Rostock. Meeresbiolog. Beitr.	Heft 33	70-86	Rostock 2024

Klaus VAN DE WEYER[*1], Sebastian MEIS[1] & Georg SÜMER[2]

[*1]lanaplan, Lobbericher Straße 5, D-41334 Nettetal
klaus.vdweyer@lanaplan.de

[2]Stadt Dortmund, Stadtentwässerung, Betrieb PHOENIX See/Gewässer, Phoenixseestraße 24 a, D-44122 Dortmund
georg.suemer@stadtdo.de

Entwicklung von Flora und Vegetation im PHOENIX See (Dortmund) - zwölf Jahre nach Anpflanzungen mit Armleuchteralgen unter besonderer Berücksichtigung des Starkregenereignisses im Jahr 2021

Development of macrophytes in Lake PHOENIX (Dortmund, Germany): A review of the last twelve years following planting of stoneworts with special consideration of the heavy rainfall event in 2021

Abstract

Lake PHOENIX is an artificial lake created on a former steelworks area. In 2011 and in 2013, stoneworts were planted in the lake. In addition, the lake was seeded with oospores. The aquatic vegetation was monitored on a yearly basis between 2011 and 2023. Overall, the planted stoneworts did establish well and spread all over the lake area. The total number of aquatic plant species varied between 11 and 17 species. In total nine species of charophytes have been recorded. In each year at least six different stonewort species were recorded. *Chara contraria* and *Chara globularis* were the most common stonewort species in the first years while *Nitellopsis obtusa* was the dominant species in 2022 and 2023. The lake area covered with stoneworts increased from 14 % (2012) to 93 % (2023), while the area covered with watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) increased from 14 % to 27 % over and then decreased to <1 %. Mass growths of nuisance plants (e. g. watermilfoil) which may result in limiting recreational use of Lake PHOENIX have so far not occurred.

The heavy rainfall event in 2021 did not cause any lasting changes of the macrophytic vegetation.

Keywords: Charophytes, Lake PHOENIX, planting, aquatic plant management, heavy rainfall

1 Einleitung

Im PHOENIX See in Dortmund wurde zur Vermeidung von Makrophyten-Massenentwicklungen ein Konzept umgesetzt, dass auf einer Kombination nährstoffarmer Standortbedingungen mit niedrigwüchsigen Makrophyten und einer

Bepflanzung mit Armleuchteralgen basiert (VAN DE WEYER et al. 2014). Das Konzept berücksichigt die Windsheimer Leitlinien zur Ausbringung von Wildpflanzen (SUKOPP & TRAUTMANN 1981). Die Anpflanzung beinhaltete die Ausbringung lebender Pfanzen (*Chara contraria, Chara globularis, Chara vulgaris*) und das Anspritzen mit Oosporen (s. Tab. 1).

Tab. 1 Gesamtzahl keimfähiger Oosporen, die in den PHOENIX See eingebracht wurden (ca. 75 % der Gesamtmenge, gerundet) (aus: VAN DE WEYER et al. 2014).

Chara globularis	28.430
Chara contraria	61.630
Chara vulgaris	7.180
Nitella mucronata	19.320
Nitella opaca	101.130
Nitella syncarpa	3.200
Tolypella glomerata	7.790
Summe	228.680

Die Bepflanzungen erfolgten im Jahr 2011, ergänzende Bepflanzungen im Jahr 2013. Die Maßnahme wird durch ein Monitoring der Makrophyten begleitet, das u. a. pro Jahr eine Artenliste und eine Vegetationskarte beinhaltet. Die Entwicklung nach fünf Jahren wurden bereits vorgestellt (VAN DE WEYER et al. 2017). Nachfolgend werden die Ergebnisse aus den Jahren 2011-2023 dargestellt.

2 Untersuchungsgebiet

Der PHOENIX See befindet sich in Dortmund-Hörde im Bereich eines ehemaligen Stahlwerkes (Hermannshütte), das 2001 stillgelegt und komplett demontiert wurde. Der See entstand durch Aushub der während der Stahlwerksära in das ehemalige Emschertal eingebrachten Materialien (Boden, Bauschutt). Der Baustart für das Seeprojekt lag im Jahr 2005, die Flutung endete im Mai 2011. Der PHOENIX See hat eine Fläche von 23,2 ha. Die mittlere Tiefe des von Grundwasser gespeisten Gewässers beträgt 2,8 m, die maximale Tiefe 4,0 m. Der PHOENIX See hat ein Fassungsvermögen von 840000 m^3, hiervon dienen 240000m^3 als Reservevolumen für den Hochwasser-Rückhalt aus dem Einzugsgebiet der oberen Emscher (MÖHRING et al. 2014; SÜMER 2013; VOLKENS et al. 2023). Das Wasser ist karbonatreich. Die Gesamt-Phosphor-Gehalte lagen in den Jahren 2011-2022 überwiegend zwischen 10-25 µg l^{-1}, höhere Werte traten vereinzelt in den Frühjahren auf (VOLKENS et al. 2023; WILBERTZ & KORTE 2022). Die Konzeption für den PHOENIX See beinhaltete von Anfang an die Etablierung nährstoffarmer Bedingungen, um Makrophyten nur geringe Nährstoffquellen zu bieten. Zu diesem Zweck wurde am Seeufer ergänzend zum perspektivisch zu erwartenden Wasserpflanzenmanagement eine Phosphat-Eliminationssanlage (PEA) errichtet, welche auf physikalischem Wege Nährstoffe (Phosphor) über Adsorption an Eisenhydroxid-Granulat aus dem Seewasser abscheidet. Da Makrophyten ihren Nährstoffbedarf auch über das Sediment abdecken können (BEST & MANTAI 1978; CARIGNAN & KALFF 1980, RATTRAY et al. 1991), erfolgte auf der gesamten Gewässersohle eine Belegung mit einer 20 cm starken nährstoffarmen Sandschicht (VAN DE WEYER et al. 2014). Im PHOENIX See

wurden auch verschiedene Sohlbelegungsmaterialien und deren Wirkung auf Makrophyten untersucht (VAN DE WEYER et al. 2016).

Während eines außerordentlichen Starkregenereignisses im Juli 2021 in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz mit weitreichenden Folgen u. a. für die Anlieger der Ahr nahm der PHOENIX See in der Zeit vom 13. bis 14. Juli 2021 ein Gesamtwasservolumen von rd. 160000 m³ aus der im Nebenschluss geführten Emscher auf (VOLKENS et al. 2023).

Die besondere Wetterlage mit mehreren sich in Fließrichtung der Emscher bewegenden Niederschlagsgebieten führte innerhalb kürzester Zeit zu einem rasanten Anstieg der Emscherpegel sowie des vorgelagerten Hochwasserrückhaltebeckens Nagelpötchen. Als dessen Kapazität erschöpft war, wurde gegen Abend des 14.07.2021 der PHOENIX See zum ersten Mal seit seiner Fertigstellung durch Anspringen der dafür vorgesehenen Überlaufschwelle eingestaut.

Abb. 1 Anspringen Überlaufschwelle Emscher in PHOENIX See am 14.07.2021.

Die maximale Fließmenge in der Emscher wurde dabei seitens der Emschergenossenschaft über eine am Nordufer des PHOENIX Sees gelegene Wehranlage gesteuert. Der PHOENIX See selbst wurde durch die Stadtentwässerung Dortmund bis zum Abklingen des Hochwassereinstaus für jedwede Benutzung gesperrt. Alle installierten technischen Elemente zur Hochwasserbewirtschaftung (Trenndamm mit Zu- und Ablaufschwelle, Wehranlage, Grundablass) haben perfekt funktioniert. Durch den Rückhalt von ca. 160000 m³ Hochwasser aus der Emscher konnten unterliegende Siedlungsbereiche Dortmunds, darunter eine wichtige U-Bahn-Verbindung, vor weitergehenden Schäden bewahrt werden.

3 Methoden

Das Monitoring der Makrophyten umfasst die Untersuchungen von fünf Transekten, die zweimal jährlich durch Taucher nach der Methode von PÄZOLT (2007) untersucht werden. Die verwendete Methode ist konform mit der DIN EN 15460: Anleitung zur Erfassung von Makrophyten in Seen, Deutsche Fassung EN 15460: 2007.

Die Vegetationskarten wurden nach der Methode von VAN DE WEYER et al. (2007) jeweils im September bzw. Oktober erstellt. Hierbei wurde die Unterwasservegetation durch Transekte längs der Uferlinie vom Boot aus untersucht. Die Untersuchung erfolgte mit einem Doppelrechen und einer Unterwasser-Videokamera. Desweiteren kam ein GPS-Gerät der Firma Garmin zum Einsatz. Ergänzend wurden Teilbereiche (Vegetationsgrenzen) mit Hilfe der SUP-GPS-Methode durch Taucher erfasst. Die räumliche Lage der folgenden Vegetationszonen wurde mittels GPS erfasst:

- Zone der Armleuchteralgen (*Chara contraria, C. globularis, C. hispida, Nitellopsis obtusa*)
- *Myriophyllum spicatum*-Zone
- *Myriophyllum spicatum-Zone*; 0-0,5 m unter der Wasseroberfläche
- Flächen ohne oder mit wenigen Wasserpflanzen (<2 % Bewuchs)
- Mischbestände
- Laichkraut-Zone (*Stuckenia pectinata* [=*Potamogeton pectinatus*])
- Schwefelbakterien
- Röhrichtzone (Phragmition)

4 Flora

Die Zahl der nachgewiesenen aquatischen Makrophyten nahm von 16 Arten im Jahr 2011 auf elf im Jahr 2023 ab; das Maximum betrug 17 Arten im Jahr 2012 (s. Tab. 2).

In allen Jahren wurden mindestens sechs Characeen-Arten nachgewiesen. *Chara vulgaris* wurde von 2011-2021 beobachtet, *Tolypella glomerata* von 2011-2018 und *Nitella opaca* von 2011-2022. *Chara aspera* wurde von 2019-2023 nachgewiesen, *Nitella mucronata* lediglich im Jahr 2023. Insgesamt wurden bisher neun Armleuchteralgen-Arten beobachtet. Hiervon sind fünf Arten (*Chara aspera, C. hispida, Nitellopsis obtusa, Nitella opaca, Tolypella glomerata*) in der Roten Liste von NRW (VAN DE WEYER 2022) aufgeführt.

Von der Gruppe der Gefäßpflanzen wurden von 2011-2023 zwölf Arten nachgewiesen. Hiervon wurden nur drei Arten (*Elodea canadensis, Stuckenia pectinata, Potamogeton pusillus*) in allen Jahren beobachtet. Keine der nachgewiesenen Gefäßpflanzen ist in der Roten Liste von NRW (VERBÜCHELN et al. 2021) aufgeführt.

Das Starkregenereignis im Juli 2021 hatte keine Auswirkungen auf die Makrophyten-Gesamtartenzahl und die Zahl der nachgewiesenen Armleuchteralgen-Arten.

Tab. 1 Liste der im PHOENIX See in den Jahren 2011-2023 nachgewiesenen aquatischen Makrophyten. RL: Rote Liste: Gefährdung gemäß Roter Liste NRW (VAN DE WEYER 2022, VERBÜCHELN et al. 2021): 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste, * = ungefährdet.

			Jahr	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	RL
	Armleuchteralgen:																
1	*Chara aspera*	Raue Armleuchteralge										x	x	x	x	x	2
2	*Chara contraria*	Gegensätzliche Armleuchteralge		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*
3	*Chara globularis*	Zerbrechliche Armleuchteralge		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*
4	*Chara hispida*	Steifhaarige Armleuchteralge		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2
5	*Chara vulgaris*	Gemeine Armleuchteralge		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			*
6	*Nitella mucronata*	Stachelspitzige Glanzleuchteralge														x	*
7	*Nitella opaca*	Dunkle Glanzleuchteralge		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		3
8	*Nitellospis obtusa*	Stern-Armleuchteralge				x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	V
9	*Tolypella glomerata*	Kleine Baumleuchteralge		x	x	x	x	x	x	x	x						3
	Höhere Pflanzen:																
10	*Alisma plantago-aquatica*	Gewöhnlicher Froschlöffel		x	x	x	x	x									*
11	*Callitriche spec.*	Wasserstern		x	x	x											*
12	*Ceratophyllum demersum*	Gewöhnliches Hornkraut										x	x	x	x	x	*
13	*Elodea canadensis*	Kanadische Wasserpest		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*
14	*Myriophyllum spicatum*	Ähriges Tausendblatt		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*
15	*Potamogeton natans*	Schwimmendes Laichkraut			x	x	x										*
16	*Stuckenia pectinata*	Kamm-Laichkraut		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*
17	*Potamogeton pusillus*	Haarblättriges Laichkraut		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*
18	*Potamogeton trichoides*	Zwerg-Laichkraut		x	x							x	x	x	x		*
19	*Ranunculus sceleratus*	Gift-Hahnenfuß		x	x												*
20	*Sparganium emersum*	Einfacher Igelkolben		x	x	x	x	x	x								*
21	*Zannichellia palustris*	Teichfaden		x	x								x	x			*
	Summe			16	17	15	14	12	12	11	11	14	14	14	12	11	

5 Vegetation

Die Vegetationskarten der Jahre 2012-2022 sind in den Abb. 5-3 bis 5-13 dargestellt; die zugehörigen Flächenanteile finden sich in Abb. 5-1 (Angaben in ha). Im Jahr 2012 befanden sich Armleuchteralgen-Flächen im Westen (Hafenbereich, PEA) und südlich sowie südöstlich der Landschaftsinsel. Der Flächenanteil lag 2012 bei 3,3 ha (14 %) der Seefläche und hat im Jahr 2013 auf 4,6 ha (20 %) zugenommen. Im Jahr 2014 war ein weiterer Anstieg auf 8,0 ha (34 %) zu verzeichnen. Im Jahr 2015 bedeckten Armleuchteralgen 9,4 ha (40 %). Im Jahr 2016 war ein weiterer Anstieg auf 9,6 ha (43 %) festzustellen, der sich im Jahr 2017 weiter auf 12,1 ha (51 %) und im Jahr 2018 auf 13,5 ha (57 %) fortsetzte. Im Jahr 2019 nahmen die Flächen, die

Armleuchteralgen dominiert waren, weiter auf 18,4 ha (78 %) zu. Diese Entwicklung setzte sich auch im Jahr 2020 fort: Die Flächen der Armleuchteralgen nahmen weiter auf 19,4 ha (82 %) zu. Im Jahr 2021, in dem das Starkregenereignis im Juli auftrat (s. Kap. 2), war der Anteil der Armleuchteralgen leicht rückläufig: er nahm auf 17,7 ha (75 %) ab. Im Jahr 2022 war wieder eine Zunahme auf 20,8 ha (88 %) festzustellen. Im Jahr 2023 war eine weitere Zunahme auf 22 ha (93 %) zu beobachten.

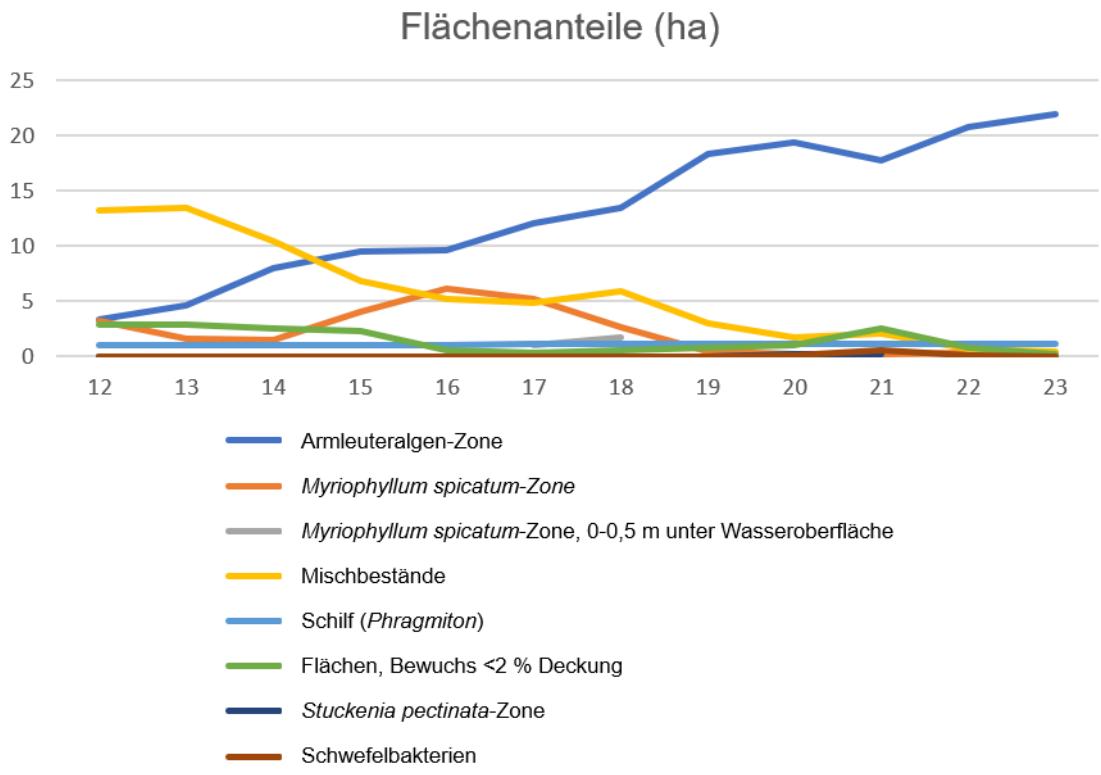

Abb. 2 Flächenanteile (ha) der Vegetationseinheiten des PHOENIX Sees 2012-2023.

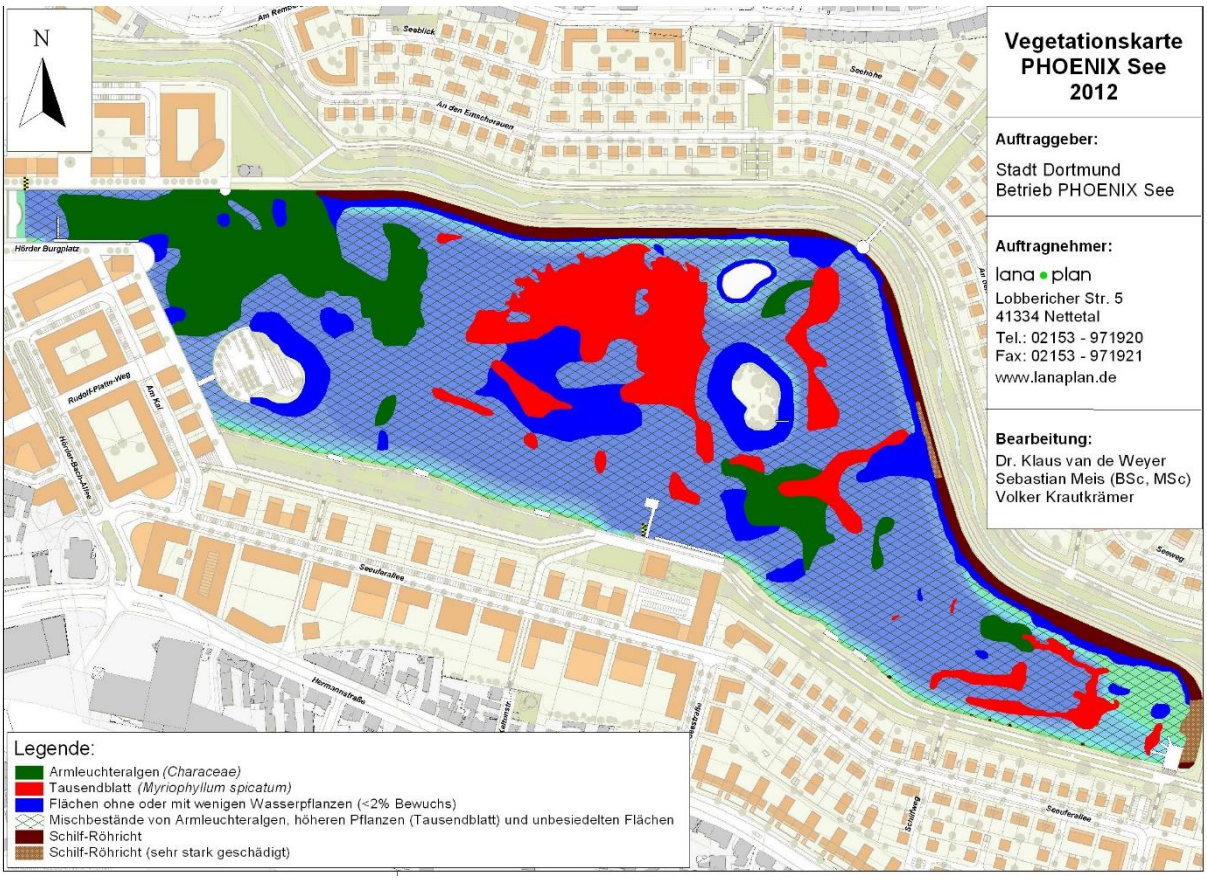

Abb. 3 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2012.

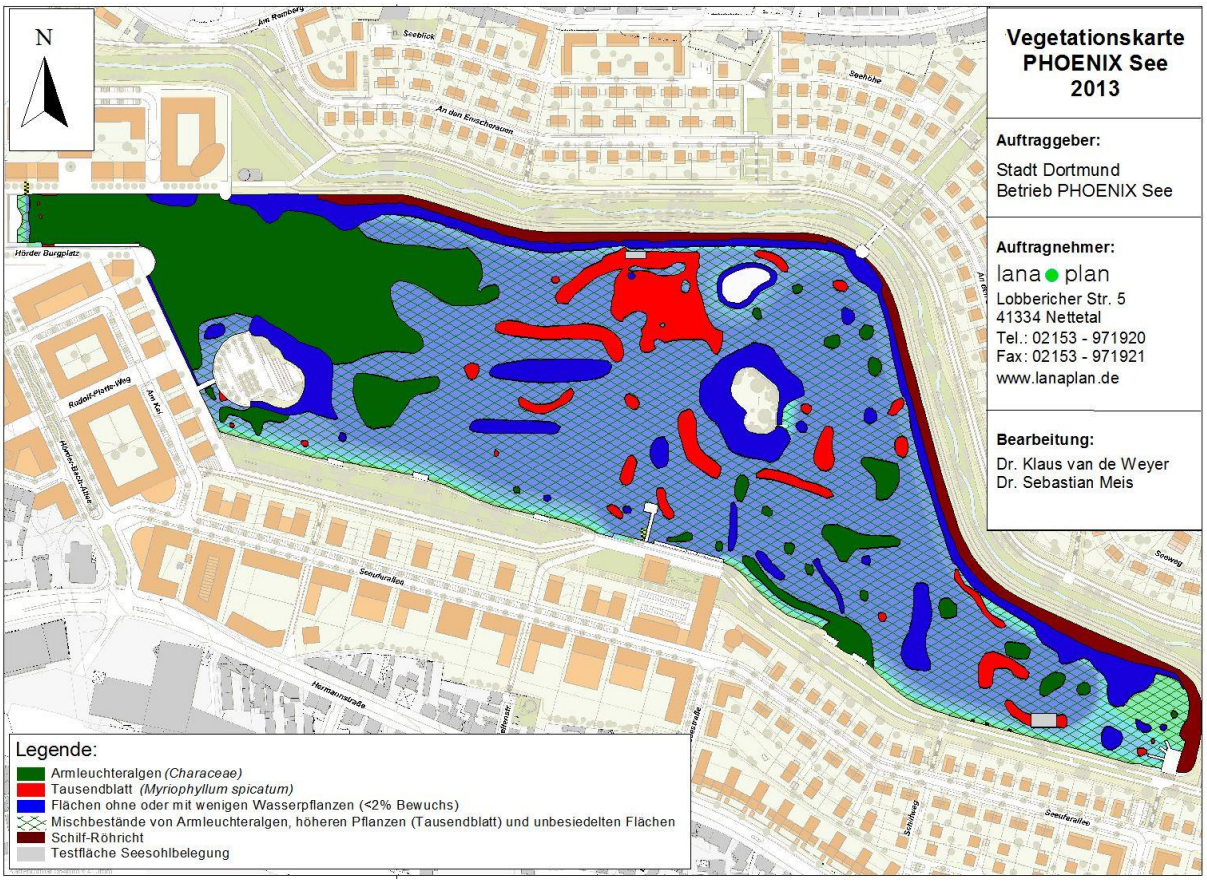

Abb. 4 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2013.

Abb. 5 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2014.

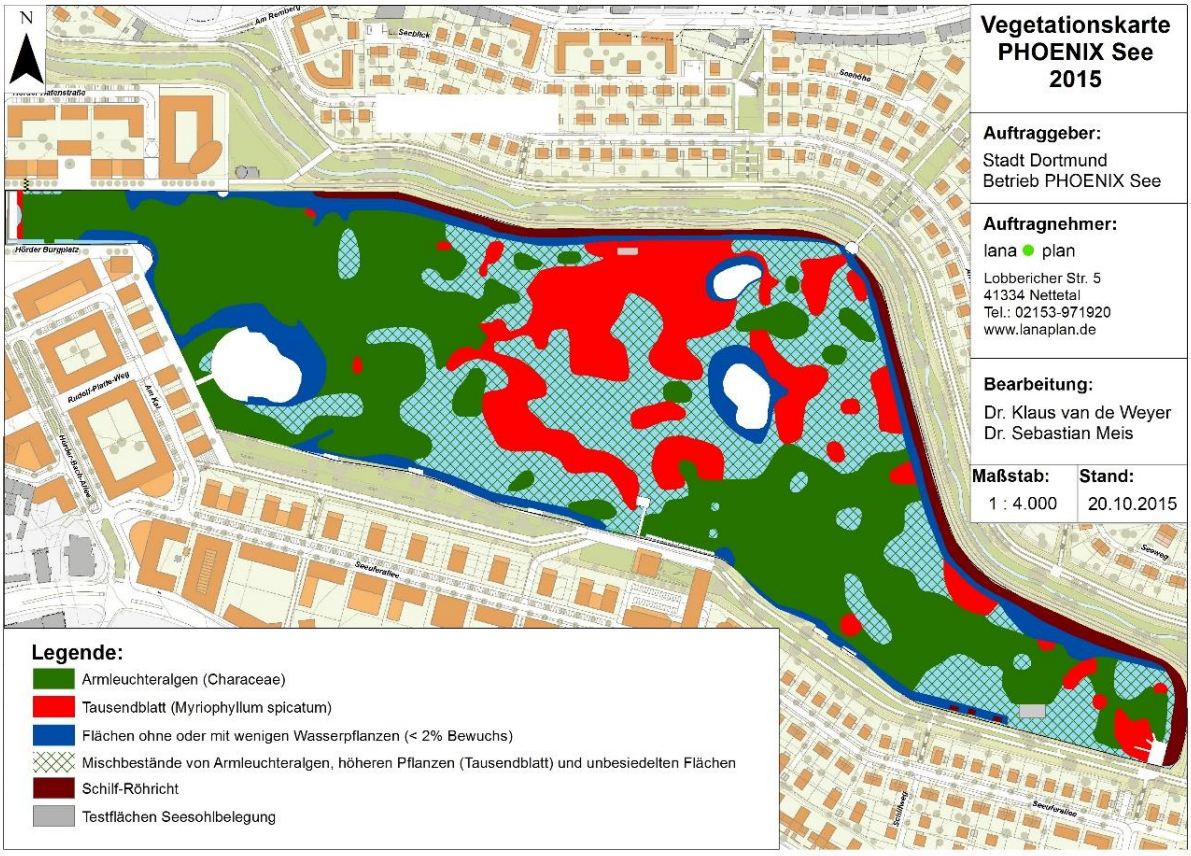

Abb. 6 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2015.

Abb. 7 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2016.

Abb. 8 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2017.

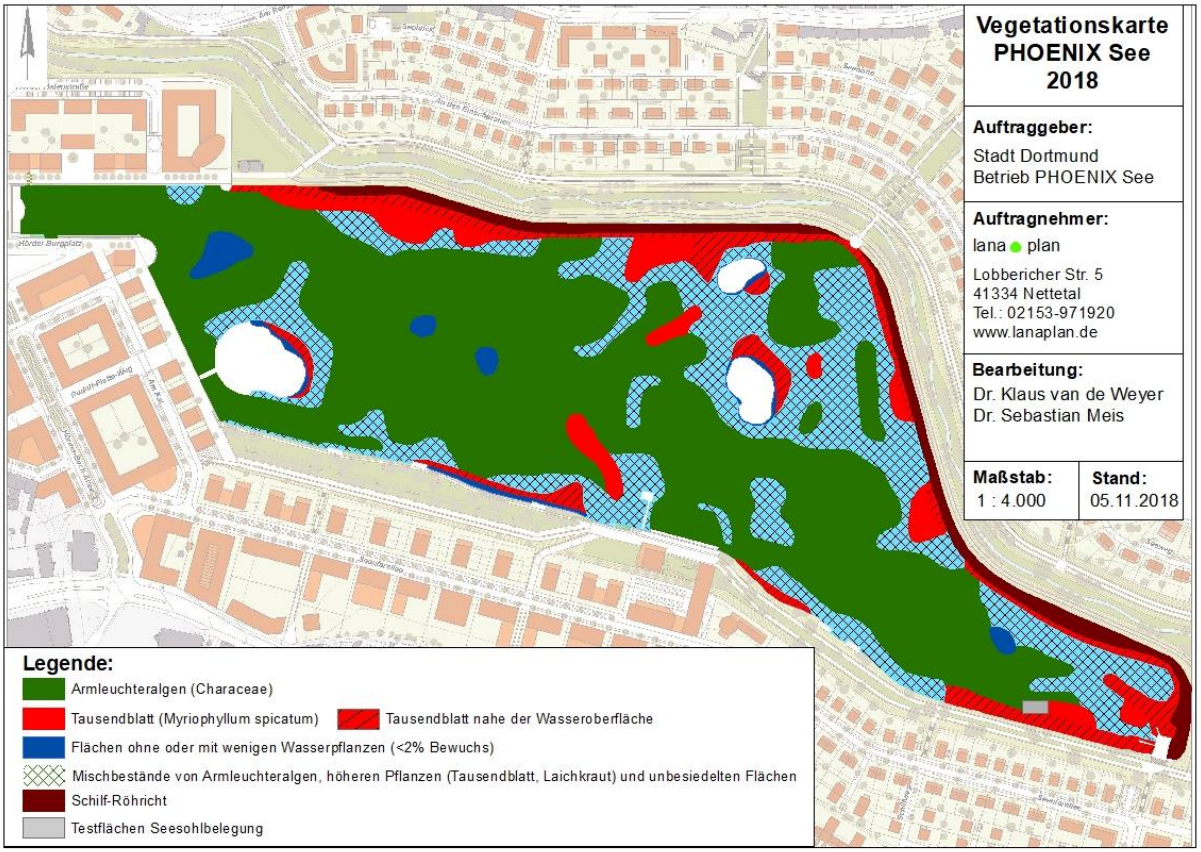

Abb. 9 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2018.

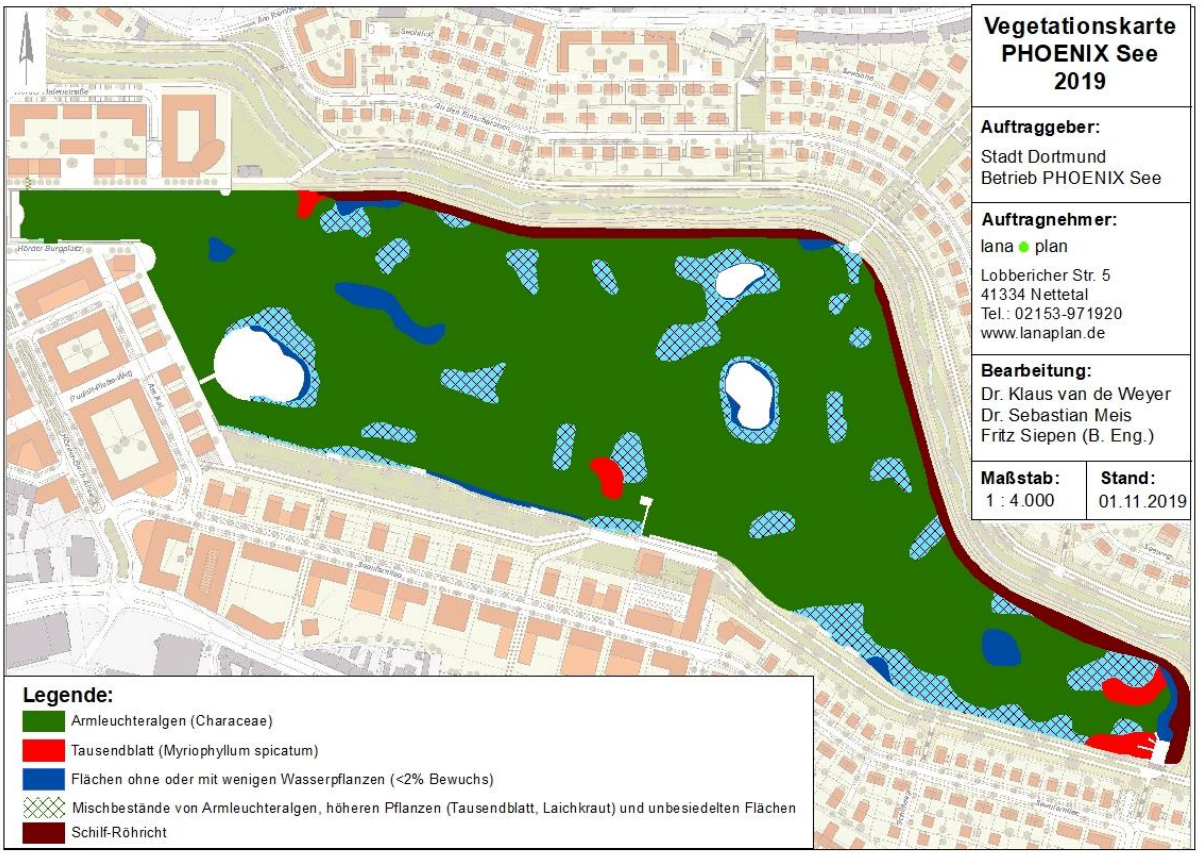

Abb. 10 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2019.

Abb. 11 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2020.

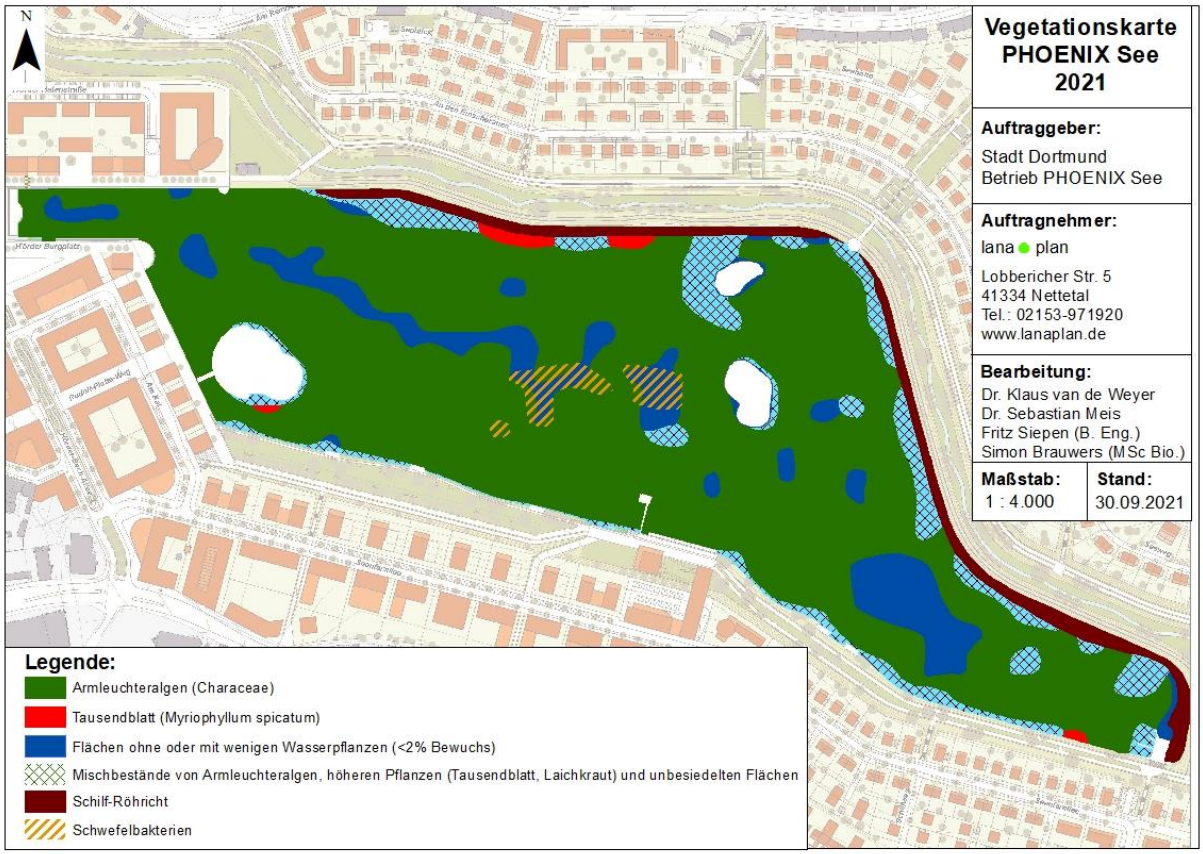

Abb. 12 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2021.

Abb. 13 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2022.

Abb. 14 Vegetationskarte des PHOENIX Sees 2023.

Bei den Armleuchteralgen gab es im Verlauf der Jahre Verschiebungen bei den dominanten Arten, s. Tab. 3. In den ersten Jahren dominierten *Myriophyllum spicatum*, *Chara globularis* und *Chara contraria*. Im Jahr 2014 dominierte erstmalig *Chara hispida* in einem Transekt. Wie aus den Vegetationskarten ersichtlich, nahm *Myriophyllum spicatum* im weiteren Verlauf ab und war ab 2019 nicht mehr in den Transekten dominant. Anzumerken bleibt, dass die Art seitens der Stadtentwässerung Dortmund, in den Jahren erhöhten Anfalls händisch bzw. unter Einsatz eines Amphibien-Mehrzwecksgeräts gezielt entnommen wurde mit nachweisbar positiven Effekten auf die Nährstoffbilanz.

So wurden allein im Jahre 2015 ca. 20 t *Myriophyllum spicatum* (Wiegung nach Vorentwässerung) dem Gewässer entzogen. Bei einem angenommenen Wassergehalt von 80 % (durch die Vorabtrocknung auf Mieten ist dieser ggf. deutlich niedriger) ergeben sich mind. 4 t Pflanzen-Trockenmasse. Mit einem über Laborversuche ermittelten Phosphor-Gesamt-Gehalt je kg Trockensubstanz i. H. v. 1,7 g kg^{-1} errechnet sich die gewonnene Gesamt-Phosphormenge auf 6,8 kg.

Erstmalig im Jahr 2019 trat *Nitellopsis obtusa* in drei Transekten dominant auf. In den Jahren 2020 und 2021 traten noch *Chara globularis und Chara hispida* codominent auf, ab dem Jahr 2022 war *Nitellopsis obtusa* die einzige dominante Art.

Tab. 3 Dominante Makrophyten in den Transekten von 2012-2023. C cont = *Chara contraria*, C glob = *Chara globularis*, C his = *Chara hispid*a, My sp = *Myriophyllum spicatum*, N obt = *Nitellopsis obtusa*, Pot pu = *Potamogeton pusillus*.

Transekt	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	My sp	C glob	C cont/C glob	C cont/C glob	C glob	C glob
2	C glob/My sp	C cont	C cont	C cont/C his	C his	C glob/C his
3	C glob/My sp	C glob/My sp	C his	C cont	C glob/C his	C glob/C his
4	My sp	My sp	C glob/My sp	My sp	My sp	C glob
5	My sp	My sp	My sp	My sp	My sp	My sp

Transekt	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	C glob	N obt	C glob/N obt	C glob/C his	N obt	N obt
2	C his	C his	C his/N obt	N obt	N obt	N obt
3	C glob/C his	N obt	N obt	N obt	N obt	N obt
4	C glob	C cont/N obt	N obt	N obt	N obt	N obt
5	My sp/Pot pu	N obt	N obt	N obt	N obt	N obt

6 Die Auswirkungen des Starkregenereignisses im Juli 2021 auf die Makrophyten

Das Starkregenereignis trat im Juli 2021 auf (s. Kap. 2). Die Auswirkungen auf die chemisch-physikalischen Parameter und den Chlorophyll-Gehalt wurden von VOLKENS et al. (2023) wie folgt beschrieben: „Nach der Aufnahme des Hochwassers war ein Anstieg auf bis zu 59 µg l^{-1} Gesamtphosphor im Februar 2022 zu erkennen. Auch in vergangenen Jahren waren Spitzen in den Frühjahren aufgetreten, jedoch in kleinerem Ausmaß. Mit dieser Konzentration wurde der bisher höchste Wert in 2016 (56 µg l^{-1}) überschritten und somit ein neuer Maximalwert erreicht. Gleichzeitig wurde in Folge des Niederschlagsereignisses der bisher höchste Chlorophyll-a Gehalt von 136,5 µg l^{-1} im November gemessen. Nach einem anschließenden Rückgang des

Chlorophylls in den folgenden Wintermonaten ist auch im März 2022 ein vergleichsweise hoher Wert von 75 µg l^{-1} erfasst worden. Anschließend nahm die Chlorophyll-a Konzentration wieder ab.“

Im Jahr 2021 erfolgten Untersuchungen in fünf Transekten im Mai (vor dem Starkregen) und im September (nachher). Ein Einfluss des Starkregenereignisses im Juli 2021 hatte keine Auswirkungen auf die Makrophyten-Gesamtartenzahl und die Zahl der nachgewiesenen Armleuchteralgen-Arten im Jahr 2021 (s. Kap. 4). Im August 2021 war das Wasser sehr stark getrübt. Im September waren auf vielen Pflanzen Sedimentablagerungen zu beobachten, s. Abb. 15.

Abb. 15 Infolge des Starkregenereignisses im Juli 2021 wiesen viele Armleuchteralgen im September 2021 Sedimentauflagen auf (Foto: *Chara hispida*).

In kleineren Teilbereichen, vor allem in Tiefen >3,5 m, waren Flächen, die noch im Mai 2021 mit Armleuchteralgen bewachsen waren, vegetationsfrei, s. Abb. 16. So ist der flächenmäßige Rückgang der Armleuchteralgen im Jahr 2021 zu erklären. Während die Armleuchteralgen im Jahr 2020 19,4 ha (82 %) der Seefläche bedeckten, nahm der Anteil der Armleuchteralgen im Jahr 2021 auf 17,7 ha (75 %) ab (s. Kap. 5). Nach den starken Trübungen und hohen Phosphor- sowie Chlorophyll-Werten im Winter 2021/Frühjahr 2022 waren die Bestände der Armleuchteralgen im Mai 2022 stark zurückgegangen. Im Verlauf des Sommers konnten sich die Bestände jedoch wieder erholen und bedeckten im August 2022 eine Fläche von 20,8 ha (88%). Dies ist eine Zunahme um 13 % im Vergleich zum Jahr 2021. Das Starkregenereignis im Juli 2021 hatte somit keine nachhaltigen Auswirkungen auf die Makrophyten im PHOENIX See. Diese Entwicklung zeigt, dass Armleuchteralgen „permanente Pioniere und Ökosystem-Ingenieure“ sind (SCHUBERT et al. 2018).

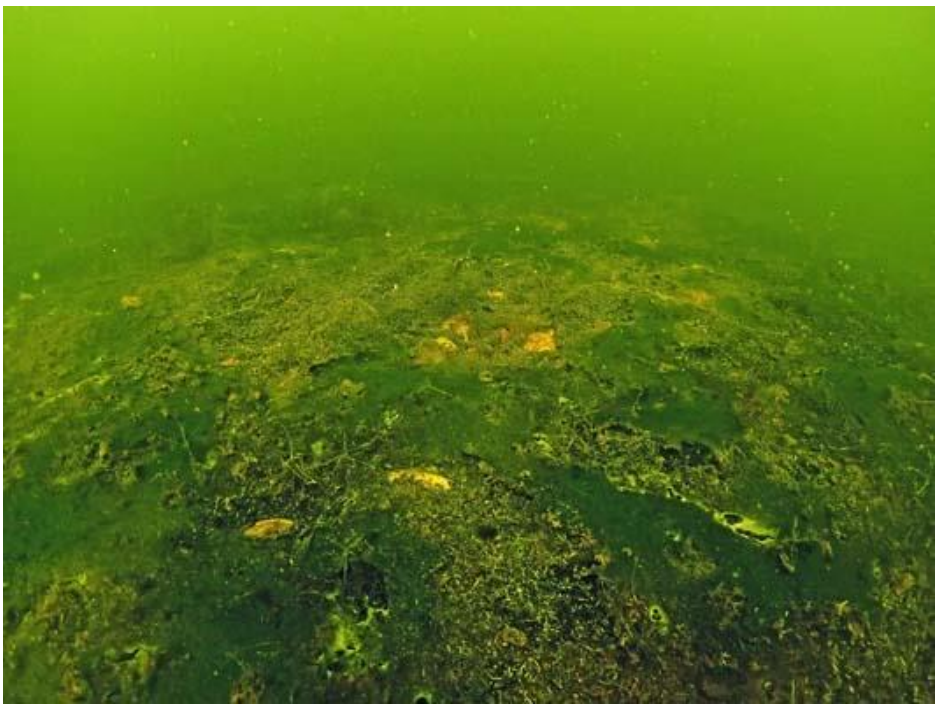

Abb. 16 Infolge des Starkregenereignisses im Juli 2021 waren in Teilflächen die Armleuchteralgen im September 2021 abgestorben (Foto: mit benthischen Cyanobakterien).

7 Bewertung der Anpflanzungen

Das Fazit zwölf Jahre nach Durchführung der Anpflanzung bzw. Animpfung mit Oosporen fällt für den PHOENIX See positiv aus. Die gepflanzten Armleuchteralgen sind nicht nur sehr gut angewachsen, sondern haben sich von den Anpflanzungen aus auch ausgebreitet. Insgesamt wurden bisher neun Armleuchteralgen-Arten nachgewiesen. Der Deckungsanteil der Armleuchteralgen ist im Verlauf der 12 Jahre kontinuierlich angestiegen und lag im Jahr 2023 bei 93 % der Seefläche.

In den 12 Jahren sind im PHOENIX See keine großflächigen Massenentwicklungen von höheren Makrophyten wie in den benachbarten Ruhrstauseen (PODRAZA & KNOTTE 2010) aufgetreten. *Elodea nuttallii*, die in den Ruhrstauseen zu großen Nutzungskonflikten führte und führt, wurde im PHOENIX See bisher noch nicht nachgewiesen. *Elodea canadensis* konnte in den Jahren 2011-2023 nur in geringer Menge festgestellt werden. Größere Anteile nahm in den ersten Jahren *Myriophyllum spicatum* ein. Diese Art, die in Deutschland einheimisch ist, bereitet als Neophyt in den USA große Probleme in Hinblick auf Nutzungen von Seen. Dies betrifft auch oligo-mesotrophe Gewässer (BAILEY & CALHOUN 2008; BOYLEN et al. 1996). Der Flächenanteil von *Myriophyllum spicatum* hat im Verlauf der Jahre 2012-2023 im PHOENIX See zunächst zu-, danach abgenommen. Der maximale Deckungsgrad lag im Jahr 2016 bei 27 %. Zu dieser Zeit erreichte *Myriophyllum spicatum* im Flachwasser die Wasseroberfläche; der Anteil lag bei 7 % der Seefläche. In dieser Zeit wurde *Myriophyllum spicatum* gezielt entnommen. Im weiteren Verlauf nahm der Anteil bis auf 0,1 % im Jahr 2023 ab. Die *Myriophyllum spicatum*-Bestände führten nicht zu Nutzungseinschränkungen.

Letztlich bleibt festzuhalten, dass die geschaffenen Rahmenbedingungen (Nährstofflimitierung im Sediment und Freiwasser, Bepflanzung mit Armleuchteralgen,

zeitweise Entnahme von *Myriophyllum spicatum*, den Zielen angepasste fischereiliche Hege) eine Ausbreitung hochwachsender Makrophyten bis dato verhindert haben.

Im PHOENIX See wurden alle Mindestanforderungen erfüllt, die gemäß dem Handlungsleitfaden zur Ansiedelung von aquatischen Makrophyten in Seen erforderlich sind (s. Tab. 4, VAN DE WEYER et al. 2023). Außerdem wurde die erforderliche Pflege (Entnahme von *Myriophyllum spicatum*) durchgeführt. Daher ist diese Maßnahme auch erfolgreich.

Tab. 4 Erforderliche Grundlagen, abiotische und biotische Mindestanforderungen für die Ansiedelung von aquatischen Makrophyten in Seen (VAN DE WEYER et al. 2023).

Parameter	Mindestanforderung	Datengrundlagen	Mindestanforderung erreicht
Trophie*	mesotroph2/eutroph1	liegen vor	ja
Epiphyten	gering	liegen vor	ja
Sediment: Korngröße	Sand, Kies, Torf, Kalk (maximal geringer organischen Anteil bzw. geringe Sedimentauflage)	liegen vor	ja
Sediment*: Gesamt-Phosphor (mg kg^{-1})	<500	liegen vor	ja
Wasserstandsschwankungen	gering	liegen vor	ja
Herbivorie	gering	liegen vor	ja
Benthivorie	gering	liegen vor	ja
Konkurriende Makrophyten	geringe Vegetationsbedeckung	liegen vor	ja

* Wilbertz & Korte (2022)

Danksagung

Dr. Thomas Korte (Emschergenossenschaft/Lippeverband) stellte nicht veröffentliche Daten zur Verfügung.

Literatur

Bailey J. E. & A. J. K. Calhoun, 2008. Comparison of Three Physical Management Techniques for Controlling Variable-leaf Milfoil in Maine Lakes. Journal of Aquatic Plant Management 46: 163-167.

Best M. D. & E. Mantai, 1978. Growth of *Myriophyllum*: Sediment or Lake Water as the Source of Nitrogen and Phosphorus. Ecology 59: 1075-1080.

Boylen C. W., L. W. Eichler & J. W. Sutherland, 1996. Physical control of Eurasian watermilfoil in an oligotrophic lake. Hydrobiologia 340: 213-218.

Carignan R. & J. Kalff, 1980. Phosphorus Sources for Aquatic Weeds: Water or Sediments? Science 207: 987-989.

Möhring B., T. Korte, P. zur Mühlen, A. Petruck, A. Pfister & M. Sommerhäuser, M. 2014: Der PHOENIX See - Highlight des Strukturwandels im neunen Emschertal. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2014: 17-22.

Päzolt J., 2007. Der Makrophytenindex Brandenburg – ein Index zur Bewertung von Seen mit Makrophyten. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 16: 116-121.

Podraza P. & H. Knotte, 2010. Massenentwicklung von *Elodea* - Diskussion der Möglichkeiten zur Bestandsregulierung am Beispiel der Ruhrstauseen. Korrespondenz Wasserwirtschaft 6: 286-293.

Rattray M. R., C. Howard-Williams & J. M. A. Brown, 1991. Sediment and water as sources for nitrogen and phosphorus for submerged rooted aquatic macrophytes. Aquatic Botany 40: 225-237.

Schubert H., I. Blindow, N. C. Bueno, M. T. Casanova, M. Pełechaty & A. Pukacz, 2018: Ecology of charophytes – permanent pioneers and ecosystem engineers. Perspectives in Phycology 5: 61-74.

Sümer G., 2013. Der PHOENIX See in Dortmund: Transformation einer Stahlwerksbrache zu einer hochwertigen Gewässerlandschaft unter Einbeziehung innovativer Maßnahmen zum Gewässergütemanagement. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2012 (Koblenz), Hardegsen 2013.

Sukopp H. & W. Trautmann, 1981. Ausbringung von Wildpflanzen. Natur und Landschaft 56: 368-369.

Verbücheln G., R. Götte, T. Hövelmann, W. Itjeshorst, P. Keil, P. Kulbrock, G. Kulbrock, M. Luwe, R. Mause, N. Neikes, W. Schubert, W. Schumacher, P. Schwartze & K. van de Weyer, 2021. Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen – Pteridophyta et Spermatophyta – in Nordrhein-Westfalen, 5. Fassung. LANUV Fachbericht 118: 125 Seiten.

van de Weyer K., I. Nienhaus, P. Tigges, A. Hussner & U. Hamann, U. 2007. Eine einfache und kosteneffiziente Methode zur flächenhaften Erfassung von submersen Pflanzenbeständen in Seen. Wasser und Abfall 6: 20-22.

van de Weyer K., G. Sümer, H. Hueppe & A. Petruck, 2014. Das Konzept PHOENIX See: Nachhaltiges Management von Makrophyten-Massenentwicklungen durch eine Kombination nährstoffarmer Standortbedingungen und Bepflanzung mit Armleuchteralgen. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2014: 23-27.

van de Weyer K., G. Sümer & S. Meis, 2016. Erfahrungen mit unterschiedlichen Sohlbelegungsmaterialien zum Management von Makrophyten-Massenentwicklungen im PHOENIX See (Dortmund). Korrespondenz Wasserwirtschaft 2016: 353-356.

van de Weyer K., G. Sümer & S. Meis, 2017. Entwicklung von Flora und Vegetation im PHOENIX See (Dortmund) - fünf Jahre nach Anpflanzungen mit Armleuchteralgen. Rostocker Meeresbiologische Beiträge 27: 7-18.

van de Weyer K., 2022. Rote Liste und Artenverzeichnis der Armleuchteralgen (Characeae) in Nordrhein-Westfalen, 4. Fassung. LANUV-Fachbericht 36: 15 Seiten.

van de Weyer K., S. Meis & J. Stuhr, 2023. Ansiedelung von aquatischen Makrophyten als Maßnahme der Seenrestaurierung Grundlagen und Handlungsleitfaden für Schleswig-Holstein, 114 Seiten.

Volkens P., M. Wilbertz, A. Petruck & T. Korte, 2023. PHOENIX See: Die Folgen des Starkregenereignisses im Juli 2021 für den See und seine Ökologie. Gesellschaft für Limnologie (DGL) Ergebnisse der Jahrestagung 2022 (Konstanz): 125-133, Essen 2023.

Wilbertz M. & Korte, T., 2022. Der PHOENIX See in Dortmund – Ergebnisse aus dem chemisch-physikalischen und biologischen Monitoring. Korrespondenz Wasserwirtschaft 2022: 149-156.