992	2007
<b>Schwerpunkt im Weichwasser:</b>							
<i>Juncus bulbosus</i>	oligo- bis mesotroph	X	X	X	X	X	X
<i>Utricularia minor</i>	oligo- bis mesotroph				X	X	X
<i>Littorella uniflora</i>	oligo- bis mesotroph			X	X	X	X
<i>Pilularia globulifera</i>	oligo- bis mesotroph			X	X	X	X
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	oligo- bis mesotroph			X	X	X	X
<i>Luronium natans</i>	oligo-bis mesotroph				X	X	
<b>Schwerpunkt im Hartwasser:</b>							
<i>Chara braunii</i>	oligo- bis polytroph					X	X
<i>Chara contraria</i>	oligo- bis polytroph				X	X	X
<i>Najas intermedia</i>	oligo- bis polytroph						X
<i>Potamogeton nodosus</i>	meso- bis polytroph						X
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	oligo-bis mesotroph				X	X	
<b>indifferent:</b>							
<i>Chara virgata</i>	oligo- bis eutroph					X	X
<i>Nitella flexilis/opaca</i>	oligo- bis eutroph					X	X
<i>Potamogeton alpinus</i>	oligo- bis eutroph			X	X	X	X
<i>Potamogeton obtusifolius</i>	oligo- bis eutroph					X	X
<i>Utricularia australis/vulgaris</i>	oligo- bis eutroph					X	X
<i>Eleocharis acicularis</i>	oligo- bis polytroph			X	X	X	X
<i>Elatine hexandra</i>	oligo- bis polytroph			X	X	X	X
<i>Myriophyllum spicatum</i>	oligo- bis polytroph			X	X	X	X
<i>Potamogeton pectinatus</i>	oligo- bis polytroph				X	X	X
<i>Potamogeton pusillus</i>	oligo- bis polytroph			X	X	X	X
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	meso- bis polytroph				X	X	X
<i>Elodea canadensis</i>	meso- bis polytroph				X	X	X

Senftenberger See ggf. verschiedene Wasserkörper ausgewiesen werden sollten.

Auch im Hinblick auf die Gewässertypologie der Tagebauseen Ost-Deutschlands von PIETSCH (1995) ist der Senftenberger See bemerkenswert, da er gleichzeitig unterschiedliche Alterungsstadien aufweist. So wurden im Jahr 2007 Ausbildungen der „Frühstufe“ (*Juncus bulbosus*-Dominanzbestände), der „Übergangstufe“ (*Utricularia minor*-reiche *Juncus bulbosus*-Bestände, *Pilularia globulifera* reiche-Bestände) und Makrophytenbestände des „Altersstadiums“ (*Eleocharis acicularis*- und *Littorella uniflora*-reiche Bestände) nachgewiesen. PIETSCH (1995) gibt zudem für das „Altersstadium“ Laichkraut-Tausenblatt-reiche Wasserpflanzenvegetation an. Beschreibungen mit hohen Anteilen von *Najas marina* ssp. *intermedia* und *Potamogeton nodosus* aus Tagebauseen lagen bisher nicht vor.

Im Verlaufe der Entwicklung ließen sich unterschiedliche Vegetationsformen feststellen. Es waren Bestände verschiedener Röhrcharten, die Erstbesiedlungsvegetation der Zwiebelbinsen-Rasen, die Vegetation von Grundsprossarten der Strandlingsrasen und Nadelbinsenfluren, die Vegetation submerger Wasserpflanzenarten sowie Initialstadien von Armleuchteralgen.

Mit dem Beginn der Flutung lag ab 1968 ein makrophytenfreies Initialstadium vor; die Wasser- und Uferbereiche waren völlig vegetationsfrei. Seit 1970 kam es in den Flachwasserzonen zur Ausbildung erster Initialstadien verschiedener Röhrcharten,

wie *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*, *Schoenoplectus lacustris* und *Sparganium erectum*, die sich zu Einart-Dominanzbeständen entwickelten. Die einzelnen Arten umwuchsen einander ohne sich zu durchdringen (PIETSCH 1965).

Bereits 1971 trat *Juncus bulbosus* im Inundations- und Flachwasserbereich auf sandigen Kippsubstraten auf und bildete als Pionierart Zwiebelbinsen-Dominanzbestände im Senftenberger See. Als amphibische Art entfaltet die Zwiebelbinse sowohl flutende und untergetauchte, dichte Unterwasserrasen bis in 6 m Wassertiefe, als auch ausgedehnte, niedrigwüchsige Matten im semiterrestrischen Bereich. Die Art ist befähigt, freie, im Wasser gelöste Kohlensäure (CO<sub>2</sub>) als C-Quelle zur Assimilation zu nutzen und sich gleichzeitig durch Eisenplaques-Bildung vor dem Eindringen des 2-wertigen Eisens in die Pflanze zu schützen. Dabei kommt es zu Eisen(III)hydroxid-reichen Ablagerungen auf den bisher sandigen Gewässersedimenten und zu einer Verminderung des Gehaltes an 2-wertigem Eisen im Wasserkörper. Diese werden von *Juncus bulbosus* überwachsen und es kommt zur Herausbildung der dichten Zwiebelbinsen-Rasen, wie sie gegenwärtig im Südschlauch auf reduktiven Substraten immer noch anzutreffen sind. Die Art erweist sich ähnlich den Röhrcharten gegenüber der Mehrzahl der hydrochemischen Parameter als tolerant (PIETSCH 1982). Sie besiedelt sowohl Gewässer mit geringen als auch solche mit extrem hohen

Gesamt-Härtegraden, und verhält sich wie eine Landpflanze, die kurzzeitig unter Wasser gebracht wird. Diese ausgedehnten *Juncus bulbosus*-Rasen können im Verlauf der Sukzession von Arten der Zweizahnfluren (Bidentetea) bzw. verschiedenen Röhrcharten (Phragmitetea) durchwachsen.

Als Folge der Flutung und dem weiteren Durchleiten des Wassers der Schwarzen Elster wurden im Elster- oder Hauptbecken und im Nordbecken Voraussetzungen für die Existenz höherer Wasserpflanzen geschaffen (PIETSCH 1990a, 1998a). Seit 1978 kam es bereits zum Auftreten lockerer Bestände einer Vegetation submerger Wasserpflanzenarten, wie *Potamogeton alpinus* und *P. pusillus*; erste Vorkommen von *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton pectinatus* wurden registriert. Bereits 1980 kam es an verschiedenen Stellen des Sees, vor allem im westlichen Inselbereich, auf den von Mergelbrocken durchsetzten Kipplehmen, zur Ausbildung lockerer Initialstadien von *Chara contraria*, von zunächst geringem Ausmaß. Bemerkenswert war das gemeinsame Auftreten von *Chara virgata*, *Ch. braunii* und *Nitella flexilis* zusammen mit *Eleocharis acicularis* auf sandigen Gewässersedimenten im Jahr 1986. Wie die Ergebnisse der Transekte 2, 3 und 4 zeigen, hat sich eine stabile Characeen-Vegetation innerhalb der Nadelbinsenrasen entwickelt.

Auf den durch Böschungsrutschungen und Erosion entstandenen sandigen Gewässersedimenten im Inselbereich entstanden bereits 1978 erste Stadien zukünftiger Strandlingsrasen und Nadelbinsenfluren, die von *Littorella uniflora*, *Eleocharis acicularis*, *E. palustris*, *Chara braunii*, *C. virgata* und im Inundationsbereich von *Luronium natans*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Ranunculus flammula*, *Elatine hexandra* und *Deschampsia setacea* besiedelt wurden. Bereits 1980 wurden erste Ausbildungen von *Littorella uniflora* zusammen mit *Eleocharis acicularis* und *Pilularia globulifera* im westlichen und nordöstlichen Flachwasserbereich der Insel angetroffen (PIETSCH 1990b). In der Zwischenzeit hatten sich die Bestände etabliert und über größere Flächen ausgebreitet, wie sie durch die Tauchgänge der Transekte 2, 3 und 4 belegt werden. Es handelt sich um Arten der Heideseen, Sandgruben und Fischteiche, die in der Bergbaunachbarschaft gegenwärtig noch reichlich vorhanden sind.

In flachen Buchten mit geringem Wasseraustausch, denen reduktive Substrate fehlen, bzw. durch Sand überlagert sind, traten 1980 *Utricularia minor*, *Sparganium natans*, *Ranunculus flammula* und vereinzelte Exemplare von *Juncus bulbosus* zwischen lockeren Röhrchartbeständen auf. Dieses fragmentarische Utricularietum minoris konnte 2007 erneut bestätigt werden. In einzelnen Buchten im nördlichen und westlichen Inselbereich konnten 1980 und 1992 lockere Bestände von *Potamogeton polygonifolius*, *Utricularia minor* und *Juncus bulbosus* festgestellt werden.

## 7 Bewertung

Der Senftenberger See gehört zu den künstlichen Gewässern, für die nach der EG-Wasser-Rahmen-Richtlinie das gute ökologische Potenzial zu erreichen ist. Eine Bewertung des überwiegend sauren Gewässers mit den Makrophytenbewertungsverfahren PHYLIB (SCHAUMBURG et al. 2007) und MIB (PÄZOLT 2007) führt zu sehr schlechten Bewertungsergebnissen (Bewertung 4). Das liegt daran, dass sowohl die für neutrale und kalkreiche Seen typischen oligotraphenten Arten nicht dominanzbildend sind als auch die Tiefenausbreitung der Makrophyten nicht den für diesen morphologischen Typ erwarteten Werten entspricht. Eine Bewertung des Senftenberger Sees mit den beiden, lediglich an karbonatischen Seen geeigneten Verfahren wäre ohnehin nicht zulässig (gleiches trifft auch auf alle anderen biologischen Bewertungsverfahren nach WRRL zu). Insofern wurden die biologischen Verfahren hier nicht eingesetzt. Vom Landesumweltamt Brandenburg wird zusätzlich zu den biologischen und rein chemischen Qualitätskomponenten der LAWA-Trophieindex, der als eigenes Bewertungsverfahren im Sinne der WRRL erweitert wurde (SCHÖNFELDER 2005), zur Bewertung der Zielerreichung nach WRRL verwendet. Danach ist der See im guten Zustand. Da er zudem einen hohen naturschutzfachlichen Wert hat, wurde der Senftenberger See insgesamt mit gut bewertet.

Aus naturschutzfachlicher Sicht sind die Nachweise von 13 höheren Pflanzenarten und vier Armeleuchteralgen der Roten Listen Brandenburgs (RISTOW et al. 2006, SCHMIDT et al. 1996) bemerkenswert (Tab. 7). Hierbei sind drei floristische Besonderheiten erwähnenswert. *Potamogeton nodosus* kommt in Ostdeutschland (BENKERT et al. 1996) nur im Bereich großer Fluss- und Stromauen vor. Die Art ist in Ostdeutschland selten, in Brandenburg ist sie als „vom Aussterben bedroht“ eingestuft (RISTOW et al. 2006). Aus der Schwarzen Elster sind Nachweise von JENS PÄZOLT bekannt. Diese Art dürfte über die Schwarze Elster in den Senftenberger See gelangt sein. In den letzten Jahren gelangen zudem Nachweise im Markleeberger See bei Leipzig (VAN DE WEYER 2006) und im Tegeler See in Berlin (HILT et al. 2009).

In Brandenburg ist *Littorella uniflora* ebenfalls als „vom Aussterben bedroht“ eingestuft (RISTOW et al. 2006). Diese Art bildet große Bestände im Uferbereich der Insel, die wahrscheinlich die größten Vorkommen in Brandenburg darstellen. Diese Vorkommen sind als FFH-Gebiet gesichert: Der Senftenberger See ist als FFH-Gebiet DE-4550-302/Insel im Senftenberger See (890,94 ha) ausgewiesen. Neben verschiedenen terrestrischen ist auch der aquatische Lebensraumtyp „3130- oligo- bis mesotrophe stehende Gewässer mit Vegetation der Littorelletea uniflorae und/oder der Isoëto-Nanojuncetea“ angegeben (MLUV BRAN-

Tabelle 9: Vorkommen von Pflanzenarten der Roten Listen Brandenburgs im Senftenberger See im Jahr 2007

	Roten Liste Brandenburg*		Vorkommen im Senftenberger See
<b>Höhere Pflanzen:</b>			
<i>Elatine hexandra</i>	2	Sechsmänniges Tännel	verbreitet im Bereich der Insel
<i>Eleocharis acicularis</i>	3	Nadel-Sumpfsimse	Verbreitet
<i>Littorella uniflora</i>	1	Strandling	große Bestände im Bereich der Insel
<i>Myriophyllum spicatum</i>	V	Ähren-Tausendblatt	Verbreitet
<i>Najas marina</i> ssp. <i>intermedia</i>	3	Großes Nixkraut	Verbreitet
<i>Pillularia globulifera</i>	2	Pillenfarne	Selten, nur außerhalb der Transekte
<i>Potamogeton alpinus</i>	2	Alpen-Laichkraut	Selten
<i>Potamogeton obtusifolius</i>	2	Stumpfbältriges Laichkraut	sehr selten
<i>Potamogeton nodosus</i>	1	Knoten-Laichkraut	Verbreitet
<i>Potamogeton pusillus</i>	3	Zwerg-Laichkraut	Verbreitet
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	V	Gewöhnliches Pfeilkraut	Selten
<i>Utricularia minor</i>	2	Kleiner Wasserschlauch	sehr selten
<i>Utricularia vulgaris</i> agg.	3	Wasserschlauch	Selten
<b>Armeleuchteralgen:</b>			
<i>Chara braunii</i>	0	Braun's Armeleuchteralge	sehr selten
<i>Chara contraria</i>	2	Gegensätzliche Arml.	Selten
<i>Chara virgata</i>	2	Feine Armeleuchteralge	Verbreitet
<i>Nitella flexilis/opaca</i>	2	Glanzleuchteralge	Verbreitet

\*Gefährdung nach RISTOW et al. (2006): höhere Pflanzen bzw. SCHMIDT et al. (1996): Armeleuchteralgen: 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste

DENBURG 2008, LUA BRANDENBURG 2002). Die dritte floristische Besonderheit stellt der Nachweis von *Chara braunii* dar. Diese Art hat in Deutschland ihren Verbreitungsschwerpunkt in Fischteichen. *Chara braunii* galt in Brandenburg als „ausgestorben“ (SCHMIDT et al. 1996), jedoch wurde die Art wie in anderen Bundesländern in den letzten Jahren auch in Brandenburg in Fischteichen nachgewiesen (PETZOLD 2004, PIETSCH 2004). Vorkommen aus Tagebauseen waren bisher jedoch nicht bekannt.

2007 nicht mehr bestätigt werden konnten die folgenden Arten: *Deschampsia setacea*, *Luronium natans*, *Sparganium natans* und *Potamogeton polygonifolius*.

### Literatur

- BENKERT, D.; FUKAREK, F. & KORSCH, H. 1996: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Ostdeutschlands. G. Fischer Verl. 615 S.
- BLOEMENDAHL, F. H. J. L. & ROELOFS, J. G. M. 1988: Waterplanten en waterkwaliteit. Natuurhistorische Bibliotheek van de KNNV 45. Utrecht 189 pp.
- BLÜMEL, C.; DOMIN, A.; KRAUSE, J.; SCHUBERT, M., SCHIEWER, U. & SCHUBERT, H. 2002: Der historische Makrophytenbewuchs der inneren Gewässer der deutschen Ostseeküste. Rostocker Merresbiol. Beitr. 10. 133 S.
- BLÜMEL, C. & RAABE, U. 2004: Vorläufige Checkliste der Characeen Deutschlands. Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: 9-26
- BRUIJN, K. 1997: Over herkenning, voorkomen en oecologie van Weegbree-fonteinkruid (*Potamogeton coloratus* Hornem.) in Nederland. Gorteria 23: 49-69
- CASPER, S. J. & KRAUSCH, H.-D. 1980/1981: Pteridophyta u. Anthophyta, 1.-2. Teil. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 23, 24
- DENYS, L.; PACKET, J.; DE BECKER, P.; WOUTERS, J.; BOSCH, H. & SCHELDENAN, K. 2006: Nieuwe vindplaatsen van *Potamogeton coloratus* in Vlandereen (België). Dumorteria 90: 19-24
- DOLL, R. 1981. Das ökologisch-soziologische Verhalten von *Najas major* s.l. Limnologia 13: 473-484

- GESSNER, F. 1955: Hydrobotanik, VEB Dt. Verl. der Wissensch. Berlin. Bd. 1. 517 S.
- HESLOP-HARRISON, J. W. 1949: Potamogetons in the Scottish Western Isles, with some remarks on the general natural history of the species. Trans. & Proc. Bot. Soc. Edinburgh 35:1-25
- HILT, S.; WEYER, K. VAN DE; KOHLER, A. & CHORUS, I. 2009: Submerged macrophytes responses to reduced phosphorus concentration in two peri-urban lakes. Restoration Ecology. in press
- KOHLER, A. 1978: Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. Landschaft und Stadt 10: 73-85
- KOPERSKI, M.; SAUER, M.; BRAUN, W. & GRADSTEIN, S. R. 2000: Referenzliste der Moose Deutschlands. Schriftenr. für Vegetationskd. Bonn. 34. 519 S.
- KRAUSE, W.; 1997: Charales (Charophyceae). In: ETTL, H.; GÄRTNER, G.; HEYNING, H. & MOLLENHAUER, D. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. G. Fischer Verl. 18. 202 S.
- LONDO, G. 1974: The decimal scale for relevés of permanent quadrats. In: Knapp, R. (ed.): Sampling methods in vegetation science. W. Junk Publishers, The Hague/Boston/London: 45-49
- Landesumweltamt BRANDENBURG 2002: Lebensräume und Arten der FFH-Richtlinie in Brandenburg. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 11: 175 S.
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz (MLUV) () 2008: Natura 2000: Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Gebiete. www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2338/ffhliste.pdf
- MATHES, J.; PLAMBECK, G. & SCHAUMBURG, J. 2002: Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km<sup>2</sup> zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. BTU Cottbus, Akt. Reihe 5/02: 15-23
- MELZER, A. 1994: Möglichkeiten einer Bioindikation durch submerse Makrophyten - Beispiele aus Bayern. Beitr. zur angew. Gewässerökologie Norddt. 1: 92-102
- MELZER, A. 1997: Wasserpflanzen und Gewässerversauerung an den Arberseen. LfU Schriftenreihe, H. 144: 99-110
- NIXDORF, B. 2000: Braunkohletagebauseen in Deutschland, Gegenwärtiger Kenntnisstand über wasserwirtschaftliche Belange von Braunkohletagebau-restlöchern, Abschlussbericht F & E Vorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes
- PÄZOLT, J. 2007: Der Makrophytenindex Brandenburg

- ein Index zur Bewertung von Seen. *Naturforsch. Landschaftspf. Bg.* 16: 116-121
- PETZOLD, S. 2004: Brauns Armeleuchteralge (*Chara braunii* Gmel 1826) in den Lakomaer und Peitzer Teichen. *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg* 137: 547-553
- PIETSCH, W. 1965: Die Erstbesiedlungsvegetation eines Tagebaugewässers. *Limnologia* 3: 177-222
- PIETSCH, W. 1972: Ausgewählte Beispiele für Indikatoreigenschaften höherer Wasserpflanzen. *Arch. Naturforsch. Landschaftsforsch.* 12: 121-151
- PIETSCH, W. 1973: Vegetationsentwicklung und Gewässergeneese in den Tagebauseen des Lausitzer Braunkohlen-Reviers. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung*. Berlin. 13: 187-217
- PIETSCH, W. 1981: Zur Bioindikation *Najas marina* L. s.l.- und *Hydrilla verticillata* (L. fil.) ROYLE-reicher Gewässer Mitteleuropas. *Feddes Repertorium* 92: 125-173
- PIETSCH, W. 1982: Makrophytische Indikatoren für die ökologische Beschaffenheit der Gewässer (Makrophytisches Indikationssystem). In: BREITIG, H.: *Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung*. 2. Aufl. Jena. 67-88
- PIETSCH, W. 1990a: Landschaftsgestaltung im Bezirk Cottbus, dargestellt am Beispiel des Senftenberger Sees. *Abh. Sächs. Akad. Wiss. Leipzig, Math.-Nat. Klasse. Akademie Verl.* Bd. 57. 3: 29-38
- PIETSCH, W. 1990b: Erfahrungen über die Wiederbesiedlung von Bergbaufolgelandschaften durch Arten des atlantischen Florenelementes. *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz*. 64. 1: 65-68
- PIETSCH, W. 1995: Makrophyten als Zeiger für die Alterung von Abgrabungsseen des Lausitzer Braunkohle-Reviers in Abhängigkeit von Chemismus des Wasserkörpers und der Sedimentbeschaffenheit. *Limnologie aktuell* 7: 53-65
- PIETSCH, W. 1998: Sukzession der Vegetation im NSG „Insel im Senftenberger See“ (1970-1996). *Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim Beiheft* 5: 54-68
- PIETSCH, W. 2004: Zur Verbreitung, Soziologie und Ökologie von *Chara braunii* Gmelin im südlichen Brandenburg. *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg* 137: 537-544
- POTT, R., REMY, D. 2000: *Gewässer des Binnenlandes*. Ulmer. Stuttgart. 255 S.
- RISTOW, M., HERRMANN, A., ILLIG, H., KLAGE, H.-C., KLEMM, G., KUMMER, V., MACHATZI, B., RÄTZEL, S., SCHWARZ, R. & ZIMMERMANN, F. 2006: Liste und Rote Liste der etablierten Gefäßpflanzen Brandenburgs. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 15 (4) 163 S.
- SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C. & STELZER, D. 2007: Bewertung stehender Gewässer mit Makrophyten und Phytobenthos in Seen gemäß EG- WRRL; Teil a) Anpassung des Bewertungsverfahrens für natürliche Seen. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Endbericht im Auftrag der LAWA (Projekt Nr. O2.06). München. 31 S.
- SCHMIDT, D.; VAN DE WEYER, K.; KRAUSE, W.; KIES, L.; GARNIEL, A.; GEISSLER, U.; GUTOWSKI, A.; SAMIETZ, R.; SCHÜTZ, W.; VAHLE, H.-CH.; VÖGE, M.; WOLFF, P. & MELZER, A. 1995: Rote Liste der Armeleuchteralgen (Charophyceae) Deutschlands. *Schriften. für Vegetationskd.* 28: 547-566
- SCHONFELDER, J. 2005: Typspezifische Referenzbedingungen und höchstes ökologisches Potenzial. In: LUA Brandenburg: Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Bericht zur Bestandsaufnahme für das Land Brandenburg (C-Bericht): 36-39
- STELZER, D. 2003: Makrophyten als Bioindikatoren zur leitbildbezogenen Seebewertung – Ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. *Diss. TU München*: 140 S.
- WEYER, K. VAN DE 2006: Klassifikation und Bewertung der Makrophytenvegetation der großen Seen in Nordrhein-Westfalen gemäß EG-Wasser-Rahmenrichtlinie. *LUA NRW, Merkblatt* 52: 108 S. <http://www.lua.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merk52/merk52.pdf>
- WEYER, K. VAN DE 2007a: Zur aquatischen Flora und Vegetation der Talsperren in Nordrhein-Westfalen. *Decheniana*. 160: 15-24
- WEYER, K. VAN DE 2007b: Die Bedeutung von Tauchuntersuchungen bei der Erfassung von Makrophyten in Seen und Fließgewässern. *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) – Tagungsbericht 2006 (Dresden)*: 708-713; 2007 (Werder)
- WEYER, K. VAN DE & SCHMIDT, C. 2007: Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armeleuchteralgen und Moose) in Deutschland. *im Auftr. MLUV. Nettetal, Potsdam*. 128 S.
- WIEGLEB, G. 1978: Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen hydrochemischen Umweltfaktoren und Makrophytenvegetation in stehenden Gewässern. *Arch. Hydrobiol.* 83: 443-484
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. 1998 (Hrsg.): *Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands*. Ulmer. Stuttgart. 765 S.

#### Anschriften der Verfasser:

Dr. Klaus van de Weyer, Patrick Tigges  
lanaplan  
Lobbericher Str. 5  
D-41334 Nettetal  
klaus.vdweyer@lanaplan.de

Jürgen Neumann,  
IDUS Biologisch Analytisches Umweltlabor  
GmbH  
Radebergerstr. 1  
D-01458 Ottendorf-Okrilla  
r.kruspe@idus.de

Prof. Dr. Werner Pietsch  
Am Tälchen 16  
D-01159 Dresden  
w.pietsch@gmx.de

Dr. Jens Pätzolt  
Landesumweltamt Brandenburg  
Seeburger Chaussee 2  
D-14467 Potsdam  
Jens.Paezolt@LUA.Brandenburg.de