

Limnologische Untersuchungen des Caputher Sees 2019

**Untersuchungen wichtiger trophischer Gewässerparameter, vor-Ort-Parameter,
des Phyto- und Zooplanktons sowie submerser Makrophyten**

Im Auftrag der
Gemeinde Schwielowsee

Ansprechpartnerin:
Frau Simon



November 2019

Beteiligte Personen und Institutionen:

Auftraggeber:

Gemeinde Schwielowsee
Potsdamer Platz 9 ·
14548 Schwielowsee

Auftragnehmer:

Bernd Koppelmeyer (*enviteam*) & Dr. Wolfgang Arp (*LimPlan*)

Plankton:

Dr. Wolfgang Arp (*LimPlan*): Phytoplankton
apl. Prof. Dr. Gerhard Maier (Büro für Gewässerökologie): Zooplankton

Vor Ort-Messungen, Probenahme:

Dr. Kerstin Wöbbecke, Bernd Koppelmeyer, (*enviteam*)
Dr. Wolfgang Arp (*LimPlan*)

Limnochemische Analysen:

PWU Potsdamer Wasser- und Umweltlabor GmbH

Bericht:

Dr. Kerstin Wöbbecke (*enviteam*)
Dr. Wolfgang Arp (*LimPlan*)
apl. Prof. Dr. Gerhard Maier (Büro für Gewässerökologie)

Foto Titelseite:

Caputher See, südliche Bucht, August 2016

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	4
1 Zusammenfassung	6
2 Anlass und Zielsetzung	7
3 Untersuchungsgebiet und Untersuchungsumfang 2019	8
3.1 Untersuchungsgebiet	8
3.2 Untersuchungsumfang 2019	8
4 Ergebnisse	9
4.1 Feldmessungen	9
4.2 Nährstoffe	11
4.3 Plankton	12
4.3.1 Phytoplankton und Chlorophyll a	12
4.3.2 Zooplankton	14
4.4 Submerse Makrophyten	16
5 Diskussion und Maßnahmenvorschläge	18
5.1 Bewertung des gegenwärtigen Zustands und der Veränderungen im letzten Jahrzehnt	18
6 Anhang	28
6.1 Quellenverzeichnis	28
6.1.1 Publikationen und Berichte	28
6.1.2 Verwendete Bestimmungsliteratur	30
6.2 Methoden	34
6.2.1 Feldmethoden	34
6.2.2 Limnochemische Analysen	34
6.2.3 Labormethodik Phytoplankton	35
6.2.4 Labormethodik Zooplankton	36
6.3 Artenliste Phyto- und Zooplankton	39

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Ergebnisse der limnochemischen Analysen der Wasserproben vom Caputher See vom März, Juni, August und September 2019 und Mittelwerte (MW).....	12
Tab. 2:	Großgruppenzusammensetzung des Phytoplanktons (Biovolumen) und Chlorophyll a im Caputher See im März, Juni, August und September 2019 (Mischprobe aus der euphotischen Zone; vgl. Tab. 1)	13
Tab. 3:	Vergleich der Schwankungsbreiten trophischer Parameter aus ähnlichen Zeiträumen der Jahre 2012, 2014 bis 2017 und 2019 für den Caputher See.....	22
Tab. 4:	Labormethoden	35

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoffsättigung, Redoxpotential und Sonden-Chlorophyll an den vier Beprobungstagen in 2019 im Caputher See.....	9
Abb. 2:	Gesamtphosphor: Mischprobe der euphotischen Zone und aus einem Meter über Grund, Gesamtstickstoff der euphotischen Zone (EuZ) und über Grund sowie NH ₄ -N, Chlorophyll a in der Mischprobe und Sichttiefe sowie Gesamtorganischer Kohlenstoff (TOC) der Mischprobe an den vier Beprobungstagen in 2019 im Caputher See.....	11
Abb. 3:	Biomasse (Trockengewicht) des Zooplanktons für den Caputher See 2019.....	15
Abb. 4:	Größenindex des Wasserfloh-Planktons (GIC) für den Caputher See 2019.	16
Abb. 5:	Submerse Makrophyten im Caputher See 2019 mit flächigem Vorkommen von <i>Myriophyllum spicatum</i> und Einzelexemplaren von <i>Potamogeton perfoliatus</i>	17
Abb. 6:	Langjährige Entwicklung der Wassertemperatur und der Sauerstoffsättigung im Oberflächen- und im Tiefenwasser sowie der Mächtigkeit der sauerstofffreien Schicht über Grund an der tiefsten Stelle im Caputher See. (Datenquellen s. Tab. 3).....	19
Abb. 7:	Langjährige Entwicklung von Sichttiefe sowie Chlorophyll und Nährstoffen aus der Mischprobe sowie TP und TN über Grund (nicht in allen Jahren gemessen) an der tiefsten Stelle im Caputher See 2019.....	21
Abb. 8:	Phytoplankton-Großgruppen und Chlorophyll a im Caputher See 2012 - 2019.	24
Abb. 9:	Biomassenverteilung des Zooplanktons in den Jahren 2014 bis 2019.	25
Abb. 10:	Größenindex der Cladoceren. Rote Linie markiert die Masse einer 1 mm langen Daphnie. Jahre 2014 bis 2019.....	26

Abb. 11:	Umsatz von Phytoplankton- in Zooplanktonmasse auf Biovolumen-Basis. Jahre 2014 bis 2019.	26
Abb. 12:	Anteile der Daphnien an der Gesamtmasse (Trockengewicht) der Wasserflöhe (Cladoceren). Jahre 2014 – 2019.	26
Abb. 13:	Bestand der Büschelmücken im Caputher See 2014 – 2019.	27

1 Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung an vier Terminen im Frühjahr, Sommer und Frühherbst 2019 sowie die erneute Grobkartierung der submersen Makrophyten sollte die trophische Entwicklung des bereits langjährig untersuchten Caputher Sees dokumentieren. Dabei sollten mögliche Auswirkungen der Abfischung von Gras- und Marmorkarpfen aufgezeigt, sowie geklärt werden, ob weitere Maßnahmen zur Verbesserung des Zustands notwendig sind.

2019 gab es einerseits Beobachtungen, die möglicherweise als leichte Verbesserung des trophischen Zustands gedeutet werden könnten (statistisch allerdings nicht signifikant: etwas höhere Sichttiefen, geringere Chlorophyll- und Gesamtposphorwerte, im Frühjahr etwas höherer Anteil an größerem Zooplankton, Einzelexemplare einer neuen Art submerser Wasserpflanzen).

Andererseits sind diese Beobachtungen wegen der nur viermaligen Beprobung und der insgesamt großen Variabilität in Flachseen, die von Wetterschwankungen besonders stark abhängig sind, ungesichert. Nach wie vor herrscht beim Phytoplankton, zusätzlich durch Klimaänderung begünstigt, starke Blaualgendominanz. Hauptvertreter sind seit vielen Jahren dünnfädige Oscillatoriales, die stark zur Trübung des Wassers beitragen und die Fähigkeit haben, ihre Dominanz weiter zu festigen. Das Zooplankton wird in den meisten Phasen von kleinen ineffektiven Filtrierern dominiert. Der Sauerstoffhaushalt ist nach wie vor extrem unausgeglichen.

Wir empfehlen daher, die Abfischung von Marmor- und Silberkarpfen fortzusetzen und durch Abfischung anderer zooplanktonfressender Weißfischarten zu ergänzen. Des Weiteren sollte versucht werden, durch punktuelle Auszäunung von Fischen die Etablierung von submersen Makrophyten zu fördern.

2 Anlass und Zielsetzung

Der Caputher See ist ein seit Jahrzehnten eutrophierter Flachsee, der in den letzten Jahren immer wieder limnologisch mit unterschiedlicher Intensität untersucht wurde. Zum einen wird der See seit 2009 im dreijährigen Rhythmus limnochemisch (ab 2012 auch planktologisch; ARP et al. 2013) vom Landesamt für Umwelt in Potsdam untersucht, zuletzt 2015 (ARP et al. 2016). Zum anderen wurden in den letzten Jahren limnologische Kurzgutachten mit zwei bis drei Probenahmen pro Jahr durchgeführt, im Herbst 2014 im Auftrag des Caputher Sees e.V. (ARP et al. 2014) und 2016 und 2017 im Auftrag der Gemeinde Schwielowsee (WÖBBECKE et al. 2016 und 2017).

Das Ergebnis aller oben genannten Untersuchungen ergab im Freiwasser bislang eine hohe Trophie (eutroph 2 bis polytroph 1), mit starker Phytoplanktontrübe (Sichttiefe im Mittel < 1 m) und deutlicher Dominanz von fädigen Blaualgen im Sommer und Herbst.

In den letzten Jahren gibt es Anstrengungen durch den Verein Caputher See e.V., die Qualität des Sees durch gezielte Maßnahmen zu verbessern. Dazu zählt insbesondere die Entnahme vor allem von 788 Silber- und 142 Marmorkarpfen in den Jahren 2014-2018 (www.caputhersee.de), mit einem geschätzten Gesamtgewicht von etwa 10 t Fischbiomasse. Alleine in den letzten zwei Jahren wurden ca. 400 Silberkarpfen und 50 Marmorkarpfen entnommen. Die Entnahme soll u.a. dazu führen, das Zooplankton zu stärken, um einen erhöhten Fraßdruck auf das Phytoplankton auszuüben. Beide Karpfenarten, auch die überwiegend phytoplanktonfressenden Silberkarpfen, fressen Zooplankton (KLAPPER 1992). Ihre Entnahme ist gleichzeitig eine Nährstoffreduzierung im See.

Vor diesem Hintergrund wurden im Jahr 2019 an vier Terminen vor Ort-Messungen und Nährstoff- und Planktonanalysen durchgeführt, um zu prüfen, ob aktuell ökologische Veränderungen im See zu beobachten sind. Alle erhobenen Daten werden aufgelistet und zusammen mit Altdaten bewertet.

3 Untersuchungsgebiet und Untersuchungsumfang 2019

3.1 Untersuchungsgebiet

Der Caputher See liegt südlich des Templiner Sees in einer eiszeitlichen Nebenrinne der Havelseenkette. Er hat eine annähernd dreieckige Seefläche von 49,6 ha. Bei einer mittleren Tiefe von 3,4 m ist er in weiten Bereichen recht flach und hier dementsprechend ohne stabile sommerliche Temperaturschichtung. Die tiefste Stelle von 9,2 m liegt in der Nordspitze und weist in der Regel von April/Mai bis September eine stabile Temperaturschichtung auf, wobei das Hypolimnion allerdings nur eine geringe Mächtigkeit besitzt und in dieser Zeit sauerstofffrei ist (ARP et al. 2016). Bereits in den 1990er Jahren wurde der Caputher See als polytroph 1 (Stufe 5 auf der siebenstufigen Skala der Trophie nach LAWA 1999) klassifiziert (MIETZ et al. 1996 und 1997).

Der See erhält im Süden zwei kleine Zuflüsse aus dem umliegenden bewaldeten Gebiet. Einer davon verbindet ihn über das Wurzelfenn mit dem Großen Lienewitzsee. Im Norden entwässert der Abfluss über den Templiner See in die Havel. Abfluss und Zuflüsse führten in den vergangenen Jahren jedoch meist kein Wasser, so dass der Caputher See gegenwärtig fast ausschließlich Grundwasser-gespeist ist. Etwa zwei Drittel des Sees gehören zum NSG „Lienewitz-Caputher Seen- und Feuchtgebietskette“¹.

3.2 Untersuchungsumfang 2019

Im Rahmen dieses Projekts wurden 2017 am Caputher See an vier Terminen, am **12.03.**, **05.06.**, **06.08.** und **19.09.**, an der tiefsten Stelle des Sees die Sichttiefe gemessen und Tiefenprofile für Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, Redoxpotential sowie Chlorophyll (relative Werte) aufgenommen.

Für die limnochemische Analyse wurden in Anlehnung an die Vorgaben des LUGV Mischproben über die 2,5fache Sichttiefe hergestellt und im Labor auf die Photopigmente Chlorophyll a und Phaeophytin, Nährstoffe und Nährstofffraktionen (Gesamt-Phosphor, Phosphat, Gesamt-Stickstoff, Nitrat, Ammonium) analysiert.

Für die Phytoplanktonanalyse wurde eine Probe aus der Mischprobe entnommen und quantitativ und qualitativ mikroskopisch analysiert. Für die Zooplanktonprobe wurde ein Vertikalzug über eine Wassersäule von 7 m durchgeführt. Die Zooplanktonprobe wurde ebenfalls qualitativ und quantitativ mikroskopisch untersucht.

Näheres zur Methodik der Probenahme sowie der limnochemischen und der Plankton-Analytik s. Kap. 5.2 im Anhang.

Die Kartierung der submersen Makrophyten Anfang August 2019 erfolgte durch Abfahren mit dem Boot und Beprobung mit der Makrophytenharke in Intervallen von etwa 100 m. Der Einsatz eines Sichtkastens war durch die geringe Sichttiefe von unter einem Meter nicht sinnvoll. Der einzige gefundene Makrophyten-Bestand wurde per GPS und Lotung der unteren Makrophytengrenze vermessen.

¹ Verordnung über das NSG „Lienewitz-Caputher Seen- und Feuchtgebietskette“ vom 10. Juni 2002, (GVBl.II/02, [Nr. 20], S.449)

4 Ergebnisse

4.1 Feldmessungen

Der Caputher See wies an allen vier Terminen sehr ähnliche geringe Sichttiefen auf (0,75 – 1,0 m, Tab. 1 und Abb. 1).

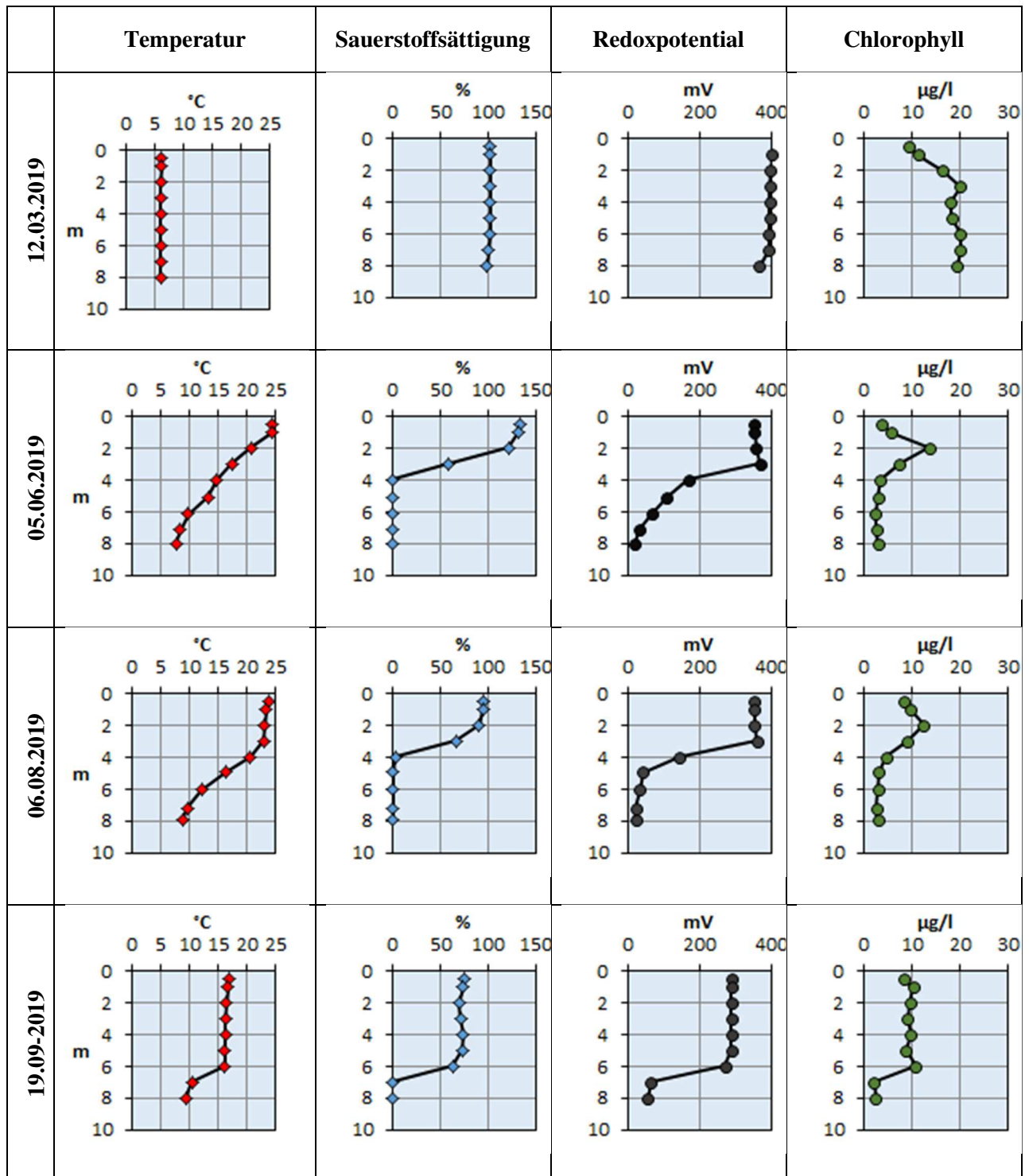


Abb. 1: Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoffsättigung, Redoxpotential und Sonden-Chlorophyll an den vier Beprobungstagen in 2019 im Caputher See.

Die Tiefenprofile von Wassertemperatur, Sauerstoffsättigung, Redoxpotential und Sondenchlorophyll (relative Werte) sind in Abb. 1 dargestellt.

Am ersten Beprobungstag, dem **12. März**, war der Caputher See noch vollständig durchmischt, die Sauerstoffsättigung lag bei 100 %, der pH-Wert bei 8,4. Nur die mit der Sonde gemessenen (relativen) Chlorophyllwerte zeigten bereits einen leichten Gradienten mit einer Zunahme zwischen 0,5 und 3 m Wassertiefe.

Am **05. Juni** hatte sich bei epilimnischen Temperaturen von bereits fast 25°C eine Temperaturschichtung mit Gradienten über die gesamte Wassersäule ausgebildet. Ab 4 m Wassertiefe war das Tiefenwasser sauerstofffrei. Das Redoxpotential war ab 4 m Wassertiefe stark abgesunken und erreichte über Grund das Minimum von 19 mV². Deutlicher H₂S-Geruch wurde in der Tiefenprobe wie auch in den beiden folgenden Beprobungen wahrgenommen. Im Oberflächenwasser herrschte Sauerstoff-Übersättigung (maximal 133 %). Der pH-Wert im Epilimnion war durch die hohe Algenproduktion auf 8,7 gestiegen. Beim Chlorophyll hatte sich das bereits im März in 3 m Tiefe angedeutete Chlorophyll-Maximum nun als metalimnisches Maximum stärker ausgeprägt.

Am **06. August** bot sich ein ähnliches Bild, das Epilimnion hatte sich allerdings etwas nach unten ausgedehnt. Die Sauerstoffsättigung lag hier jetzt aber leicht unter 100 %, der pH-Wert war leicht abgesunken (8,2). Die unteren Wasserschichten waren weiterhin ab 4 m sauerstofffrei. Das Redoxpotential direkt über Grund war zwar nicht weiter abgesunken, die Zone mit niedrigem Redoxpotential hatte sich aber weit nach oben, bis etwa 5 m Wassertiefe, ausgedehnt.

Am **19. September**, dem letzten Beprobungstag, hatte sich die Schichtung nahezu aufgelöst, nur die 7-m- und 8-m-Schicht war noch nicht von der Zirkulation erfasst. In der durchmischten Schicht herrschte deutliche Sauerstoffuntersättigung (70-73 %).

Die elektrische Leitfähigkeit lag im Oberflächenwasser zwischen 289 (Herbst) und 413 µS/cm (Frühjahr). Über Grund lag sie bei maximal 573 µS/cm.

Die zeitweilig hohe Sauerstoffübersättigung, die frühe Sauerstofffreiheit im Epilimnion und die niedrigen Redoxwerte über Grund zeigen die auch in 2019 unvermindert intensiven Produktions- und Respirationsprozesse im Caputher See.

² Unterhalb von +200 mV geht zweiwertiges Eisen in Lösung, und P-Rücklösung wird möglich.

4.2 Nährstoffe

Die Ergebnisse der limnochemischen Analysen der an der tiefsten Stelle entnommenen Proben sind in Abb. 2 und Tab. 1 dargestellt.

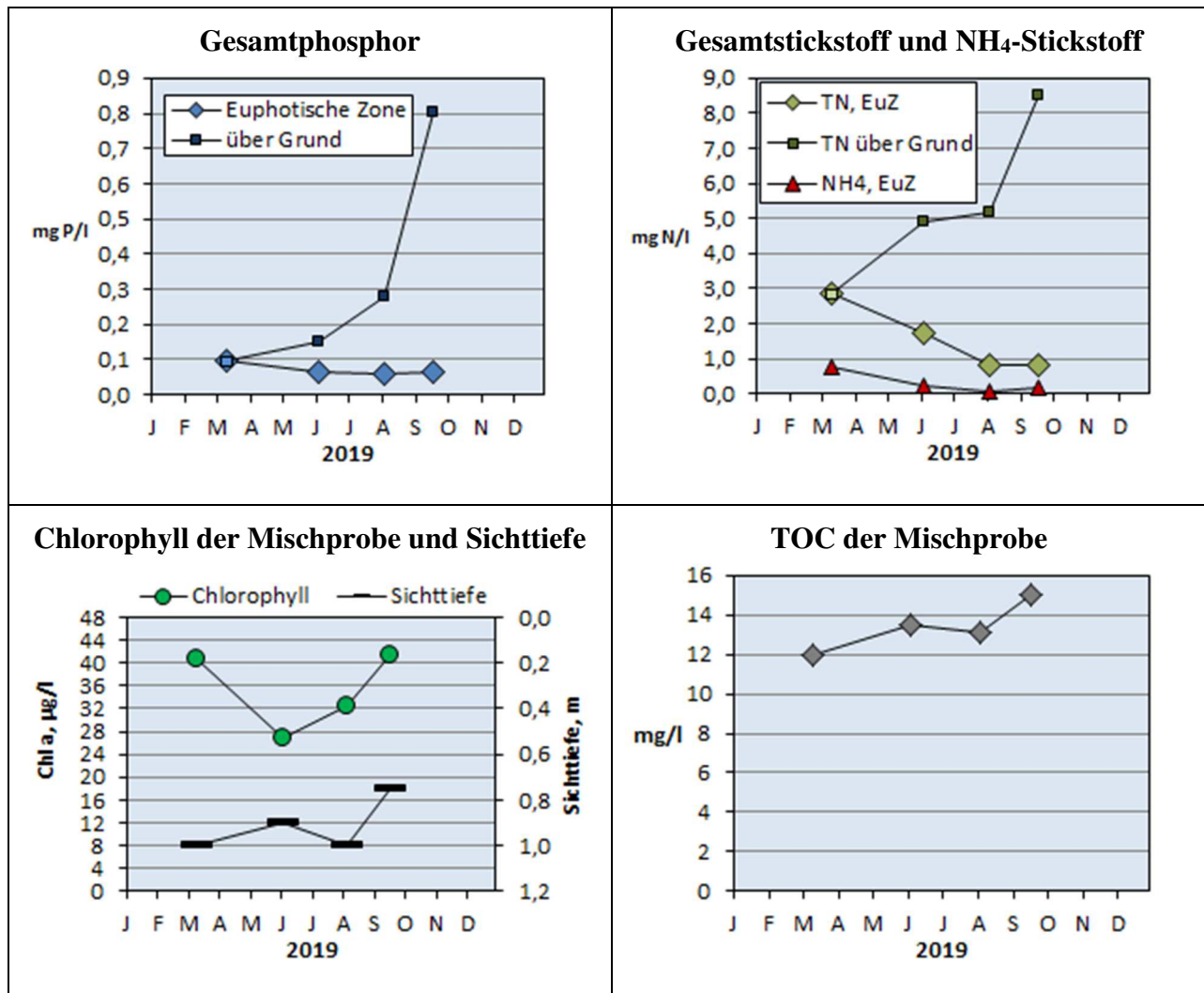


Abb. 2: Gesamtphosphor: Mischprobe der euphotischen Zone und aus einem Meter über Grund, Gesamtstickstoff der euphotischen Zone (EuZ) und über Grund sowie NH₄-N, Chlorophyll a in der Mischprobe und Sichttiefe sowie Gesamtorganischer Kohlenstoff (TOC) der Mischprobe an den vier Beprobungstagen in 2019 im Caputher See

Die 2019 gemessenen Sichttiefen schwankten wie 2017 nur wenig und lagen zwischen 0,75 und 1,0 m. Die in der Mischprobe der euphotischen Zone erfasste Schicht umfasste daher mit 0 bis 2 bzw. 0 bis 2,5 m eine ähnliche Wasserschicht.

Die in dieser Mischprobe gemessenen Gesamtphosphor-Konzentration lag während der Frühjahrszirkulation nur knapp unter 0,10 mg P/l, sank zunächst deutlich, dann aber nicht weiter ab auf um 0,06 mg/l. Gelöstes Orthophosphat wurde an zwei Messtagen gefunden (Maximum: 0,022 mg P/l). In einem Meter über Grund war der Gesamtphosphor bereits Anfang Juni auf etwa 0,15 mg und im September sogar auf 0,80 mg P/l gestiegen.

Der Gesamtstickstoff in der euphotischen Zone lag zur Frühjahrszirkulation bei etwa 3 mg N/l, sank dann bis zum August auffällig stark auf unter 1 mg N/l. Über Grund stieg der

Gesamtstickstoff wie der Gesamtphosphor im Laufe der Stagnation an und erreichte im September 8,5 mg N/l. Nitrat wurde an keinem der vier Messtage gemessen. Ammonium lag zur Frühjahrszirkulation vermehrt vor (0,75 mg N/l), nahm dann im Laufe der Stagnation ab, war aber stets noch vorhanden (Minimum: 0,08 mg N/l).

Die im Labor gemessenen Chlorophyll-Konzentrationen der Mischprobe lagen im Mittel bei 35 µg/l (Näheres s. Phytoplankton).

Der TOC der Mischprobe lag im Mittel bei 13,4 mg/l.

Tab. 1: Ergebnisse der limnochemischen Analysen der Wasserproben vom Caputher See vom März, Juni, August und September 2019 und Mittelwerte (MW)

Mischproben der euphotischen Zone an der tiefsten Stelle sowie TP und TNb aus 1 m über Grund. (Chl a = Chlorophyll a, Phae = Phaeophytin, TP = Gesamt-Phosphor, PO₄-P= Phosphat-Phosphor, TNb = Gesamt-Stickstoff, NH₄-N = Ammonium-Stickstoff, NO₃-N = Nitrat-Stickstoff, TOC: Gesamtorganischer Kohlenstoff

Datum	12.03.19	05.06.19	06.08.19	19.09.19	MW
Sichttiefe, m	1,0	0,9	1,0	0,75	0,91
Mischprobe aus (m):	0 – 2,5	0 – 2,0	0 – 2,5	0 – 2,0	--
Chl a, µg/l	41	27	32	41	35,3
Phae, µg/l	6,0	8,6	6,9	< 1,0	5,5
TP in euZ, mg/l	0,094	0,063	0,058	0,065	0,070
TP ü. Gr., mg/l	--*	0,148	0,280	0,802	0,410
PO ₄ -P, mg/l	< 0,005	0,020	<0,005	0,011	0,009
TNb in euZ, mg/l	2,85	1,17	0,82	0,83	1,42
TNb ü. Gr., mg/l	--*	4,90	5,18	8,50	6,19
NO ₃ -N, mg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
NH ₄ -N, mg/l	0,746	0,224	0,081	0,153	0,301
TOC, mg/l	12,0	13,5	13,1	15,0	13,4

*: See durchmischt, keine Tiefenprobe

4.3 Plankton

4.3.1 Phytoplankton und Chlorophyll a

Im Caputher See wurden in den vier Proben 2019 insgesamt 35 verschiedene Phytoplankton-Taxa ermittelt (Artenliste siehe Anhang Kap. 6.2.5). Es wurden je Probe im Mittel 29 Taxa analysiert.

Im gesamten Untersuchungszeitraum wurden deutlich erhöhte bis hohe Algenbiomassen ermittelt, wobei Blaualgen (Cyanobakterien) stets dominierten (Tab. 2). Das Biovolumen schwankte zwischen 6,0 und 12,5 mm³/l (Chl.a: 27 bis 41 µg/l). Das Mittel aller 4 Proben lag bei 9,7 mm³/l Biovolumen und 35,4 µg/l Chl.a.

Tab. 2: GroßgruppENZusammensetzung des Phytoplanktons (Biovolumen) und Chlorophyll a im Caputher See im März, Juni, August und September 2019 (Mischprobe aus der euphotischen Zone; vgl. Tab. 1)

Datum	Bacillario- phyceae (mm ³ /l)	Chloro- phyceae (mm ³ /l)	Chryso- phyceae (mm ³ /l)	Crypto- phyceae (mm ³ /l)	Cyano- bacteria (mm ³ /l)	Dino- phyceae (mm ³ /l)	Eugleno- phyceae (mm ³ /l)	Gesamt- BV (mm ³ /l)
12.03.19	1,316	0,128	0,089	0,633	3,587	0,134	0,174	6,06
05.06.19	0,132	0,016		0,131	11,30	0,932	0,036	12,5
06.08.19	0,131	0,040		0,131	8,848	0,322	0,041	9,51
19.09.19	0,199	0,116		0,959	9,068	0,213	0,044	10,6

Der März war der einzige Monat, in dem Blaualgen dominant, aber weniger stark vertreten waren und Bacillariophyceen (Kieselalgen) als typische Vertreter im Frühjahr, wenn der Wasserkörper durchmischt ist, erhöhte Anteile aufwiesen. Schlundalgen (Cryptophyceen) und Hornalgen (Dinophyceen) traten phasenweise im Jahr subdominant auf.

Bezüglich der Algenklassen wurde wie zur gleichen Zeit der Vorjahre eine sehr deutliche Dominanz von fädigen Oscillatoriales aus der Gruppe der Blaualgen (Cyanobakterien) ermittelt. Das Gesamtbiovolumen lag im Größenbereich 7,2 – 12,5 mm³/l (Mittel: 9,8 mm³/l). Der Chlorophyll-a-Gehalt lag im Bereich 36 bis 79 µg/l (Mittel: 58,2 µg/l) (Tab. 2, siehe auch Abb. 6 in Kap. 5.1).

Bereits **Mitte März** waren Cyanobakterien dominant (59 % an der Gesamtbiomasse), vor allem mit dünnfädigen Arten aus der Gruppe der Oscillatoriales. Hauptform war *Pseudanabaena limnetica* (50 % Anteil an der Gesamtbiomasse). Bacillariophyceen wurden vor allem durch *Fragilaria crotonensis* geprägt (10 % Anteil), Cryptophyceen durch *Cryptomonas*-Arten.

In allen Proben 2019 nach dem März lag der Anteil der Cyanobakterien stets bei mindestens 86 % an der Gesamtbiomasse. **Anfang Juni** wurde der Caputher See erneut durch *Pseudanabaena limnetica* geprägt, nun mit deutlich höheren Biomassen und höheren Anteilen an der Gesamtbiomasse (82 %). Die zweitwichtigste Art der Blaualgen war die fädige nostocale Art *Aphanizomenon gracile* mit einem Anteil von 8 %.

Bis **Anfang August**, bei gegenüber dem Juni leicht abnehmenden Biovolumina und gleichzeitig leicht steigenden Chl.a-Werten (der Chl.a-Gehalt der Algenzelle kann schwanken) nahm der Anteil von *Pseudanabaena limnetica* nochmal leicht zu und erreichte als nahezu Monokultur einen Anteil von 90 %.

Bis zum Beginn des Herbstes **Mitte September** änderte sich die Zusammensetzung der wichtigen Arten etwas. Neben *Pseudanabaena limnetica* (48 % Anteil) war nun erstmalig *Limnothrix planctonica* (37 % Anteil) stark vertreten. Diese ebenfalls dünnfädige Art der Oscillatoriales hat sehr ähnliche Habitatansprüche wie *Pseudanabaena*. Die Cryptophyceen wurden erneut durch *Cryptomonas*-Arten geprägt (9 % Anteil).

Insgesamt wurden zahlreiche Indikatorarten, die auf eine hohe Trophie verweisen, gefunden.

4.3.2 Zooplankton

Der Artenreichtum im Caputher See ist auch im Jahr 2019 mit insgesamt 30 Metazooplanktontaxa (20 Arten Rädertiere, 5 Arten Wasserflöhe, 5 Arten Ruderfußkrebse) als niedrig zu bezeichnen, wobei zu berücksichtigen ist, dass es sich nur um 4 Proben im Jahresverlauf handelt. Taxonomische Besonderheiten waren nicht erkennbar. Zu erwähnen ist allerdings die Präsenz einiger Eutrophierungszeiger, wie *Brachionus*-Arten (aktuell z.B. *B. angularis* und *B. calyciflorus*) sowie *Pompholyx sulcata* bei den Rädertieren oder *Cyclops vicinus* bei den Ruderfußkrebsen, die allerdings (Ausnahme *C. vicinus* in der Frühjahrsprobe) nicht aspektbestimmend auftraten. Unter der Kategorie „Sonstige“ waren zusätzlich Larven der Büschelmücken-Larven vorhanden.

Bei den **Rädertieren (Rotatoria)** dominierten im März und Juni (überwiegend *Polyarthra dolichoptera*- und *P. vulgaris*-Morphen). Erwähnenswert ist die starke Präsenz von *Ascomorpha ecaudis*, eines eher in geringer Abundanz auftretenden Rädertiers, das im August das Rädertierplankton dominiert. Noch stark vertreten ist *Filinia longiseta* (Juni).

Bei den **Wasserflöhen (Cladoceren)** waren in den ersten 2 Proben Daphnien (*D. cucullata*) dominant. In der warmen Jahreszeit überwiegen mit der Gattung *Ceriodaphnia* kleine Arten. Bei den **Ruderfußkrebsen (Copepoda)** bestimmt in der Märzprobe *Cyclops vicinus* das Bild. Im Sommer kommen kleine Arten auf, wie die cyclopoiden Taxa *Diacyclops cf. bicuspidatus*, *Mesocyclops leuckarti* und *Thermocyclops oithonoides*. Calanoide Ruderfußkrebse waren in den Proben nicht vorhanden. Bereits bei den Abundanzen wird klar, dass das Zooplankton relativ individuenarm ist. Beispielsweise erreichen die Rädertiere im Mittel nur ca. 330 Ind. / Liter, die Wasserflöhe bleiben ≤ 6 Ind. / Liter, die omnivoren bis räuberisch lebenden cyclopoiden Ruderfußkrebse erreichen (ohne Nauplien) maximal nur 32 Ind. / Liter.

Die **Biomasse** des gesamten Zooplanktons lag im Mittel (Median der 4 Entnahmewerte) bei nur 98 $\mu\text{g TM/L}$ (maximal 211 $\mu\text{g TM/L}$). Stark vertreten sind die cyclopoiden Ruderfußkrebse, die mit Ausnahme der Juniprobe $>80\%$ der Biomasse stellen. Die Rädertiere stellen im März immerhin 16 % der Biomasse im Juni knapp 37 %, bleiben aber in den 2 Sommerproben deutlich unter 5 %. Die Wasserflöhe sind in den 3 Proben, die in der wärmeren Jahreszeit genommen wurden (u. a. im Bereich des Klarwasserstadiums) mit Anteilen an der Biomasse zwischen 11 und 14 % relativ schwach vertreten (Abb. 3). Herbivore, calanoide Ruderfußkrebse fehlen. Die Kategorie „Sonstige“ (mit Larven der Dreikantmuscheln und insbesondere der Büschelmückenlarven), die 2016 stark vertreten waren sind im aktuellen Jahr nur schwach präsent. Hierzu ist allerdings anzumerken, dass etwa Büschelmückenlarven nur bei Nachtfängen halbwegs quantitativ erfasst werden, da sie ausgedehnte vertikale Tag-Nacht-Wanderungen durchführen und tagsüber bodennah vorkommen. Die Erfassung der Büschelmücken-Larven bei Tagfängen ist mehr oder weniger von der Tageszeit der Probenahme abhängig.

Der **Größenindex** der Wasserflöhe (GIC), als Indikator für Fraßdruck durch Fische, lag im Frühjahr knapp an der Grenze der Masse einer 1 mm langen Daphnie, im Hochsommer (August und September) bei niedrigen ≤ 3 $\mu\text{g / Individuum}$ (Abb. 4), was bedeutet, dass die wichtigsten Filtrierer, die Wasserflöhe, aus kleinen Arten zusammengesetzt sind. Zum Vergleich: Die Biomasse eine 1 mm langen Daphnie liegt bei 6 $\mu\text{g / Ind.}$

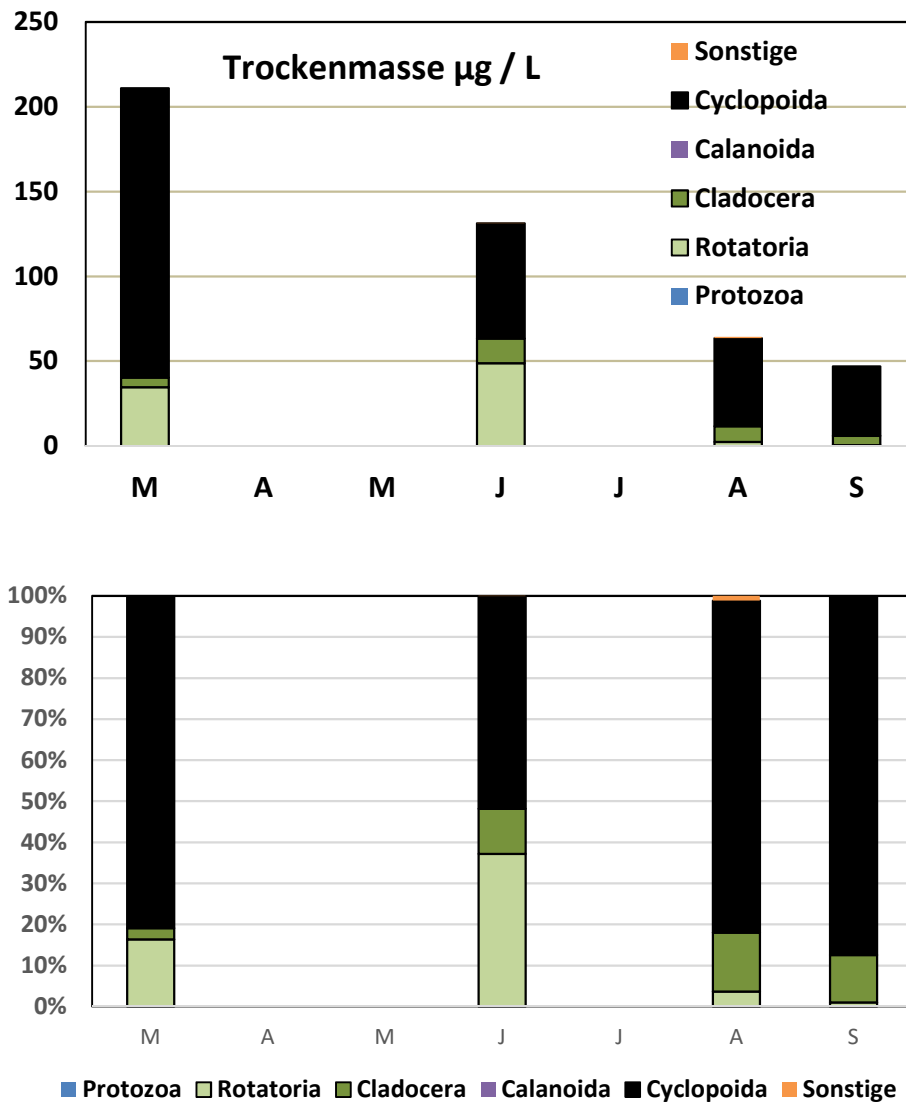


Abb. 3: Biomasse (Trockengewicht) des Zooplanktons für den Caputher See 2019.
Oben: Absolute Biomassengehalte. **Unten:** Prozentuale Anteile.

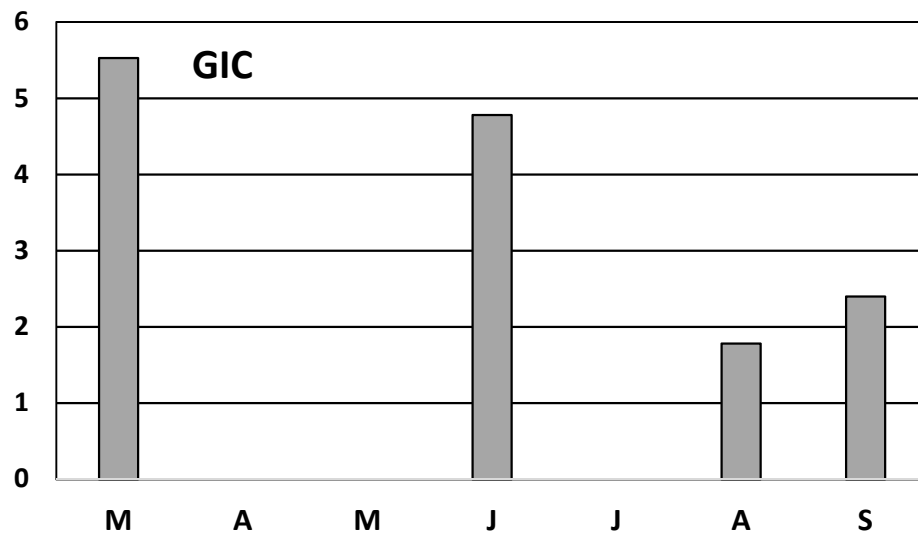


Abb. 4: Größensindex des Wasserfloh-Planktons (GIC) für den Caputher See 2019.

4.4 Submerse Makrophyten

Wie bereits 2018 wurde das Ufer des Caputher Sees abgefahren und in ca. 100 m Abständen bzw. auf Sicht in Bereichen, an denen Makrophyten wahrscheinlicher wären (flachere Bereiche, lückige Bestände von See- und Teichrosen), mit der Harke beprobt. Der Sichtkasten war wegen der geringen Sichttiefe von unter 1,0 m nicht sinnvoll einsetzbar.

Flache Bereiche gibt es im Caputher See vor allem im Südwesten. Diese Bereiche sind überwiegend von teilweise sehr dichten Beständen der Weißen Seerose mit Gelber Teichrose besiedelt. Aber selbst in lückigen Beständen oder größeren Bestandslücken der Schwimmblattpflanzen waren – mit zwei Ausnahmen - keine submersen Makrophyten zu finden.

Der bereits 2018 kartierte kleine aber dichte Bestand von *Myriophyllum spicatum* am Westufer bestand weiterhin und wirkte vital. Die Ausdehnung konnte in diesem Jahr durch den Einsatz eines Elektromotors in Zusammenhang mit dem GPS genauer bestimmt werden: Die Ausdehnung senkrecht zum Ufer betrug ca. 34 m, die Breite des Bestands lag zwischen 8 und 10 m (Abb. 5; die 2016 geschätzte Breite von 30 m war vermutlich eine Überschätzung). Bei sehr niedrigem Wasserstand (Pegeldaten liegen leider nicht vor) wuchs das Tausendblatt auf dieser flachen Zunge bis zu einer Wassertiefe von etwa 1,25 m. 2016 war die untere Bewuchsgrenze 1,2 m. Da 2019 der Wasserstand vermutlich deutlich geringer war, hat sich der Bestand vermutlich etwas ausgedehnt.

Zwischen Ufer und Bestand war eine vegetationsfreie Zone von ca. 6-7m. Wie 2016 waren die Pflanzen zwar stark verkalkt, hatten aber kaum Fadenalgenbewuchs. Die 2016 vereinzelt in diesem Bestand gefundenen Exemplare von *Ceratophyllum demersum* (Raues Hornblatt) wurden in 2019 nicht gefunden.

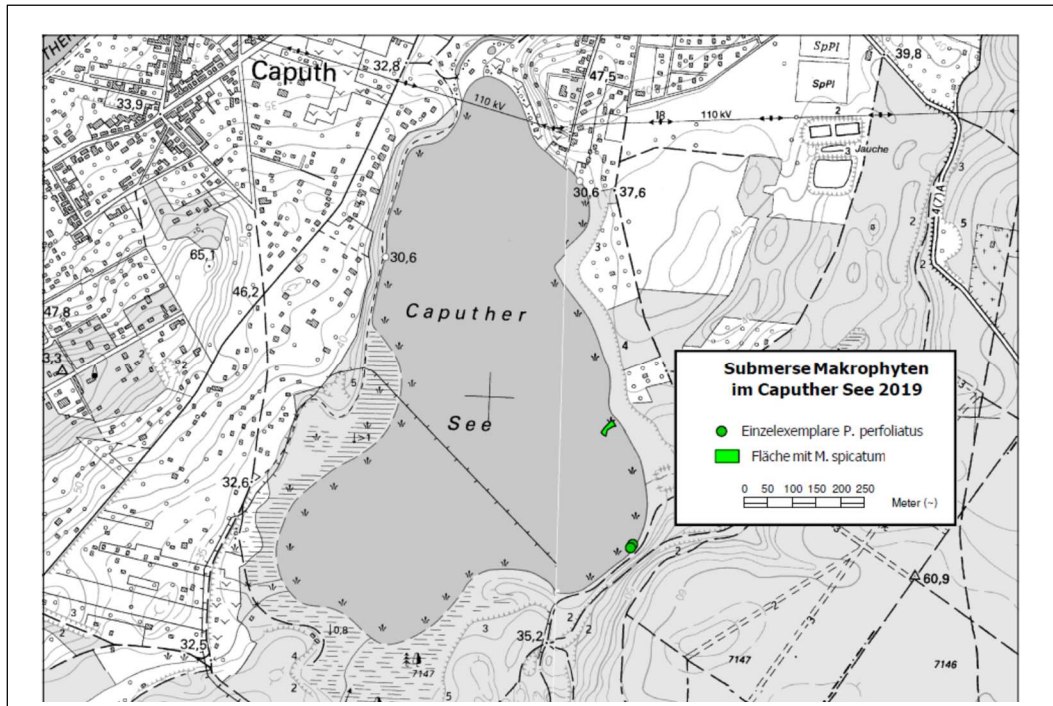


Abb. 5: Submerse Makrophyten im Caputher See 2019 mit flächigem Vorkommen von *Myriophyllum spicatum* und Einzelexemplaren von *Potamogeton perfoliatus*

Im Gegensatz zu 2016 wurde eine zweite Art, allerdings nur in zwei Einzelexemplaren – gesichtet (Abb. 5): am Südostufer wuchsen bei einer Wassertiefe von ca. 0,8 m zwei eher spärliche Exemplare des durchwachsenen Laichkrauts (*Potamogeton perfoliatus*).

5 Diskussion und Maßnahmenvorschläge

Zur genaueren Beurteilung der aktuellen Entwicklung des Caputher Sees im Jahr 2019 und besonders der Gründe für diese Entwicklung reichen die gegenwärtigen Untersuchungen mit nur viermaliger Beprobung und reduziertem Parameterspektrum nicht aus. Es können somit nur Vermutungen genannt werden.

5.1 Bewertung des gegenwärtigen Zustands und der Veränderungen im letzten Jahrzehnt

Zum Vergleich mit dem aktuellen Jahr 2019 werden limnologische Daten aus 6 Jahren ab 2009 verwendet, mit zwei- bis sechsmaliger Beprobung innerhalb eines Jahres. Durch diese geringe und unterschiedliche Dichte an Proben eines Jahres sind langfristig nur grobe Trends erkennbar.

Wetterverhältnisse im Untersuchungsjahr

Im Jahr 2019 folgte auf ein bis in den Mai hinein kühles trockenes Frühjahr ein heißer trockener Sommer. Die Anzahl der „heißen Tage“³ lag mit 28 deutlich über dem langjährigen Durchschnitt. Mit 469 l/m² (Stand 30.10.) lag die Niederschlagssumme in den ersten 10 Monaten deutlich unter dem Durchschnitt (Quelle: www.wetterkontor.de).

Schichtungsverhalten und Sauerstoffhaushalt

Eine (fast) vollständige Stagnationsperiode wurde im Caputher See nur 2009 und 2015 erfasst. In diesen Jahren dauerte die Stagnationsperiode etwa von Mitte März bis Mitte Oktober (Abb. 6). Die im Bericht 2017 geäußerte Vermutung, dass die Zirkulation aufgrund länger andauernden Warmwetters im Herbst ein bis zwei Wochen später einsetzt, kann zwar anhand der wenigen Messungen in 2019 nicht belegt werden, trifft wegen des wieder sehr warmen Herbstes aber wahrscheinlich auch für dieses Jahr zu.

Mit früh einsetzender Anaerobie mit H₂S-Bildung im Tiefenwasser, zeitweilig hoher Übersättigung im Oberflächenwasser und starker Untersättigung im gesamten Wasserkörper zur Herbstzirkulation zeigt der Sauerstoffhaushalt gegenüber früheren Jahren nur wenig Veränderung. Die Ausdehnung der Tiefenzone mit reduzierenden Bedingungen⁴, die schon 2016 und 2017 früh eine Mächtigkeit von über 5 m erreichte, zeigte 2019 ein ähnliches Muster wie in den beiden vergangenen Untersuchungsjahren (Abb. 6). Vermutlich deutlich mehr als 50 % der Seefläche bedecken Bereiche mit einer Wassertiefe von mehr als 5 m.

³ Ein heißer Tag, auch Tropentag genannt, ist in der Meteorologie ein Tag, an dem die Lufttemperatur 30°C erreicht oder überschreitet. (Quelle: www.wetterkontor.de)

⁴ Hier als Wasserschicht mit einem Redoxpotential < 200 mV (also die Zone in der P-Rücklösung möglich ist)

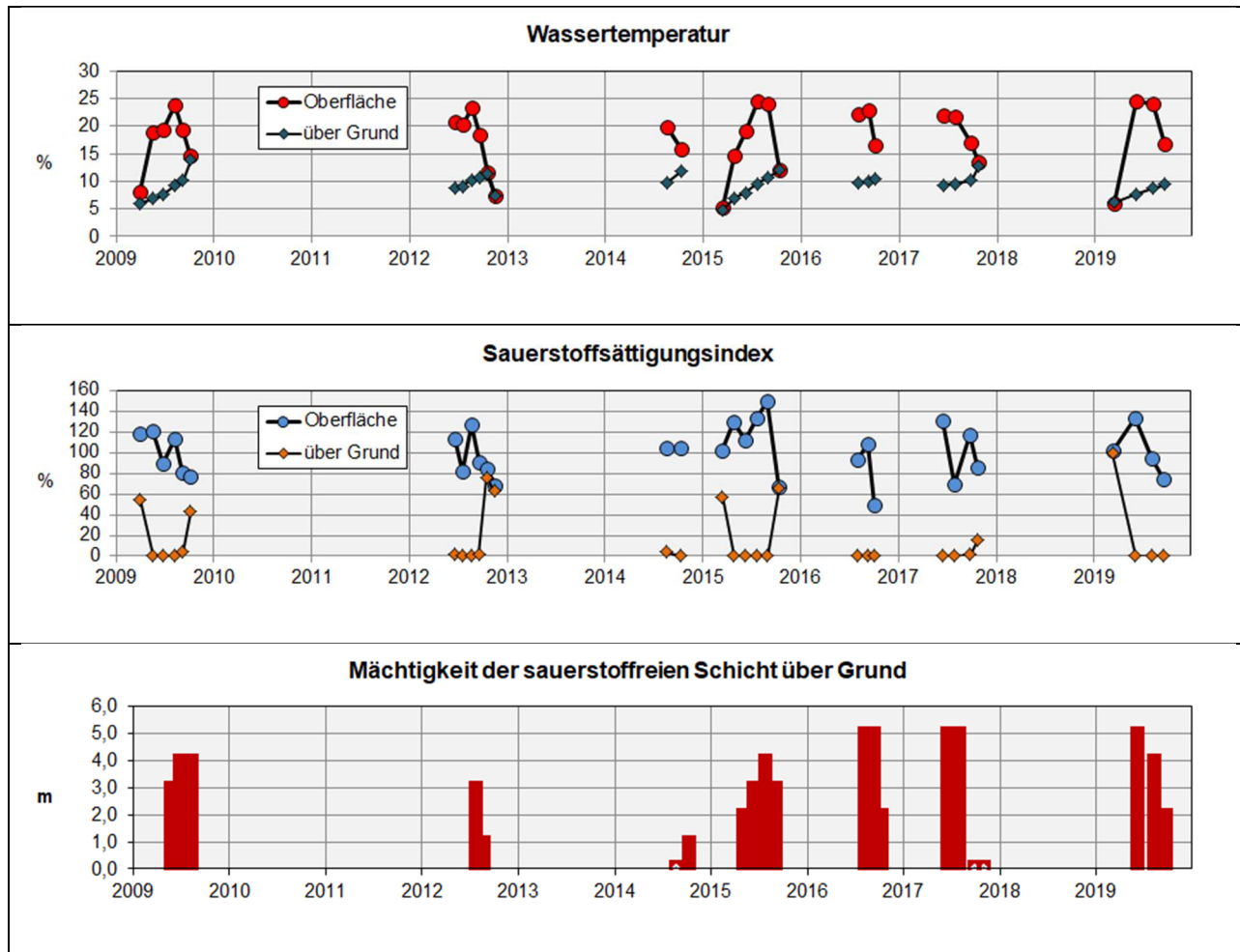


Abb. 6: Langjährige Entwicklung der Wassertemperatur und der Sauerstoffsättigung im Oberflächen- und im Tiefenwasser sowie der Mächtigkeit der sauerstofffreien Schicht über Grund an der tiefsten Stelle im Caputher See. (Datenquellen s. Tab. 3)

Sichttiefen, Chlorophyll, Nährstoffe

In Abb. 6 sind die langjährigen Reihen von Wassertemperatur und Sauerstoffsättigung in 0,5 m und über Grund dargestellt sowie die Mächtigkeit der sauerstoffarmen bzw. stark reduzierten Schicht über Grund.

Die in 2019 gemessenen Sichttiefen lagen zwischen 0,75 und 1,0 m (MW: 0,91 m) und damit leicht über den in den vorherigen vier Untersuchungsjahren (Abb. 7), allerdings ist dieser Unterschied bei einer nur 4maligen Beprobung nicht signifikant.

Die an den vier Beprobungstagen gemessenen Chlorophyllkonzentrationen lagen auch 2019 auf hohem Niveau. Der Mittelwert ist zwar etwas geringer, als in den Vorjahren, aber auch dieser Unterschied ist (auch wegen des unterschiedlichen Beprobungsrasters mit späteren Herbst-Probenahmen in früheren Jahren) noch nicht signifikant.

Die Gesamtphosphor-Konzentrationen der Mischprobe der euphotischen Zone waren zwar nicht ganz so hoch wie 2017, lagen aber immer noch höher als in den Jahren 2012 bis 2015. Die Konzentration des Gesamtphosphors im Hypolimnion erreichte mit 0,8 mg P/l 2019 das gemessene Maximum aller vier Jahre, in denen sie gemessen wurde.

Auffällig ist auch die starke Abnahme des Gesamtstickstoffs von fast 3 auf unter 1 mg N/l in der euphotischen Zone während der Stagnation, die im Caputher See so zum ersten Mal beobachtet wurde.

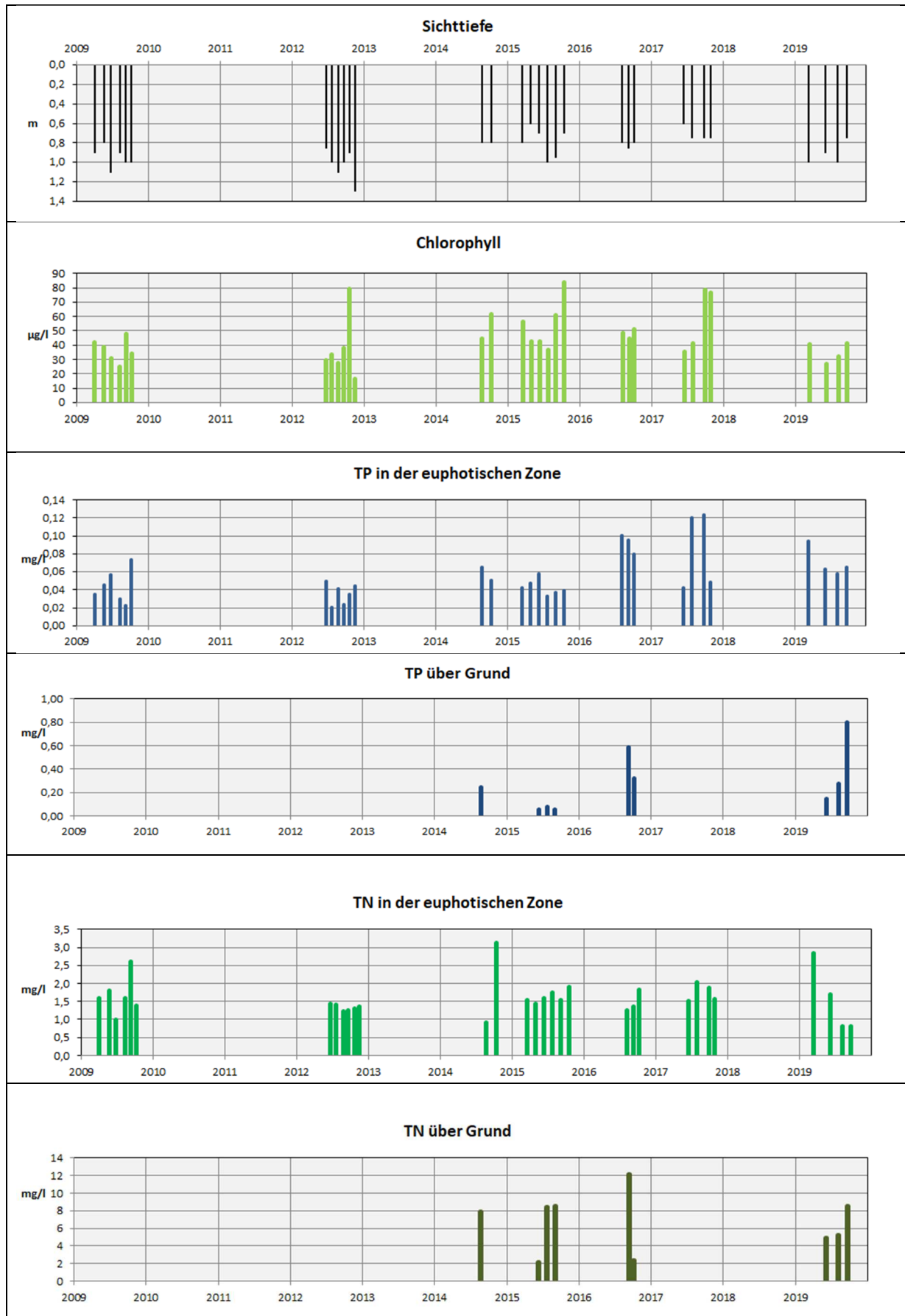


Abb. 7: Langjährige Entwicklung von Sichttiefe sowie Chlorophyll und Nährstoffen aus der Mischprobe sowie TP und TN über Grund (nicht in allen Jahren gemessen) an der tiefsten Stelle im Caputher See 2019.

Tab. 3: Vergleich der Schwankungsbreiten trophischer Parameter aus ähnlichen Zeiträumen der Jahre 2012, 2014 bis 2017 und 2019 für den Caputher See.
ST - Sichttiefe, Chl a - Chlorophyll a, BV = Biovolumen, TP - Gesamt-Phosphor der euphotischen Zone,

Jahr	betrachtete Monate (Anzahl Proben)	ST m	Chl a $\mu\text{g/l}$	BV mm^3/l	TP $\mu\text{g/l}$	Chl.a/TP	Datenquelle
2012	Aug. – Okt. (3)	0,8 – 1,0	28 – 80	8,0 – 10,5	24 – 41	0,7 – 2,3	ARP et al. 2013
2014	Aug. + Okt. (2)	0,8	44 – 62	6,5 – 9,4	51 – 65	0,7 – 1,2	ARP et al. 2014
2015	Ende Juli.- Okt (3)	0,7 – 1,0	37 – 83	7,8 – 16,0	33 – 39	1,1 – 2,2	ARP et al. 2016
2016	Aug. - Okt. (3)	0,8 – 0,85	44 – 51	7,2 – 11,3	80 – 101	0,5 – 0,6	WÖBBECKE et al. 2016
2017	Mitte Juni –Okt. (4)	0,75-0,80	36 - 79	7,2 – 12,5	42 - 124	0,3-1,6	WÖBBECKE et al. 2017
2019	Juni - Sept. (3)	0,75 - 1,0	27 - 41	9,5 - 12,5	58 - 65	0,4 - 0,6	DIESER BERICHT

In Tab. 3 sind für vergleichbare Zeiträume die Minima und Maxima der für die Gewässertrophie relevanten Parameter und dem Phytoplankton-Biovolumen aus den letzten Jahren zusammengestellt. Während das Phytoplankton-Biovolumen und die Sichttiefe kaum Veränderungen zeigen, waren die Werte für Chlorophyll a und Gesamtphosphor im Jahr 2019 wieder etwas geringer.

Der potentiell natürliche Trophiezustand (LAWA 1999) des Caputhers Sees, der anhand der gegebenen Rahmenbedingungen den optimal erreichbaren Trophiestatus beschreibt, ist mesotroph (Stufe 2 der siebenstufigen Skala). Der in den letzten Jahren ermittelte Trophie-Index liegt stets 2-3 Stufen höher.

Plankton

Phytoplankton

Daten zum Phytoplankton gibt es ebenfalls wie bei den Vertikalprofilen und Nährstoffen aus zahlreichen zurückliegenden Jahren (2012 und 2015 mit jeweils 6 Probenahmen; 2014, 2016, 2017 und 2019 mit 2 bis 4 Probenahmen). Die mikroskopische Auswertung wurde stets vom gleichen Bearbeiter durchgeführt (ARP et al. 2013, ARP et al. 2014, ARP et al. 2016, und WÖBBECKE et al. 2016 und 17).

Beim Phytoplankton dominierten in allen untersuchten Jahren im Sommer und Herbst Cyanobakterien mit der Hauptgruppe der feinfädigen Blaualgen (Abb. 8). wobei stets die gleichen Arten dominierten, in erster Linie *Pseudanabaena limnetica* und *Limnothrix planctonica* aus der Gruppe der Oscillatoriales und in geringerer Biomasse *Aphanizomenon gracile*

Diese seit Jahrzehnten deutliche Dominanz fädiger Blaualgen, vor allem der Oscillatoriales, im Caputher See wird auch in anderen Flachseen der Region beobachtet. Die hohe Effizienz der Nährstoff- und Lichtausnutzung bei Oscillatoriales (erkennbar an im Saisonmittel relativ hohen Werten für den Umsatz von Phosphor in Chlorophyll a (Chl.a/TP)) ist allgemein bekannt (u.a. REYNOLDS 2006).

Die fädigen Blaualgen sind schlecht durch das Zooplankton verwertbar, wodurch das Freiwasser-Nahrungsnetz insgesamt im See gestört ist (siehe unten → Zooplankton). Die andauernde starke Dominanz von fädigen Blaualgen ab dem Frühsommer mindert zudem die Sichttiefe im See besonders stark, da durch die Schlierenbildung der Algenfäden weniger Licht ins Wasser gelangt als bei anderen Algengruppen gleicher Biomasse.

Diese starke Dominanz der fädigen Blaualgen, die phasenweise einer Monokultur gleicht, ist nach SCHEFFER 2004 ein **Hysterese**-System, wie es vom Autor bereits für die zwei alternativen Zustände der Dominanz von submersen Makrophyten und des Phytoplanktons beschrieben wurde. Danach kann man auch innerhalb des Phytoplanktons von zwei alternativen stabilen Zuständen sprechen, zum einen der Blaualgendominanz, insbesondere von Oscillatoriales, und andererseits der Dominanz anderer Algengruppen. Oscillatoriales können durch ihr Wachstum im Sommer selbst dazu beitragen, dass die Lichtarmut im Wasserkörper zunimmt. Bei diesen Bedingungen wird diese Algengruppe immer konkurrenzstärker, so dass sie ihre Dominanz zunimmt. Dies bedeutet für den Caputher See, dass bei den derzeitigen Phosphorgehalten die Planktondominanz aus den oben genannten Gründen sehr stabil ist.

Die Oscillatoriales profitieren von den zunehmend höheren Temperaturen in unserer Region, insbesondere in der kälteren Jahreszeit. Nach milden Wintern mit fehlender oder nur kurzzeitiger Eisbedeckung setzt die Temperaturschichtung früher ein, mit der Folge, dass Kieselalgen als wichtige Konkurrenten um Phosphor früher im Jahr sedimentieren. Blaualgen können dann früher mit dem Wachstum beginnen, auch bedingt durch höhere Wassertemperaturen. Eine weitere Folge ist, dass das Zooplankton es im April und Mai nicht mehr schafft, die schlecht fressbaren fädigen Blaualgen zu dezimieren, so dass das Klarwasserstadium oft ausfällt (ADRIAN et al. 1995).

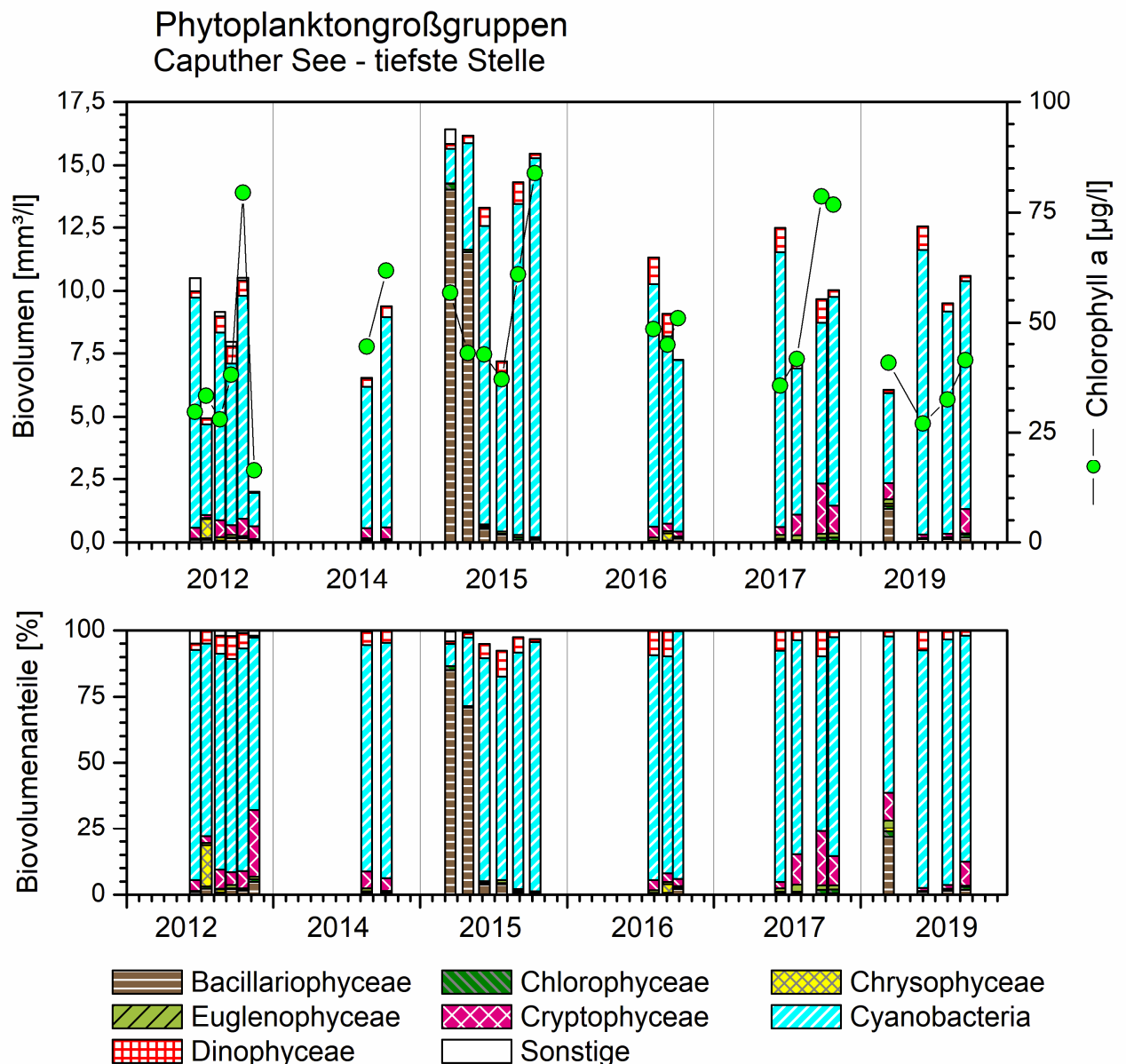


Abb. 8: Phytoplankton-Großgruppen und Chlorophyll a im Caputher See 2012 - 2019.

Oben: Absolute Werte für das Biovolumen und Chlorophyll a.

Unten: Prozentuale Anteile des Biovolumens.

Zooplankton

Zooplankton-Untersuchungen für den Caputher See liegen bereits aus den Jahren 2014, 2015, 2016 und 2017 vor, wobei im Jahr 2014 nur 2 Proben vom August und Oktober entnommen und analysiert wurden, im Jahr 2015 sechs Proben, im Jahr 2016 3 Proben, im Jahr 2017 4 Proben (ARP et al. 2014, ARP et al. 2016, und WÖBBECKE et al. 2016 und 2017) und im aktuellen Jahr wiederum 4 Proben. Labor- und Feldmethodik sowie Bearbeiter sind in allen Jahren gleich.

Wegen der geringen Probenanzahl im Jahr 2014 sowie im Jahr 2016 ist ein Vergleich nur eingeschränkt möglich. Die Daten zeigen aber immer noch keine deutlichen Veränderungen beim Zooplankton von 2014 zu 2019. Die omnivoren cyclopoiden Ruderfußkrebse sind stark vertreten, die herbivoren calanoiden Ruderfußkrebse fehlen, die Wasserflöhe sind schwach und

zumindest zur Hauptfraßzeit der Fische im Sommer nur durch kleine Arten vertreten; die Biomassen sind nach wie vor niedrig (Abb. 9 und Abb. 10). Die schwache Präsenz der Wasserflöhe ist sicherlich auch auf das ungünstige Futterangebot (fädige Blaualgen) zurückzuführen.

Der **Umsatz von Phyto- in Zooplankton**, berechnet auf Biovolumen-Basis, lag bei den nur 2 Messungen 2014 bei ca. 3-5 % d⁻¹, 2015 bei maximal knapp 13 % d⁻¹, im Jahr 2016 bei 4 – 10 % d⁻¹, 2017 bei ca. 7-18 % d⁻¹ und im aktuellen Jahr 2019 bei knapp 5 bis ca. 35 % d⁻¹ (Abb. 11). Im Trend ist der Umsatz immer noch niedrig, insbesondere während der Sommermonate.

Die Entnahme von zahlreichen großen Silber- und Marmorkarpfen in den letzten Jahren im Caputher See (www.caputhersee.de) hat bislang zumindest beim Metazooplankton noch nicht zu gravierenden Veränderungen im Artenspektrum geführt und sollte fortgesetzt werden. Es ergaben sich zwar für die Jahre 2015 / 2017 sowie auch das Frühjahr 2019 relativ hohe Anteile an „größeren“ Filtrierern (*Daphnia cucullata*) an der Gesamtmasse der Filtrierer (Cladocera), im Jahr 2016 sind die Anteile aber niedrig (Abb. 12).

Die Präsenz der räuberischen Büschelmückenlarven, deren Bestand bis 2017 zugenommen hat (Abb. 13) trägt zusätzlich zum Rückgang des Zooplanktons bei, wobei im aktuellen Jahr vergleichsweise wenig Büschelmücken-Larven gefangen wurden, was aber auch mit den Probenahme-Zeitpunkten zusammenhängen kann. Neben den großen asiatischen Karpfen sollte auch der Bestand der kleinen Weißfische, die einen nicht zu unterschätzenden Fraßdruck auf das Zooplankton ausüben, dezimiert werden, um eine noch bessere Entwicklung des Zooplanktons anzustoßen. In wie weit dies allerdings einen Einfluss auf die Büschelmückenentwicklung und diese wiederum auf das Zooplankton hat, ist schwer abzuschätzen.

Insgesamt sind die zunehmend wärmeren Jahre, die für schlecht verwertbaren Blaualgen von Vorteil sind, keine guten Bedingungen für ein starkes Zooplankton, so dass die Anstrengungen für eine Reduzierung zooplanktonfressender Weißfische noch wichtiger werden. Ein ausgeprägtes Klarwasserstadium ist auch im aktuellen Jahr nicht zu erkennen, obwohl mit *D. cucullata* größere Filtrierer im Frühjahr vorhanden sind (vgl. Text Phytoplankton, letzter Absatz!).

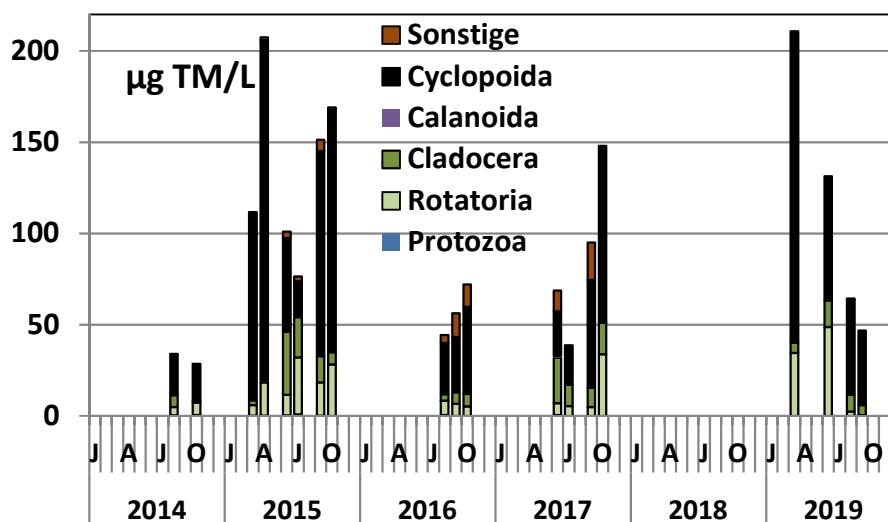


Abb. 9: Biomassenverteilung des Zooplanktons in den Jahren 2014 bis 2019.

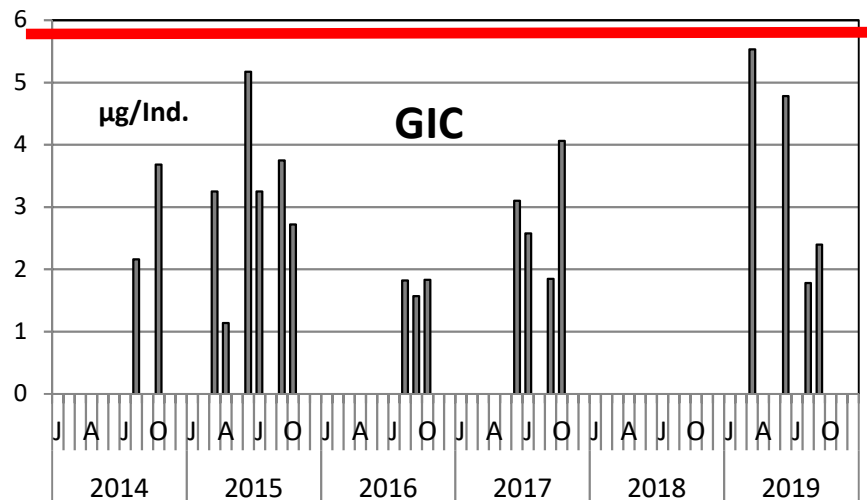


Abb. 10: Größenindex der Cladoceren. Rote Linie markiert die Masse einer 1 mm langen Daphnie. Jahre 2014 bis 2019.

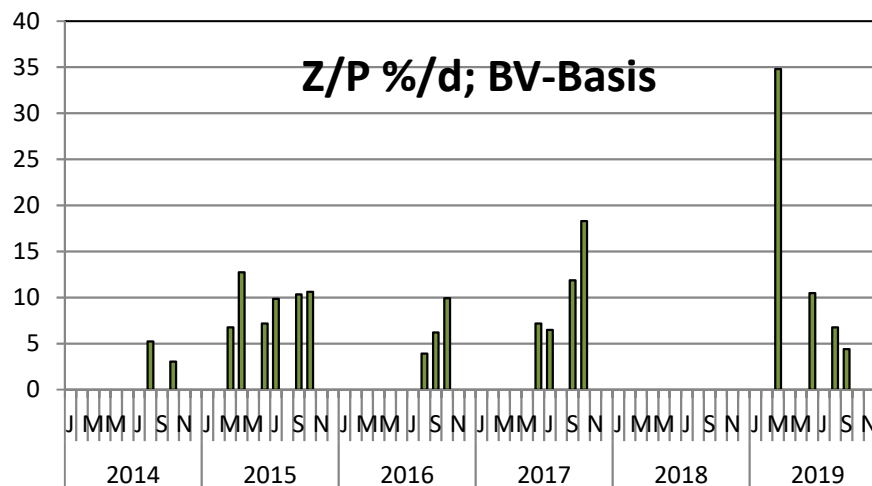


Abb. 11: Umsatz von Phytoplankton- in Zooplanktonmasse auf Biovolumen-Basis. Jahre 2014 bis 2019.

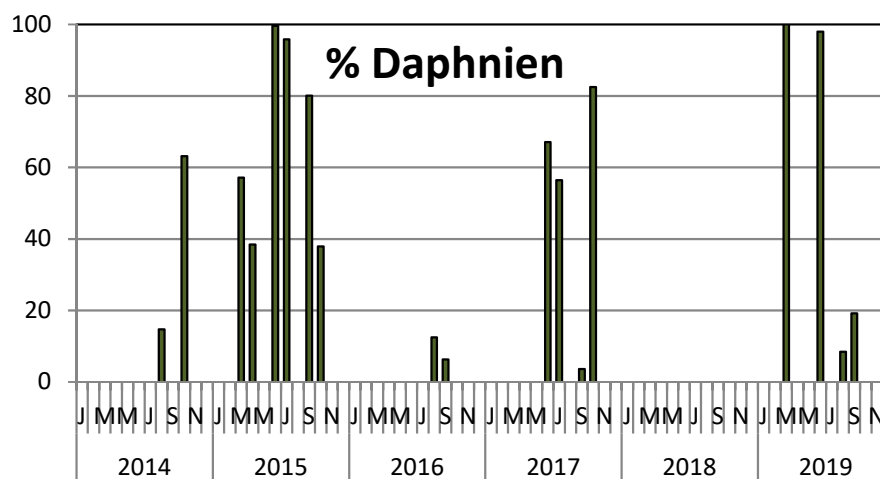


Abb. 12: Anteile der Daphnien an der Gesamtmasse (Trockengewicht) der Wasserflöhe (Cladoceren). Jahre 2014 – 2019.

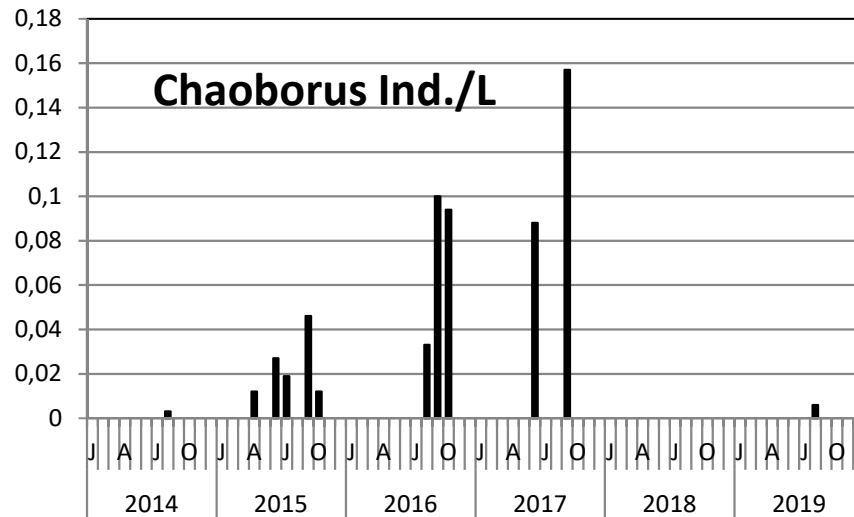


Abb. 13: Bestand der Büschelmücken im Caputher See 2014 – 2019.

Submerse Makrophyten

Die leichten Veränderungen bei den submersen Makrophyten –eine leichte Ausdehnung des Tausendblattbestands, das neue Auftreten von *P. perfoliatus* (allerdings nur in Einzelexemplaren) - könnten auf eine Verbesserung der trophischen Verhältnisse hindeuten.

Um submerse Makrophyten zu fördern, könnte punktuell versucht werden, ob eine Auszäunung von Fischen zu besserem Makrophytenwachstum führt. Durch das Auszäunen wird das Abgrasen durch Fische verhindert, das besonders in einer Rekolonisierungsphase die Besiedlung mit submersen Makrophyten hemmen kann (HILT et al. 2006).

6 Anhang

6.1 Quellenverzeichnis

6.1.1 Publikationen und Berichte

- ADRIAN, R. & R. DENEKE & U. MISCHKE & R. STELLMACHER & R. LEDERER (1995): A long-term study of the Heiligensee (1975 - 1992). Evidence for effects of climatic change on the dynamics of eutrophied lake ecosystems.- Arch. Hydrobiol. 133, 3: 315 - 337.
- ADRIAN, R., C.M. O'REILLY, H. ZAGARESE, S.B. BAINES, D.O. HESSEN, W. KELLER, D.M. LIVINGSTONE, R. SOMMARUGA, D. STRAILE, E. VAN DONK, G.A. WEYHENMEYER & M. WINDER (2009): Lakes as sentinels of climate change. – Limnol. Oceanogr. 54 (6,part2): 2283-2297.
- ARP, W., B. KOPPELMEYER & K. WÖBBECKE (2013): Monitoring zur Indikation des trophischen Zustandes gemäß EU-Wasserahmenrichtlinie in 4 Seen im Land Brandenburg im Jahr 2012.- Bericht im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg: 1 – 62 + Anhang
- Arp, W., K. Wöbbecke, G. Maier & B. Koppelmeyer (2014): Limnologische Untersuchungen des Caputher Sees 2014.- Bericht für den Verein Caputher See e.V.: 1 – 16 + Anhang.
- ARP, W., K. WÖBBECKE, G. MAIER, U. MICHELS & B. KOPPELMEYER (2016): Monitoring von Phytoplankton, Zooplankton und Limnochemie gemäß EU-WRRL in 13 Seen im Land Brandenburg.- Endbericht im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (Kennziffer S3-VG-14-148/1): 1 – 122 + Anhang.
- ATT (1998): Erfassung und Bewertung von Planktonorganismen.- AG Trinkwassertalsperren e.V. Arbeitskreis Biologie, ATT Techn. Inf.. Nr. 7: 1 – 150.
- CUMMINS K.W-, COSTA R.R., ROWE R.E., MOSHIRI G.A. SCANLON R.M. & ZAJDEL K. (1969): Ecological energetics of a natural population of the predaceous zooplankter *Leptodora kindtii* Focke (Cladocera). Oikos 20: 189-220.
- DUMONT H.J., VAN DE VELDE I. & DUMONT S. (1975): The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. Oecologia 19: 75-97.
- GANNON J.E. & STEMBERGER R.S. (1978): Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. Trans. Amer. Micros. Soc. 97: 16-35.
- GARTON D.W. & BERG D.J. (1990): Occurrence of *Bythotrephes cederstroemi* (Schoedler 1877) in Lake Superior, with evidence of demographic variation within the Great Lakes. J. Great Lakes Res. 16: 148-152.
- GELLER W. & MÜLLER H. (1981): The filtration apparatus of Cladocera: Filter mesh-sizes and their implication on food selectivity. Oecologia 49: 316-321.
- GLIWICZ Z.M. (1969): Studies on the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy. Ecol. Pol. 17: 663-707.

- HILT, S., GROSS, E.M., HUPFER, M., MORSCHEID, H., MÄHLMANN, J., MELZER, A., POLTZ, J., SANDROCK, ST., SCHARF, E.-M., SCHNEIDER, S. & K. VAN DE WEYER (2006): Restoration of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes - A guideline and state of the art in Germany. - *Limnologica* 36:155-171
- JEPPESEN E., JENSEN J.P., SØNDERGAARD M. LAURIDSEN T, PEDERSEN L.J. & JENSEN L. (1997): Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia* 342/343: 151-164.
- KARABIN A. (1983): Ecological characteristics of lakes in North-Eastern Poland versus their trophic gradient. VII. Variations in the quantitative and qualitative structure of the pelagic zooplankton (Rotatoria and crustacean) in 42 lakes. *Ekol. Pol.* 31: 383-409.
- KIEFER, F. & FRYER, G. (1978): Copepoda. In: *Das Zooplankton der Binnengewässer* 2. Teil. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; Nägele und Obermiller: 208 pp.
- KLAPPER, H. (1992): *Eutrophierung und Gewässerschutz*.- Gustav Fischer: Verlag: 1 – 277.
- LAWA (1999). *Gewässerbewertung – stehende Gewässer – Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien 1998*.- LAWA, Schwerin: 1 – 74.
- MAIER G. (1996): Copepod communities in lakes of varying trophic degree. *Arch. Hydrobiol.* 136: 455-465.
- McCaughey E. (1984): The estimation of the abundance and biomass of zooplankton in samples. In: *A manual methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters* (eds. Downing J.A. & Rigler F.H.). IBP Handbook 17. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne, pp. 228-265. Mietz, O., W. Arp, I. Gabrysch, H. Henker, J. Meisel, S. Pausch, K. Ramm, A. Riemer, J. Schönfelder, H. Thies, H. Vietinghoff & B. Wichura (1996): *Die Seen im Brandenburgischen Jungmoränenland*.- *Gewässerkataster und angewandte Gewässerökologie e.V. / Institut für angewandte Gewässerökologie in Brandenburg gemeinnützige GmbH*: 1 - 139 + Anhangsband.
- MIETZ, O., W. ARP, I. GABRYSCH, H. HENKER, J. MEISEL, S. PAUSCH, K. RAMM, A. RIEMER, J. SCHÖNFELDER, H. THIES, H. VIETINGHOFF & B. WICHURA (1996): *Die Seen im Brandenburgischen Jungmoränenland*.- *Gewässerkataster und angewandte Gewässerökologie e.V. / Institut für angewandte Gewässerökologie in Brandenburg gemeinnützige GmbH*: 1 - 139 + Anhangsband.
- MIETZ, O., W. ARP & I. GABYSCH (1997): *Die Beschreibung der Trophiesituation von 20 Seen im Potsdamer Seengebiet und vergleichende Untersuchungen zur trophischen Situation Ende der 80er Jahre*.- *Projektbericht zum Aufgabenbericht*. *Gewässerkataster und angewandte Gewässerökologie e.V.*: 1 – 52 + Anhang.
- MISCHKE, U, RIEDMÜLLER, U., HOEHN, E. & B. NIXDORF (2008): *Praxistest zur Bewertung von Seen anhand des Phytoplanktons gemäß EU-WRRL*. Endbericht zum LAWA-Projekt (O 5.05). In: MISCHKE, U. & B. NIXDORF (2008): *Gewässerreport (Nr. 10): Bewertung von Seen mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie*, BTUC-AR 2/2008, ISBN 978-3-940471-06-2: 7 - 115. *Natur und Text* (1996): *Untersuchungen zur ökologischen Diagnose, Bewertung und Entwicklungsüberwachung grösserer Seen Brandenburgs auf der Grundlage von Leitarten und Leitbiozöosen*.- *Pilotstudie zur ökologischen Diagnose, Bewertung und Entwicklungsüberwachung oligo-, mesotropher und natürlich eutropher Seen Brandenburgs auf der Grundlage von Leitarten und Leitbiozöosen*.

- NATUR UND TEXT (1996): Untersuchungen zur ökologischen Diagnose, Bewertung und Entwicklungsüberwachung größerer Seen Brandenburgs auf der Grundlage von Leitarten und Leitbiozönosen. - Pilotstudie zur ökologischen Diagnose, Bewertung und Entwicklungsüberwachung oligo-, mesotropher und natürlich eutropher Seen Brandenburgs auf der Grundlage von Leitarten und Leitbiozönosen.
- NIXDORF, B., HOEHN, E., MISCHKE, U., RÜCKER, J., SCHÖNFELDER, I. & M. BAHNWARD (2008): Anforderungen an Probenahme und Analyse der Phytoplanktonbiozönosen in Seen zur ökologischen Bewertung gemäß der EU-WRRL. In: MISCHKE, U. & B. NIXDORF (2008): Gewässerreport (Nr. 10): Bewertung von Seen mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie, BTUC-AR 2/2008, ISBN 978-3-940471-06-2: 147 - 184.
- NIXDORF, B., F. VEDDER, J. POLTZ & O. MIETZ (2009): Ressourceneffizienz (Chla/TP) des Phytoplanktons und Lichtregime in Flachseen.- Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2008 (Konstanz), Hardeggen: 236 – 241.
- PADISAK, J. & R. ADRIAN (1999): Biovolumen.- In W. v. Tümping & G. Friedrich (Hrsg.) (1999): Biologische Gewässeruntersuchung. Methoden der biologischen Wasseruntersuchung, Band 2. - G. Fischer Verlag Jena: 1 – 545.
- REYNOLDS, C.S. (2006): Ecology of phytoplankton.- Cambridge University Press: 1 - 535.
- SCHEFFER, M. (2004): Ecology of shallow lakes.- Kluwer Academic Publishers: 1 – 357.
- STEMBERGER R. (1979): A guide to rotifers of the Laurentian Great Lakes. U.S. EPA publication: EPA/600/4-79-021. Washington DC., 185 pp.
- STICH, B., MAIER, G. & A. HOPPE (2010): Projekt Zooplankton - Probenahme - Bericht der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Institut für Seenforschung (ISF). 35 pp.
- TÜMPLING V. W. & FRIEDRICH G. (1999): Methoden der Biologischen Wasseruntersuchung; Bd. 2, Biologische Gewässeruntersuchung. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm: 541 pp.
- WÖBBECKE, K., B. KOPPELMEYER & W. ARP & G. MAIER (2016): Limnologische Untersuchungen des Caputher Sees 2016. Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons sowie wichtiger limnochemischer Gewässerparameter vom August, September und Oktober 2016.- Bericht im Auftrag der Gemeinde Schwielowsee: 1 – 25 + Anhang.
- WÖBBECKE, K., B. KOPPELMEYER & W. ARP & G. MAIER (2017): Limnologische Untersuchungen des Caputher Sees 2017. Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons sowie wichtiger limnochemischer Gewässerparameter vom August, September und Oktober 2017.- Bericht im Auftrag der Gemeinde Schwielowsee: 1 – 21 + Anhang.

6.1.2 Verwendete Bestimmungsliteratur

Phytoplankton

- ANAGNOSTIDIS, K. & J. KOMÁREK (1985): Modern approach to the classification system of cyanophytes - 1 - Introduction.- Archiv für Hydrobiologie Supplement 71 (1/2): 291 - 302.

- ANAGNOSTIDIS, K. & J. KOMÁREK (1988): Modern approach to the classification system of cyanophytes - 3 - Oscillatoriales.- Archiv für Hydrobiologie Supplement 80 (1-4): 327 - 472.
- BOURRELLY, P. (1972): Les Algues vertes.- Éditions N. Boubée & Cie. Paris : 1 - 569.
- ETTL, H. (1983): Chlorophyta I - Phytomonadina.- Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 9. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 1 - 530.
- ETTL, H. (1983): Xanthophyceae, Teil 1.- Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 3. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 1 - 515.
- FÖRSTER, K. (1982): Conjugatophyceae - Zygnematales und Desmidiiales (excl. Zygnemataceae).- E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller). Stuttgart, Germany: 1 - 543.
- GEITLER, L. (1932): Cyanophyceen.- Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 2. Auflage. Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H. Leipzig: 1 - 1179.
- JOHN, D. M., B.A. WHITTON, & A.J. BROOK (2003) :The freshwater algal flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae.- University Press, Cambridge. Cambridge: 1 - 702
- KADLUBOWSKA, J.Z. (1984): Conjugatophyceae I – Chlorophyta VIII, Zygnematales.- Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 16. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 1 - 532.
- KASTEN, J. (2002): Die Dynamik der Phytoplanktongemeinschaften einer saisonal überfluteten Fluß-Auern-Landschaft (Unteres Odertal – Brandenburg).- Dissertation an der Freien Universität Berlin. Lehmanns Fachbuchhandlung Berlin (ISBN 3-936427-00-3): 1 – 255.
- KOMÁREK, J. (2013): Cyanoprokaryota 3. Teil/Part 3: Heterocytous Genera.- Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/3. Springer Spektrum: 1 - 1130.
- KOMÁREK, J. & B. FOTT (1983): Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller). Stuttgart, Germany.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS (1998): Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales.- Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/1. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, Ulm: 1 - 548.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS (2005): Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales - Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/2. Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag: 1 - 759.
- KOMÁREK, J. (1999): Übersicht der planktischen Blaualgen im Einzugsgebiet der Elbe.- Internationale Kommission zum Schutz der Elbe. Magdeburg: 1 – 54 + Anhang.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1986): Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae.- Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 1 - 876.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1988): Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae.- Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 1 - 596.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1991): Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena: 1 - 576.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT (1991): Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthesaceae. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena: 1 – 437.

- KRIENITZ, L. (1990): Coccale Grünalgen der mittleren Elbe. *Limnologica* 21 (1): 165 – 231.
- LENZENWEGER, R. (1996): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 1.- *Bibliotheca Phycologia*, Bd. 101. J. Cramer in der Gebrüder Bornträger Verlagsbuchhandlung Berlin, Stuttgart: 1 – 162.
- LENZENWEGER, R. (1997): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 2.- *Bibliotheca Phycologia*, Bd. 102. J. Cramer in der Gebrüder Bornträger Verlagsbuchhandlung Berlin, Stuttgart: 1 – 216.
- LENZENWEGER, R. (1999): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 3.- *Bibliotheca Phycologia*, Bd. 104. J. Cramer in der Gebrüder Bornträger Verlagsbuchhandlung Berlin, Stuttgart: 1 – 218.
- MEFFERT, M.-E. & H.-J. KRAMBECK (1977): Planktonic blue-green algae of the *Oscillatoria redekei* group.- *Archiv für Hydrobiologie* 79(2): 149 – 171.
- MEFFERT, M.-E. (1988): *Limnothrix* MEFFERT nov. gen. *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 80 (1-4): 269 – 276.
- MEFFERT, M.-E., R. OBERHÄUSER, & J. OVERBECK (1981): Morphology and Taxonomy of *Oscillatoria redekei* (Cyanophyta).- *British phycological Journal* 16: 107 – 114.
- POPOVSKÝ, J. & L.A. PFIESTER (1990): Dinophyceae.- *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Bd. 6. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena: 1 - 272.
- STARMACH, K. (1985): Chrysophyceae und Haptophyceae.- *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Bd. 1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 1 - 515.

Zooplankton

- Benzie, J. A. H., 2005. Cladocera: The Genus *Daphnia* (including *Daphniopsis*) (Anomopoda: Daphniidae). In H. J. F. Dumont (Co.-Ed.), *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*. Vol. 21. Backhuys Publishers, Leiden: 376 pp.
- Breitig, G., 1972. VIII. Mollusken. In H. Bick, G. Breitig, Th. Grospietsch, Ch. Holmquist, H. Löffler, E. Reisinger, A. Ruttner-Kolisko, O. A. Sæther & J. Schwoerbel, 1972. *Das Zooplankton der Binnengewässer*, 1. Teil. In H.-J. Elster & W. Ohle, *Die Binnengewässer*. Vol. 26/1. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 286-291.
- Einsle, U., 1993. Crustacea. Copepoda. Calanoida und Cyclopoida. In J. Schwoerbel & P. Zwick (Hrsg.), *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*. Bd. 8/4-1. G. Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York: 208 pp.
- Einsle, U., 1996. Copepoda: Cyclopoida. Genera Cyclops, Megacyclops, Acanthocyclops. In H. J. Dumont (Co.-Ed.), *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*. Vol. 10. SPB Academic Publishing, Amsterdam: 82 pp.
- Flößner D., 1972. Kiemen- Blattfüßer, Branchiura Fischläuse, Branchiura. In: Dahl, TWD 60: 501 pp.
- Flößner, D., 2000. *Die Haplopoda und Cladocera (ohne Bosminidae) Mitteleuropas*. Backhuys Publishers, Leiden: 428 pp.
- Herbst H.V. (1976): *Blattfußkrebse*. In: *Einführung in die Kleinlebewelt*. Kosmos-Verlag Franckh-Stuttgart: 130 pp.

- Holmquist, Ch., 1972. V. Mysidacea. In H. Bick, G. Breitig, Th. Grospietsch, Ch. Holmquist, H. Löffler, E. Reisinger, A. Ruttner-Kolisko, O. A. Sæther & J. Schwoerbel. Das Zooplankton der Binnengewässer, 1. Teil. In H.-J. Elster & W. Ohle, Die Binnengewässer. Vol. 26/1. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 247-256.
- Kiefer F., 1973. Ruderfußkrebse. In: Einführung in die Kleinlebewelt. Kosmos-Verlag Franckh-Stuttgart: 99 pp.
- Kiefer F. & Fryer G., 1978. Copepoda. In: Das Zooplankton der Binnengewässer 2. Teil. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; Nägele und Obermiller: 208 pp.
- Koste W., 1978: Rotatoria: Die Rädertiere Mitteleuropas Bd. 1. und 2. Gebrüder Bornträger, Berlin, Stuttgart: 673 pp bzw. 234 Tafeln.
- Korovchinsky, N. M., 1992. Sididae and Holopediidae. (Crustacea: Daphniiformes). In H. J. Dumont (Co.-Ed.), Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Vol. 3. SPB Academic Publishing, The Hague: 82 pp.
- Lieder, U., 1996. Crustacea. Cladocera/Bosminidae. In J. Schwoerbel & P. Zwick (Hrsg.), Süßwasserfauna von Mitteleuropa. Bd. 8/2-3. G. Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: 80 pp.
- Nogrady, T. & H. Segers (Eds), 2002. Rotifera. Vol. 6: Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae and Filinia. In H. J. Dumont (Co.-Ed.), Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Vol. 18. Backhuys Publishers, Leiden: 264 pp.
- Nogrady, T., R. Pourriot & H. Segers, 1995. Rotifera. Volume 3: Notommatidae and Scaridiidae. In T. Nogrady (Ed.), Rotifera. In H. J. Dumont (Co.-Ed.), Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Vol. 8. SPB Academic Publishing, Amsterdam: 248 pp.
- Orlova-Bienkowskaja, M. Y., 2001. Cladocera: Anomopoda. Daphniidae: genus *Simocephalus*. In H. J. Dumont (Co.-Ed.), Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Backhuys Publishers, Vol. 17. Leiden: 130 pp.
- Pontin, R. M., 1978. A key to the Freshwater Planktonic and semi-planktonic Rotifera of the British Isles. Scientific Publication. Vol. 38. Freshwater Biological Association: 178 pp.
- Ruttner-Kolisko, A., 1972. III. Rotatoria. In H. Bick, G. Breitig, Th. Grospietsch, Ch. Holmquist, H. Löffler, E. Reisinger, A. Ruttner-Kolisko, O. A. Sæther & J. Schwoerbel. Das Zooplankton der Binnengewässer, 1. Teil. In H.-J. Elster & W. Ohle, Die Binnengewässer. Vol. 26/1. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 99-234.
- Smirnov, N. N., 1996. Cladocera: the Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the World. In H. J. F. Dumont (Co.-Ed.), Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Vol. 11. SPB Academic Publishing, Amsterdam: 197 pp.
- Voigt, M. & W. Koste, 1978. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Überordnung Monogononta. Bd. I, Textband. 2. Aufl. Gebrüder Bornträger, Berlin, Stuttgart: 673 pp.
- Voigt, M. & W. Koste, 1978. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Überordnung Monogononta. Bd. II, Tafelband. 2. Aufl. Gebrüder Bornträger, Berlin, Stuttgart: 234 T.

6.2 Methoden

6.2.1 Feldmethoden

Die Probenahmen erfolgten vom Boot aus im Bereich der tiefsten Stelle. Anhand vorgegebener Koordinaten (UTM, ETRS89) für den tiefsten Punkt im See und einem Personal Navigator mit GPS-Empfang (eTrex der Fa. Garmin) konnte die Probestelle mit einer Genauigkeit von 5 m angefahren werden.

Im Rahmen der Wasseruntersuchungen wurden vor Ort die Sichttiefe mit einer Secchi-Scheibe gemessen sowie mit Multiparametersonden der Firma HANNA und Instruments und Hydrolab Tiefenprofile für Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffsättigung, Redox-Potential und elektrische Leitfähigkeit in adäquaten Tiefenschritten aufgenommen.

Die Wasserproben für die Laboranalyse wurden entsprechend den Vorgaben des LUGV Brandenburg für die Probenahme in Anlehnung an die EU-Wasserrahmenrichtlinie als Mischprobe aus der euphotischen Zone hergestellt. Hierzu wurden volumengleiche Teilproben mit einem Wasserschöpfer nach Friedinger in 1-m-Schritten bis maximal zum 2,5fachen der Sichttiefe entnommen. Die so hergestellten Mischproben wurden in vorbereitete Probengefäße abgefüllt, gekühlt und dunkel aufbewahrt und umgehend in das in Brandenburg notifizierte akkreditierte Labor der PWU Potsdamer Wasser- und Umweltlabor GmbH & Co. KG nach Potsdam transportiert.

Für die Phytoplanktonanalyse wurden aus der Mischprobe 100 ml abgefüllt und mit Lugol'scher Lösung fixiert.

Für die Zooplanktonanalyse wurde jeweils mit einem Planktonnetz mit Aufsatzkegel (Maschenweite 55µm) ein Vertikalzug über die Wassersäule durchgeführt, im aktuellen Jahr 2019 aus 0-8 m. Das Entnahmevermögen betrug 171 Liter. Die eingengten Proben wurden mit Formaldehyd fixiert (Endkonzentration 4%).

6.2.2 Limnochemische Analysen

Die limnochemischen Laboranalysen der Wasserproben wurden in dem in Brandenburg notifizierten, akkreditierten Labor der PWU Potsdamer Wasser- und Umweltlabor GmbH nach an das Probengut und die Fragestellung angepassten geltenden Normen und Analysenvorschriften durchgeführt (Tab. 4).

Tab. 4: Labormethoden
Angaben der PWU Potsdamer Wasser- und Umweltlabor GmbH & Co. KG

Analysenparameter	Verfahren	Beschreibung	Einheit	BG
Gesamt-P	DIN EN ISO 6878	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Phosphor - Photometrisches Verfahren mittels Ammoniummolybdat (ISO 6878:2004); Deutsche Fassung EN ISO 6878:2004	mg/l	0,005
gelöster reaktiver Phosphor	DIN EN ISO 6878	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Phosphor - Photometrisches Verfahren mittels Ammoniummolybdat (ISO 6878:2004); Deutsche Fassung EN ISO 6878:2004	mg/l	0,005
Gesamt-N	DIN EN 12260	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Stickstoff - Bestimmung von gebundenem Stickstoff (TNb) nach Oxidation zu Stickstoffoxiden; Deutsche Fassung EN 12260:2003	mg/l	0,2
Nitrat-N	DIN EN ISO 10304-1	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von gelösten Anionen mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie - Teil 1: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Sulfat (ISO 10304-1:2007); Deutsche Fassung EN ISO 10304-1:2009	mg/l	0,01
Ammonium-N	DIN 38406-5	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung des Ammonium-Stickstoffs (E 5)	mg/l	0,01
Chlorophyll a, Phaeopigment	DIN 38412-16	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L); Bestimmung des Chlorophyll-a-Gehaltes von Oberflächenwasser (L 16)	mg/l	0,001
DOC	DIN EN 1484-H3	Wasseranalytik - Anleitungen zur Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) und des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC)	mg/l	1

6.2.3 Labormethodik Phytoplankton

Die qualitative und quantitative Analyse des Phytoplanktons der Lugolprobe erfolgte, so weit möglich, an einem Umkehrmikroskop der Fa. Leitz bei Hellfeldbeleuchtung mit bis zu 790facher Vergrößerung, des Weiteren bei schwierig zu bestimmenden Arten mit einem Interferenz-Auflichtmikroskop mit bis zu 1000facher Vergrößerung.

Kieselalgen wurden nicht gesondert präpariert.

Die Labor-Analyse erfolgte in Anlehnung an NIXDORF et al. (2008).

Qualitative Analyse

Die qualitative Analyse erfolgte möglichst auf Artniveau, in der Regel aber zumindest bis zu dem Mindestbestimmbarkeitsniveau, das im Rahmen der Entwicklung des WRRL-Bewertungssystems von der Arbeitsgruppe MISCHKE et al. für jedes Taxon festgelegt wurde. Jedes erfasste Taxon erhielt die Bezeichnung und ID-Nummer aus der harmonisierten

Phytoplankton-Taxaliste Deutschlands, die aus dem Internet herunterladbar ist (Website Dr. Ute Mischke, IGB, mit Stand vom Juni 2009).

Zählung und Biovolumen-Ermittlung

Für die quantitative Analyse der Taxa der Lugolprobe wurden, wenn möglich, mindestens 15 Arten bzw. Taxa quantitativ erfasst. Es wurden dabei mindestens 95 % der Biomasse ermittelt und mindestens 400 Objekte pro Probe gezählt. Die Abundanz des Phytoplanktons wurde durch Auszählen der gesamten Sedimentationskammer oder von Transekten, abhängig von Größe und Dichte der Organismen, ermittelt. Bei der Zählung kleinerer dominanter Phytoplanktontaxa wurden mindestens 60 Zellen bzw. Zählleinheiten pro Art in mindestens zwei Transekten ausgezählt. Größere Taxa wurden in größeren Teilflächen bzw. der gesamten Kammer ausgewertet. Fäden in der Lugolprobe (incl. Aulacoseira) wurden in der Regel durch Zählung von 100- μm -Abschnitten gezählt.

Bei erhöhtem Vorkommen von gallertigen Cyanobakterien (meist *Microcystis*) wurde eine Teilprobe der Lugolprobe mit einem Ultraschall-Desintegrator (Sonoplus Ultraschall-Homogenisator HD 2070) behandelt, so dass die Kolonien aufgelöst wurden und die Zellen einzeln gezählt werden konnten. Die Proben wurden ca. 2 min. bei 70 % Power beschallt. In der unbehandelten Lugolprobe wurde vorher der jeweilige Anteil der einzelnen chroococcalen Arten an der Gesamtanzahl der Zellen abgeschätzt.

Das Körpervolumen des Phytoplanktons der Lugolprobe wurde durch Annäherung an geometrische Körper in Anlehnung an ATT (1998) und PADISAK & ADRIAN (1999) ermittelt. Bei in der Größe stark variablen Taxa wurden ca. 20 Zellen pro Taxon oder Größenklasse gemessen. Bei Taxa mit nahezu konstantem Volumen wurde das Volumen der einmal vermessenen Zelle beim nächsten Termin wiederverwendet. Bei selten vorkommenden Taxa wurden vereinzelt Volumina aus der Literatur verwendet. Das Biovolumen wurde für jedes Taxon, jede Algenklasse und die Gesamtprobe berechnet.

6.2.4 Labormethodik Zooplankton

Probenbehandlung

Jede der angelieferten Zooplankton-Proben wurde vor ihrer Bearbeitung zunächst über ein 30 μm Planktongaze-Sieb dekantiert und mit Leitungswasser gespült. Das im Sieb konzentrierte Zooplankton wurde anschließend – je nach Dichte – überwiegend in 250 ml, maximal in 1000 ml Kolben suspendiert. Aus dieser Suspension wurden Teilproben / Aliquote (≥ 2) entnommen, anschließend in 10 ml Röhrenkammern (Kammerhöhe 1 cm) gefüllt und nach einer Sedimentationszeit von ca. 10 (Crustaceen) bis 30 Minuten (Rotatorien) unter dem inversen Mikroskop (Zeiss IM35) ausgezählt (Vergrößerung ca. 60-fach bei Crustaceen und 100-fach bei Rotatorien). Bei der Suspension der Proben wurde darauf geachtet, dass das Zooplankton homogen verteilt ist. Bei der Abfüllung der Kammern wurde möglichst rasch gearbeitet, da große Zooplankter (Daphnien, eitragende Copepodenweibchen) rasch sedimentieren und bei „langsamer Vorgehensweise“ nicht repräsentativ erfasst werden. Für aspektbestimmende Arten wurden mindestens 100 Individuen ausgezählt. Insgesamt wurden mindestens 400 Individuen je

Probe (ohne Copepoden Nauplien) ausgezählt (vgl. Vorgaben Projekt Phytoloss und Projekt Ba.-Wü.).

Art-Bestimmung

Die Zählung / Bestimmung erfolgte soweit möglich auf Artbasis. Für die Bestimmung der Arten wurde die aktuelle Bestimmungsliteratur verwendet: Rotatoria: KOSTE (1978), RUTTNER-KOLISKO (1978); Cladocera: FLÖBNER (1993, 2000), LIEDER (1999), HERBST (1976 – nur Litoralcladoceren); Copepoda: KIEFER (1973), KIEFER & FRYER (1978), EINSLE (1993).

Bei den Rotatorien wurde die Gattung *Collotheca* nicht weiter aufgespalten, da hier die wesentlichen Merkmale für eine Artbestimmung durch die Fixierung der Tiere nicht zugänglich sind. Bei der Gattung *Synchaeta* wird zwischen den großen Formen (in den vorliegenden Proben *S. pectinata*) und kleinen Synchaeten (*S. tremula* / *S. oblonga* / *S. lakowitziana* Gruppe) differenziert. „Synchaeten“ waren im aktuellen Jahr nur in Form von kleinen Morphen in den Proben vorhanden. Für die Abgrenzung von „Arten“ innerhalb der Gattung *Polyarthra* wurde nach einer Graphik aus STEMBERGER (1979) verfahren: Individuen mit deutlich über körperlangen Schwimmflossen und einer Körperlänge von \leq ca. 100 μ m wurden als *P. remata* determiniert; Individuen mit etwa körperlangen bzw. deutlich über körperlangen Schwimmflossen und einer Körperlänge zwischen ca. 100 und 150 μ m wurden als *P. vulgaris* bzw. *P. dolichoptera* bestimmt und Individuen \geq 150 mit ca. körperlangen, breiten bzw. sehr breiten Schwimmflossen wurden als *P. major* bzw. *P. euryptera* bestimmt.

Cladoceren wurden bis zur Art bestimmt. Intermediäre Morphen („Hybride“) werden – soweit möglich – ebenfalls zugeordnet. Aufgrund der unsicheren „Position“ der Hybriden wird aber bei den Daphnien konservativ verfahren; d.h. Hybride werden – wenn möglich – vermieden. In den angelieferten Proben war aber nur das gut bestimmbare Taxon *Daphnia cucullata* vorhanden, so dass keine Probleme bei der Artbestimmung auftraten. Copepoden wurden immer bis zur Art bestimmt und die Copepodidstadien wurden soweit möglich der jeweiligen Art zugeordnet. Eine Ausnahme bei der Copepodid-Zuordnung machen in einigen (schwierigen) Fällen die ersten Copepodide; diese wurden (falls die Zuordnung unsicher war) der aspektbestimmenden Art zugeschlagen. Lediglich die Trennung der Copepodidstadien von *Eudiaptomus gracilis* und *E. graciloides* ist bislang nicht möglich (KIEFER & FRYER 1978). Diese werden (bei starkem Auftreten beider Arten) als calanoide Copepodide zusammengefasst, oder (im Falle, dass eine der beiden Arten sehr selten war) der dominanten Art zugeschlagen. Calanoide Formen waren aber in den Proben aus dem aktuellen Jahr nicht vorhanden. An Nauplien wurden deshalb nur cyclopoide differenziert. Unterarten (z.B. innerhalb der Gattungen *Keratella* oder (*Eu*)*Bosmina*) wurden ebenfalls berücksichtigt. Sofern notwendig wurden kritische Taxa mittels präparativer Methoden abgesichert (z.B. P5 Präparation etc. bei Copepoden). Informationen zu Indikatorarten wurden z. B. den Arbeiten GLIWICZ (1969), KARABIN (1983), GANNON & STEMBERGER (1978), GELLER & MÜLLER (1981) oder MAIER (1996) entnommen.

Zählung, Zählkategorien

Bei den Rotatorien liegen Messungen für jedes Taxon aus früheren Projekten (ARP & DENEKE 2006, 2007) vor, die übernommen wurden. Eine Festlegung von Zählkategorien / Größenklassen erfolgte für größenvariable Crustaceen. Bei den Cladoceren wurden je nach Taxon 2 – 6 Größenklassen (in ca. 300 μ m Abständen) unterschieden. Beispielsweise wurden jeweils für

kleine (z.B. *D. cucullata*) sowie für mittelgroße Daphnien (z. B. *D. galeata* / *hyalina* falls vorhanden) 2 Juvenilstadien und mindestens 3 Adultstadien differenziert. Bei Copepoden wurden neben den Nauplien alle 5 Copepodidstadien, Männchen und Weibchen separat gezählt. Für die Größenklassendifferenzierung der Cladoceren wurde ein Okular mit Gitternetz verwendet, das vorher mittels eines Objektmikrometers geeicht wurde. Für sehr große Zooplankter (Raubcladoceren), die mittels des relativ kleinen Probenahme-Netzes nur halbquantitativ erfasst werden, wurde eine durchschnittliche Größe ermittelt. Zur Ermittlung der Abundanz der Raubcladoceren wurde die gesamte Probe herangezogen; d.h. die Probe wurde nochmals über das 30 µm Sieb dekantiert, anschließend in Petrischalen verteilt und komplett nach Raubcladoceren durchsucht. Die Anwesenheit von *Chaoborus* spp. wurde jeweils notiert und die in der Probe vorhandenen Larven wurden ebenfalls gezählt. Die Abundanzen der Arten / Zählkategorien wurden unter Berücksichtigung der Netzgeometrie (Öffnungsdurchmesser, Radius) bzw. des Schöpferinhaltes und der Verdünnung im Labor hochgerechnet.

Biomasse

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Trockengewichte für Rädertiere orientieren sich an früheren Studien zum Zooplankton von Seen in Schleswig Holstein (z.B. ARP & DENEKE 2006.). Angaben zum Biovolumen finden sich z.B. in Ruttner-Kolisko 1977. Bei Cladoceren wurde für jede Gattung (jeden „Morphotyp“: *Daphnia* vs. *Bosmina* vs. *Eubosmina* vs. *Ceriodaphnia* vs. *Diaphanosoma*) verschiedene Formeln verwendet und damit die Trockenmasse für jede Zählkategorie / Größenklasse innerhalb der Gattung errechnet (vgl. Bottrell et al. 1976, MCCAULEY 1984 sowie PADISÁK & ADRIAN in TÜMLING & FRIEDRICH 1999). Bei Copepoden wurden für Calanoide, kleine Cyclopoide und große Cyclopoide unterschiedliche Formeln (Längen-Gewichts-Regressionen) auf die Zählkategorien verwendet, wobei Formeln aus Bottrell et al. (1976) verwendet wurden. Die verwendeten Formeln wurden vorab auf ihre Plausibilität geprüft; d.h. die daraus errechneten Ergebnisse wurden mit Literaturdaten verglichen (z.B. mit den Angaben in DUMONT et al. 1975, Stich & Maier 2012). Für Raubcladoceren werden mittlere Trockengewichte aus GARTON & BERG (1978) und BURKHARDT (1994) – *Bythotrephes*, bzw. CUMMINS et al. (1969) – *Leptodora* verwendet.

Größenindex

Als mögliches Maß für Top-Down Effekte wurde in Anlehnung an ARP & DENEKE (2007) der **Cladoceren-Größenindex** (GIC bzw. nach Phytoloss auch MCM genannt) berechnet, da Cladoceren in der Regel den größten Fraßdruck auf das Phytoplankton ausüben können. Dieser Index errechnet sich für jeden Termin als Quotient aus der summierten Biomasse und der summierten Abundanz der Cladoceren. Die Abschätzung der „top-down“ Effekte durch Fischfraß mittels GIC bzw. MCM basiert v. a. auf den in der Literatur beschriebenen Fakten, dass Fische große, wenig fluchtfähige und auffällig gefärbte Individuen selektieren. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass das Größenspektrum u. a. auch „bottom up“ gesteuert wird. Unterschreitet der GIC im Sommer (zur Zeit des stärksten Fisch-Prädationsdruckes) 6 µg L⁻¹ (das Gewicht einer 1 mm langen Daphnie), so wird der Prädationsdruck durch Fische als mindestens moderat eingestuft.

Umsatz von Phytoplankton- in Zooplanktonmasse

Zur Abschätzung der Verwertung des Phytoplanktons durch das Zooplankton wurde in Anlehnung an JEPPESEN et al. (1997) bzw. DENEKE et al. (2016) das **Z/P-Verhältnis** für jeden Termin errechnet. Unter der Annahme, dass Cladoceren und Copepoden pro Tag 100 bzw. 50 % ihres Körpergewichts als Nahrung zu sich nehmen (JEPPESEN et al. 1997), kann aus der Zooplankton- und Phytoplankton-Biomasse eine hypothetische konsumierte Phytoplankton-Biomasse pro Zeiteinheit berechnet werden, die Aufschluss über den Umsatz bzw. die Grazingrate gibt. Diese Z/P-Rate wird in Prozent konsumierte Biomasse pro Tag angegeben. Für Z/P wird hier auf der Basis des Biovolumens gerechnet, wobei nur das ermittelte Trockengewicht der Crustaceen in Biovolumen umgerechnet wird ($TG = \text{Biovolumen} * 0,1$). Die Biomasse der Rädertiere und des Phytoplanktons werden ohnehin direkt im Biovolumen angegeben. Niedrige Z/P-Relationen ergeben sich z.B., wenn das Phytoplankton aus schlecht verwertbaren Algen (z.B. Cyanobakterien, Dinophyceen) besteht.

Umrechnung der gefundenen Tiere der Wassersäule in Ind/l bzw. Biomasse/l

Im Cap. See wurde so vorgegangen, dass bei der Umrechnung der gefundenen Anzahl der Individuen der Wassersäule in Abundanz pro Liter angenommen wurde, dass die Tiere in der gesamten Wassersäule fressen. Für tiefe Seen muss noch geklärt werden, ob sich die Biomassenberechnung nicht besser auf Zeu beziehen sollte, da hier die Netzzüge über Bereiche gehen, in denen wenig Zooplankton vorhanden ist.

6.3 Artenliste Phyto- und Zooplankton

Artenliste Phytoplankton Caputher See 2019 (nach Algenklassen sortiert)

Taxon-ID	DV_Nr	TAXONNAME	Autor	Algenklasse
347	6161	Fragilaria	Lyngbye	Bacillariophyceae
342	6075	Fragilaria crotonensis	Kitton	Bacillariophyceae
349	6410	Fragilaria ulna angustissima - Sippen	sensu Krammer & Lange-Bertalot	Bacillariophyceae
352	16658	Fragilaria ulna var. ulna	(Nitzsch) Lange-Bertalot	Bacillariophyceae
486	6990	Navicula	Bory	Bacillariophyceae
494	16856	Nitzschia acicularis - Formenkreis	sensu DV 16856	Bacillariophyceae
829	6789	Zentrale Diatomeen 10-15µm	G.Karsten	Bacillariophyceae
833	6789	Zentrale Diatomeen 15-20µm	G.Karsten	Bacillariophyceae
840	6789	Zentrale Diatomeen 5-10µm	G.Karsten	Bacillariophyceae
468	7245	Monoraphidium contortum	(Thuret) Komárková-Legnerová	Chlorophyceae
469	7090	Monoraphidium griffithii	(M.J.Berkeley) Komárková-Legnerová	Chlorophyceae
639	7049	Scenedesmus acuminatus	(Lagerheim) Chodat	Chlorophyceae
751	7281	Tetraedron minimum	(A.Braun) Hansgirg	Chlorophyceae
786	7022	Unbestimmte Chlorococcales	(Marchand) Pascher	Chlorophyceae
298	7938	Dinobryon cylindricum	Imhof	Chrysophyceae

Taxon-ID	DV_Nr	TAXONNAME	Autor	Algenklasse
236	7032	Cryptomonas 30-35µm	Ehrenberg	Cryptophyceae
222	7032	Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus	Ehrenberg	Cryptophyceae
1013	7603	Cryptomonas platyuris	Skuja	Cryptophyceae
633	7895	Rhodomonas	Karsten	Cryptophyceae
628	7868	Rhodomonas lacustris	Pascher & Ruttner	Cryptophyceae
1503	8807	Anabaena bergii	Ostenfeld	Cyanobacteria
55	8096	Aphanizomenon gracile	Lemmermann	Cyanobacteria
267	8828	Cylindrospermopsis raciborskii	(Wołoszyńska) Seenayya & Subbaraju	Cyanobacteria
431	8208	Limnothrix planctonica	(Wołoszyńska) M.E.Meffert	Cyanobacteria
432	8434	Limnothrix redekei	(Goor) M.E.Meffert	Cyanobacteria
448	8025	Merismopedia	Meyen	Cyanobacteria
580	8818	Planktolynngbya limnetica	(Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	Cyanobacteria
584	8438	Planktothrix agardhii	(Gomont) Anagnostidis & Komárek	Cyanobacteria
596	8206	Pseudanabaena limnetica	(Lemmermann) Komárek	Cyanobacteria
390	7512	Gymnodinium	F.Stein	Dinophyceae
385	17085	Gymnodinium uberrimum	(G.J.Allman) Kofoid & Swezy	Dinophyceae
546	17300	Peridiniopsis polonicum	(Wołoszyńska) Bourelly	Dinophyceae
555	7077	Peridinium	Ehrenberg	Dinophyceae
557	7077	Peridinium klein (<25µm)	Ehrenberg	Dinophyceae
853	17098	Woloszynskia	R.H.Thompson	Dinophyceae
326	7016	Euglena	Ehrenberg	Euglenophyceae
322	7037	Euglena acus	Ehrenberg	Euglenophyceae
569	7059	Phacus	Dujardin	Euglenophyceae
568	7997	Phacus pyrum	(Ehrenberg) F.Stein	Euglenophyceae
997	7882	Trachelomonas oblonga	Lemmermann	Euglenophyceae
771	7084	Trachelomonas volvocina	(Ehrenberg) Ehrenberg	Euglenophyceae

Artenliste Zooplankton: Caputher See 2019

DV-Nr	Rotatoria	
5975	Anuraeopsis fissa	(GOSSE)
5096	Ascomorpha ecaudis	(PERTY)
5098	Asplanchna priodonta	(GOSSE)
5102	Brachionus angularis	(GOSSE)
5024	Brachionus calyciflorus	(PALLAS)
5974	Collotheca	(HARRING)
5148	Filinia longiseta	(EHRENBERG)
5331	Keratella cochlearis	(GOSSE)
5165	Keratella cochlearis tecta - Reihe	
5647	Keratella hiemalis	(CARLIN)

DV-Nr	Rotatoria	
5166	Keratella quadrata	(O.F.MUELLER)
5226	Lecane sp.	(BARTOS)
5202	Polyarthra dolichoptera	(IDELSON)
15278	Polyarthra major	(BURCKHARDT)
5204	Polyarthra vulgaris	(CARLIN)
5234	Pompholyx sulcata	(HUDSON)
5054	Synchaeta	(EHRENERBG)
5919	Trichocerca pusilla	(LAUTERBORN)
5917	Trichocerca similis	(WIERZEJSKI)
5189	Trichocerca sp.	(LAMARCK)
	Cladocera	
5110	Ceriodaphnia pulchella	(SARS)
5111	Ceriodaphnia quadrangula	(O.F.MUELLER)
5126	Daphnia cucullata	(SARS)
kN	Diaphanosoma mongolianum	(UENO, emend. KOROVCHINSKY)
5160	Leptodora kindtii	(FOCKE)
	Copepoda	
5123	Cyclops vicinus	(ULJANIN)
5134	Diacyclops bicuspidatus	(CLAUS)
5175	Mesocyclops leuckarti	(CLAUS)
5217	Thermocyclops crassus	(FISCHER)
15284	Thermocyclops oithonoides	(SARS)
	Sonstige	
481	Chaoborus	(LICHTENSTEIN)