

Zur Situation der *Desmidiaceae* im Land Brandenburg

THOMAS FROMM UND GÜNTHER ZAHRT

Zusammenfassung

39 Standorte wurden im Land Brandenburg zwischen April 2015 und Juni 2022 jeweils in den Monaten April bis November auf das Vorkommen von *Desmidiaceae* hin untersucht. Dabei wurden insgesamt 102 Taxa der *Desmidiaceae* (Arten und Varietäten) in 23 Wasserkörpern gefunden. 14 Arten davon waren Erstfunde für das Land Brandenburg. Der Rest waren Wiederfunde, die das letzte Mal in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts nachgewiesen wurden. Die Wiederfundrate lag – bezogen auf frühere Funde, die in dieser Zeit ermittelt wurden – bei etwa 38 %. Die meisten gefundenen Arten waren Vertreter der Gattungen *Closterium*, *Cosmarium* und *Staurastrum*. Die häufigsten Arten waren *Netrium digitus* sowie die drei *Tetmemorus*-Arten und *Micrasterias truncata*. Vertreter der Gattungen *Cosmocladium*, *Docidium*, *Gonatozygon*, *Heimansia*, *Penium*, *Roya*, *Sphaeroszma* und *Tortitaenia* konnten überhaupt nicht nachgewiesen werden. Verglichen mit den wenigen historischen Daten ist vor allem ein Verlust mesotraphenter, circum-neutraler Arten zu beobachten gewesen – bei den *Desmidiaceae*-Gattungen vorwiegend bei *Staurastrum*-, *Cosmarium*- und *Euastrum*-Arten. Durch eine umfassende statistische Auswertung der Daten konnte eine ad-hoc-Rote Liste der *Desmidiaceae* für das Land Brandenburg erarbeitet werden, die den aktuellen Gefährdungsgrad der gefundenen Arten beschreibt und somit die Bedeutung des nachhaltigen Schutzes desmidiaceenreicher Standorte im Land Brandenburg unterstreicht. Mit der Erfassung der *Desmidiaceae* im Land Brandenburg erstmalig seit etwa 100 Jahren weitet diese Studie außerdem den Rahmen der Arten aus, auf die bei der Umsetzung und Einhaltung von FFH-Richtlinien zurückgegriffen werden kann, und liefert so einen wesentlichen Beitrag nicht nur zum Artenschutz, sondern auch zum Moorschutz im Land Brandenburg.

Abstract

Between April 2015 and June 2022, a total of 39 locations in the state of Brandenburg were investigated for the presence of *Desmidiaceae*. These investigations took place each year from April to November. This study identified a total of at least 102 *Desmidiaceae* Taxa (species and varieties) in 23 bodies of water. Out of these, at least 14 taxa were newly discovered in the state of Brandenburg, while the remaining species were rediscoveries. Some of these rediscovered species had not been observed since the 1920ies.

The rate of rediscovery, considering species previously recorded during that time span, was approximately 37%. The most commonly found species belonged to the genera *Closterium*, *Cosmarium*, and *Staurastrum*. The prevalent species included *Netrium digitus*, three species of *Tetmemorus*, and *Micrasterias truncata*. Species from the genera *Cosmocladium*, *Docidium*, *Gonatozygon*, *Heimansia*, *Penium*, *Roya*, *Sphaeroszma*, and *Tortitaenia* were not detected at all.

Comparing the findings with limited historical data, there has been a noticeable decline, particularly among mesotrophic and circumneutral species. This decline was most prominent in *Staurostrum*, *Cosmarium*, and *Euastrum*. Through comprehensive statistical analysis, an ad hoc Red List of *Desmidiaceae* for the state of Brandenburg was developed. This Red List describes the current conservation status of the identified species, emphasizing the importance of sustainable protection for *Desmidiaceae*-rich sites in the region. This study, which represents the first comprehensive survey of *Desmidiaceae* in the state of Brandenburg in about a century, expands the scope of available species data relevant for implementing and adhering to FFH (Fauna-Flora-Habitat) directives. As such, it provides a significant contribution not only to species conservation but also to peatland preservation in the state of Brandenburg.

1. EINLEITUNG

Die sehr einheitliche Gruppe der einzelligen Zieralgen (= Familie *Desmidiaceae*, Ordnung *Desmidiales* = engl. Desmids = Gegenstand dieser Publikation) bildet zusammen mit den rein filamentösen *Zygnematales* die monophyletische Gruppe der *Zygnematophyceae* (= Jochalgen = *Conjugatophyceae*) innerhalb der *Streptophyta* des Pflanzenreichs. Dabei handelt es sich stets um unbegeißelte, von einer Zellwand umgebene und – weil sich aus gleich großen Halbzellen konstituierend – streng symmetrisch geformte Mikroalgen mit zwei grasgrünen Chloroplasten und einem zentral gelegenen Zellkern. Gemeinsam ist diesen – ausschließlich im Süßwasser vorkommenden – Organismen eine besondere Form der sexuellen Fortpflanzung, bei der es nicht zur Ausbildung beweglicher Gameten (Spermatozoide) kommt.

Die *Zygnematophyceae* und somit auch die *Desmidiales* sind in den letzten Jahren immer stärker in den Fokus des wissenschaftlichen Interesses gelangt. Dies hat mehrere Ursachen: Zum einen stellen die *Zygnematophyceae* nach neueren Erkenntnissen die Schwestergruppe der Landpflanzen (*Embryophyta*) dar und ihre Taxonomie ist daher vor allem in der näheren Vergangenheit immer mehr zum Gegenstand intensiv betriebener genomischer Forschung geworden, was eine Reihe von neuen Erkenntnissen zutage gefördert hat (GONTCHAROV 2008, GONTCHAROV & MELKONIAN 2005, 2008, 2010, 2011, CHENG et al. 2019). Diese Erkenntnisse sind jedoch nicht nur für Amateure und Liebhaber dieser Organismengruppe, sondern auch für ausgewiesene Phykologen insofern immer mehr zu einer intellektuellen Herausforderung geworden, als dass sie bei der Anwendung der strikten Hierarchie auf die dichotomen Verzweigungen im Sinne Carl von Linnés zu einer Vielzahl von Kategorien geführt haben, was letztlich nicht praktikabel sein kann. Gleichzeitig lassen sich die Ergebnisse in den neueren Arbeiten manchmal nur schwer mit den Annahmen und Überlegungen der traditionellen – auf morphologischen Unterschieden sich stützenden – Taxonomie vereinbaren. Ein Problem, das bei der molekularbiologisch gestützten Taxonomie nicht neu ist. Hinzu kommt außerdem, dass – zwar selten – sich Unterschiede im Genotyp nicht zwangsläufig phänotypisch so ausprägen, dass damit die Einordnung von Spezies in eine Gruppe mit ähnlichen morphologischen Merkmalen gerechtfertigt erscheint, was wohl hauptsächlich den praktisch ausgerichteten und an dieser Organismengruppe

interessierten Amateur hinreichend Motivation kosten dürfte, tiefer in die Biologie dieser Organismengruppe einzudringen. Es bleibt also letztlich abzuwarten, welchen wirklichen Erkenntniswert die Ergebnisse der molekularbiologischen Forschungen in der näheren Zukunft bringen werden und welche Schlüsse aus ihnen gezogen werden können.

Die *Desmidiaceales* sind extrem sensitive und präzise Indikatoren für Parameter wie Trophie, Konduktivität und pH eines Gewässers, was sie vor allem für den an ökologischen Fragestellungen Interessierten attraktiv macht. Da sie bevorzugt kleinere, oligo- bis mesotrophe Wasserkörper mit pH-Werten bei 5–8 besiedeln, sind viele Arten jedoch akut gefährdet, denn genau solche Wasserkörper sind im letzten und vorletzten Jahrhundert immer mehr aus dem ursprünglichen Naturraum verschwunden, beziehungsweise wurden negativ beeinflusst und verändert. Die Ursachen hierfür sind einerseits in der stattgefundenen Industrialisierung bzw. Urbanisierung und andererseits in einer intensiv betriebenen Land- bzw. Forstwirtschaft und damit verursachter Eutrophierung, Grundwasserabsenkung und Melioration zu finden. Neben dem zurzeit stattfindenden Klimawandel (Austrocknung vieler Standorte) dürfte sich insbesondere wohl aber auch der Schadstoffeintrag aus der Luft (saurer Regen, Herbizide, Kohlenwasserstoffe und vor allem Stickstoffeinträge) auf derartige Gewässer und ihre Artenbestände negativ ausgewirkt haben, denn diese Algen – so zeichnet sich immer deutlicher ab – reagieren insbesondere auf chemische Veränderungen im Wasserkörper extrem empfindlich. Eine Tatsache, die Pioniere der Zieralgen-Forschung wie William und vor allem sein Sohn George Stephen West bereits Anfang des 20. Jahrhunderts vermuteten und welche sich durch neuere zytologische und ökophysiologische Untersuchungen an einzelnen Vertretern dieser Algengruppe immer mehr bestätigt (ANDOSCH et al. 2015, LÜTZ-MEINDL 2016). Es ist daher nur zwangsläufig, dass für diese Organismen seit einigen Jahren auch eine Rote Liste existiert, welche seit Kurzem aktualisiert vorliegt (KUSBER & GUTOWSKI 2018) und für Deutschland 527 Taxa mit unterschiedlichen Gefährdungsgraden (1, 2, 3, G und R) ausweist. Hinzuzurechnen sind dabei jedoch auch viele Taxa, deren Datenlage unzureichend ist bzw. die als ungefährdet eingestuft wurden, sodass die aktualisierte Fassung letztlich insgesamt 968 Taxa mit 642 Arten aufweist. Unter Bezugnahme auf die vorherige Rote Liste (GUTOWSKI & MOLLENHAUER 1996) ergab sich – so schreiben die Autoren außerdem – mit 47 Kategorieänderungen sogar ein leicht positiver Trend – auf alle Fälle jedoch keine expliziten Hinweise darauf, dass es in dem Zeitraum zwischen den beiden Veröffentlichungen zu einer Verschlechterung der Situation für die Zieralgen in Deutschland gekommen ist. Dieser Befund dürfte sich jedoch zum Beispiel im Hinblick auf die sich inzwischen verschlechterten Zustände in den ehemals desmidiaceenreichen Berliner Mooren im Grunewald und in den Müggelbergen schon einmal nicht bestätigen lassen. Herauszufinden, inwieweit diese in den Berliner Mooren beobachtete Tendenz sich auch in Brandenburger Standorten eventuell bestätigen lässt, ist ein primäres Ziel dieser Arbeit.

Die Erfassung der *Desmidiaceae* ist in den einzelnen Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland unterschiedlich weit vorangeschritten. Für manche Bundesländer, wie die Stadtstaaten Hamburg und Berlin, reichen die Daten teilweise bis ins vorletzte Jahrhundert zurück, und die Datenlage ist somit recht gut (GEISSLER & KIES 2003, FROMM 2014). Für Sachsen, wo unlängst eine Flächenkartierung durchgeführt wurde, existiert eine Rote Liste und eine Artenliste (PAUL et al. 2017). Die Situation in Baden-Württemberg ist zusammenfassend beschrieben in STUTZ & MATTERN 2018. Für Sachsen-Anhalt existiert ebenfalls eine Rote Liste (TÄUSCHER 2004). Da es – bedingt durch die Lebensweise dieser Organismen – schwierig ist *Desmidiaceae* quantitativ zu erfassen und dieser Aspekt in den historischen Daten vollkommen unberücksichtigt blieb, sind auch Aussagen über die Abnahme beziehungsweise Zunahme von Arten nicht immer eindeutig zu belegen. Als Tendenz kann man jedoch eine Abnahme von Arten in den letzten mehreren Jahrzehnten – nicht nur in Deutschland – postulieren, vor allem vor dem Hintergrund der bereits erwähnten vielfachen physischen Ver-nichtung der natürlichen Lebensräume dieser Algen.

Für das Bundesland Brandenburg existieren kaum aktuelle Daten. Zwar ist unlängst eine Checkliste publiziert worden (TÄUSCHER 2020), deren Datenmaterial sich jedoch hauptsächlich auf eine Arbeit, die in den 1920er-Jahren entstanden ist, stützt und welche vornehmlich die Situation an einem Standort in der Schorfheide, dem Hechtgiebel, detailliert beschreibt (DONAT 1926). Darüber hinaus existieren nur noch zwei weitere historische Arbeiten (WILKAITIS 1925, KRIEGER 1929). Das ist insofern verwunderlich, als dass das Land Brandenburg mit einer Gesamtfläche von 2.947.808 ha rund 3,4 % als Wasserfläche ausgewiesen hat. Nur im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern ist dieser Anteil mit 5,7 % noch größer. Die Anzahl der Seen, Teiche, Moore und Sümpfe dürfte demnach in Brandenburg in die Tausende gehen. Ursache für diese unbefriedigende Datenlage bei der Erfassung von *Desmidiaceae* in Brandenburg ist vor allem in der Tatsache zu finden, dass phykologische (Umwelt-)Forschung in der ehemaligen DDR wenig bis gar nicht betrieben worden ist. Hinzu kommt auch, dass nach der Wiedervereinigung Deutschlands *Desmidiaceae* bei phykologisch-limnologischen Betrachtungen kaum bzw. nur wenig Beachtung fanden. Dies liegt unter anderem daran, dass beim – für die Umsetzung und Einhaltung der Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRL; Richtlinie 2000/60/EG) so wichtigen – Monitoring nur größere Gewässer (> 10 ha Einzugsgebiet) berücksichtigt werden, und diese sind meist arm an *Desmidiaceae*. Die wenigen euplanktischen Arten sind dann darin zusätzlich oft so selten, dass sie – bedingt durch die Auswertung kleiner Stichprobenvolumina – in den Zählkammern einfach nicht zu finden sind beziehungsweise darin übersehen werden (KUSBER & GUTOWSKI 2018). Außerdem werden beim Monitoring von Seen die typischen Habitate für diese Algengruppe – wie die Makrophyten-reichen Uferzonen – nicht erfasst, da lediglich Algenbiozönosen bzw. Abundanzen im Litoral und im Benthos Beachtung finden. Aber noch ein weiteres Faktum bedingte die marginale Stellung dieser Organismengruppe bei der Beschreibung und Beurteilung des Status von limnischen Systemen: *Desmidiaceae*

besiedeln bevorzugt *Sphagnum*moore, da Torfmoose die Eigenschaft besitzen als Kationenaustauscher zu fungieren, dadurch ihre Umgebung ansäuern und so optimale Wachstumsbedingungen für die vornehmlich acidophilen Zieralgen schaffen können. Da aber zur Beurteilung des ökologischen Status derartiger Ökosysteme in der Regel nur diese Moose und Gefäßpflanzen herangezogen werden und eigentlich überhaupt nicht die nur mit einem Mikroskop sichtbaren Zieralgen in kleineren, nährstoffarmen und reich strukturierten Biotopen wie Hoch-, Zwischen- und Niedermooren, sind *Desmidiaceae* bislang weitgehend unbeachtet geblieben. So fanden sie zum Beispiel auch in die – ansonsten so guten – Publikationen von LUTHARDT & ZEITZ (2014) und DIERSSEN & DIERSSEN (2001) keinen Eingang, und selbst vom Nestor der Moorkunde, Michael Succow, wurden sie bislang nicht berücksichtigt (SUCCOW & JOOSTEN 2001). Auch in der seit 2007 im Landesamt für Umwelt in Potsdam existierenden Arbeitsgruppe für Moorschutz wurden *Desmidiaceae* bisher unzureichend berücksichtigt. Dies ist insofern problematisch, da das Land Brandenburg über eine relativ große Moorfläche verfügt: 2010 waren noch 210.000 ha als Moorfläche ausgewiesen. Davon wurden allerdings 75 % als bewirtschaftetes Moorgrünland genutzt, 23,5 % waren mehr oder weniger stark degradierte Moore und nur 1,5 % sind wachsende Moore (LANDGRAF 2010). Außerdem existieren von den ehemals 468 *Sphagnum*mooren immerhin noch 301, wobei sich davon jedoch nur noch 61 in einem naturnahen Zustand befinden. Die anderen sind gestört bzw. erheblich gestört (LANDGRAF 2007). Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang auch, dass allein der Anteil Brandenburgs an Deutschlands Kesselmooren bei 40 % liegt. Daher „trägt Brandenburg besondere Verantwortung für diese einzigartigen Lebensräume“ und kann es sich kaum leisten bei der Einhaltung der Richtlinien für FFH-Gebiete noch einmal mit „zweierlei Maß zu messen“, wie es bei den bislang ebenfalls meist unberücksichtigten Gliederfüßern bereits geschehen ist (BARNDT 2016).

Somit wurde auch die Erfassung der *Desmidiaceae* in Brandenburg immer mehr zu einer dringenden Notwendigkeit. Dies gilt insbesondere dann, wenn es darum geht, die Auswirkungen und den eventuellen Erfolg behördlicher Maßnahmen in Mooren – wie Wiedervernässung bzw. Renaturierung – abzuschätzen, denn dies ist nur durch eine Bilanzierung von Arten vor und nach der Durchführung einer solchen Maßnahme möglich. Eine entscheidende Voraussetzung auch für die Vermeidung eines Defizites der Roten Liste, „deren Datenlage leider keine Aussage über reale Veränderungen durch Naturschutzmaßnahmen zulässt“ (KUSBER & GUTOWSKI 2018).

Das Ziel dieser Arbeit ist daher die Erfassung des Vorkommens der *Desmidiaceae* in mehreren Brandenburger Mooren und – soweit diese vorhanden sind – der Vergleich der Ergebnisse mit historischen Daten. Dadurch sollen – insbesondere auch vor dem Hintergrund des stattfindenden Klimawandels – Basisdaten erhoben werden, die in Zukunft als Entscheidungshilfe bei der Durchführung – hoffentlich dann – erfolgreicher, konservierender Maßnahmen in Mooren bzw. Seen herangezogen werden können. Gleichzeitig wird damit das Spektrum der Organismen erweitert, auf die bei

der Umsetzung und Einhaltung der FFH-Richtlinien zurückgegriffen werden kann. Ergebnisse aus chemisch-physikalischen Messungen weiten diesen Rahmen zusätzlich aus. Damit ergibt sich nicht nur ein Beitrag zur Kenntnis und Diversität der (Algen-) Flora Brandenburgs bzw. Deutschlands, sondern auch der Moore, ihrer existierenden aquatischen Lebensräume mit ihren Bewohnern und somit nicht zuletzt eine Würdigung alles Kreatürlichen und seiner jeweiligen morphologischen Ausprägung. Dass diese Ergebnisse nur die Grundlage eines Zwischenberichtes darstellen können, sei hier eindringlich erwähnt.

2. MATERIAL UND METHODEN

Die Probeentnahmen erfolgten in Jahren 2015, 2017, 2019, 2020, 2021 und 2022 an 39 Standorten in Brandenburg. Da dabei nicht jedes Gewässer in Brandenburg beprobt werden konnte, wurde das Augenmerk von vornherein auf Moore bzw. oligomesotrophe Gewässer bzw. Standorte gelenkt. Vor allem saure Biotope mit reichlich *Sphagnum* (Sphagneten) wurden gezielt aufgesucht, denn nur in solchen sind die Chancen ausreichend groß eine hohe Artendiversität vorzufinden und auch seltenere Funde zu machen. Dabei wurde auch auf die drei Veröffentlichungen aus den 20er-Jahren des letzten Jahrhunderts zurückgegriffen, in denen die jeweiligen Autoren den Namen und die Lage einiger dieser Standorte erwähnen beziehungsweise beschreiben, sowie auf WEINITSCHKE (1972) und LANDGRAF & THORMANN (2007). Nicht nur hierbei hat sich insbesondere die Verwendung eines Navigationsgerätes als sehr hilfreich erwiesen (Falk IBEX 30).

Viele der Biotope wurden im Untersuchungszeitraum mehrfach besucht (siehe Tab. 1 u. 2). Dies geschah nicht nur, um möglichst viele Arten zu erfassen, denn bestimmte Zieralgenarten treten temporär bzw. periodisch auf, sondern auch, um evtl. auch Aussagen machen zu können, wie persistent manche Zieralgenarten an bestimmten Standorten sind und welcher Dynamik die Algenzönosen in dem achtjährigen Zeitraum unterworfen waren.

Die Probeentnahmen erfolgten in den Monaten April bis November. Detaillierte Angaben zu Hydrologie, Geologie, Geomorphologie, Vegetationskunde, Arteninventar und Historie einzelner Standorte finden sich bei LUTHARDT & ZEITZ (2014), bei STRÜDER-KYPKE (1999) und STRÜDER-KYPKE & SCHÖNBORN (1999), bei DONAT (1926), bei KRIEGER (1929), WILKAITIS (1925), HUECK (1929, 1937), bei BARNDT (2012, 2014, 2016, 2019) sowie vor allem in den Managementplänen für Natura 2000-Gebiete des Landes Brandenburg, die vom LFU (2023) erstellt, aktualisiert und publiziert werden.

Das Algenmaterial selbst wurde auf zweierlei Wegen gewonnen: 1. Durch Auspressen von Wasser aus *Sphagnum* und 2. durch Planktonfänge mit einem Planktonnetz (Maschenweite 55 µm). Bei der Entnahme von Algen aus *Sphagnum* wurde vor allem auf im Wasser flottierendes *Sphagnum* aus dem Uferbereich zurückgegriffen, denn

erfahrungsgemäß konzentrieren sich hier die Algen. Häufig wurden an einem Standort mehrere Proben entnommen, da *Desmidiaceae* in ihrem natürlichen Lebensraum oft heterogen verteilt sind (bis zu 15 randomisierte Proben auf einer Uferlänge von 10–50 m). Auf die Gewinnung von Algenmaterial aus Epiphyton auf Makrophyten musste weitestgehend verzichtet werden, da in den untersuchten Gewässern kaum relevante Makrophyten – wie z. B. *Utricularia* oder *Myriophyllum* – vorkamen.

Die Bearbeitung unfixierter Proben erfolgte meist am nächsten Tag. Um möglichst große Volumina der Lebendproben bearbeiten zu können, wurden davon jeweils 3–5 ml inklusive Bodensatz abgenommen, in eine Petrischale überführt, mit Osmosewasser verdünnt und gegebenenfalls noch einmal wenige Minuten gewartet, bis die Probe sedimentiert war. Anschließend wurde diese dann mit einem Stereomikroskop bei 40–80-facher Vergrößerung und Dunkelfeldbeleuchtung bzw. mit einem inversen Mikroskop durchmustert. Auffällige Formen wurden heraus-pipettiert, lichtmikroskopisch im Differential-Interferenzkontrast bestimmt und vermessen. Die Fänge wurden nur qualitativ ausgewertet und dabei massenhaft auftretende bzw. oder sehr seltene Arten gesondert berücksichtigt. Zusätzlich wurden von den Proben Kulturen angelegt. Hierzu wurde in einer Petrischale 1–2 ml der Probe mit 20 ml Nährmedium versetzt und diese einige Tage bis Wochen an einem Nordfenster exponiert. Die Bearbeitung dieser Proben erfolgte anschließend dann mit einem inversen Mikroskop. Dieses Verfahren hat sich insbesondere für die Detektion sehr kleiner, seltener Arten bewährt, die eventuell anfänglich übersehen wurden.

Die Funde wurden weitestgehend fotografisch dokumentiert (Olympus OM-5D Mark II). Dabei wurden aber im Wesentlichen nur Arten fotografiert, die in FROMM (2014) noch nicht Erwähnung fanden bzw. die sich von denen in jener Publikation abgebildeten Formen morphologisch unterschieden. Zur Bestimmung der Arten wurden – neben den Floren von FÖRSTER (1982) und RŮŽIČKA (1977, 1981) – hauptsächlich die Floren von COESEL & MEESTERS (2007, 2013) herangezogen. Verwendung fand außerdem die Publikation von STUTZ & MATTERN (2018). Bei der Berücksichtigung und Bewertung der historischen Funde wurde zusätzlich auch auf das Werk von WEST & WEST (1904–1912) und WEST et al. (1923) zurückgegriffen. Die Bearbeitungszeit einer Probe lag dabei inkl. Fotografie – je nach Artendiversität – zwischen 2 und 5 Stunden. Die Auswertung der Fänge erfolgte zudem auch computer-gestützt mit dem Programm Desmid Value 1.0 (COESEL & MEESTERS 2007).

Die Wasseranalysen wurden mit einem Hach-Lange DR 2800 Spektralphotometer bzw. einem Hach-Lange HQ40d Multifunktionsparameter-Messgerät durchgeführt. Verwendet wurden dabei die entsprechenden Küvettentests von Hach-Lange. Die Chlorophyllbestimmungen erfolgten photometrisch nach VON TÜMLING & FRIEDRICH (1999).

Tab. 1 Liste der in den Jahren 2015–2022 beprobten Moorstandorte aufgeschlüsselt nach Lage, Position, Standortcharakteristika und Häufigkeit der Beprobungen.

Name	Schutzgebiet (NSG, FFH)	Geografische Breite, Länge (WGS 84)	<i>Sphagnum</i>	Anzahl Beprobunge	Funde	Standort Abbildunge
Bärluch	Bärluch (NSG)	52°9'45.20"N, 13°8'42.26"E	ohne	1		
Barssee	Fauler See-Barssee (NSG), Fauler See (FFH)	52°8'1.32"N, 13°23'59.86"E	ja	1	x	101
Birkbruch	Melzower Forst (NSG, FFH)	53°10'50.52"N, 13°55'24.52"E	ja	3	x	98
Buhrsee	Heideseen bei Groß Köris (FFH)	52°11'10.79"N, 13°38'3.93"E	ja	1	x	
Butzener Bagen	Lieberoser Endmoräne (NSG), Lieberoser Endmoräne und Staakower Läuche (FFH)	51°57'8.44"N, 14°11'15.87"E	reichlich	2	x	105
Fettseemoor	Finowtal (NSG), Finowtal-Ragöser Fließ (FFH)	52°52'13.66"N, 13°51'42.58"E		1		
Großer Barschsee	Stechlin (NSG, FFH)	53°6'46.62"N, 12°59'59.41"E	ausgedehnt, Schwingkante	6	x	92
Großer Bussensee	Rheinsberger Rhin u. Hellberge (NSG, FFH)	53°4'22.47"N, 12°53'53.73"E	ja	3	x	97
Hechtgiebel	Poratzer Moränenlandschaft	53°2'45.52"N, 13°48'49.28"E	Schwingkante	7	x	94
Heilsee	Naturentwicklungsgebiet Redernswalde (NSG), Grumsiner Forst/Redernswalde (FFH)	53°03'07.04"N, 13°50'22.46"E	Reste	1		
Himmelreichssee	Himmelreich (NSG, FFH)	53°10'27.78"N, 12° 50'28.27"E	ausgedehnt	3	x	90
Kellsee	Wumm u. Twernsee (FFH)	53°10'57.55"N, 12°49'8.61"E	Schwingkante	3	x	91
Kleiner Barschsee	Stechlin (NSG, FFH)	53°7'0.97"N, 13°0'3.57"E	ausgedehnt, Schwingkante	5	x	93
Kleiner Bussensee	Rheinsberger Rhin u. Hellberge (NSG, FFH)	53°4'6.53"N, 12°53'52.58"E	ja	2	x	96
Kleiner Millasee	Millaseen (NSG, FFH)	52°9'10.77"N, 13°57'26.28"E	ja	1	x	
Kobbelke I	Klautzkesee mit Waldmooren und Kobbelke (NSG, FFH)	52°5'50.52"N, 14°32'40.43"E	Schwingkante	4	x	99
Kobbelke II	Klautzkesee mit Waldmooren und Kobbelke (NSG, FFH)	52°5'58.24"N, 14°31'49.27"E	ja	1		
Kobbelke III	Klautzkesee mit Waldmooren und Kobbelke (NSG, FFH)	52°5'53.78"N, 14°31'41.17"E		1		103

Name	Schutzgebiet (NSG, FFH)	Geografische Breite, Länge (WGS 84)	<i>Sphagnum</i>	Anzahl Beprobunge	Funde	Standort Abbildunge
Krummes Luch	Bärluch (NSG)	52°9'20.01"N, 13°9'3.07"E	wenig	1	x	
Leue	Leue (NSG), Leue-Wilder See (FFH)	52°11'24.14"N, 13°37'2.58"E	ja, kleine Vorkommen	1	x	
Mahningsee	Mahningsee-Dahmetal (NSG, FFH)	52°6'7.42"N, 13°43'54.91"E		1	x	
Molkenkammersee	Kastavenseen-Molkenkammersee (NSG, FFH)	53°12'49.94"N, 13°12'11.29"E	ja	2	x	100
Moor am Lübbesee		53°7'5.11"N, 13°31'56.88"E	ja	1		
Moor am Pätzer Hintersee		52°11'47.51"N, 13°37'42.38"E	ohne	1		
Moor am Ziskensee	Schlaubetal (NSG, FFH)	52°6'28.19"N, 14°28'13.93"E	ausgedehnt	1		
Moosbruch	Meizower Forst (NSG, FFH)	53°9'27.20"N, 13°53'31.02"E	ohne	1		107
Moosfenn	Moosfenn (NSG, FFH)	52°21'14.44"N, 13°3'36.67"E	trocken	1	x	
Moossee ("Morstsee")	Grumsiner Forst/Redernswalde (NSG, FFH)	52°59'2.70"N, 13°54'32.26"E		1		
Paddenpfuhl	Radeberge (NSG, FFH)	52°11'36.98"N, 13°40'2.78"E		1		
Pfingstposse	Grumsiner Forst/Redernswalde (NSG, FFH)	52°59'29.74"N, 13°55'26.22"E		1		
Plötzendiebel	Poratzer Moränenlandschaft (NSG, FFH)	53°2'15.62"N, 13°48'27.10"E	Schwingkante	7	x	95
Raues Luch	Raues Luch (NSG, FFH)	52°8'58.13"N, 13°10'24.31"E	trocken	1		
Schulzensee	Schulzensee (NSG, FFH)	52°9'14.24"N, 13°18'50.98"E	ausgedehnt	1	x	102
Taufelsee I	Stechlin (NSG, FFH)	53°10'16.87"N, 13°2'43.92"E	Schwingkante	2	x	
Taufelsee II		52°20'54.65"N, 13°4'13.40"E		1		
Taufelsee III	Taufelsee bei Sprenberg (NSG), Taufelsee (FFH)	52°8'27.51"N, 13°19'47.25"E	ja, kleine Vorkommen	1		106
Tiefer Grund		52°03'32.39"N, 14°31'00.43"E		1		
Trockenes Luch	Lieberoser Endmoräne (NSG), Lieberoser Endmoräne und Staakower Läuche (FFH)	51°54'31.72"N, 14°14'29.34"E		3	x	104
Wilder See	Leue-Wilder See (FFH)	52°11'14.05"N, 13°37'9.73"E	ja, kleine Vorkommen	1	x	

3. ERGEBNISSE

Insgesamt wurden während des achtjährigen Untersuchungszeitraumes mindestens 102 Taxa (Arten und Varietäten) gefunden, die auf 23 Standorte verteilt waren. Die Gattung *Closterium* ist mit 24 Arten vertreten. Darauf folgen die Gattungen *Cosmarium* mit mindestens 17 Arten und die Gattung *Staurastrum* mit 11 Arten (eine winzige – acht µm große – Art aus dem *Sphagnum* des Hechtgiebels ist vermutlich noch der Gattung *Cosmarium* zugehörig; Klarheit kann hier aber erst die genomische Untersuchung ergeben, die noch aussteht). Bei der Gattung *Netrium* Itzigs et Rothe hat sich in der Vergangenheit gezeigt, dass mindestens die Art *Netrium digitus* (Ralfs) Itzigsohn et Rothe und vielleicht auch *Netrium oblongum* (de Bary) Lütkemüller in zwei Artenkomplexen aufgehen (Melkonian mündl. Mitt.). Auch der Erstautor dieser Arbeit fand an manchen Standorten unterschiedlich große und verschieden gestaltete Zellen der jeweiligen Art vor, sodass davon auszugehen ist, dass auch in Brandenburg die Artenzahl der Gattung *Netrium* über zwei liegt. In dieser Arbeit werden neben der Nominatvarietät von *Netrium digitus* (Abb. 65 in Tab. 5) *Netrium digitus* cf. var. *latum* (Abb. 66 in Tab. 5) und neben *Netrium oblongum* var. *cylindricum* West et G. S. West (Abb. 73 in Tab. 5) *Netrium* cf. *oblongum* (Abb. 74 in Tab. 5) als morphologisch abweichend mit unklarer Klassifikation geführt. Unter den 102 in Brandenburg gefundenen Taxa befinden sich auch 14 Erstfunde plus zweier zusätzlicher Varietäten. Der artenreichste Standort ist der Große Bussensee mit 41 gefundenen Arten, gefolgt vom Plötzendiebel (= Diebelsee) mit 40 Arten. Insgesamt betrachtet ist der nördliche Teil Brandenburgs – namentlich die Fundorte im Ruppiner Land und in der Schorfheide – artenreicher als der südliche Teil Brandenburgs. Zahlreiche Standorte, die von Donat in den Zwanzigerjahren besucht wurden (DONAT 1926) und in denen er damals fündig wurde, sind inzwischen erloschen, wie z. B. der Faule See bei Fürstenwalde und die Moore im Teupitzer und Kunersdorfer Forst.

Die als Grundlage für die weiteren Betrachtungen von Täuscher (TÄUSCHER 2020) veröffentlichte Checkliste mit 301 Taxa (257 Arten) wurde vom Verfasser einer Revision unterzogen. Dabei zeigte sich, dass wahrscheinlich mindestens 5 Taxa nicht sicher begründbar sind: Bei der Art *Closterium lanceolatum* Ralfs handelt es sich möglicherweise doch um *Closterium acerosum* var. *minus* Hantzsch (vergleiche FOMM (2015) Foto Nr. 6 und WEST & WEST (1904–1912) Vol. I, Pl. XVII Fig. 9–11 bzw. Pl. XVIII Fig. 1–6). Dafür spricht auch die Tatsache, dass DONAT (1926) dieses Taxon häufig mit *Closterium ehrenbergii* Ralfs – also einer eutraphenten Art – zusammen vergesellschaftet vorgefunden hat.

Euastrum turneri West 1892 ist möglicherweise *Euastrum denticulatum* F. Gay. Jedenfalls fand dieses Taxon keinen Eingang in die Flora von COESEL & MEESTERS (2007).

Pleurotaenium maximum (Reinsch) P. Lundell ist wohl eine große Wachstumsform von *Pleurotaenium trabecula* Nägeli. Auch diese Art findet in COESEL & MEESTERS (2007) keine Erwähnung.

Tab. 2 Wasserchemie einiger ausgewählter Fundortgewässer. Werte in Klammern: gemessener Wert im *Sphagnum*; u. N. = unter der Nachweisgrenze

Parameter/Datum	Großer Barsee		Kleiner Barsee		Hechtgübel	Plötzengübel	Himmelreichsee	Kellsee	Kobbeike I.	Barsee	Teufelsee I	Schulzensee
	20.04.2019	06.05.2020	18,3	–	14,1	16,8	25,9	19.06.2020	24.04.2020	24.04.2020	06.05.2020	29.05.2020
Wassertemperatur [°C]	18,9	18,3	–	–	14,1	16,8	25,9	25,8	18,6	20,8	19,1	19,2
Trübung	–	–	–	–	ja	ja	–	–	ja	ja	–	–
Farbe	braun	farblos	farblos	leicht grünl.	farblos	farblos	leicht bräunl.	–	leicht grünl.	–	leicht grünl.	–
pH	7,18 (6,15)	6,93 (5,99)	7,28 (6,74)	6,64 (6,54)	7,19 (6,65)	7,32 (6,75)	7,52 (6,18)	6,6	6,86 (5,53)	6,6	6,86 (5,53)	6,46
Konduktivität [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	32,0 (40,8)	26,5 (39,4)	28,5 (42,2)	29,2 (37,1)	62,3	47,2	22,2 (46,3)	143,3	20,72 (50,2)	143,3	8,3	7,23
Sauerstoffkonzentration [mg/l]	7,4	8,9	8,89	8,76	8,28	8,43	9,5	9,28	8,3	9,28	8,3	7,23
Sauerstoffsättigung [%]	80	89	90	88,8	104,3	103,9	100,9	102,8	90,2	102,8	90,2	78,6
Chlorid [mg/l]	5,91	3,95	6	6,03	2,49	2,37	3,13	2,44	3,78	2,44	3,78	3,05
Sulfat [mg/l]	4	u. N.	4	5	3	1	u. N.	4	2	4	2	1
Gesamteisen [mg/l]	0,757	0,112	0,025	0,015	0,141	0,039	0,151	0,111	0,078	0,111	0,078	0,144
ortho-Phosphat [mg/l]	0,024	0,036	0,052	0,215	0,04	0,018	0,027	0,038	0,025	0,038	0,025	0,023
Gesamt-Phosphat [mg/l]	0,044	0,075	0,132	0,3	0,075	0,041	0,106	0,064	0,088	0,064	0,088	0,067
Nitrat-N [mg/l]	0,98	0,35	0,216	0,237	0,515	0,33	0,35	0,211	0,26	0,211	0,26	0,239
Nitrit-N [mg/l]	0,002	0,006	0,013	0,01	0,008	0,007	0,01	0,017	0,017	0,017	0,017	0,015
Ammonium-N [mg/l]	0,19	0,08	0,024	0,02	0,028	0,385	0,04	0,774	0,04	0,774	0,04	0,064
Gesamt-Stickstoff	2,48	2,34	2,8	2,69	1,91	1,85	1,32	2,88	1,78	2,88	1,78	1,89
Härte [°dH]	3,75	1,27	7,42	1,32	1,89	1,08	0,275	3,75	1,1	3,75	1,1	4,65
Magnesium [mg/l]	12,7	1,03	30	< 3	u. N.	u. N.	< 3	u. N.	1,14	u. N.	1,14	u. N.
Calcium [mg/l]	5,87	7,34	6,41	6,67	13,5	7,71	1,96	26,8	7,83	26,8	7,83	33,1
Chemischer Sauerstoffbedarf [mg/l]	83,4	54,5	101	60,9	63	34	72,4	96,1	84,2	96,1	84,2	46,4
Biologischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen [mg/l]	0,95	0,37	0,45	0,55	2,52	2,97	1,46	1,99	0,39	1,99	0,39	4,41
Chlorophyll [$\mu\text{g}/\text{l}$]	38,84	14,2	34,6	21,8	5,34	4,42	35,8	23,03	31,4	23,03	31,4	6,52
TOC [mg/l]	36,9	20	42	19,7	23,2	11,2	37,4	38,9	48,4	38,9	48,4	23

Die Art *Cosmarium retusum* Rabenhorst taucht in keiner der verwendeten Floren auf – auch nicht bei WEST & WEST (1904–1912).

Die neu beschriebene Art *Planotaenium closterioides* G. J. P. Ramos et C. W. N. Moura, die synonym mit *Closterium libellula* (= *closterioides*) var. *interruptum* (West) Donat ist, stellt sich bei näherer Betrachtung als *Closterium closterioides* var. *intermedium* (J. Roy et Bisset) Ružička dar.

Außerdem ist zu erwähnen, dass *Closterium tumidum* L. N. Johnson wahrscheinlich *Closterium strigosum* Bréb. ist. Anzumerken ist hier jedoch, dass einige der erwähnten Taxa vielleicht wirklich in den 20er-Jahren des letzten Jahrhunderts noch existierten, aber bereits kurz nach ihrer Beschreibung beziehungsweise Entdeckung in den Mooren Brandenburgs ausgestorben oder verschollen waren. Hinzufügen ist außerdem die Tatsache, dass in der Checkliste von Täuscher 4 Arten nicht berücksichtigt wurden, die Krieger in den Zwanzigerjahren im Plötzendiebel fand (KRIEGER 1929), wobei jedoch die Art *Cosmarium bireme* in keiner der verwendeten Floren Erwähnung fand und demnach ignoriert wurde, dagegen aber die Arten *Cosmarium laeve* Rabenhorst, *Cosmarium tetraophthalmum* Ralfs und *Cosmarium abbreviatum* Raciborski. Das Gleiche trifft auch auf die Daten von PÁDISAK et al. (2010) zu, die bei TÄUSCHER (2020) ebenfalls fehlen.

4. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Ein Vergleich der in dieser Fallstudie gefundenen 102 Taxa mit den mindestens 296 Taxa (252 Arten) in der Checkliste von TÄUSCHER (2020) bzw. den 223 Arten (265 Taxa inkl. Varietäten) die DONAT (1926), KRIEGER (1929) und WILKAITIS (1925) in den Zwanzigerjahren des letzten Jahrhunderts beobachteten, zeigt in auffälliger Weise, wie dramatisch die Verluste und der Artenschwund bei den *Desmidiaceae* in Brandenburg sind. Auch bei den *Desmidiales* zeigt sich das bereits schon wie bei anderen Organismengruppen weltweit beobachtete Artensterben in geradezu erschreckender Weise, denn die Wiederfundrate beträgt gerade einmal etwa 37 %. Dabei sind alle Gattungen der *Desmidiales* anscheinend in ähnlicher Art und Weise betroffen, jedoch zeigt sich der Artenverlust bei den Gattungen *Staurastrum*, *Cosmarium* und *Euastrum* besonders drastisch, wie der elektronische Anhang E2 ausweist.

Insbesondere beim ehemals artenreichen Hechtgiebel lässt sich dieses Geschehen in geradezu „idealtypischer“ Art und Weise exemplifizieren: Der Hechtgiebel im Görldorfer Forst bei Glambeck war in den Zwanzigerjahren des letzten Jahrhunderts ein für Europa wohl einmaliger Standort, was das Vorkommen und die Biodiversität von Zieralgen anbetraf. DONAT (1926) fand damals bei seinen Besuchen dieses Standortes 123 Arten und beschreibt das Gebiet in seiner Arbeit detailliert. Das Gebiet muss demnach in den 1920er-Jahren viel differenzierter strukturiert gewesen sein, als es heute der Fall ist. Neben rein aciden und nährstoffarmen Bereichen bzw. Biotopen (Sphagnetten) gab es auch mesotrophe (Moorsee) bis eutrophe (*Phragmites*) Biotope.

Tab. 3 Veränderungen in der Anzahl ausgewerteter Taxa der Desmidiaceae im Hechtgiebel bzw. im Land Brandenburg differenziert nach ihrer pH-Präferenz nach COESEL & MEESTERS (2007).

	Anzahl Arten				Veränderungen zwischen den historisch und aktuell nachgewiesenen Arten (Nettobilanz)			
	Brandenburg		Hechtgiebel		Brandenburg		Hechtgiebel	
	historisch	aktuell	historisch	aktuell	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
acidophil	155	84	88	36	-71	-45	-52	-59
acidophil-neutrophil	41	6	17	0	-35	-85	-17	-100
acidophil-alkaliphil	16	6	12	2	-10	-62	-10	-83
neutrophil-alkaliphil	10	2	0	1	-8	-80	1	100
alkaliphil	1	0	1	0	-1	-100	-1	-100
Summen	223	98	118	39	-125	-372	-79	-242

Tab. 4 Veränderungen in der Anzahl ausgewerteter Taxa der Desmidiaceae im Hechtgiebel bzw. im Land Brandenburg differenziert nach der trophischer Präferenz nach COESEL & MEESTERS (2007).

	Anzahl Arten				Veränderungen zwischen den historisch und aktuell nachgewiesenen Arten (Nettobilanz)			
	Brandenburg		Hechtgiebel		Brandenburg		Hechtgiebel	
	historisch	aktuell	historisch	aktuell	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
oligotraphent	55	30	29	19	-15	-27	-10	-34
oligo-mesotraphent	51	33	41	12	-18	-35	-29	-70
mesotraphent	83	32	38	7	-51	-61	-31	-82
oligo-eutraphent	2	1	3	1	-1	-50	-2	-67
meso-eutraphent	17	2	6	0	-15	-88	-6	-100
eutraphent	5	0	1	0	-5	-100	-1	-100
Summen	223	98	118	39	-105	-361	-79	-453

Diese Bedingungen ermöglichten auch die Besiedlung des Moorsees mit eintreichen Beständen an Makrophyten (*Myriophyllum*, *Utricularia*), die heute – mit Ausnahme von wenigen *Nymphaea*-Vorkommen – vollkommen fehlen. Unter anderem diese Umstände gewährleisteten wohl die große Biodiversität an diesem Standort, was sich sehr eindrucksvoll auch in den spezifischen Ansprüchen an Trophie und pH-Wert der dort ehemals und aktuell gefundenen Arten widerspiegelt.

Diese meso-eutrophen Bereiche, welche teilweise auch außerhalb des zentralen, sauren Moorsees lagen, sind heute vollkommen verschwunden. Daher ist aktuell insbesondere eine Dominanz der rein oligotraphenten bzw. acidophilen Arten zu registrieren, die ausschließlich im flottierenden *Sphagnum* gefunden wurden, denn anderswo wurden nur noch wenige bis gar keine Zieralgen mehr detektiert. Gleichzeitig wurden starke Verluste von oligo-mesotraphenten bzw. mesotraphenten Arten beobachtet (siehe Tab. 3 und 4). Diese Verschiebung wird zusätzlich auch durch die Ergebnisse aus den chemisch-physikalischen Wasseruntersuchungen belegt (siehe Tab. 2): In der Arbeit von DONAT (1926) wird für den Hechtgiebel ein pH-Wert von 5,7 angegeben. Der vom Verfasser gemessene Wert liegt nunmehr um den Neutralpunkt, was auf die Etablierung von ungünstigeren Lebensbedingungen für *Desmidiaceae* hinweist. Leider lassen sich die Phosphatwerte von DONAT (1926) nicht mehr rekonstruieren bzw. verifizieren, denn Donat gibt für den Hechtgiebel Werte von 8 mg P_2O_5 /l an, was nicht stimmen kann, selbst wenn man das Phosphorpentoxid in Phosphat umrechnet (1 g P_2O_5 entspricht dabei 0,7473 g PO_4^{3-}). Rund fünf Gramm Phosphat in einem Gewässer erscheinen demnach eindeutig zu viel (zum Vergleich: Massenvermehrungen von Cyanobakteria treten schon bei Gesamtposphatwerten von etwa 0,3–0,5 mg/l auf). Der aktuelle – vom Verfasser gemessene – Wert liegt bei 0,3 mg/l Gesamtposphat und weist dieses Gewässer als phosphatreichsten aller untersuchten Standorte aus, denn die Werte der anderen vermessenen Standorte liegen im Bereich von maximal 0,1 mg/l Gesamtposphat. Der Hechtgiebel enthält außerdem Fische, die künstlich eingesetzt wurden und zum Angeln auch angefüttert wurden, was zu einer zusätzlichen Düngung des Gewässers führte. Je nach Fischart haben bzw. hatten diese dann auch moderate bis katastrophale Auswirkungen auf Makrophyten. Wie aber die Verschlechterung der Lebensbedingungen für die dort ehemals reichlichen Vorkommen von *Desmidiaceae* im Genauen zu erklären ist, bleibt letztlich im Dunklen. Hinzu kommt, dass auch ein Schadstoffeintrag aus der Luft nicht auszuschließen ist, jedoch – wenn man einen solchen in Erwägung zieht – kann man nicht gleichzeitig schlüssig erklären, wie im nur wenige hundert Meter Luftlinie entfernten Plötzendiebel eine Zunahme von Zieralgenarten seit den Zwanzigerjahren zu beobachten ist. KRIEGER (1929) fand damals nämlich nur 19 Arten mit vornehmlich oligo-meso- bzw. mesotraphenten Ansprüchen und auch DONAT (1926) kennzeichnete das Gewässer als „artenarm“. Der Erstautor dieser Arbeit fand jedoch bei seinen Beprobungen insgesamt nun 40 Arten mit einer Gewichtung auf die rein oligotraphenten bzw. acidophilen Arten, wodurch dieser Standort mit zu den artenreichsten und wertvollsten Standorten

in Brandenburg avancierte. Zwar liegt der pH-Wert im Plötzendiebel ebenfalls um den Neutralpunkt, jedoch ist der Phosphorgehalt mit 0,1 mg/Gesamtposphat deutlich niedriger als im benachbarten Hechtgiebel. Zu erwähnen ist hier allerdings, dass die im Pelagial gemessenen hohen pH-Werte der beiden Gewässer nicht zwingend aussagekräftig sind, denn entscheidend ist ja die Acidität im flottierenden *Sphagnum*, da sich vornehmlich dort Zieralgen ansiedeln und auch finden lassen. Dort liegt der pH-Wert auch deutlich niedriger (zwischen pH 5,5 und höchstens pH 6,5). Zumindest jedoch für ein Vorkommen von Zieralgen im Plankton sind die gemessenen pH-Werte ungünstig. *Desmidiaceae* wurden vom Verfasser daher auch in beiden Gewässern niemals im Plankton nachgewiesen, während DONAT (1926) das noch gelang, wie er an entsprechender Stelle vermerkte.

Interessant ist auch eine Betrachtung der gefundenen Arten hinsichtlich ihres Gefährdungsgrades entsprechend der Roten Liste von KUSBER & GUTOWSKI (2018) in beiden Gewässern: Auch hier zeigt sich beim Hechtgiebel, dass überproportional mehr Arten mit einem hohen Gefährdungsgrad in der Vergangenheit verschwanden, während im Plötzendiebel der Anteil dieser Arten in der Vergangenheit eher zunahm. Anscheinend reagieren die ohnehin schon stärker gefährdeten Arten einfach empfindlicher auf eine Verschlechterung ihrer Lebensbedingungen (und können wohl dann auch nur minimale Veränderungen in ihrer Umwelt tolerieren) als die weniger gefährdeten Arten (siehe Abb. 1).

Hinsichtlich der anderen Gewässer lassen sich keine derartigen Aussagen treffen, da diese von niemandem in der Vergangenheit beprobt worden sind, bzw. kein publiziertes Datenmaterial aus dieser Zeit zur Verfügung steht; dass diese Standorte in der Vergangenheit wohl ebenfalls artenreicher waren, ist mindestens wahrscheinlich.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass bestimmte Arten der *Desmidiales* auch Wasserblüten verursachen können, wenn die Bedingungen günstig sind [Massenvermehrung im Kleinen Gletzenssee 2019 (Caspar mündl. Mitt., Abb. 88 u. 89)]. Ähnliches gibt es auch vom Großen Barschsee im Menzer Forst zu berichten, wo während des Untersuchungszeitraumes eine Massenvermehrung von *Xanthidium armatum* und *Xanthidium antilopeum* im Litoral des Gewässers zu beobachten war. Außerdem sei hier zusätzlich die Beobachtung erwähnt, dass *Teilingia granulata* (J. Roy et Bisset) Bourr. augenscheinlich sowohl als einzelne Zelle (coccal) als auch als Zelfaden (trichal) vorkommen kann. Anscheinend wird das jeweilige Vorkommen der unterschiedlichen Habitustypen dieser Art über das umgebende Milieu gesteuert: Im Teufelssee I gefundene Einzelzellen wuchsen zu Filamenten, nachdem sie in ein entsprechendes Kulturmedium in Petrischalen überführt wurden.

Entsprechend der Tatsache, dass es sich in dieser Fallstudie bei den untersuchten Standorten in der Regel um Moorgewässer bzw. Moore handelt, wird zwangsläufig auch das Inventar an Zieralgenarten vornehmlich aus Arten gebildet, die etwa zu gleichen Teilen oligo-, oligo-mesotraphente bzw. mesotraphente Ansprüche stellen und als

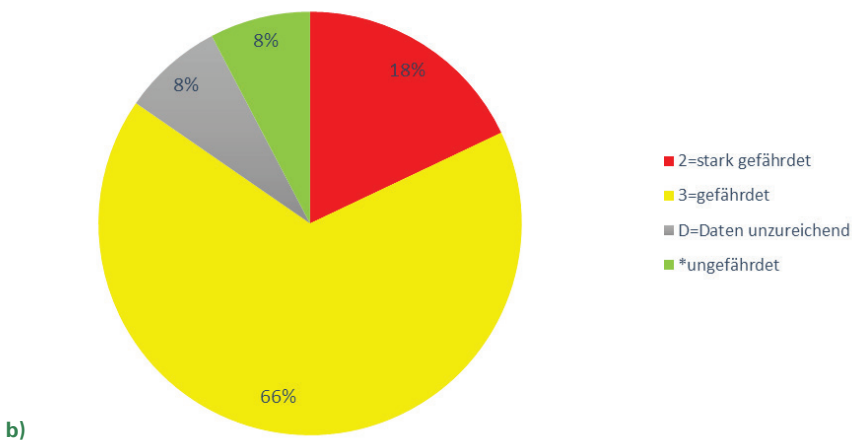
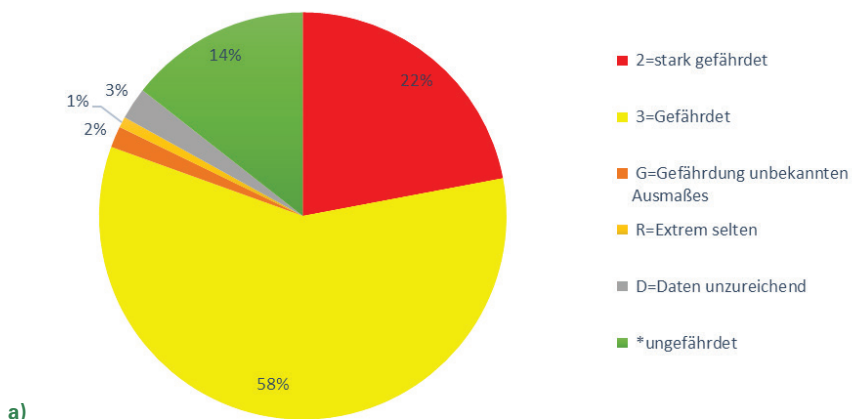


Abb. 1 Einstufung der **a)** historisch (DONAT 1926, n = 118) und **b)** aktuell (diese Arbeit, n = 39) im Hechtgiebel nachgewiesenen Taxa der Desmidiaceae nach ihrem Gefährdungsgrad nach KUSBER & GUTOWSKI (2018).

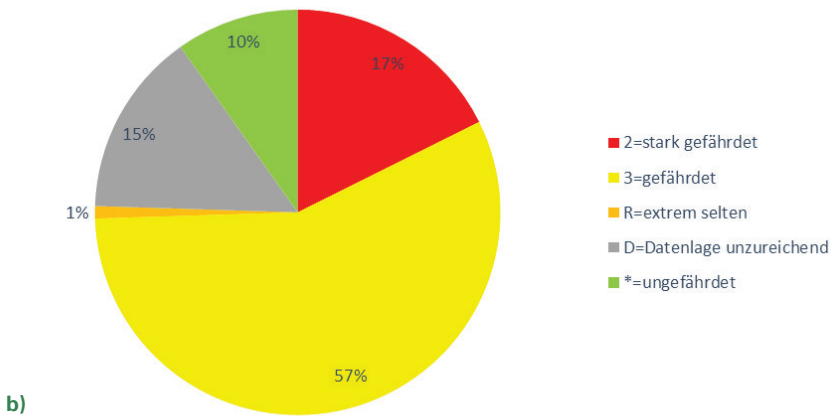
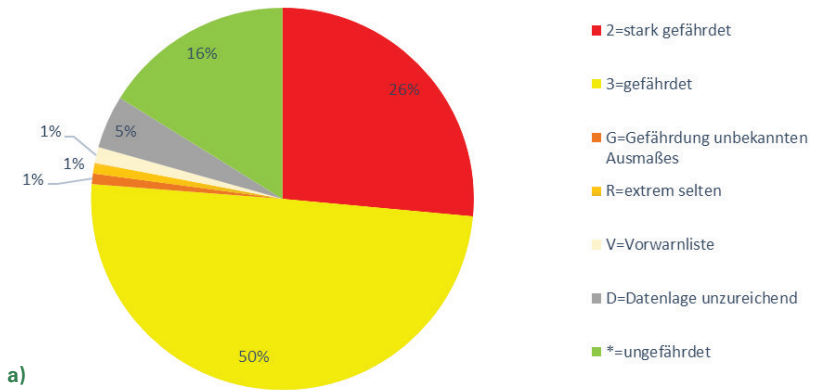


Abb. 2 Einstufung der **a)** historisch (n = 223) und **b)** aktuell (diese Arbeit, n = 102) in Brandenburg nachgewiesenen Taxa der Desmidiaceae nach ihrem Gefährdungsgrad nach KUSBER & GUTOWSKI (2018).

acidophil eingestuft werden müssen. Genau hierin besteht aber auch ein wesentliches Manko dieser Arbeit, dass nämlich der größte Teil der vielen kleinen und großen Stillgewässer Brandenburgs bei der Beprobung unberücksichtigt bleiben musste und somit darin beheimatete euplanktische meso-eutraphente bzw. eutraphente Arten überhaupt keinen Eingang in diese Studie fanden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Probeentnahmen an diesen Standorten entweder gar nicht erst möglich waren, weil die Ufer der Gewässer nicht begangen werden konnten, oder die Anzahl der Gewässer und der damit verbundene Arbeitsaufwand einfach zu groß gewesen wäre. Es war eben schlicht und einfach nicht möglich jedes Brandenburger Gewässer „unter die Lupe zu nehmen“. Lediglich die Daten von PÁDISAK et. al. (2010) aus dem Stechlinsee können an dieser Stelle Berücksichtigung finden. Brandenburg verfügt über eine Vielzahl von Mooren mit kleineren sauren und kalkarmen Gewässern. Die Besuche bzw. Beprobungen vieler dieser Standorte gestalteten sich jedoch häufig als schwierig und gefährlich (Fettseemoor bei Eberswalde, Moore im Grumsin), sodass diese Studie hier auch einen natürlichen Abbruch erfahren musste.

Ein weiterer Schwachpunkt dieser Arbeit liegt möglicherweise auch in der Terminierung der Beprobungen, denn es tauchten während des weiteren Fortschritts der Studie Hinweise darauf auf, dass die Biodiversität in den Standorten vor allem in den Monaten Oktober und November doch höher ist als in den Sommermonaten bzw. im Frühjahr. Trotzdem lässt ein abschließender Vergleich der einzelnen Gefährdungsgrade der Arten (nach KUSBER & GUTOWSKI 2018) zwischen den historischen und aktuellen Funden das Ergebnis formulieren, dass der Anteil der stark gefährdeten Arten in den aktuellen Daten deutlich geringer geworden ist, diese Arten also noch seltener geworden sind (siehe Abb. 2): Das Verhältnis von Arten mit Gefährdungsgrad 2/Gefährdungsgrad 3 liegt bei den historischen Daten bei 0,55 (d. h. auf eine stark gefährdete Art kommen höchstens zwei gefährdete Arten), während bei den aktuellen Daten dieser Wert bei 0,29 liegt (d. h. auf eine stark gefährdete Art kommen mindestens drei gefährdete Arten). Dieses Ergebnis wurde in ähnlicher Weise bereits auch in der Studie von FROMM (2014) bei den Arten in den Berliner Mooren ermittelt und dürfte Aussagen zulassen, die letztlich in eine – vom Verfasser dieser Arbeit als notwendig erachtete – „Rote Liste der Desmidiaceales von Brandenburg und Berlin“ einfließen sollten. Eine derartige Liste liegt zumindest für das Land Brandenburg als „ad hoc-Liste“ auch in einem Entwurf vor und ist bereits Bestandteil dieser Arbeit (siehe hierzu die farblich unterlegten Bereiche der absoluten und relativen Häufigkeiten gefundener Arten im elektronischen Anhang E1).

Überhaupt zeigt ein Vergleich beider Studien auffällige Gemeinsamkeiten, denn neueste – vom Erstautor dieser Arbeit durchgeführte – Beobachtungen in Berlin belegen, dass in der Berliner Studie wohl gerade noch die Reste der Berliner Moore bearbeitet werden konnten, denn inzwischen ist zwar versucht worden einige Berliner Moore zu renaturieren und durch Durchführung von pflegerischen Maßnahmen zu sanieren (Pelzlake, Müggelberge, Barssee), doch haben sich diese Maßnahmen leider

cher negativ auf die Algenflora ausgewirkt. Dies ergaben zumindest sporadische Beprobungen dieser Standorte durch den Erstautor dieser Studie. Hinzu kommt, dass klimabedingt zunehmend heißere und trockenere Sommer auftreten. In Berlin seltene Arten wie *Micrasterias crux-melitensis* Ralfs, *Actinotaenium turgidum* (Ralfs) Teiling oder *Pleurotaenium simplicissimum* Grönblad – um nur drei Arten aus der Krummen Laake in Berlin-Köpenick zu nennen – konnten an diesem Standort seit der Abfassung der 2015 publizierten Berliner Studie überhaupt nicht mehr nachgewiesen werden, da die entsprechenden Fundstellen bereits im späten Frühjahr immer ausgetrocknet waren. Ähnliches trifft auch auf den süd-westlichen Teil des Hechtgiebels zu, der überwiegend von Erlen und *Sphagnum*-Polstern gebildet wird beziehungsweise wurde, die in der Regel bis in den Frühsommer hinein überflutet oder zumindest feucht waren und der nun deutlich frühzeitiger vollkommen trocken fällt (Barndt mündl. Mitteilung). Es zeigt sich also, dass wohl v.a. die Änderung der hydrologischen Bedingungen infolge der Temperaturerhöhung in der Erdatmosphäre sowie Eutrophierung und Melioration die hauptsächlichen Faktoren sind, die zum Artensterben bei den Zieralgen führ(t)en. Anzumerken ist hier vor allem, dass die Beprobungen in Brandenburg in eine Periode mit bereits deutlich geringeren Niederschlägen fielen, während bei der Berliner Studie die Niederschlagsmengen noch dem langjährigen Mittel entsprachen.

Ein Vergleich des Zieralgenarteninventars in Brandenburg und Berlin zeigt weiter, dass es in fortschreitendem Maße zu einer Vereinheitlichung bei gleichzeitiger Reduktion der Zieralgenflora in beiden Regionen gekommen ist. Das Arteninventar in Berlin und Brandenburg in vergleichbaren sauren Biotopen besteht typischerweise nur noch aus wenigen Arten, man könnte vielleicht auch sagen, einer *reduzierten Algenzönose*. Diese lässt sich vielleicht am ehesten durch die folgenden – häufig gefundenen – Taxa charakterisieren: *Cylindrocapsa brebissonii*, *Netrium digitus*, *Closterium striolatum*, *Actinotaenium crassiusculum*, *Tetmemorus granulatus*, *Tetmemorus brebissonii*, *Tetmemorus laevis*, *Micrasterias truncata* und eventuell einigen wenigen meso-eutraphenten *Cosmarium*- bzw. *Staurostrum*-Arten als Beimischung im Plankton entsprechender Gewässer (z. B. *Cosmarium botrytis*, *Cosmarium reniforme*).

Die Ergebnisse dieser Studie unterstreichen nicht nur deutlich, wie wichtig der konsequente Schutz des Klimas und somit von Mooren in Brandenburg insgesamt ist, sondern auch, wie wichtig die Kenntnis und die Berücksichtigung auch der kleinsten Besiedler derartiger Lebensräume ist. Hier ist leider hier noch viel Aufklärungsarbeit nicht nur in der Bevölkerung, sondern auch an verantwortlicher Stelle in den Verwaltungen zu leisten, die möglicherweise bereits für viele Arten zu spät kommt.

ELEKTRONISCHE ANHÄNGE

Zusätzliche unterstützende Information ist in der Online-Version dieses Artikels zu finden (<https://www.botanischer-verein-brandenburg.de/literatur/publikationen>).

Anhang E1 Funde der 102 in Brandenburg in den Jahren 2015–2022 gefundenen Taxa der Desmidiaceae.

Anhang E2 Dynamik des Artenbestandes einiger ausgewählter Desmidiaceengattungen.

LITERATUR

- AQUINTI, H., MOUTAHIR, H., TOUHAMI, I., BELLOT, J. & A. KHALDI 2022: Observed and Predicted Geographic Distribution of *Acer monspessulanum* L. Using the MaxEnt Model in the Context of Climate Change. – *Forests* 13(12): 2049.
- ANDOSCH, A., HÖFTBERGER, M., LÜTZ, C. & U. LÜTZ-MEINDL 2015: Subcellular sequestration and Impact of heavy metals on the ultrastructure and physiology of the multicellular freshwater algae *Desmidium swartzii*. – *Int. J. Mol. Sci.* 16: 10383–10410.
- BARNDT, D. 2012: Beitrag zur Kenntnis der Arthropodenfauna der Zwischenmoore Butzener Bagen, Trockenes Luch und Möllnsee bei Lieberose (Land Brandenburg) – (Coleoptera, Heteroptera, Hymenoptera part., Auchenorrhyncha, Saltatoria, Diptera part. Diplopoda, Chilopoda, Aranae, Opiliones u. a.). 11. Ergebnisbericht der Untersuchungen in Brandenburg ab 1995. – *Märkische Ent. Nachr.* 14(1): 147–200.
- BARNDT, D. 2014: Beitrag zur Kenntnis der Arthropodenfauna der nährstoffarmen Torfmoosmoore Kellsee und Himmelreichsee (Land Brandenburg) – (Coleoptera, Heteroptera, Hymenoptera part., Auchenorrhyncha, Hymenoptera part. Odonata, Diptera part., Opiliones, Pseudoscorpiones, Diplopoda, Chilopoda). 12. Ergebnisbericht der Untersuchungen in Brandenburg ab 1995. – *Märkische Ent. Nachr.* 16(2): 93–137.
- BARNDT, D. 2016: Forderung und Ausweisung von „Charakteristischen Tierarten“ nach FFH-RL zur Deutung von Lebensraumtypen und Maßnahmen in den Ländern Berlin und Brandenburg am Beispiel ausgewählter Arthropodengruppen der Torfmoosmoore. – *Märkische Ent. Nachr.* 18(1/2): 167–186.
- BARNDT, D. 2019: Beitrag zur Kenntnis der Arthropodenfauna der sauer-armen Zwischenmoore Plötzendiebel und Hechtdiebel (Land Brandenburg). – *Märkische Ent. Nachr.* 21(2) 169–227.
- CHENG, S., XIAN, W., FU, Y. et al. 2019: Genomes of Subaerial Zygnematophyceae Provide Insights into Land Plant Evolution. – *Cell* 179: 1057–1067.
- COESEL, P.F.M. & K. MEESTERS 2007: Desmids of the Lowlands. – KNNV Publishing, Zeist.
- COESEL, P.F.M. & K. MEESTERS 2013: European flora of the desmid genera *Staurostrum* and *Staurodesmus*. – KNNV Publishing, Zeist.
- DIERSSEN, K. & B. DIERSSEN 2001: Moore. – Ulmer, Stuttgart.
- DONAT, A. 1926: Zur Kenntnis der Desmidiaceen des norddeutschen Flachlands. Eine soziologisch-geographische Studie. – *Pflanzenforschung* 5: 1–51 + 5 Tafeln.
- FÖRSTER, K. 1982: Conjugatophyceae. – In: HUBER-PESTALOZZI, G. (Hrsg): *Das Phytoplankton des Süßwassers*. 8. Teil, 1. Hälfte. – Stuttgart.
- FROMM, T. 2014 (ersch. 2015): Zur Situation der Desmidiaceen in Berlin in den Jahren 2009 bis 2014. – *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg* 147: 185–249.

- GEISSLER, U. & L. KIES 2003: Artendiversität und Veränderungen in der Algenflora zweier städtischer Ballungsgebiete: Berlin und Hamburg. – Nova Hedwigia, Beih. 126.
- GONTCHAROV, A.A. 2008: Phylogeny and Classification of Zygnematomyxaceae (Streptophyta): Current state of affairs. – Fottea 8: 87–104.
- GONTCHAROV, A. & M. MELKONIAN 2005: Molecular Phylogeny of *Staurostrum* Meyen ex Ralfs and Related Genera (Zygnematomyxaceae, Streptophyta) based on coding and noncoding rDNA Sequence Comparisons. – J. Phycol. 41: 887–899.
- GONTCHAROV, A. & M. MELKONIAN 2008: In Search of Monophyletic Taxa in the Family Desmidiaceae (Zygnematomyxaceae, Viridiplantae): The Genus *Cosmarium*. – Am. J. Bot. 95: 1079–1095.
- GONTCHAROV, A. & M. MELKONIAN 2010: Molecular Phylogeny and Revision of the Genus *Netrium* (Zygnematomyxaceae, Streptophyta: Nucleotaeum Gen. Nov. – J. Phycol. 46: 346–362.
- GONTCHAROV, A.A. & M. MELKONIAN 2011: A study of Conflict between Molecular Phylogeny and Taxonomy in the Desmidiaceae (Streptophyta, Viridiplantae): Analyses of 291 *rbcL* Sequences. – Protist 162: 253–267.
- GUTOWSKI, A. & D. MOLLENHAUER 1996: Rote Liste der Zieralgen Deutschlands (Desmidiales) Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationskd. 28: 679–708.
- HUECK, K. 1929: Die Vegetation und Entwicklungsgeschichte des Hochmoores am Plötzendiebel (Uckermark). – Beitr. Naturdenkmalpfl. 13(1): 3–230.
- HUECK, K. 1937: Der Hechtgiebel bei Glambeck, ein neues brandenburgisches Naturschutzgebiet. – Naturdenkmalpflege und Naturschutz in Berlin und Brandenburg 32(1): 32–324.
- KRIEGER, W. 1929: Algologisch monographische Untersuchung über das Hochmoor am Diebelsee. – Beiträge zur Naturdenkmalpflege 13: 235–303.
- KUSBER, W.-H. & A. GUTOWSKI 2018: Rote Liste und Gesamtartenliste der Zieralgen (Desmidiales) Deutschlands. – In: METZING, D. et al. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 7: Pflanzen. – Naturschutz und biologische Vielfalt 70(7): 711–778.
- LANDGRAF, L. 2007: Zustand und Zukunft der Arm- und Zwischenmoore in Brandenburg – Bewertung und Bilanz. – Natur- und Landschaftspflege in Brandenburg 16(4): 104–115.
- LANDGRAF, L. 2010: Wo steht der Moorschutz in Brandenburg? – Natur- und Landschaftspflege in Brandenburg 19(3, 4): 126–131.
- LANDGRAF, L. & J. THORMANN 2007: Der Moorschutzrahmenplan. Prioritäten, Maßnahmen sowie Liste sensibler Moore in Brandenburg mit Handlungsbedarf. – Landesumweltamt Brandenburg, NaturSchutzFonds Brandenburg (Hrsg.): 49 S.
- LFU (LANDESAMT FÜR UMWELT) 2023: Managementplanung Natura 2000. – URL: <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/natura-2000/managementplanung/> (abgerufen am 27.08.2023).
- LÜTZ-MEINDL, U. 2016: *Microsterias* as a model system in plant cell biology. – Front. Plant Sci. Technol. 7: 1–21. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.00999>
- LUTHARDT, V. & J. ZEITZ, (Hrsg.) 2014: Moore in Brandenburg und Berlin. – Natur & Text, Rangsdorf.
- PÁDISAK, J., HAINAL, É., KRIENITZ, L., LAKNER, J. & V. ÜVEGES: 2010: Rarity, ecological memory, rate of floral change in phytoplankton – and the mystery of the Red Cock. – Hydrobiologia 635: 45–64.
- PAUL G., ŠTASTNY, J. & A. Doege 2017: Rote Liste und Artenliste Sachsens. – Dresden.

- RŮŽIČKA, J. 1977: Die Desmidiaceen Mitteleuropas. Bd. 1, Lfg. 1. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- RŮŽIČKA, J. 1981: Die Desmidiaceen Mitteleuropas. Bd. 1, Lfg. 2. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- STRÜDER-KYPKE, M.C. 1999: Periphyton and Sphagnicolous Protists of Dystrophic Bog Lakes (Brandenburg, Germany): I. Annual Cycles, Distribution and Comparison of other Lakes. – *Limnologia* 29: 393–406.
- STRÜDER-KYPKE, M.C. & W. SCHÖNBORN 1999: Periphyton and Sphagnicolous Protists of Dystrophic Bog Lakes (Brandenburg, Germany): II. Characteristic Species and Trophy of Lakes. – *Limnologia* 29: 407–424.
- SUCCOW, M. & H. JOOSTEN 2001: Landschaftsökologische Moorkunde, 2. Aufl. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- STUTZ, S. & G. MATTERN (Hrsg.) 2018: Beiträge zu den Algen Baden-Württembergs. – Verlag Manfred Hennecke, Remshalden.
- TÄUSCHER, L. 2004: Rote Liste der Algen des Landes Sachsen-Anhalt. – In: LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (Hrsg.). – Rote Liste Sachsen-Anhalt. Halle (Saale) (Landesamt für Umweltschutz). – Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 39: 34–42.
- TÄUSCHER, L. 2020 (ersch. 2021): Checklisten und Gefährdungsgrade der Algen des Landes Brandenburg. – V. Checklisten und Gefährdungsgrade der Charophyta / Streptophyta p.p. (Conjugatophyceae / Zygnematophyceae, Klebsormidiophyceae, Coleochaetophyceae, Charophyceae. – *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg* 152: 115–149.
- VON TÜMLING, W. & G. FRIEDRICH (Hrsg.) 1999: Methoden der Biologischen Wasseruntersuchung, Band 2. – Gustav Fischer, Jena.
- WEINITSCHKE, H. (Hrsg.) 1972: Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik. Band 2. – Urania-Verl., Leipzig, Jena, Berlin.
- WEST, W. & G.S. WEST 1904, 1905, 1908, u. 1912: A Monograph of the British Desmidiaceae. Vol. 1–4, Ray Society, London.
- WEST, W., WEST G.S. & N. CARTER 1923: A Monograph of the British Desmidiaceae. Vol. 5. – Ray Society, London.
- WILKAITIS, V. 1925: Beiträge zur Kenntnis der Desmidiaceenflora der Mark Brandenburg. – Dissertation, Berlin: 95 S.

Anschrift des Verfassers:

Thomas Fromm
Carstennstr. 29a
12205 Berlin
Micrasterias@web.de
www.thomasfromm.de

Günther Zahrt
Dahlemer Weg 101
14167 Berlin
gm.zahrt@t-online.de

Eingang des Manuskripts am 25.08.2022, endgültig angenommen am 16.11.2023.

Anhang:

Tab. 5 Liste der Fotos von Desmidiaceen bzw. einiger ausgewählter Fundortgewässer.

a) Fotos von Desmidiaceen.

Lfd. Nr.	Taxon	Maßstab [µm]	Fundort u. Bemerkungen
1	<i>Actinotaenium curtum</i>	10	Kobbelke
2	<i>Actinotaenium diplosporum</i>	10	Barssee
3	<i>Actinotaenium crassiusculum</i>	10	Kobbelke
4	<i>Closterium abruptum</i>	50	Hechtgiebel
5	<i>Closterium acutum</i>	20	Hechtgiebel
6	<i>Closterium angustatum</i>	50	Großer Barschsee
7	<i>Closterium angustatum</i>	50	Großer Barschsee (Streifenmuster)
8	<i>Closterium macilentum</i>	50	Großer Barschsee
9	<i>Cosmarium angulosum</i>	10	Plötzendiebel
10	<i>Cosmarium amoenum</i>	10	Kleiner Barschsee
11	<i>Cosmarium sphaeroideum</i>	10	Plötzendiebel
12	<i>Closterium closterioides</i>	50	Großer Bussensee
13	<i>Closterium attenuatum</i>	50	Hechtgiebel
14	<i>Closterium didymotocum</i>	50	Großer Bussensee
15	<i>Closterium directum</i>	50	Himmelreichsee
16	<i>Closterium pronum</i>	50	Großer Bussensee
17	<i>Cosmarium subquadrans</i> var. <i>minor</i>	10	Trockenes Luch
18	<i>Cosmarium quadratum</i>	10	Barssee
19	<i>Cosmarium subcucumis</i>	10	Himmelreichsee
20	<i>Closterium striolatum</i>	50	Plötzendiebel
21	<i>Closterium intermedium</i>	50	Plötzendiebel
22	<i>Closterium striolatum</i>	10	Plötzewndiebel (Streifenmuster)
23	<i>Closterium intermedium</i>	10	Plötzendiebel (Streifenmuster)
24	<i>Cosmarium taxichondriforme</i>	10	Plötzendiebel
25	<i>Cosmarium cucumis</i> var. <i>magnum</i>	50	Birkbruch
26	<i>Cosmarium debaryi</i>	50	Birkbruch
27	<i>Closterium costatum</i>	50	Kleiner Barschsee
28	<i>Closterium costatum</i>	10	Kleiner Barschsee

Lfd. Nr.	Taxon	Maßstab [µm]	Fundort u. Bemerkungen
29	<i>Closterium lunula</i>	50	Himmelreichsee
30	<i>Cosmarium calculus</i>	10	Großer Bussensee
31	<i>Cosmarium pachydermum</i>	10	Plötzendiebel
32	<i>Cosmarium pseudoamoenum</i>	10	Kleiner Barschsee
33	<i>Closterium calosporum</i>	50	Hechtgiebel
34	<i>Closterium calosporum</i>		Apex/Endpore
35	<i>Closterium navicula</i>	10	Plötzendiebel
36	<i>Closterium parvulum</i> var. <i>angustatum</i>	10	Großer Barschsee
37	<i>Cosmarium sphaeroideum</i>	10	Plötzendiebel
38	<i>Cosmarium amoenum</i>	10	Plötzendiebel
39	<i>Staurastrum margaritaceum</i>	10	Hechtgiebel
40	<i>Closterium setaceum</i>	50	Kleiner Barschsee
41	<i>Closterium rostratum</i>	50	Birkbruch
42	<i>Closterium lineatum</i>	50	Kobbelke
43	<i>Closterium lineatum</i>	10	Streifung
44	<i>Staurastrum minimum</i>	10	Plötzendiebel
45	<i>Staurastrum orbiculare</i> var. <i>depressum</i>	10	Birkbruch
46	<i>Staurastrum orbiculare</i> var. <i>depressum</i>	10	Birkbruch (apikal)
47	<i>Closterium toxon</i>	50	Butzener Bagen
48	<i>Teilingia granulata</i>	10	Hechtgiebel
49	<i>Spondylosium planum</i>	10	Großer Bussensee
50	<i>Spondylosium pulchellum</i>	10	Großer Bussensee
51	<i>Staurastrum teliferum</i>	10	Kleiner Barschsee
52	<i>Staurastrum lapponicum</i>	10	Plötzendiebel
53	<i>Staurastrum lapponicum</i>	10	Plötzendiebel
54	<i>Bambusina borrieri</i>	10	Großer Barschsee
55	<i>Hyalotheca mucosa</i>	10	Kleiner Barschsee
56	<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i>		Kleiner Barschsee (Apex/Tuberkel)
57	<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i>	100	Himmelreichsee
58	<i>Staurastrum brachiatum</i>	50	Großer Bussensee

Lfd. Nr.	Taxon	Maßstab [µm]	Fundort u. Bemerkungen
59	<i>Staurostrum cyrtocercum</i> var. <i>inflexum</i>	10	Großer Bussensee
60	<i>Staurostrum kouwetsii</i>	10	Kobbelke (apikal)
61	<i>Staurostrum kouwetsii</i>	10	Kobbelke
62	<i>Staurostrum kouwetsii</i>	10	Kobbelke
63	<i>Staurostrum micron</i>	10	Großer Bussensee
64	<i>Haplotenium minutum</i>	50	Plötzendiebel
65	<i>Netrium digitus</i> var. <i>digitus</i>	50	Hechtdiebel
66	<i>Netrium digitus</i> cf. var. <i>latum</i>	50	Hechtdiebel
67	<i>Staurodesmus extensus</i> var. <i>extensus</i>	10	Großer Bussensee
68	<i>Staurodesmus cuspidatus</i> var. <i>divergens</i>	10	Großer Bussensee
69	<i>Staurodesmus extensus</i> var. <i>joshuae</i>	10	Großer Bussensee
70	<i>Staurodesmus glaber</i>	10	Großer Bussensee
71	<i>Staurodesmus subhexagonus</i>	10	Großer Bussensee
72	<i>Netrium pseudoactineum</i>	10	Hechtdiebel
73	<i>Netrium oblongum</i> var. <i>cylindricum</i>	50	Hechtdiebel
74	<i>Netrium</i> cf. <i>oblongum</i>	50	Trockenes Luch
75	<i>Planotaenium interruptum</i>	50	Butzener Bagen
76	<i>Cylindrocystis brebissonii</i>	10	Trockenes Luch
77	<i>Cylindrocystis cushleckae</i>	10	Trockenes Luch
78	<i>Mesotaenium degreyi</i>	10	Trockenes Luch
79	<i>Euastrum binale</i> var. <i>binale</i>	10	Molkenkammersee
80	<i>Euastrum humerosum</i> var. <i>affine</i>	50	Molkenkammersee
81	<i>Tetmemorus laevis</i>	50	Hechtdiebel
82	<i>Tetmemorus brebissonii</i>	50	Hechtdiebel
83	<i>Tetmemorus granulatus</i>	50	Hechtdiebel
84	<i>Tetmemorus granulatus</i>	50	Butzener Bagen
85	<i>Spirotaenia condensata</i>	50	Molkenkammersee
86	<i>Micrasterias americana</i>	50	Molkenkammersee
87	<i>Cosmarium spec. XY</i>	10	Hechtdiebel (Foto: Gerd Günther, Düsseldorf)

Lfd. Nr.	Taxon	Maßstab [µm]	Fundort u. Bemerkungen
88	Nicht näher identifizierte Desmidiaceae (<i>Comarium</i> spec.?) aus dem kleinen Glietzensee, die für die dortige Wasserblüte verantwortlich war.		Kl. Glietzensee (Foto: Silke Van den Wyngaert (IGB))
89	Satellitenaufnahme der Wasserblüte im Kleinen Glietzensee (Pfeil) im April 2020		Kl. Glietzensee (Foto: Igor Ogashawara)

b) Abbildungen von Fundorten.

Lfd. Nr.	Fundort
90	Himmelreichsee, Blick nach Nordosten
91	Kellsee, Blick nach Westen
92	Großer Barschsee, Blick nach Süden
93	Kleiner Barschsee, Blick nach Westen
94	Hechtgiebel, Blick nach Nordosten
95	Plötzendiebel, Blick nach Südosten
96	Kleiner Bussensee, Blick nach Nordosten
97	Großer Bussensee, Blick nach Osten
98	Birkbruch, Blick nach Westen
99	Kobbelke, Blick nach Nordwesten
100	Molkenkammersee, Blick nach Nordenosten
101	Barssee, Blick nach Westen
102	Moorteich, Blick nach Norden
103	Schulzensee, Blick nach Osten
104	Trockenes Luch, Blick nach Osten
105	Butzener Bagen, Blick nach Westen
106	Teufelssee, Blick nach Westen
107	Moosbruch, Blick nach Nordwesten