

Langzeittrend der Makrophytenentwicklung in ausgewählten Klarwasserseen in Mecklenburg-Vorpommern

Auswertung des Makrophytenmonitorings im LRT 3140 in 10 Seen von 1998-2018

Arno Waterstraat, Friederike Möbius, Hans Jürgen Spieß

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wird eine Bilanz über die Makrophytenentwicklung in Klarwasserseen in Mecklenburg-Vorpommern über einen Zeitraum von 20 Jahren gegeben. Ausgewählt wurden im Jahr 1998 zehn geschichtete, oligotrophe bis mesotrophe kalkreiche Klarwasserseen, die damals als Referenz für die Beobachtung der Makrophytenentwicklung geeignet erschienen. Alle Seen entsprechen dem FFH-Lebensraumtyp 3140. In jedem Gewässer fanden 6-8 methodisch vergleichbare Bestandserfassungen der Unterwasservegetation zwischen 1998 und 2019 und ergänzende Übersichtskartierungen statt.

Obwohl sich die trophische Situation in allen Seen stabilisiert oder sogar leicht verbessert hat, wurden erhebliche Veränderungen der submersen Vegetation beobachtet. In der Gesamtheit der Seen kam es zu einer signifikanten Verringerung der Artenzahl, insbesondere der Armeuchteralgenarten, und der Deckung der Vegetation. Dagegen hat sich die Ausbreitung der Vegetation in der Tiefe kaum verändert.

Dies deutet darauf hin, dass neben der Trophie andere Faktoren wie die beobachteten starken Wasserstandsschwankungen, klimatische Einflüsse und der Fischbestand die Unterwasservegetation beeinflussen. Es bleibt zu beobachten, ob eingeleitete Schutzmaßnahmen, wie die Einstellung der Fischerei, die Entnahme überhöhter Fischbestände oder die Schaffung hydrologischer Schutzzonen langfristig zu einer Stabilisierung der Makrophytenvegetation führen.

1 Einleitung

Etwa 2000 Seenökosysteme und zehntausende natürliche Kleingewässer prägen in großer Differenziertheit das Landschaftsbild Mecklenburg-Vorpommerns. Sie gehören neben den noch ökologisch intakten Mooren zu den entwicklungsgeschichtlich ältesten natürlichen Ökosystemen, die nacheiszeitlich entstanden und erhalten sind. In vielen Gewässern kam es in den letzten Jahrzehnten zu starken, anthropogen bedingten Veränderungen, z.B. ihrer Einzugsgebiete, ihrer Wasserstände, der Nutzungsintensitäten. Viele der ehemals nährstoffarmen Seen sind inzwischen in einen eutrophierten Zustand übergegangen. Dies hat wiederum große Auswirkungen auf die Gewässerlebensgemeinschaften, insbesondere die Unterwasserpflanzengesellschaften, von denen ein großer Anteil aktuell gefährdet oder vom Aussterben bedroht ist.

Bereits in den 1980er Jahren begannen unter Federführung der Biologischen Station des Instituts für Naturschutz und Landschaftsforschung (ILN) der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR Vorbereitungen für ein Monitoringprogramm zur Beobachtung des Zustandes und der Entwicklung von nährstoffarmen Klarwasserseen. Dabei ging es sowohl um die Auswahl der Beobachtungsparameter und der Referenzgewässer sowie um die Entwicklung geeigneter Beobachtungsmethoden (Spieß 1990; Spieß & Skacelova 1995).

Diese Untersuchungen fanden parallel zu Schutzbemühungen für gefährdete Seen in weiteren Ländern Europas statt. Im Jahr 1992 wurden europaweit gefährdete Gewässerlebensräume in den Anhang 1 der Flora-Fauna-Habitatrichtlinie (FFH-RL) der Europäischen Union aufgenommen. In Mecklenburg-Vorpommern kommen bei den Standgewässern fünf und bei den Fließgewässern 2 Lebensraumtypen vor. Zur langfristigen Sicherung und Verbesserung des Erhaltungszustandes wurde auch in Mecklenburg-Vorpommern ein Schutzgebietsnetz aufgebaut. Für jedes dieser Gebiete wurden spezifische Managementpläne erarbeitet. Deren Umsetzung dient dazu den guten Erhaltungszustand der Lebensraumtypen zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Zusätzlich sind alle Vertragsstaaten verpflichtet, alle sechs Jahre Bericht über den Erhaltungszustand zu erstatten. Mecklenburg-Vorpommern hat im Rahmen eines bundesweiten Monitoringprogrammes regelmäßig Überwachungsdaten zu 60 Standgewässern und 6 Fließgewässerabschnitten zu erfassen.

Besonders charakteristisch für das nordostdeutsche Flachland (Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg) sind Seen des Lebensraumtyps „Oligo- und mesotrophe kalkhaltige Stillgewässer mit benthischer Armelechteralgen-Vegetation (Characeae)“ (Code Nr. 3140; Teppke 2012). Der LRT 3140 weist zudem flächenmäßig den größten Anteil an den Seen in Mecklenburg-Vorpommern auf. Die Untersuchungen konzentrierten sich daher zunächst auf diesen Lebensraumtyp. Auch zwei weitere Auswahlkriterien konnten nur durch den LRT der kalkreichen Seen mit Armelechteralgenvegetation erfüllt werden. Zum einen sollten die Untersuchungsgewässer zu Projektbeginn Referenzseen im guten Erhaltungszustand mit hohen Artenzahlen sein (ermittelt aus Voruntersuchungen). Außerdem sollte die Vegetationserfassung mit quantitativen Methoden durchgeführt werden, was bei den meisten Seen nur durch Tauchuntersuchungen geht. Daher wurde dieser Gewässertyp bereits viele Jahre vor der Installation des FFH-Monitorings in das naturschutzorientierte Umweltbeobachtungsprogramm Mecklenburg-Vorpommerns aufgenommen (Spieß et al. 2005). 1998 wurde zunächst mit zunächst 10 Gewässern des FFH-LRT 3140 begonnen.

Neben den chemischen und physikalischen Parametern wie z.B. Eindringtiefen des Lichtes (Sichttiefen), Nährstoffkonzentrationen oder Huminstoffanteilen, die seit Jahrzehnten von Seiten der Wasserrwirtschaft zur Beobachtung eingesetzt werden, besteht der Naturschutzansatz vor allem in der Beobachtung von biologischen Komponenten, z.B. der Unterwasserpflanzen (submerse), des Planktons oder der Fischlebensgemeinschaften.

In Vorbereitung des ersten FFH-Monitoringberichtes im Jahr 2012 (Spieß et al. 2012) wurde die Zahl der Referenzgewässer in Mecklenburg-Vorpommern unter Berücksichtigung der Lebensraumtypen der FFH-RL auf inzwischen 60 erweitert. Dabei wurden auch weitere 11 Seen des LRT 3140 ausgewählt. Im Gegensatz zur ersten Auswahl wurde dabei darauf geachtet, unterschiedliche Gewässergößen- und Tiefen sowie verschiedene Nutzungsintensitäten und Erhaltungsgrade repräsentativ einzubeziehen.

Unter Beachtung der zur Verfügung stehenden finanziellen und personellen Mittel konzentrierten sich die Beobachtungen der Gewässerentwicklung auf die submersen, natanten und emersen Makrophyten. Dazu wurden die Parameter Artenzahl der submersen und natanten Makrophyten, Besiedlungsgrenze im Tiefenbereich (UMG) und Deckung der Vegetation als praktikabel getestet und entsprechende Verfahren entwickelt (Spieß et al. 2005). Mit dem 1998 auf der Basis des Naturschutzmonitoringkonzeptes für das Land Mecklenburg-Vorpommern (GNL 1996) begonnenen Monitoringprogramm wurden, wie oben bereits genannt, folgende Ziele angestrebt:

- Dauerbeobachtung von Struktur- und Funktionsparametern (Hydrophytenarten und -gesellschaften) in nährstoffarmen Seen;
- Speicherung der Ergebnisse in Umweltinformationssystemen (Datenbanken), die als Instrumente dienen für:
 - die Erarbeitung von Umweltqualitätszielen und Umweltstandards;
 - die Bereitstellung von aktuellen Zustandsdaten für die Raumplanung und Umweltberichterstattung;
 - die Früherkennung von Entwicklungstendenzen und gegebenenfalls Ableitung von Erhaltungsmaßnahmen;
 - Einschätzung der Wirksamkeit von Naturschutzmaßnahmen, z.B. Überwachung des Erhaltungszustandes entsprechend der FFH-Richtlinie (Arten, Lebensräume, Natura 2000 Gebiete).

Im Zusammenhang mit der Erweiterung der Zahl der Referenzgewässer an das bundesweite FFH-Bewertungsverfahren wurde im Jahre 2012 auch die Untersuchungsperiodik von 3 auf 6 Jahre verändert. Um jedoch die Kontinuität der Daten wenigstens in den seit 1998 quantitativ untersuchten 10 Seen zu sichern, wurde von der GNL e.V. seit 2013 die Untersuchung der Zwischentermine mit eigenen personellen und finanziellen Mitteln durchgeführt.

2 Methodik

Die methodischen Grundlagen für die FFH-Makrophytenkartierung in M-V wurde bereits Anfang der 2000er Jahre durch Spieß et al. (2005) gelegt und durch Spieß & Waterstraat (2011) publiziert.

In unseren Vegetationsuntersuchungen wurden submerse, natante und emerse Arten der Characeae, Vaucheriaceae, Wassermoose und Gefäßpflanzen zusammenfassend als Makrophyten bezeichnet. In diesem Zusammenhang werden im weiteren Verlauf die submersen und natanten Makrophyten auch als Hydrophyten bezeichnet.

Für die Tauchkartierung in Transekten wurden durch eine vorhergehende Übersichtskartierung geeignete und seetypische Transekte ausgewählt. Die folgende Tabelle zeigt, dass mit Ausnahme des Schmalen Luzins alle anderen Seen jeweils 2 Übersichtskartierungen und 6-7 Transektkartierungen aufweisen. Paradoxe Weise war das Restaurationsprojekt dieses Sees die Ursache für das Datendefizit. Im Zuge des Effizienzmonitorings dieser Seenrestoration wurden auch die Makrophyten durch die Wasserbehörden nach dem alternativen Wasserrahmenrichtlinienverfahren erfasst und ausgewertet. Leider ging dies zu Lasten der Intensität des FFH-Monitorings, da die wechselnden Bearbeiter des WRRL-Monitorings ihr Augenmerk ausschließlich auf ihr Verfahren legten.

Tab. 1: Ziele, Beobachtungsparameter und Untersuchungsverfahren (nach Spieß & Waterstraat 2011)

Qualitative bzw. halbquantitative Erfassung der Gewässervegetation der Standgewässer Mecklenburg-Vorpommerns (Kartierung)	Quantitative Dauerbeobachtung der Hydrophyten in ausgewählten Referenzgewässern (Monitoring)
Zielstellung Einmalige Erfassung des Istzustandes der Makrophyten im amphibischen und im Wasserbereich (Characeae, Vaucheriaceae, Wassermoose und Gefäßpflanzen) als Element zur Bewertung und Einstufung des Erhaltungszustands (FFH-RL) bzw. des ökologischen Zustands der Seen (WRRRL). Das Bestimmungsniveau bewegt sich auf Artebene.	Zielstellung Dauerbeobachtung der Hydrophyten im Wasserbereich (Characeae, Vaucheriaceae, Wassermoose und Gefäßpflanzen) als wesentliche Elemente zur Kontrolle der langfristigen Entwicklung des Erhaltungszustands bzw. des ökologischen Zustands der Seen. Das Bestimmungsniveau bewegt sich auf Artebene.
Beobachtungsparameter Untere Besiedlungsgrenze der Hydrophyten (inkl. Vaucheria-Arten und Wassermoose) Gesamtartenzahl Vegetationsstruktur von Characeae besiedelte Gewässerfläche Habitatstruktur (Ufer und angrenzende Bereiche) Nutzung angrenzender Bereiche sowie Beeinträchtigungen und Gefährdungen	Beobachtungsparameter Untere Besiedlungsgrenze der Hydrophyten (inkl. Vaucheria-Arten und Wassermoose) Gesamtartenzahl (Transecte und gesamtes Gewässer) Artendiversität und Artmächtigkeit in DBF Deckungsgrad der Hydrophyten in den Transecten
Verfahren Übersichtskartierung der Seenfläche (50 ha ca. 100 Punkte) und Transectbearbeitung (50 ha vier Transecte) mittels Einsatz von Krautanker und Sichtrohr keine festgelegte Untersuchungsperiodik	Verfahren Bearbeitung von eingerichteten Dauertransecten (4-6 pro Gewässer) mit Dauerbeobachtungsflächen (DBF) mittels Tauchereinsatz (Periodik: 3 Jahre) Übersichtskartierung (Periodik: 6 Jahre)

Tab. 2: Überblick über die Untersuchungsintensität

See	Start der Kartierung	Anzahl Transect-untersuchungen	Anzahl Übersichts-untersuchungen
Bergsee	2000	6	2
Drewitzer See	1998	7	2
Großer Bodensee	2000	7	2
Janker See	2000	7	2
Krakower Obersee	2000	6	2
Krüselinsee	2001	6	2
Langhäger See (Süd)	2000	7	2
Schmaler Luzin	2000	5	1
Waschsee	1998	7	2
Zwirnsee	1998	7	2

Die im Gelände erhobenen Daten wurden zunächst online in die vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie gepflegte Datenbank DbMonArt eingegeben. Anschließend erfolgte der Export in eine Excel-Tabelle, in der eine standardisierte Primärauswertung stattfand. Statistische Auswertungen wurden nur für den Gesamtdatensatz aller Seen in ihrem zeitlichen Verlauf vorgenommen. Mit dem Statistikprogramm R wurde ein lineares Regressionsmodell der Mediane ausgeführt.

3 Seenbeschreibung

Die Auswahl der Referenzgewässer erfolgte unter Einbeziehung der Literatur, von Expertenwissen und der Konsultation mit den staatlichen Ämtern auf der Basis folgender Kriterien:

- weitgehend natürlicher Erhaltungszustand hinsichtlich Trophiestatus und lebensraumtypischer Hydrophytengesellschaften;
- möglichst abgeschlossene Lage in großflächigen Schutzgebieten und eingebettet in Wälder mit Pufferwirkung, dadurch geringe stoffliche Belastung durch kommunale, industrielle und landwirtschaftliche Quellen;
- möglichst Referenzgewässer in allen typischen Landschaftsräumen der Landschaftszone „Höhenrücken und Mecklenburgische Seenplatte“ erfassen (Spieß & Skacelova 1995, Spieß et al. 1999).

Mit der Einbeziehung der beiden Gewässer Krakower Obersee und Schmalen Luzin wurde das Ziel verfolgt, neben den noch gut erhaltenen Gewässern, auch die Entwicklung in geschädigten (eutrophierten Gewässern) zu verfolgen. Im Schmalen Luzin fand in den 1990er Jahren eine Seerestaurierung statt, deren Auswirkung auf die submerse Vegetation galt es zu dokumentieren. Der Krakower Obersee entsprach dem FFH-Lebensraumtyp 3140, er befand sich nach ersten Voruntersuchungen aber Ende der 1990er Jahre in einem schlechten ökologischen Zustand.

3.1 Lage

Die Abb. 1 zeigt, dass sich die noch in einem guten ökologischen Zustand erhaltenen Gewässer im Bereich der Landschaftszone „Höhenrücken und Mecklenburgische Seenplatte“ (Landkreise Rostock und Mecklenburgische Seenplatte) befinden. Bergsee und Janker See liegen in den „Sandergebieten der Mecklenburger Großseenlandschaft“. Im „Sandergebiet des Neustrelitzer Kleinseenlandes“ befinden sich Großer Bodensee, Langhäger See (Süd), Krüselinsee, Waschsee und Zwirnsee, der Schmale Luzin liegt im Bereich der Endmoräne im Sander und Braunerdebereich. Im „Krakower Seen und Sandergebiet“ befinden sich der Krakower Obersee, in die nördlich in die kuppige Grundmoräne ragend, und der Drewitzer See mit Bereichen von unterschiedlicher Beschaffenheit (Sander sowie Fahl- und Braunerden).

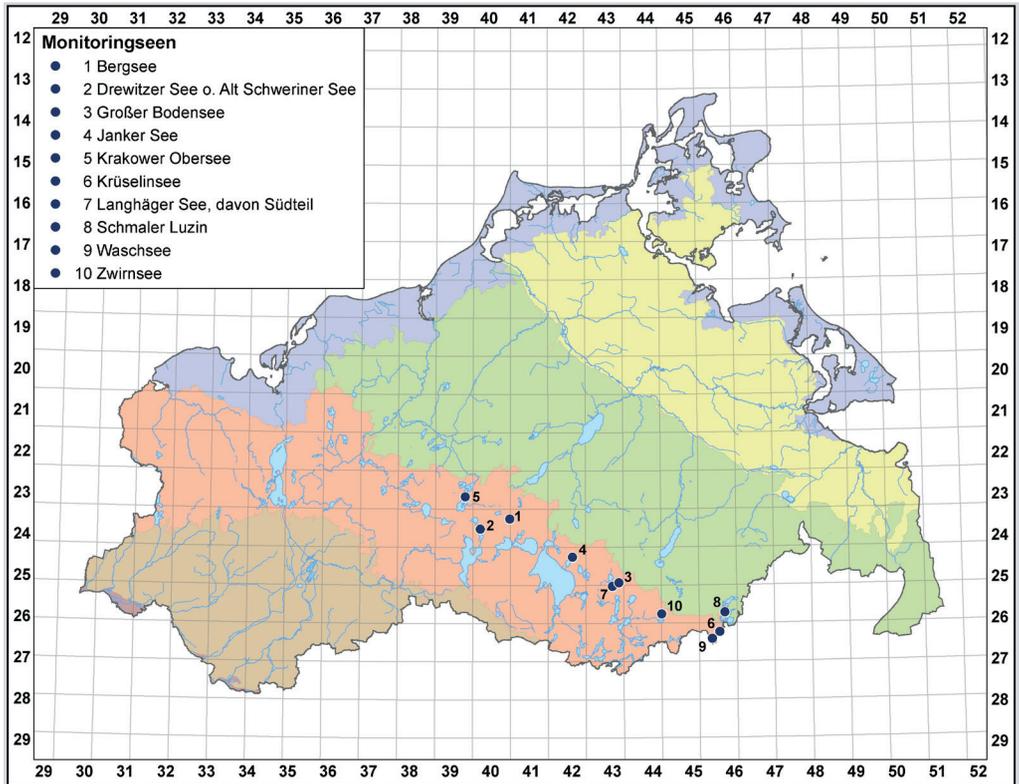


Abb. 1: Lage der Monitoringgewässer

Tab. 3: Schutzstatus, Uferschutzstreifen und Nutzungen im seennahen Einzugsgebiet

Gewässer	Schutzstatus	Ufer	Flächennutzung im Einzugsbereich
Bergsee	NSG, FFH	Wald und Gehölzsaum	ca. je 50 % Wald und Landwirtschaft
Drewitzer See	NSG, FFH	Wald und Gehölzsaum	überwiegend Wald
Gr. Bodensee	Nationalpark, FFH		Wald
Janker See	Nationalpark, FFH	Wald	Wald
Krakower Obersee	NSG, FFH	Gehölzsaum verschiedener Breite	Landwirtschaft, kaum Wald
Krüselinsee	NSG, FFH	westlich Gehölzsaum, sonst Wald	Wald, westlich Weiden
Langhäger See (Süd)	Nationalpark, FFH	Wald	Wald
Schmaler Luzin	NSG, FFH	Schmale Hangwälder	überwiegend Landwirtschaft
Waschsee	NSG, FFH	Wald	Wald
Zwirnsee	Nationalpark, FFH	Wald	Wald

3.2 Gewässerparameter

Bei den Untersuchungsgewässern handelt es sich ausschließlich um geschichtete Seen, die jedoch mit Ausnahme des Schmalen Luzins einen hohen Litoralanteil mit einer mittleren Tiefe unter 10 m aufweisen. 7 der 10 Seen können als relativ kleiner bis mittelgroßer See angesprochen werden. Daneben kommen ein großer und zwei sehr große Seen vor. Nach Mauersberger (2006) können alle Seen als Grundwasserseen bezeichnet werden, wobei jedoch sowohl der Schmale Luzin als auch der Krakower Obersee einen beträchtlichen Oberflächenzufluss haben, der aber zu gering ist um sie als Fließsee zu bezeichnen. Schließlich weist der Krüselinsee eine weitere Besonderheit auf, da er über das Grundwasser einen beträchtlichen Anteil des Abflusses der oberen Feldberger Seen erhält.

Tab. 4: Morphologische und hydrologischer Überblick über die Monitoringseen

See	Fläche in ha	Tiefe in m	Tiefe in m	Hydrologischer Seetyp
Bergsee	59,1	15,0	6,4	Grundwassersee
Drewitzer See	691,9	31,3	9,7	Grundwassersee
Großer Bodensee	36,6	18,0	6,9	Grundwassersee
Janker See	19,2	13,1	6,7	Grundwassersee
Krakower Obersee	798,7	28,3	7,5	Grundwassersee*
Krüselinsee	62,8	18,7	8,6	Grundwassersee
Langhäger See (Süd)	29,0	15,2	4,8	Grundwassersee
Schmaler Luzin	144,9	33,5	14,5	Grundwassersee*
Waschsee	16,9	15,6	5,9	Grundwassersee
Zwirnsee	39,7	16,8	8,0	Grundwassersee

* mit Oberflächenzufluss

Die Berechnung der Trophie nach den potentiell natürlichen Nährstoffeinträgen erfolgte nach (LAWA 1999) auf der Grundlage des Geodatenbestandes des Landes M-V. Dabei wurde auf die digitalen Datenbestände des Landes zu den Seen, Einzugsgebieten, Abflusspenden der Einzugsgebiete, Nutzungstypen und zur Geologie zurückgegriffen. Wenn im oberirdischen Einzugsgebiet der Seen weitere Seen vorkamen, wurde jeweils die potentielle Trophie dieser Seen berechnet und die Phosphorfracht dieses Teileinzugsgebietes durch Multiplikation der berechneten mittleren Phosphorkonzentration im See mit dem mittleren Jahresabfluss ermittelt. Diese Phosphorfracht wurde dem darunterliegenden Einzugsgebiet hinzugerechnet. Die Angaben zur potentiellen Trophie nach Kenngrößen der Seenbeckenmorphologie wurden vom Datenbestand des Seenreferates des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt M-V übernommen. Bei Abweichungen beider Bewertungen ist für geschichtete Seen nach LAWA (1999) eine Einzelfallprüfung vorgesehen, im Zweifel ist der geringere Trophiegrad als Bewertungsgrundlage heranzuziehen.

Alle Gewässer sind nach ihrer potentiellen Trophie mesotroph bzw. oligotroph. Dabei fällt auf, dass die Berechnung nach dem potentiell natürlichen Nährstoffeintrag wesentlich häufiger einen ehemals oligotrophen Referenzzustand ausweist und damit vermutlich die Realität der Seen besser beschreibt.

Die stärkste aktuelle Abweichung vom Referenzzustand weist der Krakower Obersee auf, der als einziger See sich aktuell im Übergang zum eutrophen Zustand befindet. Der Schmale Luzin hat in den letzten 20 Jahren auf Grund der Seerestaurierung in den Jahren 1996-2000 (Koschel et al. 2001) die deutlichste Verbesserung bei der Wiederherstellung seiner Gewässergüte vollzogen. Verringerte Einträge aus den Einzugsgebieten führten auch beim Drewitzer See und Krüselinsee zu einer Verringerung der Trophie.

Auch die Säure-Basen-Stufen (Mauersberger 2006) zeigen kein einheitliches Bild für alle Seen. Vorherrschend sind alkalisch-kalkreiche Bedingungen, doch mehrere Seen befinden sich bereits im Übergang zu alkalisch-kalkarmen Bedingungen.

Tab. 5: Trophie/Säure-Basen-Stufe

See	potentielle Trophie (nach Morphologie)	potentielle Trophie (nach potentiell natürlichem Nährstoffeintrag)	aktuelle Trophie	Jahr	Säure-Basen-Stufe
Bergsee	mesotroph	oligotroph	mesotroph (1,9)	1996	alkalisch-kalkreich
			mesotroph (2,0)	2002	
			mesotroph (1,7)	2007	
			mesotroph (2,0)	2011	
			mesotroph (1,8)	2014	
Drewitzer See	mesotroph	mesotroph	mesotroph (2,3)	1995	alkalisch-kalkarm, im Übergang zu alkalisch-kalkreich
			mesotroph (1,8)	1998	
			mesotroph (1,5)	2006	
			mesotroph (1,6)	2009	
			mesotroph (1,6)	2012	
Janker See	mesotroph	mesotroph	mesotroph (1,6)	2000	alkalisch-
Großer Bodensee	mesotroph	mesotroph	mesotroph (1,7)	1998	alkalisch-kalkreich
			mesotroph (1,5)	2002	
			mesotroph (1,8)	2010	
Krakower Obersee	mesotroph	oligotroph	eutroph 1 (2,6)	1995	alkalisch-kalkreich
			eutroph 1 (2,6)	1999	
			mesotroph (2,4)	2006	
			mesotroph (2,4)	2009	
			eutroph 1 (2,5)	2011	
Krüselinsee	mesotroph	oligotroph	mesotroph (2,1)	1995	alkalisch-kalkreich
			mesotroph (1,7)	1998	
			mesotroph (1,6)	2004	
			mesotroph (1,6)	2008	
			mesotroph (1,8)	2011	
			oligotroph (1,1)	2013	
Langhäger See (Süd)	mesotroph	mesotroph	mesotroph (1,8)	1998	alkalisch-kalkarm, im Übergang zu alkalisch-kalkreich
			mesotroph (1,7)	2002	
			mesotroph (1,8)	2010	

See	potentielle Trophie (nach Morphologie)	potentielle Trophie (nach potentiell natürlichem Nährstoffeintrag)	aktuelle Trophie	Jahr	Säure-Basen-Stufe
Schmaler Luzin	oligotroph	oligotroph	mesotroph (1,9)	1994	alkalisch-kalkreich
			mesotroph (1,9)	1997	
			mesotroph (1,7)	1998	
			mesotroph (1,6)	1999	
			mesotroph (1,5)	2000	
			mesotroph (1,6)	2001	
			mesotroph (1,7)	2002	
			mesotroph (1,6)	2003	
			mesotroph (1,5)	2004	
			oligotroph (1,4)	2005	
			oligotroph (1,4)	2006	
			oligotroph (1,4)	2007	
			oligotroph (1,5)	2008	
			oligotroph (1,4)	2009	
			mesotroph (1,7)	2010	
			oligotroph (1,4)	2011	
			oligotroph (1,4)	2012	
			oligotroph (1,3)	2013	
			oligotroph (1,3)	2014	
			oligotroph (1,3)	2015	
mesotroph (1,7)	2016				
oligotroph (1,4)	2017				
		mesotroph (1,9)	1995		
Wachsee	mesotroph	oligotroph-mesotroph	mesotroph (2,1)	2002	alkalisch-kalkreich
			mesotroph (1,5)	2016	
			mesotroph (1,6)	1998	
Zwirnsee	mesotroph	mesotroph	mesotroph (1,5)	2004	alkalisch-kalkarm
			oligotroph (1,4)	2017	

4 Hydrophytenentwicklung in den einzelnen Seen

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht der vorkommenden Arten in den einzelnen Seen in zwei Zeiträumen dargestellt. Beide Zeiträume schließen die Transekt- und die Übersichtskartierungen mit ein. Alle Untersuchungsgewässer sind durch eine hohe Artenzahl an Hydrophyten gekennzeichnet. Mit Ausnahme vom Schmalen Luzin und Krakower Obersee sind mindestens 10 Armluchteralgenarten charakteristisch. Auch bei den höheren Pflanzen weisen nur Langhäger See, Wachsee und Janker See weniger als 10 Arten auf. Mit Ausnahme des Krakower Obersees und Schmalen Luzins (5 bzw. 8 Arten) kommen in allen Seen mindestens 10 lebensraumtypische Arten vor. Das entspricht einer hervorragenden Einstufung dieses Parameters in der LRT-Bewertung.

Die Diskussion der Veränderungen erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln.

Tab. 6: Übersicht über die Artvorkommen in den Seen Bergsee, Drewitzer See, Großer Bodensee, Janker See, Krakower Obersee (**fett**= besonders charakteristische Arten für den LRT 3140)

	Bergsee		Drewitzer See		Großer Bodensee		Janker See		Krakower Obersee	
	1998-2006	2009-2018	1998-2007	2010-2018	2000-2009	2012-2018	2000-2009	2012-2018	1998-2006	2009-2018
ARMLEUCHTERALGEN/ ALGEN										
<i>Chara aculeolata</i>			x				x	x		
<i>Chara aspera</i>			x	x						
<i>Chara contraria</i>	x	x	x	x	x		x	x	x	x
<i>Chara dissoluta</i>				x						
<i>Chara filiformis</i>	x	x	x	x	x		x	x		
<i>Chara globularis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Chara papillosa</i>		x	x	x	x					
<i>Chara subspinoso</i>	x	x	x	x	x		x	x		
<i>Chara tomentosa</i>	x	x	x	x	x		x	x		
<i>Chara virgata</i>	x	x	x	x	x		x	x	x	x
<i>Nitella flexilis</i>	x	x	x	x	x		x	x	x	
<i>Nitella mucronata</i>	x	x		x	x		x			
<i>Nitella opaca</i>	x	x	x	x	x		x			
<i>Nitella syncarpa</i>			x							
<i>Nitellopsis obtusa</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Tohyrella glomerata</i>			x							
<i>Vaucheria</i> sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MOOSE										
<i>Drepanocladus</i> sp.			x	x			x			
<i>Fontinalis antipyretica</i>	x	x		x	x		x		x	x
HÖHERE PFLANZEN										
<i>Callitriche</i> sp.										x
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>						x			x	
<i>Lemna minor</i>						x				
<i>Lemna trisulca</i>	x			x		x			x	x
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>			x							
<i>Myriophyllum verticillatum</i>					x	x				
<i>Najas marina</i> ssp. <i>intermedia</i>	x	x		x	x	x	x	x		x
<i>Najas lutea</i>					x	x			x	x
<i>Nymphaea alba</i>	x	x			x	x				
<i>Persicaria amphibia</i>	x	x								

	Bergsee		Drewitzer See		Großer Bodensee		Janker See		Krakower Obersee	
	1998-2006	2009-2018	1998-2007	2010-2018	2000-2009	2012-2018	2000-2009	2012-2018	1998-2006	2009-2018
<i>Potamogeton berchtoldii</i>			x						x	
<i>Potamogeton filiformis</i>			x							
<i>Potamogeton friesii</i>	x		x	x	x				x	x
<i>Potamogeton gramineus</i>									x	
<i>Potamogeton lucens</i>	x			x			x	x	x	
<i>Potamogeton natans</i>					x	x				
<i>Potamogeton praelongus</i>					x					x
<i>Potamogeton pusillus</i>			x	x	x				x	x
<i>Potamogeton x nitens</i>	x	x	x	x						
<i>Potamogeton x salicifolius</i>			x							
<i>Spirodela polyrrhiza</i>		x								
<i>Stratiotes aloides</i> sub.			x	x	x	x			x	x
<i>Utricularia vulgaris</i>		x			x	x		x	x	
davon Störzeiger *										
<i>Ceratophyllum demersum</i>	x	x	x	x	x	x			x	x
<i>Elodea canadensis</i>			x	x	x				x	x
<i>Myriophyllum spicatum</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x
<i>Potamogeton crispus</i>	x		x		x	x			x	
<i>Potamogeton pectinatus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	x	x	x	x			x		x	x
<i>Ranunculus circinatus</i>	x		x	x	x				x	x
<i>Zannichellia palustris</i>									x	x
Armleuchteralgen	10	11	14	13	11	2	11	9	5	3
Moose	1	1	1	2	1	0	2	0	1	1
Höhere Pflanzen	13	10	15	13	16	14	5	4	18	15
davon Störzeiger *	6	4	7	6	6	4	3	1	8	7
besonders charakteristische Arten	10	11	13	13	11	3	10	8	5	3

* Als Störzeiger werden diese Arten laut FFH-Richtlinie bezeichnet, wenn deren Deckungsanteil an der Wasservegetation höher als 10 % ist.

Tab.7: Übersicht über die Artvorkommen in den Seen Krüselinsee, Langhäger See (Süd), Schmalzer Luzin, Waschsee, Zwirnsee (**fett**= besonders charakteristische Arten für den IRT 3140)

	Krüselinsee		Langhäger See (Süd)		Schmalzer Luzin		Waschsee		Zwirnsee	
	2001-2007	2010-2016	2000-2009	2012-2018	2000-2006	2009-2013	1998-2007	2010-2016	1998-2007	2008-2016
ARMLEUCHTERALGEN/ALGEN										
<i>Chara aspera</i>			x	x			x		x	x
<i>Chara contraria</i>	x	x	x	x	x		x	x	x	x
<i>Chara filiformis</i>	x	x	x	x			x		x	
<i>Chara globularis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Chara hispida</i>			x						x	
<i>Chara papillosa</i>			x		x		x		x	
<i>Chara subspinosa</i>	x	x	x	x		x	x		x	x
<i>Chara tomentosa</i>	x	x	x	x			x	x	x	x
<i>Chara virgata</i>	x	x	x		x	x	x	x	x	x
<i>Nitella flexilis</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x
<i>Nitella mucronata</i>	x	x			x				x	x
<i>Nitella opaca</i>		x			x				x	
<i>Nitella syncarpa</i>							x			
<i>Nitellopsis obtusa</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Vaucheria</i> sp.	x	x			x	x			x	x
MOOSE										
<i>Drepanocladus</i> sp.					x					x
<i>Fontinalis antipyretica</i>	x	x			x	x	x			x
HÖHERE PFLANZEN										
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>			x							
<i>Lemna trisulca</i>					x	x				
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>			x		x		x	x	x	
<i>Myriophyllum verticillatum</i>							x			
<i>Najas marina</i> ssp. <i>intermedia</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Nuphar lutea</i>	x	x			x					
<i>Nymphaea alba</i>			x	x	x			x	x	x
<i>Persicaria amphibia</i>	x	x								
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	x					x				
<i>Potamogeton compressus</i>	x									

	Krüselinsee		Langhäger See (Süd)		Schmaler Luzin		Wachsee		Zwirnsee	
	2001-2007	2010-2016	2000-2009	2012-2018	2000-2006	2009-2013	1998-2007	2010-2016	1998-2007	2008-2016
<i>Potamogeton filiformis</i>			x		x				x	x
<i>Potamogeton friesii</i>	x	x			x	x				x
<i>Potamogeton lucens</i>					x	x			x	
<i>Potamogeton natans</i>			x	x					x	x
<i>Potamogeton praelongus</i>	x	x							x	x
<i>Potamogeton pusillus</i>	x				x					x
<i>Potamogeton x nitens</i>									x	
<i>Potamogeton x nerviger</i>	x	x								
<i>Potamogeton x salicifolius</i>		x								
<i>Stratiotes aloides</i> sub.		x								
<i>Utricularia vulgaris</i>	x	x		x	x			x		x
davon Störzeiger *										
<i>Ceratophyllum demersum</i>	x	x	x		x	x	x			
<i>Elodea canadensis</i>	x	x			x	x			x	
<i>Myriophyllum spicatum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Potamogeton crispus</i>			x	x	x		x	x		x
<i>Potamogeton pectinatus</i>	x	x		x	x	x			x	x
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	x	x			x	x			x	x
<i>Ranunculus circinatus</i>	x	x			x	x				
Armleuchteralgen/Algen	9	10	11	8	8	5	11	5	13	9
Moose	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2
Höhere Pflanzen	16	15	9	7	17	11	6	6	12	12
davon Störzeiger *	6	6	3	3	7	6	3	2	4	4
besonders charakteristische Arten	8	10	11	8	8	4	9	4	14	9

* Als Störzeiger werden diese Arten laut FFH-Richtlinie bezeichnet, wenn deren Deckungsanteil an der Wasservegetation höher als 10 % ist.

4.1 Bergsee

4.1.1 Vegetationsverhältnisse/Übersichtskartierung

Innerhalb des Monitoringzeitraumes gab es im Bergsee zwei Übersichtskartierungen.

2006 wurden 23 Arten, darunter 9 Armleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 12 m von *Vaucheria* sp. erreicht. Die Besiedelungsdichte mit Armleuchteralgen lag bei 66 % aller Hols

im Bereich der besiedelten Fläche von 0,7 m im Röhricht (*Chara tomentosa*) bis 8,5 m in der Tiefe (*Nitella opaca*).

2015 wurden 17 Arten, darunter 8 Armleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 9,5 m von *Nitella flexilis/opaca* erreicht. *Vaucheria* sp. erreichte nur maximale Tiefen von 8,1 m. Die Besiedlungsdichte mit Armleuchteralgen lag bei 54 % im Bereich der besiedelten Fläche von 0,3 m im Röhricht (*Chara virgata*) bis 9,5 m in der Tiefe (*Nitella flexilis/opaca*). Die Mehrheit der fehlenden Arten sind Laichkräuter, die 2006 auch nur vereinzelt vorkamen. Erstaunlich ist das Fehlen von *Najas marina* ssp. *intermedia* und *Chara contraria*. Dominierend sind nach wie vor die Großarmleuchteralgen-Grundrasen der mittleren Tiefen mit *Chara tomentosa*.

4.1.2 Transekt-Tauchkartierung

Zu Beginn der Untersuchungen lag die untere Ausbreitungsgrenze der Vegetation bei 7 m. Seit 2006 wurde eine Tiefenverschiebung auf 8 m beobachtet. Die UMG wird zumeist von *Vaucheria* sp. oder *Fontinalis antipyretica* gebildet.

In den Transekten wurden bisher 19 Hydrophytenarten gefunden, davon 10 Armleuchteralgenarten. Zu den einzelnen Terminen wurden im Durchschnitt 15 Arten, darunter 8-9 Armleuchteralgenarten gefunden. Die Deckung ist zu Beginn der 2000er Jahre stark angestiegen, um seitdem auf hohem Niveau zu bleiben. Dominierende Arten sind neben den genannten Arten in der Tiefe besonders *Chara tomentosa* und *Nitellopsis obtusa* mit dem Vorkommensschwerpunkt in mittleren Tiefen.

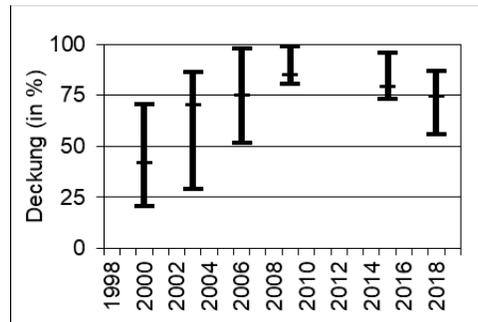
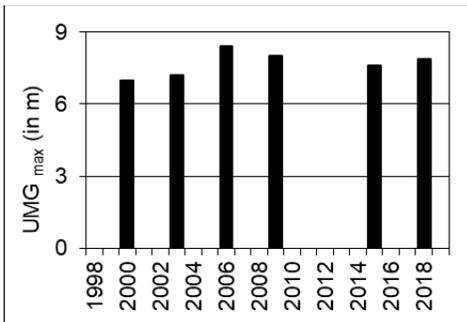


Abb. 2: Entwicklung der maximalen UMG im Bergsee

Abb. 3: Entwicklung der Deckung der Hydrophytenvegetation im Bergsee (Min./Max.)

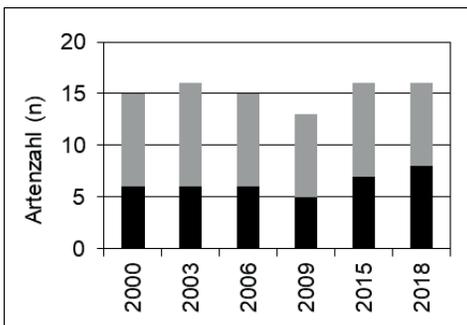


Abb. 4: Entwicklung der Artenzahl der Hydrophytenvegetation im Bergsee (grau = Characeen, schwarz = sonstige Hydrophyten)

4.2 Drewitzer See

4.2.1 Vegetationsverhältnisse/Übersichtskartierung

Innerhalb des Monitoringzeitraumes gab es im Drewitzer See zwei Übersichtskartierungen.

2007 wurden 27 Arten, darunter 12 Armelechteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 10,5 m von *Vaucheria* sp., *Nitella flexilis* und *N. opaca* erreicht. Die Besiedlungsdichte mit Armelechteralgen lag bei 70 % im Bereich der besiedelten Fläche von 0,7 m im Flachwasser (*Chara aspera*, *Ch. contraria*) bis 7,9 m in der Tiefe (*Nitellopsis obtusa*). Eine Besonderheit stellt der Fund eines kleinen Bestandes von *Tobypella glomerata* in 1,5 m Tiefe im Südosten des Sees dar. Diese Angabe ist, neben einer Angabe aus dem Malkwitzer See (2001), als erster Wiederfund für Mecklenburg-Vorpommern anzusehen. Mittlerweile gibt es auch Nachweise aus dem Inlensee bei Güstrow und der Müritz.

2016 wurden 25 Arten, darunter 11 Armelechteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 9,5 m von *Chara globularis* und *Nitella mucronata* erreicht. Die Präsenz der Armelechteralgen lag bei 51 % aller Hols im besiedelten Bereich von 0,1 m im Röhricht (*Chara aspera*, *Ch. contraria*, *Ch. globularis*) bis 9,5 m in der Tiefe (*Chara globularis* und *Nitella mucronata*). Nicht wieder gefunden wurden Kleinlaichkräuter wie *Potamogeton filiformis* und *P. berchtoldii*. Erstaunlich ist, dass *Najas marina* ssp. *intermedia* 2006 noch nicht auftrat, 2016 aber mehrfach.

2014 wurde erstmals in einem Transekt (T4) *Chara dissoluta* in nicht unerheblichen Mengen in einer Tiefenstufe von 4,3 – 7,5 m gefunden. Diese Art wurde erstmals für MV nachgewiesen. Weitere Funde in Deutschland liegen in einem Steinbruch bei Meesinghausen (Sauerland) und im Bodensee. Die taxonomische Situation dieser Art ist unsicher, möglicherweise handelt es sich um eine unberindete Form von *Chara contraria* (AG Characeen Deutschlands 2016).

4.2.2 Transekt-Tauchkartierung

Im Drewitzer See kam es in den letzten 20 Jahren zu einer deutlichen Tiefenverlagerung der UMG um 1,5 m auf aktuell 11 m. Dies könnte z.T. mit der Verbesserung der Trophie in den 1990er Jahren zusammenhängen. Die untere Besiedlungsgrenze wird vor allem durch *Vaucheria* sp. gebildet. Sowohl die Gesamthydrophytenartenzahl als auch die Artenzahl der Armelechteralgen blieb über die Jahre stabil. Insgesamt wurden in den Transekten 32 Arten nachgewiesen, darunter 14 Armelechteralgen. In den einzelnen Jahren wurden jeweils zwischen 18 und 21 Hydrophytenarten und 7-11 Armelechteralgenarten gefunden.

Auch die Hydrophytendeckung blieb im Mittel über die letzten 20 Jahre stabil bei 50 %. Dabei traten mit Ausnahme von 2004 in allen Jahren erhebliche Unterschiede zwischen den Transekten auf. Insbesondere Transekt 1 am Bornberg im Südwesten des Sees wurden in mehreren Jahren geringe Dichten gefunden.

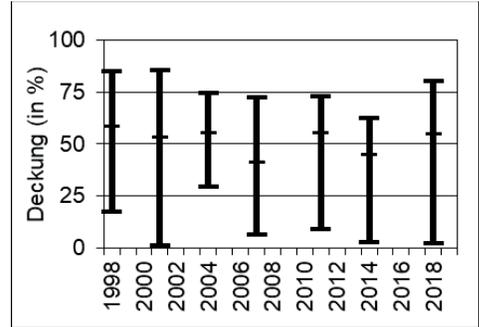
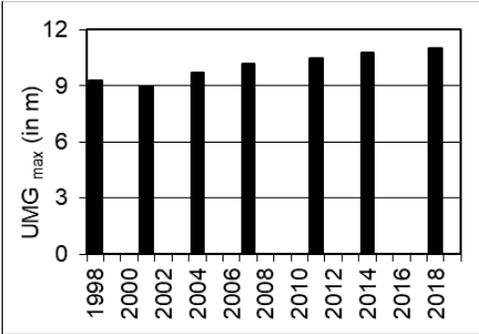
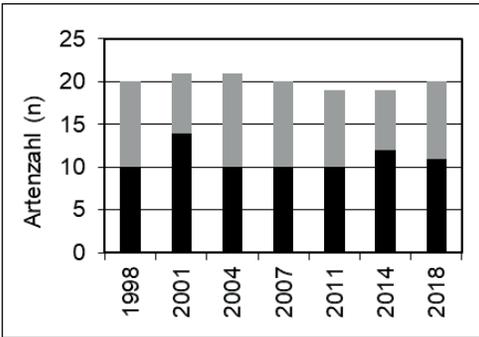


Abb. 5: Entwicklung der maximalen UMG im Drewitzer See

Abb. 6: Entwicklung der Deckung der Hydrophytenvegetation im Drewitzer See (Min./Max.)

Abb. 7: Entwicklung der Artenzahl der Hydrophytenvegetation im Drewitzer See (grau = Characeen, schwarz = sonstige Hydrophyten)



4.3 Großer Bodensee

4.3.1 Vegetationsverhältnisse/Übersichtskartierung

Innerhalb des Monitoringzeitraumes gab es im Großen Bodensee zwei Übersichtskartierungen.

2006 wurden 25 Arten, darunter 8 Armleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 8 m von *Vaucheria* sp. erreicht. Die Besiedlungsdichte mit Armleuchteralgen lag bei 22 % im Bereich der besiedelten Fläche von 1,2 m im Flachwasser (*Chara virgata*) bis 6 m in der Tiefe (*Nitella flexilis*, *Chara globularis*).

2015 wurden 13 Arten, darunter eine Armleuchteralgenart, kartiert. Die UMG wurde bei 6 m von *Ceratophyllum demersum* erreicht. Die Präsenz der Armleuchteralgen lag bei 3 % aller Hols im Bereich der besiedelten Fläche von 3,9 bis 4,9 m Tiefe (*Chara globularis*).

Die Ursache für den massiven Artenrückgang, insbesondere der Armleuchteralgen, ist vermutlich in der 2007 begonnenen Wiedervernässung der Bodenseesenke und der damit einhergehenden Anhebung des Seewasserspiegels und Nährstoffeintrags zu finden. Die Sichttiefe sank von 4-5 m vor der Vernässung auf nur noch 2,3 m 2012, inzwischen liegt sie zwischen 3 und 3,5 m.

4.3.2 Transekt-Tauchkartierung

Die maximale UMG schwankte in den ersten 6 Untersuchungen immer zwischen 5,8 und 7 m. 2018 verringerte sie sich jedoch auf nur noch 5,2 m. Wie bei den anderen Parametern wird als

Ursache die Veränderung des Wasserkörpers im Zuge der Wiedervernässung der Bodensee-Niederung gesehen.

In den Transekten wurden bisher insgesamt 29 Hydrophytenarten, darunter 11 Armelechteralgenarten nachgewiesen. Nach der Wiedervernässung sank jedoch die Artenzahl von im Mittel 19 Arten und 7 Armelechteralgenarten auf nur noch 12 Hydrophyten und 1 Armelechteralgenart (*Chara globularis* oder *Nitellopsis obtusa*). Die mittlere Hydrophytendeckung verringerte sich mit der Wiedervernässung von 25-30 % auf unter 10%. Aktuell beträgt sie wieder 14 %. Es dominieren zumeist eutraphante Arten wie *Ceratophyllum demersum* oder *Potamogeton crispus*. Nur im Transekt 4 am Ostufer dominiert *Stratiotes aloides*.

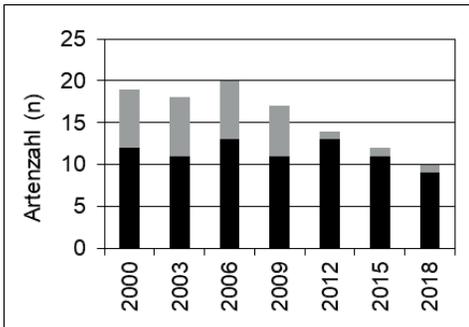
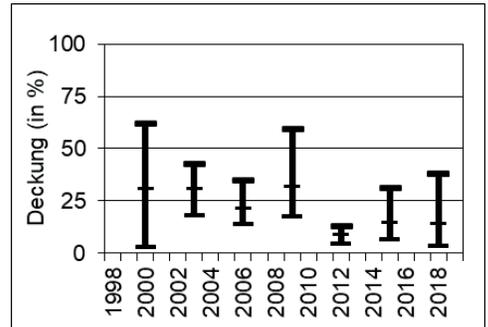
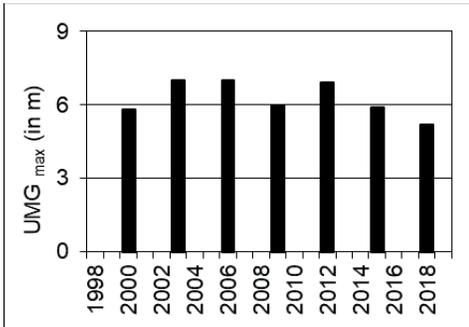


Abb. 8: Entwicklung der maximalen UMG im Großen Bodensee

Abb. 9: Entwicklung der Deckung der Hydrophytenvegetation im Großen Bodensee (Min./Max.)

Abb. 10: Entwicklung der Artenzahl der Hydrophytenvegetation im Großen Bodensee (grau = Characeen, schwarz = sonstige Hydrophyten)

4.4 Janker See

4.4.1 Vegetationsverhältnisse/Übersichtskartierung

Innerhalb des Monitoringzeitraumes gab es im Janker See zwei Übersichtskartierungen.

2006 wurden 18 Arten, darunter 10 Armelechteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 7,5 m von *Vaucheria* sp. erreicht. Die Besiedlungsdichte mit Armelechteralgen lag bei 50 % im Bereich der besiedelten Fläche von 1 m im Flachwasser (*Chara tomentosa*, *Ch. subspinoso*) bis 6 m in der Tiefe (*Chara tomentosa*). 2015 wurden 9 Arten, darunter 6 Armelechteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 5,8 m von *Chara globularis* und *Ch. contraria* erreicht. Die Präsenz der Armelechteralgen lag bei 28 % aller Hols im Bereich der besiedelten Fläche von 0,3 m im Flachwasser (*Chara subspinoso*, *Ch. tomentosa*) bis 5,8 m Tiefe (*Chara globularis*, *Ch. contraria*). Der

Rückgang an Arten ist gleichermaßen bei den Armleuchteralgen wie auch bei den Gefäßpflanzen erkennbar.

4.4.2 Transekt-Tauchkartierung

Im Janker See wurden maximale Ausbreitungstiefen der Vegetation zwischen 7,4 und 6,3 m ohne klare Tendenz beobachtet. Allerdings sind die zum Teil hohen Deckungen von *Nitella flexilis* oder *Vaucheria* sp. an der UMG verschwunden bzw. nur noch in Restbeständen vorhanden. Die Gesamtartenzahl der Hydrophyten unterliegt starken Schwankungen zwischen den Untersuchungsjahren. Insgesamt wurden bisher 16 Hydrophytenarten in den Transekten nachgewiesen, darunter 11 Characeenarten. Der Rückgang der Artenzahlen beruht vor allem auf dem Rückgang der Armleuchteralgenarten. Dabei fielen zuletzt besonders die anspruchsvollen *Nitella*-Arten und *Chara aculeolata* auf. Auch *Ch. filiformis* kam im Jahr 2000 im Transekt 2 im Südosten des Sees noch bestandsdeckend und in zwei anderen Transekten als Begleitart vor. Danach brach der Bestand in den Transekten bis auf wenige kleine Horste zusammen. Erst 2015 wurden in 2 Transekten (u.a. im Transekt 2) wieder etwas größere Bestände gefunden. 2018 tauchte die Art lediglich in Transekt 4 mit wenigen Individuen auf.

Insgesamt nahm die Deckung der Hydrophyten in den letzten 18 Jahren dramatisch ab und erreichte 2018 im Mittel 14,3 % (zwischen 0 und 33 %).

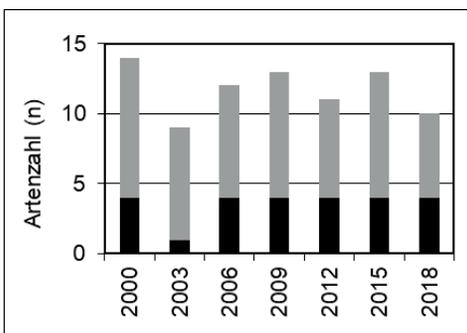
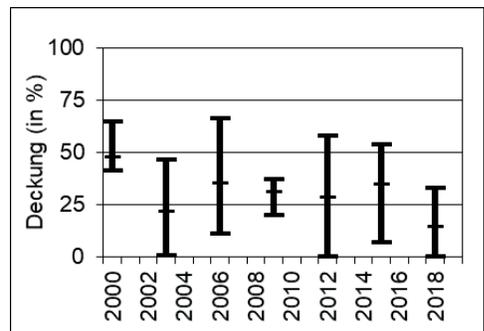
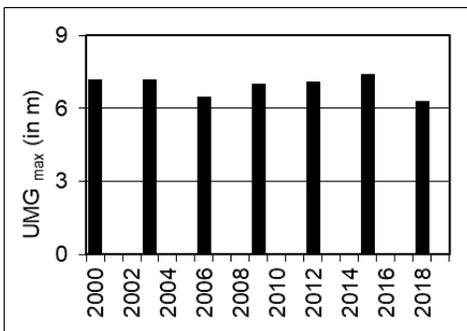


Abb. 11: Entwicklung der maximalen UMG im Janker See

Abb. 12: Entwicklung der Deckung der Hydrophytenvegetation im Janker See (Min./Max.)

Abb. 13: Entwicklung der Artenzahl der Hydrophytenvegetation im Janker See (grau = Characeen, schwarz = sonstige Hydrophyten)

4.5 Krakower Obersee

4.5.1 Vegetationsverhältnisse/Übersichtskartierung

Innerhalb des Monitoringzeitraumes gab es im Krakower Obersee in den Jahren 2003 (siehe auch Spieß & Bolbrinker 2008) und 2018 zwei Übersichtskartierungen.

2018 wurden 25 Arten, darunter 5 Armleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 7 m von *Fontinalis antipyretica* erreicht. Die Präsenz der Armleuchteralgen lag bei 16 % der Holz im Bereich der besiedelten Fläche von 0,4 m im Flachwasser (*Chara contraria*) bis 3,6 m in der Tiefe (*Nitellopsis obtusa*).

4.5.2 Transekt-Tauchkartierung

Die Lage der UMG hat sich in 4 der 6 Transekte geringfügig erhöht, in 2 Transekten kam es zu deutlich höheren Ausbreitungstiefen der Vegetation mit jedoch geringen Deckungen. Dies betraf sowohl das Nordostufer als auch das Südwestufer.

In den 7 bisherigen Untersuchungen wurden insgesamt 29 Hydrophyten-Arten nachgewiesen. In den einzelnen Jahren schwankte die Zahl um ± 20 Arten, in den einzelnen Transekten im Mittel bei 7 Arten. Sowohl die Artenzahl als auch die Zahl der Armleuchteralgen blieb über die Jahre konstant. Armleuchteralgen spielen in den Transekten nur eine untergeordnete Rolle. Von den bisher 5 nachgewiesenen Arten wurden in den einzelnen Untersuchungsjahren im Mittel 3-4 Arten erfasst. Die Deckung der Transekte ist rückläufig und erreichte 2018 den bisher niedrigsten Wert, obwohl die Trophie stabil geblieben ist. Insgesamt weist der See starke Defizite aus. Es sind dringend Managementmaßnahmen für eine Verbesserung der Gesamtsituation erforderlich.

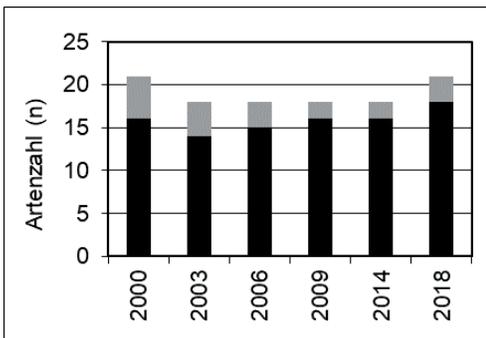
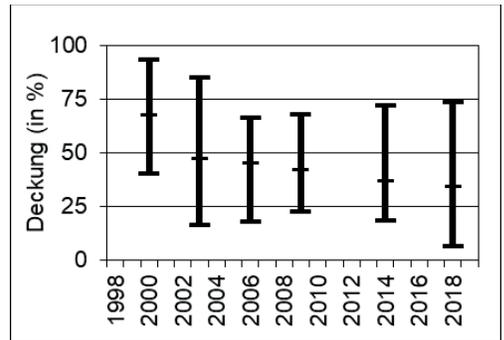
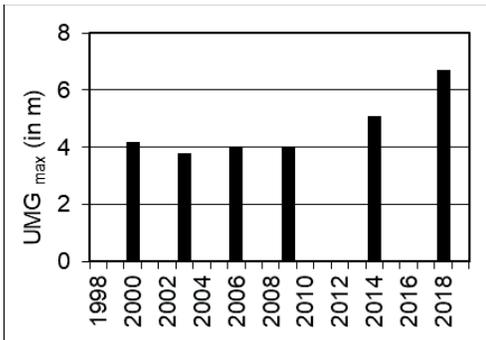


Abb. 14: Entwicklung der maximalen UMG im Krakower Obersee

Abb. 15: Entwicklung der Deckung der Hydrophytenvegetation im Krakower Obersee (Min./Max.)

Abb. 16: Entwicklung der Artenzahl der Hydrophytenvegetation im Krakower Obersee (grau = Characeen, schwarz = sonstige Hydrophyten)

4.6 Krüselinsee

4.6.1 Vegetationsverhältnisse/Übersichtskartierung

Innerhalb des Monitoringzeitraumes gab es im Krüselinsee zwei Übersichtskartierungen.

2004 wurden 23 Arten, darunter 9 Armleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 7,8 m von *Vaucheria* sp. erreicht. Die Besiedlungsdichte mit Armleuchteralgen lag bei 59 % im Bereich der besiedelten Fläche von 1 m im Flachwasser (*Chara subspinoso*, *Ch. tomentosa*) bis 6,5 m in der Tiefe (*Nitella mucronata*, *N. flexilis*).

2013 wurden 24 Arten, darunter 7 Armleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 11 m von *Vaucheria* sp. erreicht. Die Präsenz der Armleuchteralgen lag bei 77 % aller Hols im Bereich der besiedelten Fläche von 0,3 m im Flachwasser (*Chara subspinoso*, *Ch. virgata*) bis 9 m in der Tiefe (*Nitellopsis obtusa*). In der Übersichtskartierung von 2019 lag die Präsenz der Armleuchteralgen bei 67 %.



Abb. 17: Sternarmleuchteralgen-Grundrasen im Krüselinsee

Foto: W. Fiedler

4.6.2 Transekt-Tauchkartierung

Im Krüselinsee kam es zu einer deutlichen Tiefenverschiebung der UMG seit 2010 um einen bis zwei Meter gegenüber den 2000er Jahren auf aktuell 10-11 m. Einher ging dies mit der Verbesserung der Trophie und Erhöhung der Transparenz. Im See wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum in den Transekten stabile Artenzahlen festgestellt. Insgesamt wurden bisher 30 Hydrophytenarten, darunter 10 Armleuchteralgenarten, nachgewiesen. In den einzelnen Jahren schwankten diese Werte zwischen 20 und 25 Hydrophytenarten und 7 bis 9 Armleuchteralgenarten. Auch die mittleren Deckungen der Hydrophyten in den Deckungen schwankten mit einer Ausnahme 2004 immer um 75 %. Die Auswertung der

Untersuchungsergebnisse von 2019 zeigte allerdings wieder einen Rückgang der mittleren Transektdeckung auf unter 60 %. Auch die Zahl der nachgewiesenen Characeenarten sank auf nur noch 6 Arten. Die Vegetation an der UMG wird zumeist durch *Vaucheria* sp., *Nitella*-Arten, *Nitellopsis obtusa* und 2016 in Transekt 4 erstmals durch *Ceratophyllum demersum* gebildet.

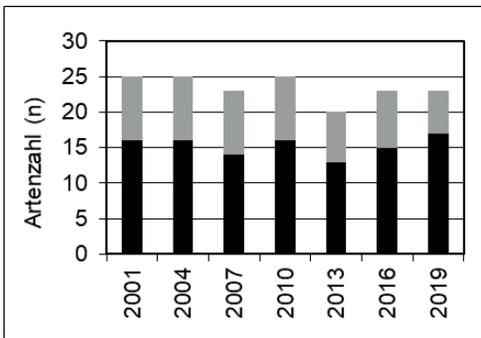
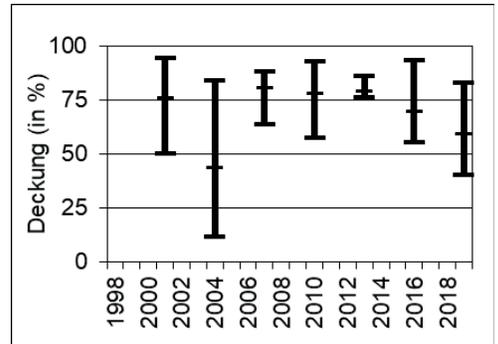
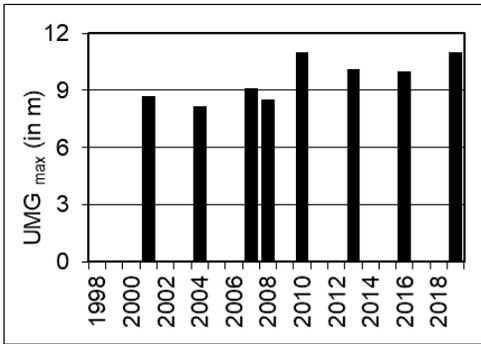


Abb. 18: Entwicklung der maximalen UMG im Krüselinsee

Abb. 19: Entwicklung der Deckung der Hydrophytenvegetation im Krüselinsee (Min./Max.)

Abb. 20: Entwicklung der Artenzahl der Hydrophytenvegetation im Krüselinsee (grau = Characeen, schwarz = sonstige Hydrophyten)

4.7 Langhäger See (südliches Seebecken)

4.7.1 Vegetationsverhältnisse/Übersichtskartierung

Innerhalb des Monitoringzeitraumes gab es im Langhäger See (Süd) zwei Übersichtskartierungen.

2006 wurden 14 Arten, darunter 9 Armleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 5,5 m von *Chara tomentosa* erreicht. Die Präsenz der Armleuchteralgen lag bei 55 % aller Hols im Bereich der besiedelten Fläche von 0,8 m im Flachwasser (*Chara subspinoso*) bis 5,5 m in der Tiefe (*Chara tomentosa*).

2015 wurden 10 Arten, darunter 6 Armleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 5 m von *Chara tomentosa* und *Nitellopsis obtusa* erreicht. Die Besiedelungsdichte mit Armleuchteralgen lag bei 31 % im Bereich der besiedelten Fläche von 1 m im Flachwasser (*Chara aspera*, *Ch. contraria*) bis 5 m in der Tiefe (*Chara tomentosa*, *Nitellopsis obtusa*).

4.7.2 Transekt-Tauchkartierung

Die maximale untere Ausbreitungsgrenze der Hydrophyten schwankte in den Transekten in den letzten 18 Jahren geringfügig und lag im Mittel bei 6 m. Eine Tendenz ist nicht zu erkennen.

Bisher wurden in den Transekten insgesamt 20 Hydrophytenarten nachgewiesen, darunter 10 Armleuchteralgen. Insbesondere die Anzahl der Armleuchteralgen nahm drastisch ab, zunächst Anfang der 2000er Jahre von 10 auf 6-8 Arten und aktuell 2018 auf nur noch 2 Arten. Dagegen erhöhte sich zunächst die Zahl der sonstigen Hydrophytenarten bis 2012 von 3 auf 6 Arten. Zu den Neunachweisen zählten auch euträphente Arten wie *Potamogeton crispus* und *Ceratophyllum demersum*. 2018 wurden neben den beiden Armleuchteralgenarten nur noch 3 weitere Makrophytenarten gefunden.

Dramatisch verringerte sich die Deckung der Hydrophyten. Wurden zu Beginn der 2000er Jahre noch eine nahezu flächige Deckung der Armleuchteralgen festgestellt, verringerte sich dies stetig. Auch die zwischenzeitliche Stabilisierung bei 25 % war nur ein Zwischenschritt. Aktuell schwankt die Deckung zwischen 2,3 und 0,15 % in den einzelnen Transekten.

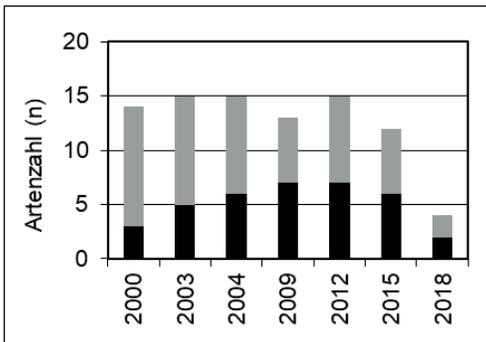
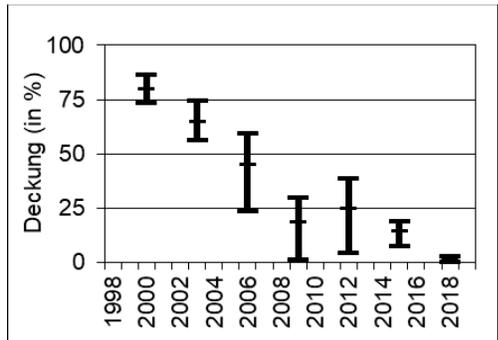
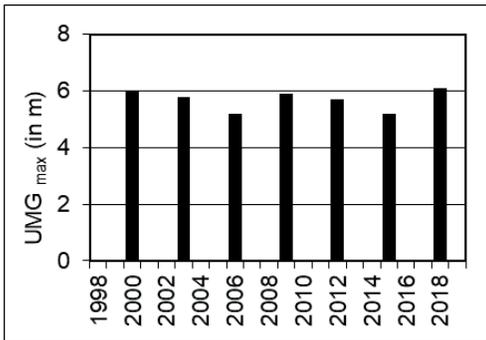


Abb. 21: Entwicklung der maximalen UMG im Langhäger See

Abb. 22: Entwicklung der Deckung der Hydrophytenvegetation im Langhäger See (Min./Max.)

Abb. 23: Entwicklung der Artenzahl der Hydrophytenvegetation im Langhäger See (grau = Characeen, schwarz = sonstige Hydrophyten)

4.8 Schmaler Luzin

4.8.1 Vegetationsverhältnisse/Übersichtskartierung

Innerhalb des Monitoringzeitraumes gab es im Schmalen Luzin eine Übersichtskartierung.

2006 wurden 22 Arten, darunter 5 Armleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 10 m von *Nitella flexilis* und *Fontinalis antipyretica* ermittelt. Die Präsenz der Armleuchteralgen lag bei 13 % aller Hols im Bereich der besiedelten Fläche von 1,0 m im Flachwasser (*Chara contraria*) bis 10 m in der Tiefe (*Nitella flexilis*).



Abb. 24: Tausendblatt-Tauchflur im Südbecken des Schmalen Luzins.

Foto: W. Fiedler

4.8.2 Transekt-Tauchkartierung

Beim Schmalen Luzin ist die Datenreihe durch das Fehlen des Datensatzes von 2012 leider nicht vollständig. Durch die deutliche Verbesserung der Gewässergüte sank auch die maximale UMG in den Transekten in den 2000er Jahren auf 9-12 m. 2009 wurden sogar noch in 15 m Einzelpflanzen von *Fontinalis antipyretica* gefunden. Größere Bestände von *Vaucheria* sp. oder *Nitella flexilis* kamen jedoch nur bis 10 m Tiefe vor.

Insgesamt wurden 26 Arten der Hydrophyten, darunter 8 Armleuchteralgenarten nachgewiesen. Interessanterweise verringerte sich nach der Sanierung zunächst die Artenzahl von zunächst 20 auf 15-16 Arten. Insbesondere wurden seitdem mehrere Laichkräuter (*P. pusillus*, *P. crispus*, *P. filiformis*), *Utricularia vulgaris* und *Chara contraria* nicht mehr nachgewiesen.

Zur hohen Deckung im Jahr 2000 trugen neben *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus*, *P. frisii* und *Nitellopsis obtusa* auch eine später nicht vorkommende fädige Grünalge mit ca. 15 % Deckung bei. Doch auch ohne diese Alge reduzierte sich im steilscharigen See mit wenig optimalen Substraten in den Tiefen der Transekte die Deckung auf ca. 25 % im Mittel.

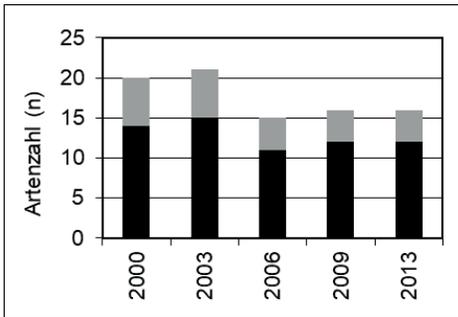
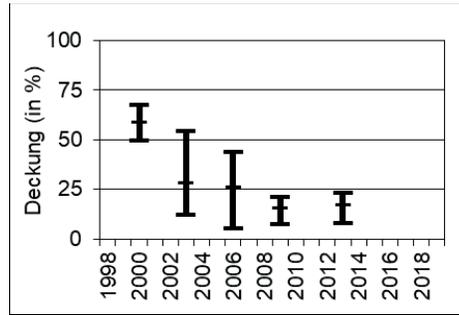
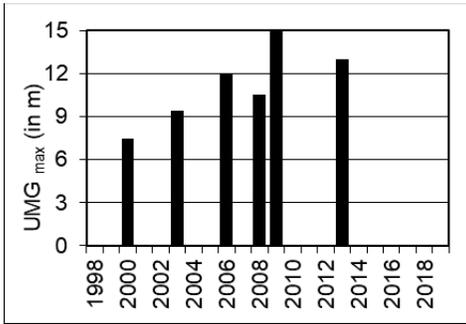


Abb. 25: Entwicklung der maximalen UMG im Schmalen Luzin

Abb. 26: Entwicklung der Deckung der Hydrophytenvegetation im Schmalen Luzin (Min./Max.)

Abb. 27: Entwicklung der Artenzahl der Hydrophytenvegetation im Schmalen Luzin (grau = Characeen, schwarz = sonstige Hydrophyten)

4.9 Waschsee

4.9.1 Vegetationsverhältnisse/Übersichtskartierung

Innerhalb des Monitoringzeitraumes gab es im Waschsee drei Übersichtskartierungen.

2007 wurden 10 Arten, darunter 5 Armeleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 4,9 m von *Najas marina* ssp. *intermedia* erreicht. Die Präsenz der Armeleuchteralgen lag bei 33 % der Hols im Bereich der besiedelten Fläche von 0,1 m im Flachwasser (*Chara virgata*) bis 4,2 m in der Tiefe (*Chara tomentosa*).

2013 wurden 10 Arten, darunter 4 Armeleuchteralgenarten kartiert. Die UMG wurde bei 4 m von *Potamogeton crispus* und *Myriophyllum spicatum* erreicht. Die Besiedlungsdichte mit Armeleuchteralgen lag bei 36 % im Bereich der besiedelten Fläche von 0,2 m im Flachwasser (*Chara virgata*) bis 3,3 m in der Tiefe (*Chara tomentosa*).

2019 wurde mit vier Arten eine extrem geringe Artenzahl in der Übersichtskartierung nachgewiesen.

4.9.2 Transekt-Tauchkartierung

Der Waschsee weist eine UMG in den Transekten von 5-6 m ohne eine klare Tendenz auf. Lediglich 2004, als ein erster nahezu vollständiger Ausfall der Vegetation dokumentiert wurde, sank die UMG auf 4 m. Bisher wurden in den Transekten insgesamt 19 Hydrophyten-, darunter 11 Armeleuchteralgen nachgewiesen. Der Artenrückgang betrifft mit Ausnahme von 2004 vor allem die Armeleuchteralgen. Die ehemals bestandsbestimmende Art *Nitellopsis obtusa* kommt mittlerweile gar nicht mehr in den Transekten vor und auch anspruchsvollere Arten wie *Chara filiformis*, *Chara subspinosa* und die *Nitella*-Arten fielen seitdem aus. Insgesamt unterliegt die Deckung im See ausgesprochenen Schwankungen mit drei extrem niedrigen Werten 2004, 2013

und 2019. Während *Chara tomentosa* in den „normalen“ Jahren fast immer zu den eudominanten Arten zählte, erhöhte sich der Deckungsanteil von *Najas marina* ssp. *intermedia* kontinuierlich. In geringen und mittleren Tiefen besiedelt die Art ehemalige Armleuchteralgenflächen.

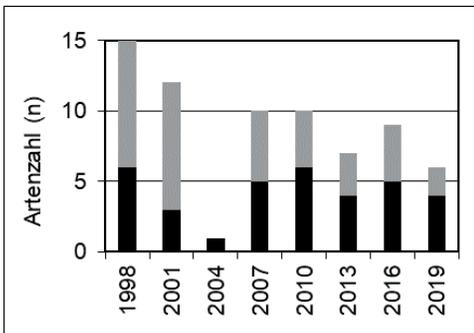
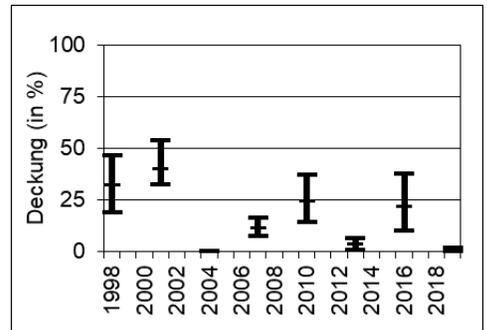
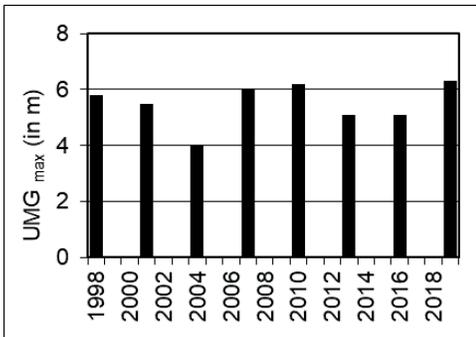


Abb. 28: Entwicklung der maximalen UMG im Waschsee

Abb. 29: Entwicklung der Deckung der Hydrophytenvegetation im Waschsee (Min./Max.)

Abb. 30: Entwicklung der Artenzahl der Hydrophytenvegetation im Waschsee (grau = Characeen, schwarz = sonstige Hydrophyten)

4.10 Zwirnsee

4.10.1 Vegetationsverhältnisse/Übersichtskartierung

Innerhalb des Monitoringzeitraumes gab es im Zwirnsee drei Übersichtskartierungen.

2004 wurden 21 Arten, darunter 11 Armleuchteralgenarten, kartiert. Die UMG wurde bei 9 m von *Vaucheria* sp. erreicht. Die Präsenz der Armleuchteralgen lag bei 44 % der Hols im Bereich der besiedelten Fläche von 0,1 m im Flachwasser (*Chara aspera*) bis 8,5 m in der Tiefe (*Nitella flexilis*, *Nitellopsis obtusa*).

2013 wurden 13 Arten, darunter 6 Armleuchteralgenarten kartiert. Die UMG wurde bei 11,4 m von *Nitella flexilis* erreicht. Die Besiedlungsdichte mit Armleuchteralgen lag bei 23 % im Bereich der besiedelten Fläche von 0,4 m im Flachwasser (*Chara virgata*) bis 11,4 m in der Tiefe (*Nitella flexilis*). Zusammen mit den Transektkartierungen wurden 15 Arten erfasst.

2019 wurde seit 15 Jahren erstmals wieder *Chara filiformis* im See nachgewiesen. Insgesamt wurden in der Übersichtskartierung jedoch nur 11 Arten, darunter 6 Armleuchteralgen nachgewiesen. Zusammen mit den Transektkartierungen wurden 19 Arten erfasst.

4.10.2 Transekt-Tauchkartierung

Im Zwirnsee schwankt die maximale UMG in den Transekten zwischen 9 und 11 m ohne eine klare Tendenz. Bisher wurden in den Transekten 29 Hydrophyten- darunter 10 Armelechteralgenarten nachgewiesen. In den vergangenen 20 Jahren wurde ein mäßiger Rückgang der Artenzahl von 15-20 auf 10-15 Arten zu den einzelnen Terminen festgestellt. Vorrangig fielen in den letzten Jahren verschiedene Armelechteralgen, wie *Chara filiformis*, *Chara papillosa*, *Chara subspinoso* und *Nitella mucronata* aus. 2019 wurde nach 15 Jahren erstmals wieder im Transekt 1 *Chara papillosa* in mittlerer Wassertiefe in nennenswerter Dichte nachgewiesen. Nachdem zwischen 1998 und 2004 die mittlere Deckung bei 50 % lag, reduzierte sie sich in den darauffolgenden Jahren kontinuierlich und erreichte 2016 nur noch 8,9 (zwischen 22,7 und 2,9) %. Während im Flachwasser im Zwirnsee schon 1998 zumeist nur geringe Deckungen auftraten, nahm die Deckung mit zunehmender Tiefe zu und insbesondere *N. flexilis* erreichte in der Tiefe hohe Deckungswerte. Die zweithäufigste Art, besonders in mittleren Tiefen, war damals *P. pectinatus*. Die Besiedlung mit *N. flexilis* hat in den letzten Untersuchungen deutlich abgenommen und erreicht nur noch in der Tiefe des Transekts 5 an der Südostseite des Sees ausgedehnte Bestände. Stark schwankend sind die Bestände von *Chara tomentosa*. Insbesondere in den beiden südlichen Transekten konnten 1998 bzw. 2001 in mittlerer Tiefe kleine Teppiche der Art dokumentiert werden. In den folgenden 5 Untersuchungen bis 2013 wurden nur geringe Deckungen der Art in allen 5 Transekten beobachtet. Erst 2016 wurden wieder flächige Rasen in den Transekten 3 und 4 beobachtet.

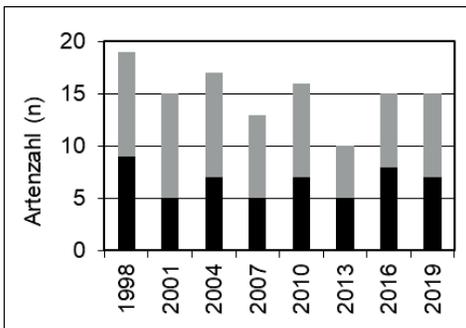
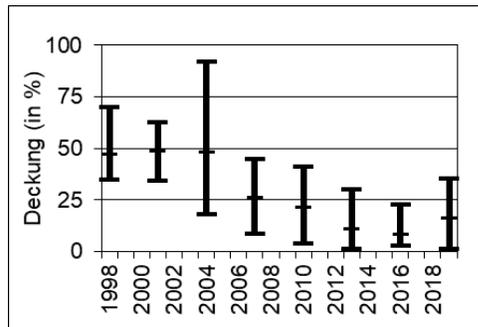
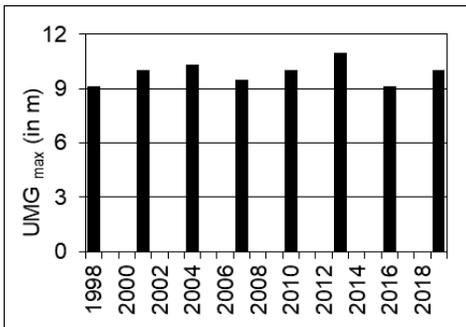


Abb. 31: Entwicklung der maximalen UMG im Zwirnsee

Abb. 32: Entwicklung der Deckung der Hydrophytenvegetation im Zwirnsee (Min./Max.)

Abb. 33: Entwicklung der Artenzahl der Hydrophytenvegetation im Zwirnsee (grau = Characeen, schwarz = sonstige Hydrophyten)

5 Vergleich der Ergebnisse der Seen

Zur Beschreibung der Veränderungen der Makrophytenvegetation der Seen in den letzten 20 Jahren wurden zwei Darstellungen gewählt. Zunächst wurden die im vorhergehenden Kapitel

beschriebenen Veränderungen in den Transekten grafisch vereinfacht zusammengefasst (Abb. 33). Die Pfeilrichtung dokumentiert die Zunahme oder Abnahme des jeweiligen Parameters, die Pfeildicke das Ausmaß der Veränderung. Ein Gleichheitszeichen bedeutet relativ konstante Ausprägungen über die Zeit, wechselnde Pfeilrichtungen unterschiedlich gerichtete Schwankungen des Parameters zwischen den Untersuchungsterminen und ein Fragezeichen deutet auf fehlende Datensätze hin.

Zusätzlich wurden die Veränderungen der Trophie als eine wesentliche die Vegetationsausprägung beeinflussende Kenngröße in der gleichen Form dargestellt. Für andere Parameter wie die hydrologischen Veränderungen, die Veränderungen des Kohlenstoffhaushaltes, der Schadstoffe oder Pflanzenschutzmittel liegen entweder gar keine Daten oder keine ausreichenden Datenreihen vor.

Fehlende Datensätze betreffen nur die Trophie, wo in allen Seen unter 50 ha keine zufriedenstellende Datenreihe vorhanden ist. Im Janker See und Zwirnsee fanden die letzten Trophieuntersuchungen im Jahr 2000 bzw. 2004 statt, so dass hier keine Bewertung erfolgen kann. In 4 Seen kam es zu einer Verbesserung der Trophie. Im Krüselinsee und Drewitzer See hat sich in den letzten 20 Jahren die Trophie um 0,5 Punkte verbessert. In 4 weiteren Seen blieben die trophischen Verhältnisse stabil.

Bei der Veränderung der UMG wurde in 4 Seen eine geringfügige Verlagerung in die Tiefe festgestellt. In der folgenden Abbildung (Abb. 34) wurde dies durch einen aufwärtsgerichteten Pfeil dargestellt. Ein Sonderfall stellt der Schmale Luzin dar. Im Zuge der Restauration des Sees zwischen 1996 und 2000 (Koschel et al. 2001) erhöhte sich die UMG zunächst deutlich auf Werte > 15 m, wie sie auch aus dem Stechlinsee bekannt sind. Inzwischen liegt sie etwa bei $12 - 15$ m.

In 4 weiteren Seen blieb die untere Ausbreitungsgrenze der Hydrophyten im Wesentlichen stabil und nur im Großen Bodensee kam es zu größeren Schwankungen. Doch auch hier ist eine Ursache dafür verantwortlich. Durch die Moorrenaturierung des Einzugsgebietes des Sees kam es nicht nur zu einer Erhöhung des Wasserstandes, sondern auch zu zeitweise erheblichen Veränderungen des Wasserkörpers.

Die Artenzahl der Armeleuchteralgen hat sich in 5 Seen verringert, davon im Großen Bodensee, Langhäger See und Waschsee deutlich. In den anderen 5 Seen gab es keine erheblichen Veränderungen.

Wesentlich geringer waren die Veränderungen bei der Artenzahl der sonstigen Hydrophyten. In 7 Seen wurden stabile Verhältnisse dokumentiert und lediglich im Schmalen Luzin kam es zu einer Verringerung der Artenzahl.

Am gravierendsten waren die zeitlichen Veränderungen in den festgestellten Deckungen. In insgesamt 7 Seen kam es zu einer Reduzierung, davon in 4 Seen deutlich. Die erheblichen Reduzierungen traten besonders in scheinbar unbeeinflussten Waldseen wie Zwirnsee, Janker See und Langhäger See auf. Der Schmale Luzin ist wieder ein Sonderfall (siehe oben). Keine Veränderungen wurden im Drewitzer See, zunehmende Deckungen im Bergsee festgestellt.

Insgesamt überwiegen positive Veränderungen der Vegetation im Bergsee, Krüselinsee und Drewitzer See. Im Krakower Obersee und Schmalen Luzin nahmen jeweils die UMG zu und die Deckungen ab. In allen anderen Seen kam es mehr oder weniger zur Verschlechterung der Vegetationsparameter.

	UMG	Artenzahl Characeae	Artenzahl sonstige Hydrophyt en	Deckung	Trophie
Bergsee	↑	=	=	↑	=
Drewitzer See	↑	=	=	=	↑
Großer Bodensee	↑↓	↓	=	↓	=
Janker See	=	↓	=	↓	?
Kraker Obersee	↑	=	=	↓	=
Krüselinsee	↑	=	=	=	↑
Langhäger See (Südbecken)	=	↓	↑↓	↓	=
Schmaler Luzin	↑	=	↓	↓	↑
Waschsee	=	↓	↑↓	↑↓	↑
Zwirnsee	=	↓	=	↓	?

Abb. 34: Schematische Darstellung der Veränderung von Kenngrößen der Makrophytenvegetation sowie der Trophie im Untersuchungszeitraum (positive Veränderungen wurden durch aufwärts gerichtete Pfeile dargestellt)

Für den statistischen Vergleich der UMG, der Artenzahl und der Deckung waren für die 7 Untersuchungsperioden die Voraussetzungen für die Berechnung einer linearen Regression der Mediane gegeben.

Bei der UMG konnte insgesamt für die 7 betrachteten Zeitintervalle keine signifikante Veränderung festgestellt werden. In einigen Seen wurde jedoch eine Tiefenausbreitung der Vegetation deutlich.

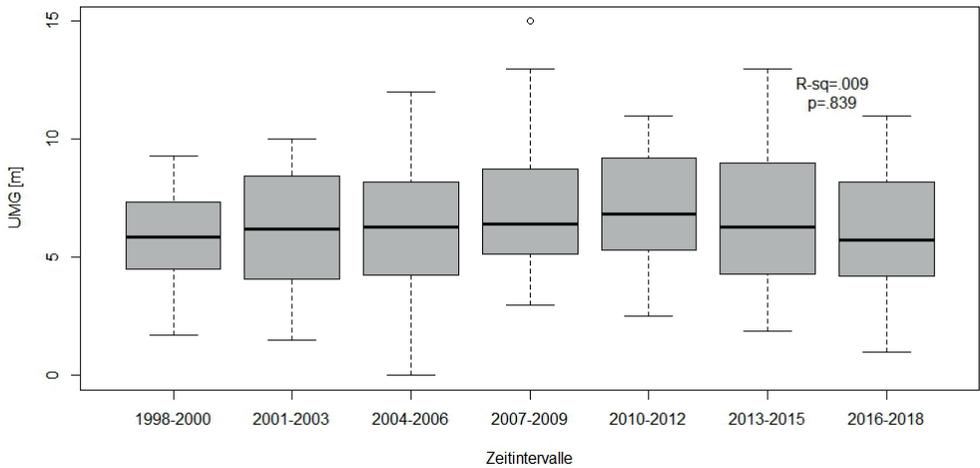


Abb. 35: Zeitvergleich der UMG auf Grundlage der Mediane und Quartile der 10 Untersuchungsseen

Bei der Gesamtartenzahl der Hydrophyten in den Transekten wurde dagegen eine signifikante Abnahme der Mediane in den letzten 20 Jahren festgestellt. Einen wesentlichen Anteil daran hat die Verringerung der Zahl der nachgewiesenen Armeleuchteralgen-Arten (Abb.34).

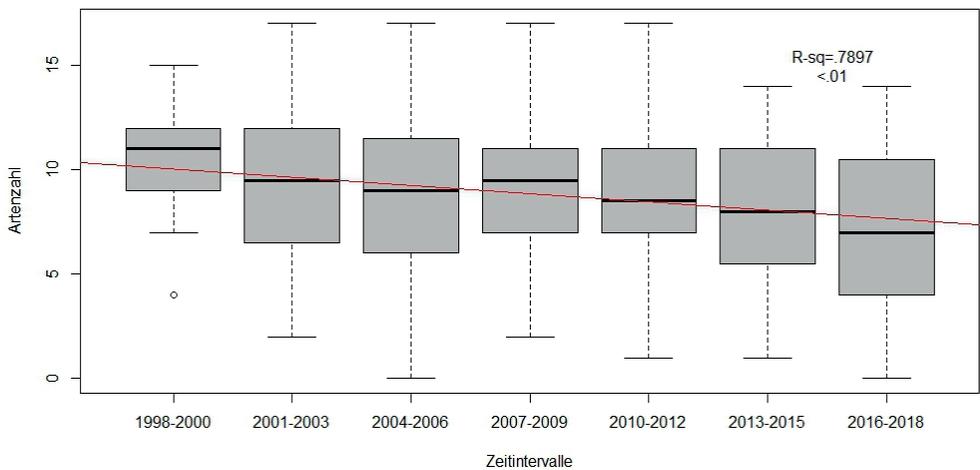


Abb. 36: Zeitvergleich der Artenzahl Hydrophyten auf Grundlage der Mediane und Quartile der 10 Untersuchungsseen

Ebenfalls hoch signifikant war die Abnahme der Mediane des Deckungsgrades der Hydrophyten in den Transekten. Während sich die Mediane von ca. 50 % auf 25 % Deckung halbiert haben, sank der Mittelwert um 20 % auf ca. 33 %.

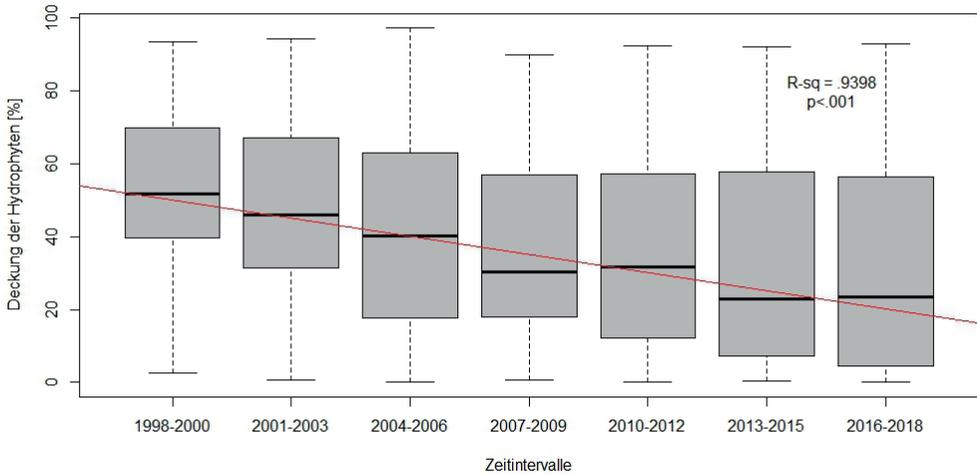


Abb. 37: Zeitvergleich der Deckung der Hydrophyten auf Grundlage der Mediane und Quartile der 10 Untersuchungsseen

6 FFH-Bewertung

Die Bewertung der FFH-Lebensraumtypen erfolgt auf Basis eines lebensraumtypspezifischen Bewertungsschema. Für jeden LRT gibt es die drei Hauptparameter Vollständigkeit der lebensraumtypischen Strukturen, Arteninventar und Beeinträchtigungen. Diese werden durch typspezifische Einzelparameter präzisiert, die Bewertung der Hauptparameter orientiert sich an der jeweils schlechtesten Einzelbewertung. In der Gesamtbewertung müssen spezielle Aggregationsregeln befolgt werden. Als Ergebnis kann ein A – hervorragend, B – gut oder C – mäßig bis durchschnittlich erzielt werden.

Nach den Kriterien der FFH-Richtlinie werden von den zehn mit der Tauchkartierung bearbeiteten Monitoringseen aktuell nur zwei Seen (131,0 ha) mit **A – hervorragend** bewertet. Fünf Seen (757,7 ha) werden mit **B – gut** und drei Seen (1005,0 ha) mit **C – mäßig bis durchschnittlich** bewertet.

Im guten Erhaltungszustand (Kategorien A und B der Bewertung) sind von den 10 Tauchseen 46,9 % der Fläche gegenüber 43,0 % beim gesamten Stichprobenmonitoring des LRT 3140 des Landes. Die etwas bessere Bewertung der bereits 1998 ausgewählten Gewässer ergibt sich vor allem daraus, dass mit Ausnahme von Krakower Obersee und Schmalem Luzin Referenzseen mit bekannter guter Artenausstattung ausgewählt wurden.

Als hervorragend im Zustand bezeichnet werden der Bergsee und der Krüselinsee, die beide hohe Deckungen und Diversitäten von Armelechthermalgen aufweisen. Lediglich die Deckung mit sogenannten Störzeigern (*Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton pectinatus*, *P. perfoliatus*, u. ä.) und die Freizeitnutzung führen in beiden Seen bei den Beeinträchtigungen zu einer Bewertung mit B.

Die Ursachen für die Bewertung der Seen die sich in einem guten Zustand befinden sind durch unterschiedliche Kriterien zu begründen. Im Drewitzer See herrscht zwar eine hohe Artendiversität, die Deckung mit lebensraumtypischen Arten ist jedoch nicht hervorragend und dazu kommt ein hoher Anteil an Störzeigern. Im Janker See sowie auch im Langhäger See (Süd) und im Waschsee sind die Deckung mit Armelechthermalgen und die UMG für die Bewertung

verantwortlich. Der Zwirnsee hat für eine hervorragende Bewertung eine zu geringe Deckung mit Armelechternalgen und auch die Anzahl der lebensraumtypischen Arten ist zu gering.

In einem mäßig bis durchschnittlichen Zustand befinden sich der Große Bodensee, der Krakower Obersee und der Schmale Luzin. Hierfür sind die geringen Deckungen mit Armelechternalgen, die Anzahl charakteristischer Pflanzenarten und die Deckung mit Störzeigern verantwortlich.

Tab. 8: Überblick über die Bewertungen nach FFH-Richtlinie der Monitoringseen

See	Vollständigkeit der lebensraumtypischen Habitatstrukturen	Lebensraumtypische und besonders charakteristische Pflanzenarten	Beeinträchtigung	Bewertung
Bergsee	A	A	B	A
Drewitzer See	B	A	C	B
Großer Bodensee	C	C	C	C
Janker See	B	B	A	B
Krakower Obersee	C	C	C	C
Krüselinsee	A	A	B	A
Langhäger See (Süd)	B	B	B	B
Schmaler Luzin	C	A	C	C
Waschsee	B	B	B	B
Zwirnsee	B	B	A	B

Vergleichszahlen zum Erhaltungszustand aller Seen des LRT 3140 sind aus den Berichtsdaten des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LUNG 2018a & b) abzuleiten. Danach kommen in M- V mindestens 31.014 ha Seefläche des LRT 3140 vor. Diese Zahl ergibt sich als Summe aller bisher vom Landesamt für Umwelt und Geologie (LUNG) als LRT 3140 in verschiedenen Projekten identifizierter Flächen. Als Maximalzahl werden durch das LUNG 43.925 ha angegeben (LUNG 2018b). Diese größere Zahl ergibt sich aus bisher nicht evaluierten Verdachtsflächen und stammt bereits aus der vorhergehenden FFH-Meldung von 2012. Insgesamt wurden im Berichtszeitraum 2013-2018 14.260 ha im Stichprobenmonitoring und 16.367,8 ha in weiteren Kartierungen wie der FFH-Managementplanung und der Biotopkartierung der Erhaltungszustand bewertet. Der Erhaltungszustand der außerhalb des Stichprobenmonitorings untersuchten Seen des LRT 3140 ist mit 46,9 % der LRT-Fläche im guten Zustand vergleichbar mit dem Ergebnis des Stichprobenmonitorings. Das spricht dafür, dass die Stichprobenauswahl von 2011 (Teppke 2012) repräsentativ für den Lebensraumtyp war. Insgesamt weist damit nur 45,1 % der Fläche der nach dem aktuellen FFH-Bewertungsschema bewerteten Seen des LRT 3140 einen guten Erhaltungszustand auf. Das ist deutlich geringer als die noch im ersten Zustandsbericht des Landes (Anonymus 2012; LUNG 2007) auf Basis der

FFH-Meldung ausgewiesenen 83 % der Seefläche des FFH-Lebensraumtyps 3140. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für diese Meldung vorrangig die für die FFH-Meldung der FFH-Gebiete gutachterlich erstellten Standarddatenbögen berücksichtigt wurden. Offensichtlich wich diese Bewertung jedoch schon damals beträchtlich vom realen Zustand der Seen ab, da sich zumindest die Trophiesituation vieler Seen in den letzten Jahrzehnten tendenziell wieder etwas verbessert hat.

7 Diskussion

Im Rahmen dieser Publikation wurden die Ergebnisse des Monitoringprogrammes über einen Zeitraum von 20 Jahren dargestellt. Eine umfassende über die Vegetation hinausgehende Interpretation und somit grundlegende Diskussion dieser Ergebnisse ist bisher nicht hinreichend möglich. Trotz verschiedener Anstöße seitens des Naturschutzes gegenüber der Wasserwirtschaft ist es nicht dazu gekommen, parallel zu den Beobachtungen der submersen und natanten Makrophyten auch entscheidende Schlüsselparameter für diese Organismengruppen zu beobachten. So werden Nährstoffverhältnisse, Sichttiefen, touristische Nutzungsintensitäten, Nährstoffzuflüsse über Oberflächen und Grundwasser nicht in ausreichender Qualität erfasst. Die Einbeziehung solcher Untersuchungsdaten konnte nur teilweise bei Gewässern >50 ha Fläche erfolgen, die im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie der EU untersucht werden, z.B. Drewitzer See und Krakower Obersee.

Wie in anderen Lebensräumen und Ökosystemen auch, zeigt sich, dass es in den Gewässern ebenfalls fortlaufende Veränderungen und Entwicklungen gibt, die sowohl natürlichen als auch anthropogenen Ursprungs sind. In den Gewässern Zwirnsee, Langhäger See (Süd), Waschsee und Janker See, die über ein vorwiegend von Wäldern beständenes Einzugsgebiet verfügen, sind die Veränderungen in der Reduzierung der Gesamtartenzahlen der Armelechteralgengesellschaften und insbesondere der Deckungen sehr deutlich. Vergleichbare Entwicklungen von Gewässern dieses nährstoffarmen Klarwassertyps sind auch in Seen Nordbrandenburgs zu beobachten, z.B. Großer Stechlinsee oder Wittwese und auch im Bereich der Schorfheide und der Uckermärkischen Seen. Eine Interpretation der Veränderungen ist in vielen Seen wie z.B. dem Großen Stechlinsee trotz sehr umfangreicher institutioneller Begleituntersuchungen, noch nicht möglich. Daher wird gegenwärtig in einem vom Bundesamt für Naturschutz geförderten Projekt im Norden Brandenburgs und Süden Mecklenburgs nach Ursachen für den Rückgang der Armelechteralgen gesucht und es werden geeignete Maßnahmen zur Wiederherstellung von Armelechteralgen-Grundrasen in den Seen erprobt (<https://uckermaerkische-seen.de/ee-projekt-chara-seen.html>).

Einen wesentlichen Einfluss auf die Makrophytenentwicklung in unseren Seen hatte die Trophie. Diverse Studien belegen die direkten und indirekten Zusammenhänge zwischen der Trophie und der Makrophytenvegetation. In Labor- und Freilandstudien wurden unterschiedliche Nährstofftoleranzen einzelner Armelechteralgen- und Spermatophytenarten festgestellt (z.B. Doege et al. 2016, Forsberg 1965, Blindow 1992). Mehrheitlich wird zumindest jedoch für die Armelechteralgen davon ausgegangen, dass die einzelnen Arten eine unterschiedliche Lichtabhängigkeit aufweisen (Blindow & van der Weyer 2016), da Nährstoffe auch mit den Rhizomen aus dem Sediment aufgenommen werden (Andrews 1987, Wüstenberg et al. 2011). Wulf (2004) fand dann auch keine geringere Armelechteralgen-Keimung durch hohe Phosphorkonzentrationen, sondern eine Schädigung der Armelechteralgen durch starke Algenentwicklung.

Klosowski et al. (2006) fanden eine gewisse Toleranz der gefundenen Armelechteralgen gegenüber erhöhten P- und Kalkwerten. Bei gleichzeitiger Planktontrübung nahm der Armelechteralgen-Anteil jedoch ab.

Hildebrand et al. (2013) konnten für einen oligotrophen Tagebausee feststellen, dass die submersen Makrophyten ihre Nährstoffe vollständig aus dem Sediment gewinnen und eine Nutzung der Pflanzenmasse mangels benthischer Evertebraten kaum stattfindet.

Allgemein werden für Armelechteralgen nach Arten jedoch differenzierte Optimumswerte der TP-Konzentration unter 20 µg/l angegeben (Doege et al. 2016). Durch die Eutrophierung sind daher auch zuerst Armelechteralgen betroffen, die der Konkurrenz der Spermatophyten nicht gewachsen sind (Baastrup-Spohr et al. 2013). Moss et al. (1997) gehen davon aus, dass in Flachseen bei TP-Konzentrationen von 25-50 µg/l die Makrophyten dominieren. Oberhalb von 50 µg/l TP können alternativ sowohl ein makrophyten- als auch ein planktondominiertes System auftreten. Ab einer TP-Konzentration von 100 µg/l sind die meisten Flachseen phytoplanktondominiert (Balls et al 1985). Allerdings weisen die Gewässer nach Moss et al. (1997) und Smith et al. (1999) in ihrem jeweiligen aktuellen Stadium eine größere Stabilität auf, so dass der Umschwung nach einem Nährstoffwechsel häufig erst nach einer erheblichen Verzögerung auftritt.

So kam es im Drewitzer See und Krüselinsee nach einer Verbesserung der Trophie auch zu tieferen Eindringtiefen der Vegetation und einer Tiefenverlagerung der UMG. In beiden Seen konnten auch über den gesamten Untersuchungszeitraum stabile Deckungen festgestellt werden.

Im Verlauf des Beobachtungszeitraums konnten in den anfänglich stärker mit Nährstoffen belasteten Gewässern Krakower Obersee, Schmalen Luzin und Bergsee Veränderungen beobachtet werden, die auf positive Entwicklungen hindeuten. Während im Krakower Obersee die UMG sich von 4 auf ca. 6 m in die Tiefe verschoben hat, konnten in der Deckung und in der Zahl der Arten der Armelechteralgen keine positive Veränderung festgestellt werden. Er ist noch immer weit vom natürlichen ökologischen Zustand entfernt.

Der Schmale Luzin befand sich zu Beobachtungsbeginn ebenfalls in einem für den Gewässertyp ungünstigen ökologischen Zustand, der starken Veränderungen nach einem Renaturierungsprojekt unterlag. Innerhalb weniger Jahre ergaben sich deutlich positiv zu wertende Entwicklungen, z.B. Verschiebung der UMG in Bereiche von 12-15 m, damit ist der tiefste Wert in einem der Referenzgewässer erreicht. Die Wiederbesiedlungsprozesse unterlagen wie zu erwarten in den ersten Jahren deutlichen Schwankungen. Nach zunächst deutlichen Zunahmen der besiedelten Tiefenbereiche nahmen die durchschnittlichen Deckungen bis etwa 2009 kontinuierlich ab, seitdem sind diese auf niedrigem Niveau aber stabil. Da die Ufer in der Regel sehr steilscharig sind, liegen die zu erwartenden Deckungswerte im weitgehend zu erwartenden Bereich.

In der Literatur werden auch weitere mögliche Ursachen für natürlich oder anthropogen verursachte Veränderungen der Makrophyten diskutiert. So fanden in den letzten Jahren starke hydrologische Extremereignisse statt. So sanken in den vergangenen 20 Jahren in vielen vom Grundwasserspiegel abhängigen Seen infolge einer negativen klimatischen Wasserbilanz die Wasserspiegel um teilweise mehr als 1 m. Dies betraf u.a. auch den Zwirnsee. Nach den hohen Niederschlägen in den Jahren 2010 und 2011 kam es wieder zu einem schnellen Seeanstieg (Kaiser et al. 2012 & 2015). Inzwischen erfolgte erneut eine Seespiegelabsenkung. Geringere Grundwasserzuströme können die Wuchsbedingungen der Hydrophyten beeinflussen. Auch bei höheren Wasserständen können größere Mengen Huminsäuren aus umgebenden Moorkörpern in die Gewässer eingetragen werden. So stieg z. B. im Kleinen Gollinsee in der Schorfheide mit

dem Wasseranstieg um ca. 1 m die Konzentration gelöster organischer Kohlenstoffe (DOC) im Zeitraum von 2010 bis Juni 2012 von 12 mg/L auf 55 mg/L (Kazanjan, Brother, Köhler & Hilt 2019). Es ist nachgewiesen, dass hohe Konzentrationen an Huminsäuren negative Auswirkungen auf Armeleuchteralgen und andere Makrophyten haben (Steinberg et al. 2003 & 2008).

Bekannt ist zudem, dass benthivore Fische bei größeren Dichten, z.B. über 30 kg/ha Litoralfäche (Waterstraat et al. 2017; Meis et al. 2018) erhebliche negative Auswirkungen auf Makrophytenbestände von Seen haben können. Konkrete Aussagen zu unseren Seen liegen jedoch nicht vor. Die bekannten hohen Bestände an Silber- und Marmorkarpfen des Waschsees können einen negativen Einfluss auf dessen Makrophytenbestände haben (Wüstemann & Kammerad 1994, siehe auch Waterstraat et al. 2017).

Neuere Untersuchungen (Hidding et al. 2016, Hilt et al. 2018) belegen auch, dass das Periphyton, der Aufwuchs auf den Makrophyten, einen deutlichen höheren Einfluss auf die Makrophyten ausübt, als bisher gedacht. Indirekte Auswirkungen von das Periphyton abweidenden Evertebraten und diese Kleintiere fressenden Fische können ebenfalls für den Rückgang von Makrophyten verantwortlich sein. Eine entsprechende Hypothese wirkt aktuell im Chara-Projekt im Krüselinsee verfolgt.

Weitere mögliche Ursachen eines Rückgangs insbesondere der Armeleuchteralgen sind mögliche Kalkmangelsituationen, grundwassergebundene Nitrateinträge im Flachwasser, Schwermetalle, alleopathische Substanzen und über den Luftpfad eingetragene Pestizide. Hierzu liegen jedoch bisher keine gesicherten Daten vor.

Nicht zuletzt sind mögliche negative Veränderungen der Gewässervegetation in den Seen auch von Effekten des Klimawandels beeinflusst. Bisher festgestellte Veränderungen betreffen die Verlängerung der sommerlichen Stagnationsphase und die Erhöhung der Oberflächentemperatur. Mögliche primäre Auswirkungen sind eine höhere Primärproduktion und eine stärkere hypolimnische Sauerstoff-Zehrung. Das kann zu stärkeren Phosphor-Rücklösungen aus den Sedimenten der Tiefe führen.

Aus den Beobachtungen z.B. im Waschsee und Langhäger See (Süd) wird deutlich, dass die Beobachtungsintervalle nicht länger als 3 Jahre sein sollten, um exakte Aussagen zur Entwicklung des Erhaltungszustandes treffen zu können. In Zukunft sollte alles unternommen werden, dass die 10 Monitoringgewässer hinsichtlich der physikalisch-chemischen Beobachtungsparameter unbedingt in das Untersuchungsprogramm der Wasserwirtschaft aufgenommen werden, damit zukünftig eine Interpretation der Beobachtungsergebnisse und Entwicklungen verbessert werden kann.

Sieben der untersuchten Monitoringgewässer zählen landesweit zu den Gewässern mit den besten ökologischen Erhaltungszuständen. Dies ist Beleg dafür, dass tatsächlich referenzzustandsnahe Seen ausgewählt wurden. Der schlechte Erhaltungszustand von Krakower Obersee, Schmalen Luzin und Großem Bodensee hat verschiedene Ursachen. Beim Krakower Obersee ist durch seine Lage in der intensiv genutzten Agrarlandschaft aber immer noch von einer objektiv hohen Belastung durch Stoffeinträge auszugehen. Beim Schmalen Luzin wurden in den letzten 20 Jahren erhebliche Anstrengungen in die Restauration des ursprünglichen Wasserkörpers gelegt. Dies hat noch fortlaufend Auswirkungen auf die Vegetationsentwicklung, die nicht abschließend zu klären sind. Im Großen Bodensee wiederum fand eine großräumige Vernässung des Einzugsgebietes mit zeitweise erheblichen Freisetzen von Nährstoffen und Kohlenwasserstoffen und Huminsäuren statt. Auch in diesem See ist daher eine erhebliche Dynamik der Makrophytenvegetation zu verzeichnen.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der FFH-Bewertung um eine in vielen Teilen gutachterliche Bewertung mit allen ihren Schwächen handelt. Doch auch die aktuellen Untersuchungen nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie in der Bundesrepublik Deutschland zeigen, dass 2017 nur 26,4 % der Seen über 50 ha einen guten oder sehr guten ökologischen Zustand bzw. Potential aufwiesen (www.umweltbundesamt.de/daten/gewaesserbelastung/zustand-der-seen#textpart-1).

Es ist daher dringend notwendig, dass die schon in der Biodiversitätsstrategie von Mecklenburg-Vorpommern (Anonymus 2012) beschriebenen Maßnahmen der Seenrestauration und Einzugsgebietssanierung fortgesetzt werden. Zum Schutz der Seen des LRT 3140 sind jedoch stärkere Anstrengungen zur Umsetzung der WRRL-Maßnahmepläne und FFH-Managementpläne notwendig. Dies betrifft auch die hier vorgestellten 10 Seen. In mehreren Seen hat die touristische Nutzung (Bootsbetrieb, Badestellen, Tauchen) einen Einfluss auf den Gewässerzustand. So stellt die in Feldberg geforderte Öffnung des Seerosenkanals zwischen Haussee und Schmalen Luzin eine reale Gefahr für die Trophie des Schmalen Luzins dar. Im Drewitzer See wäre eine weitere Regulierung des Badebetriebs wünschenswert (Spieß et al. 2018). Im Waschsee ist im bereits erwähnten Chara-Projekt die Entnahme der Silberkarpfenbestände geplant, um deren Einfluss auf die Nahrungskette zu eliminieren. Auch die Aktivierung der Oosporenbank wird in Erwägung gezogen. Besondere Anstrengungen müssen im Krakower Obersee unternommen werden. Nachdem inzwischen die Forellenanlage Dobb in im Mündungsbereich der Nebel in den See geschlossen wurde, sollte der Schwerpunkt auf die Einzugsgebietssanierung gelegt werden.

Danksagung

Die Autoren möchten dem Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt sowie dem Landesamt für Umwelt Naturschutz und Geologie für die langjährige Unterstützung und ihrem Mitarbeiter Tom Polte für die Bereitstellung von Daten und FFH-Analysen danken. Markus Tschakert wird für die statistischen Auswertungen zum Seenvergleich herzlich gedankt.

Literatur

- AG Characeen Deutschlands (2016): Armeleuchteralgen – Die Characeen Deutschlands. Springer-Spektrum, 618 S.
- Andrews, M. (1987): Phosphate uptake by the component parts of *Chara hispida*. British Phycological Journal 22: 49-53.
- Anonymus (2012): Konzept zum Erhalt und Entwicklung der Biologischen Vielfalt in Mecklenburg-Vorpommern. Güstrow, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie MV: 167 S.
- Baastrup-Spohr, L., Iversen, L., Dahl-Nielsen, J. & Sand-Jensen, K. (2013): Seventy years of changes in the abundance of Danish charophytes. Freshwater Biology 58(8): 1682-1693.
- Balls, H., Moss, B. & Irvine, K. (1985): The effects of high nutrient loading on interactions between aquatic plants and phytoplankton. Verein Limnologie 22: 2912-2915.
- Blindow, I. (1992): Decline of charophytes during eutrophication: comparison with angiosperms. Freshwater Biology 28: 9-14.
- Blindow, I. & Van De Weyer, K. (2016): Ökologie der Characeen. In Armeleuchteralgen - Die Characeen Deutschlands. Arbeitsgruppe Characeen Deutschlands. Berlin, Springer Verlag: 79-95.
- Brothers, S., Köhler, J., Meyer, N., Attermeyer, K., Grossart, H.P., Mehner, T., Scharnweber, K. & Hilt, S. (2014). A feedback loop links brownification and anoxia in a temperate, shallow lake. Limnology & Oceanography 59: 1388-1398.

- Doege, A., Van de Weyer, K., Becker, R. & Schubert, H. (2016): Bioindikation mit Characeen. In Armluchteralgen - Die Characeen Deutschlands. Arbeitsgruppe Characeen Deutschlands. Berlin, Springer Verlag: 97-138.
- Forsberg, C. (1965): Nutritional studies of Chara in axenic cultures. *Physiologia Plantarum* 18(2): 275-290.
- Hidding, B., Bakker, E. S., Hootsmans, M. J. M. & Hilt, S. (2016): Synergy between shading and herbivory triggers macrophyte loss and regime shifts in aquatic systems. *Oikos* 125: 1489–1495.
- Hilt, S. N., M.; Bakker, E.; Blindow, I.; Davidson, T.; Gillefalk, M.; Hansson, L.; Janse, J.; Janssen, A.; Jeppesen, E., Kabus S, T., Kelly, A., Kohler, R., J., Lauridsen, T.; Mooij, W., Noordhuis, R.; Philips, G., Rucker, J., Schuster, H., Sondergaard, M., Teurlincx, S., an de Weyer, K., van Donk, E., Waterstraat, A., Wilby, N., Sayer, C. (2018): Response of Submerged Macrophyte Communities to External and Internal Restoration Measures in North Temperate Shallow lakes. *Frontiers in plant research* 9: 1-24.
- Kazanjan, G.; Brothers, S.; Köhler, J. & Hilt, S. (2019): Incomplete resilience of a shallow lake to a brownification event. submitted preprint <https://doi.org/10.1101/658591>
- Kloskowski, J. (2011): Impact of common carp *Cyprinus carpio* on aquatic communities: direct trophic effects versus habitat deterioration. *Fundamental and Applied Limnology* 178(3): 245-255.
- Koschel, R. H., Dittrich, M., Caspe, P., Heiser, A. & Roßberg, R. (2001): Induced hypolimnetic calcite precipitation- ecotechnology for restoration of stratified eutrophic hardwater lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 3644-3649.
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG MV) (2007): Unveröff. Bericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern im Zusammenhang mit dem nationalen Bericht nach Artikel 17 der FFH-Richtlinie (Berichtszeitraum 2001-2006), Güstrow.
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG MV) (2018a): Monitoring des Erhaltungszustandes von Lebensraumtypen und Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland (2013-2018), Unveröffentlichter Fachbeitrag aus Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG MV) (2018b): Nationaler Bericht nach Art. 17 der FFH-Richtlinie (2013-2018), Unveröffentlichter Fachbeitrag aus Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow.
- LAWA (1999): „Gewässerbewertung – stehende Gewässer“. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien 1998. Herausgegeben von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. 67 S.
- LAWA (2014): Trophieklassifikation von Seen. Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen: 34 S.
- Spieß, H.-J. (1990) Ergebnisse ökologischer Untersuchungen in den Gewässern des Naturschutzgebietes Serrahn (Bez. Neubrandenburg-DDR) – *Arch. Nat.schutz Landsch. Forsch.* 30, H. 2.
- Meis, S., Van De Weyer, K. & Stuhr, J. (2018): Ein Verfahren zur Erfassung und Dokumentation von Schäden durch benthivore Cypriniden an submersen Makrophyten in Stillgewässern. *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 11(3): 138-141.
- Moss, B., Madgwick, J. & Phillips, J. (1997): A guide to the restoration of nutrient-enriched shallow lakes. Norfolk, Broads Authority.
- Smith, P. A., Moss, B., Carvalho, L., Williams, A. E. & Howard, B. J. (1999): Towards a quantitative basis for the management of freshwater fisheries in sites of nature conservation interest. *Fisheries Management* 30th Annual Study: 1-14.
- Spieß, H.-J. & O. Skacelova (1995): Zustandsanalyse einiger nährstoffarmer Seen in Naturschutzgebieten Mecklenburg-Vorpommerns und Vorschläge für ein Seenmonitoring. *Arch. für. Nat.-Lands.* 34: 111-142.
- Spieß, H.-J., Bast, H.-D., Müller-Motzfeld, G., Klenke, R., Ulbricht J., Voigtländer, U., Wachlin, V. & A. Waterstraat (1996): Erstellung eines Naturschutzmonitoringkonzeptes für das Land Mecklenburg-Vorpommern. Unveröffil. Bericht zum Werkvertrag.
- Spieß, H.-J. & Ulbricht, J. (1999): Artenmonitoring als Element der naturschutzorientierten Umweltbeobachtung in Mecklenburg-Vorpommern. *Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern* 42(1): 3-11.
- Spieß, H.-J., Abdank, A., Ahrns, Ch., Berg, D. Ch., Hacker, F., Keil, F., Klafs, G., Klenke, R., Krappe, M., Kulbe, J., Meitzner, V., Neubert F., Ulbricht, J., Voigtländer, U., Wachlin, V., Waterstraat, A., Wolf, F. & Zettler, M. (2005): Methodenhandbuch für die naturschutzorientierte Umweltbeobachtung; Teil Artenmonitoring. CD im Auftrag des Umweltministeriums Mecklenburg-Vorpommern.

- Spieß, H.-J. & Bolbrinker, P. (2008): Aktuelle Ergebnisse zur Situation der submersen Makrophytenvegetation des Krakower Obersees. Bot. Rundbrief für Mecklenburg-Vorpommern 43: 41-56.
- Spieß, H.-J., Bolbrinker, P., Möbius, F., Waterstraat, A. (2010): Ergebnisse der Untersuchungen submerser Makrophyten in ausgewählten Gewässern Mecklenburg-Vorpommerns. Bot. Rundbrief für Mecklenburg-Vorpommern, H. 47 (Sonderheft): 4–182.
- Spieß, H.-J. & Waterstraat, A. (2011): Ergebnisse des Monitorings (1998-2009) der submersen Makrophyten in ausgewählten Gewässern Mecklenburg-Vorpommern. Artenschutzreport (27): 96-104.
- Spieß, H.-J., Möbius, F. & Waterstraat, A. (2012): Kartierung und Monitoring von submersen Makrophyten in Standgewässern Mecklenburg-Vorpommerns im Rahmen der Überwachung der FFH-Lebensräume. Natur & Naturschutz 41: 181-188.
- Spieß, H.-J., Bolbrinker, P., Möbius, F. & Waterstraat, A. (2018): Die Submersvegetation des Drewitzer Sees. In: Förderverein Naturpark Nossentiner- Schwinzer Heide: Der Drewitzer See - ein Gebiet von gemeinschaftlicher Bedeutung. Aus Kultur und Wissenschaft 9: 170-180.
- Steinberg, C.E.W.; Meinelt, Th.; Timofeyev, M.; Bittner, M. & Menzel, R. (2008): Humic Substances Part 2: Interactions with Organisms. Env Sci Pollut Res 15 (2): 128 – 135.
- Steinberg, C.E.W. & McKnight, D.M. (2003): Gelöste Huminstoffe-Teil XII: Zusammenfassung und Epilog. Wasser und Boden 55 (1/2): 77-80.
- Teppke, M. (2012): FFH-Lebensraumtypen in Mecklenburg-Vorpommern – Erfassung und Monitoring. Natur & Naturschutz 41: 189-191.
- Waterstraat, A., Krappe, M., Möbius, F. & Tschakert, M. (2017): Einfluss benthivorer und phytophager Fischarten auf die Erreichung der Ziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie bei Seen mit empfindlicher Unterwasservegetation; Endbericht zum LAWA-Projekt O4.16.
- Wulff, A. (2004): Sedimententwicklung und Diasporenpotential von Characeen im Galenbecker See. Diplomarbeit an der Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Botanisches Institut, Landschaftsökologie und Naturschutz. Greifswald, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald.
- Wüstemann, O. & Kammerad, B. (1994): Ökologische Auswirkungen der allochthonen Fischarten Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) und Silberkarpfen (*Hypophthalmichthys molitrix*) auf Gewässerbiotope - dargestellt am Beispiel von Gewässerökosystemen im Naturpark Drömling in Sachsen-Anhalt. Österreichs Fischerei (4): 89-96.
- Wüstenberg, A., Pörks, Y. & Ehwald, R. (2011): Culturing of stoneworts and submersed angiosperms with phosphate uptake exclusively from an artificial sediment. Freshwater Biology 56(8): 1531-1539.

Dr. Arno Waterstraat
 Friederike Möbius
 Dr. habil. Hans-Jürgen Spieß
 Gesellschaft für Naturschutz und Landschaftsökologie e.V.
 Dorfstraße 31
 17237 Kratzeburg
 waterstraat@gnl-kratzeburg.de