Monitoring der Qualitätskomponente Phytobenthos, Teilkomponente Diatomeen, für WRRL und FFH-RL in den schleswig-holsteinischen Seen Großer Ratzeburger See und Selenter See im Jahr 2024

Vergabenummer: ZV-M5-23-1663000-412.04, Los 5

März 2025

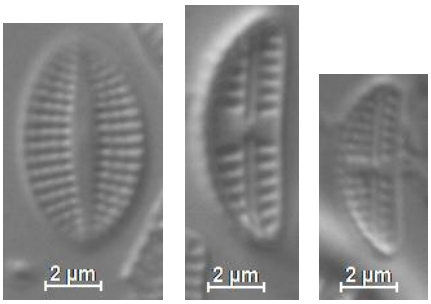


Abbildung 1: Die häufigsten Arten waren mit durchschnittlich 12,8 % pro Probe *Cocconeis neothumensis* und *Amphora indistincta* (11,7 %) im Großen Ratzeburger See (n= 12) und *Amphora pediculus* (12,7 %, n= 10) im Selenter See.

Auftraggeber:

Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein

Dezernat Seen, Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek

Auftragnehmer:

Dr. Petra Werner

Diatomeen als Bioindikatoren, www.bioindikator-diatomeen.de

Grainauer Str. 8, 10777 Berlin, Tel. (030) 960 85 235, Email: werner@bio-translations.de

Zitation: Autor [oder Bezeichnung des Auftragnehmers] (Jahr) Titel. Auftraggeber. Erscheinungsort**.** Seitenzahl + Anlagen
Werner, P. (2025): Monitoring der Qualitätskomponente Phytobenthos, Teilkomponente Diatomeen, für WRRL und FFH-RL in den schleswig-holsteinischen Seen Großer Ratzeburger See und Selenter See im Jahr 2024, Vergabenummer: ZV-M5-23-1663000-412.04, Los 5. März 2025. - Endbericht. Im Auftrag des Landesamtes für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein. Flintbek. P 32 + Anlagen + 1 DVD.
Namen der Bearbeiter/-innen
Dr. Petra Werner
Untersuchungsjahr(e)
2024
Qualitätskomponenten
Benthische Diatomeen
Ziele
Operatives Monitoring; WRRL-Bewertung
Gewässerkategorie
Seen
Flussgebietseinheiten
Schlei / Trave
Bearbeitungsgebiete
Untere Trave, Baltic-Probstei
Wasserkörper
0117, 0383
Gewässernamen
Großer Ratzeburger See, Selenter See
FFH-Gebietsnummern
DE 2230-391, DE 1628-302

Inhaltsverzeichnis:

1. Anlass und Aufgabenstellung 4
2. Probenahmestellen..... 4
2.1 Großer Ratzeburger See 5
2.2 Selenter See..... 9
3. Material und Methoden.....12
4. Ergebnisse 15
4.1 Großer Ratzeburger See 17
4.2 Selenter See.....22
5. Zusammenfassung.....28
6. Literaturverzeichnis 30
7. Verzeichnis der verwendeten Bestimmungsliteratur 31
8. Erklärungen zum Anhang 32

Abbildungsverzeichnis:

Seite:

Abbildung 1: Fotos der häufigsten Diatomeenarten 1
Abbildung 2: Lage der untersuchten Seen 4
Abbildung 3: Lage der zwölf Messstellen des Großen Ratzeburger Sees 5
Abbildung 4: Lage der zehn Messstellen des Selenter Sees 9
Abbildung 5: Fotos von häufigen cf-Taxa und ähnlichen Taxa.....16
Abbildung 6: Vergleich Altdaten Großer Ratzeburger See 20
Abbildung 7: Vergleich Altdaten Selenter See 26
Abbildung 8: Zusammenfassung der Bewertung Großer Ratzeburger See 29
Abbildung 9: Zusammenfassung der Bewertung Selenter See 30

Tabellenverzeichnis:

Seite:

Tabelle 1: Charakterisierung und Fotos der Probestellen des Großen Ratzeburger Sees 6
Tabelle 2: Charakterisierung und Fotos der Probestellen des Selenter Sees 9
Tabelle 3: Charakterisierung der Probenahme 2024.....12
Tabelle 4: Häufige Diatomeen und PHYLIB-Bewertung des Großen Ratzeburger Sees 18
Tabelle 5: Historische Bewertungen des Großen Ratzeburger Sees 20
Tabelle 6: Häufige Diatomeen und PHYLIB-Bewertung des Selenter Sees.....23
Tabelle 7: Historische Bewertungen des Selenter Sees 26
Tabelle 8: Zusammenfassung der Seenbewertung 28

1. Anlass und Aufgabenstellung

Entsprechend der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU WRRL 2000) sollten über das Monitoring von Phytobenthos bzw. der Diatomeengesellschaften des **Großen Ratzeburger Sees** und **Selenter Sees** in Schleswig-Holstein für das Jahr **2024** für insgesamt 22 Messstellen die ökologischen Zustandsklassen pro Messstelle und pro See bestimmt werden. Dafür sollten die benthischen Diatomeen jeder Messstelle nach dem PHYLIB-Verfahren beprobt und ausgewertet werden (Schaumburg et al. 2014). Diese Bewertungen anhand der benthischen Diatomeenbiozönose sollten, zusammen mit vorliegenden Altdaten, identifizieren, ob Maßnahmen für die Verbesserung der Wasserqualität notwendig sind bzw. ob Maßnahmen gegriffen haben.

2. Probenahmestellen

Beide Seen liegen in der Ökoregion Norddeutsches Tiefland (Abb. 2-4), d.h. die Kalziumkonzentrationen im Seewasser sind ≥ 15 mg/l. Der Große Ratzeburger See (GRS) ist nach der Seentypologie von Mathes et al. (2002) Typ 10, der Selenter See (Sel) ist Typ 13, d.h. sie sind geschichtet und haben ein relativ großes Einzugsgebiet (GRS; Einzugsgebietsfläche (inklusive Seefläche) zum Seevolumen (in $km^2/10^6\ m^3$)(VQ) ist > 1,5) bzw. ein relativ kleines Einzugsgebiet (Sel; VQ ≤ 1,5). Außerdem gehört der Große Ratzeburger See dem Diatomeentyp DS 10.1 an, der Selenter See dem Typ DS 13.1 d.h. das Wasser hat eine Verweilzeit zwischen zehn Jahren und einem Jahr (P-limitiert; DS 10.1) bzw. von über zehn Jahren (DS 13.1) (Schaumburg et al. 2014).

Abbildung 2: Lage der untersuchten Seen. Kartenbasis: OpenStreetMap.

2.1 Großer Ratzeburger See

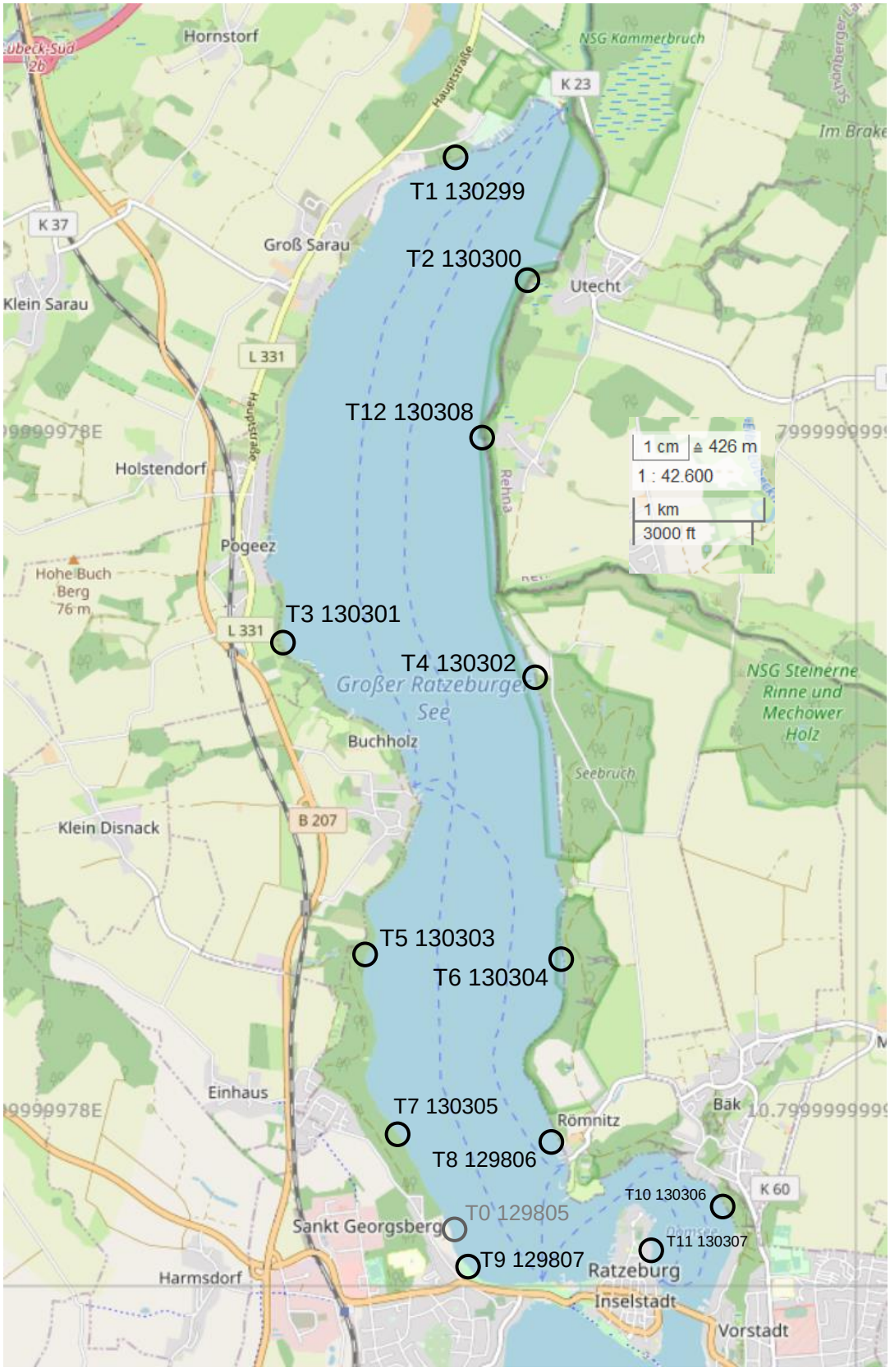
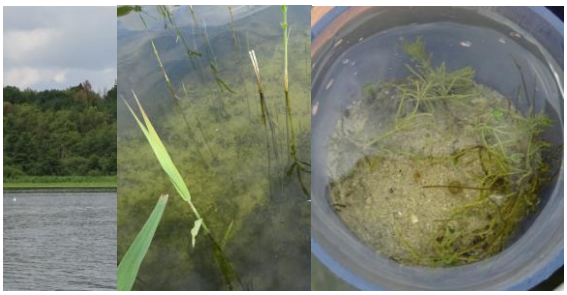
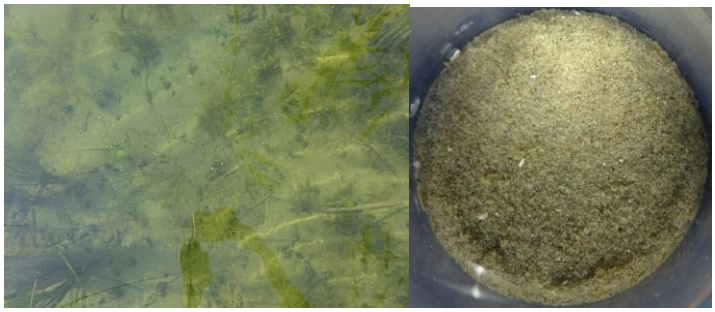
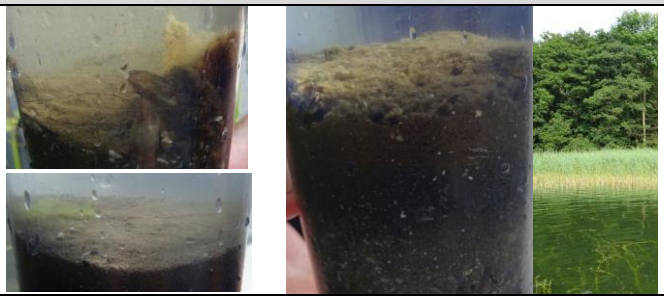


Abbildung 3: Lage der zwölf Messstellen des **Großen Ratzeburger Sees** an denen die benthischen Diatomeen im Jahr 2024 untersucht wurden und T0 (grau), für die Altdaten vorliegen. Kartenbasis: OpenStreetMap.

Tabelle 1: Charakterisierung und Fotos aus dem Jahr 2024 der bearbeiteten Probestellen des **Großen Ratzeburger See**s.

Messstellencharakter	Foto der Messstelle
Großer Ratzeburger See, Messstelle 130299, GrRa T1	
Die Messstelle 130299 liegt im Norden des Sees. Das Ufer war landseits bewaldet und wasserseitig mit einem ~30m breitem Schilfgürtel bestanden. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde vor allem von Sand gebildet und war zu ~70% mit *Ceratophyllum* bedeckt, teilweise mit Schnecken und Muscheln.	
Großer Ratzeburger See, Messstelle 130300, GrRa T2	
Die Messstelle 130300 liegt im Nordosten des Sees, nähe Utecht. Das Ufer war landseits mit Erlen- und Grauweiden bewaldet und wasserseitig mit einem ~25m breitem Schilfgürtel bestanden. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde vor allem von Sand und Schlamm gebildet, der zu 5% mit *Potamogeton* und 40% mit Muscheln bedeckt war.	
Großer Ratzeburger See, Messstelle 130301, GrRa T3	
Die Messstelle 130301 liegt im Westen des Sees. Das Ufer war landseits flach und mit Erlen bewaldet und wasserseitig mit einem ~5-10m breitem Schilfgürtel bestanden. Nördlich vom Transekt lag eine Schilflücke. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde von Sand gebildet. Probenahme im lichten Schilf am Schilfgürtelrand und vor dem Schilf.	
Großer Ratzeburger See, Messstelle 130302, GrRa T4	
Die Messstelle 130302 liegt im Osten des Sees. Das Ufer war landseits mit Erlen bewaldet und wasserseitig mit einem ~15m breitem Schilfgürtel bestanden. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde von Sand gebildet und war zu 70% mit *Myriophyllum*, 5% *Nymphaeaceae* und vereinzelt anderen Makrophyten und Muscheln bedeckt. Probenahme im lichten Schilf.	

Fortsetzung Tabelle 1: Charakterisierung der Messstellen	
Messstellencharakter	**Foto der Messstelle**
Großer Ratzeburger See, Messstelle 130303, GrRa T5	
Die Messstelle 130303 liegt im südlichen Westen des Sees. Das Ufer war landseits steil und bewaldet, wasserseitig mit 2m breitem Schilf- dann 20m breitem Binsen-*Nymphaeaceae*-Gürtel, Probenahme davor. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde vermutlich v.a. von Schlamm und etwas Sand gebildet und war am Grund zu 100% mit *Elodea* bewachsen, auch ca. 5% *Potamogeton*, vereinzelt Muscheln und kleine Schnecken.	
Großer Ratzeburger See, Messstelle 130304, GrRa T6	
Die Messstelle 130304 liegt im südlichen Osten des Sees. Das Ufer war landseits bewaldet und wasserseitig mit einem ~6m breitem Schilfgürtel bestanden, davor bis zu 2m 100% Muschelbedeckung, dann 100% *Potamogeton*-Bedeckung. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde vermutlich zu 100% von Schlamm auf Feinsand gebildet.	
Großer Ratzeburger See, Messstelle 130305, GrRa T7	
Die Messstelle 130305 liegt im Südwesten des Sees. Das Ufer war landseits bewaldet und wasserseitig mit einem ~5m breitem Schilfgürtel bestanden, Probenahme 1-2m davor. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde v.a. von Sand gebildet und war vereinzelt mit Makrophyten bedeckt, vereinzelt Schnecken. Bisamratte fraß in der Nähe.	
Großer Ratzeburger See, Messstelle 129806, GrRa T8	
Die Messstelle 129806 liegt im Südosten des Sees, nahe Römnitz. Das Ufer war landseits mit Erlen bewaldet und wasserseitig mit einem ~10m breitem Schilfgürtel bestanden, Probenahme davor oder im lichten Schilf. Das Sediment wurde von Sand und Schlamm gebildet und war zu 60% mit *Potamogeton* bestanden, vereinzelt Muschelschill und 20% Muschelbedeckung. Viele Steine waren mit 100% von Muscheln bewachsen.	

Fortsetzung Tabelle 1: Charakterisierung der Messstellen	
Messstellencharakter	**Foto der Messstelle**
Großer Ratzeburger See, Messstelle 129807, GrRa T9	
Die Messstelle 129807 liegt im Süden des Sees, am Westrand der Stadt Ratzeburg. Das Ufer war landseits bewaldet und vom Fußweg zum Wasser 2m steil, wasserseitig mit ~15m überhängenden Ästen, Probenahme an Ästegrenze. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde v.a. von Sand gebildet, mit toten Bäumen und dicken Baumstämmen, ~5% Muschelschill und viel Totholz. Beprobte Steine mit 70-90% Muschelbedeckung, z. T. auch mit Schnecken.	
Großer Ratzeburger See, Messstelle 130306, GrRa T10	
Die Messstelle 130306 liegt im Südosten des Sees bzw. im Nordosten des Domsees. Das Ufer war landseits bewaldet und wasserseitig mit ~10m überhängenden Ästen, Probenahme davor. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde v.a. von Schlamm gebildet und war zu ~10% mit *Potamogeton* bewachsen.	
Großer Ratzeburger See, Messstelle 130307, GrRa T11	
Die Messstelle 130307 liegt im Südosten des Sees bzw. im Westen des Domsees. Landseits mit steiler Uferböschung, <0,5m Schilfgürtel. Das Litoral fiel steil ab. Das Sediment wurde vermutlich v.a. von Schlamm und Sand gebildet und war zu 5% mit *Potamogeton*, vereinzelt anderen Makrophyten, viel Totholz und 40% Muscheln bedeckt.	
Großer Ratzeburger See, Messstelle 130308, GrRa T12	
Die Messstelle 130308 liegt im nördlichen Osten des Sees. Das Ufer war landseits bewaldet und wasserseitig mit einem ~25m breitem Schilfgürtel bestanden, vereinzelt Teichrosen davor. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde vermutlich vor allem von Sand gebildet und war zu 5% mit Makrophyten bedeckt, u.a. *Potamogeton*.	

2.2 Selenter See

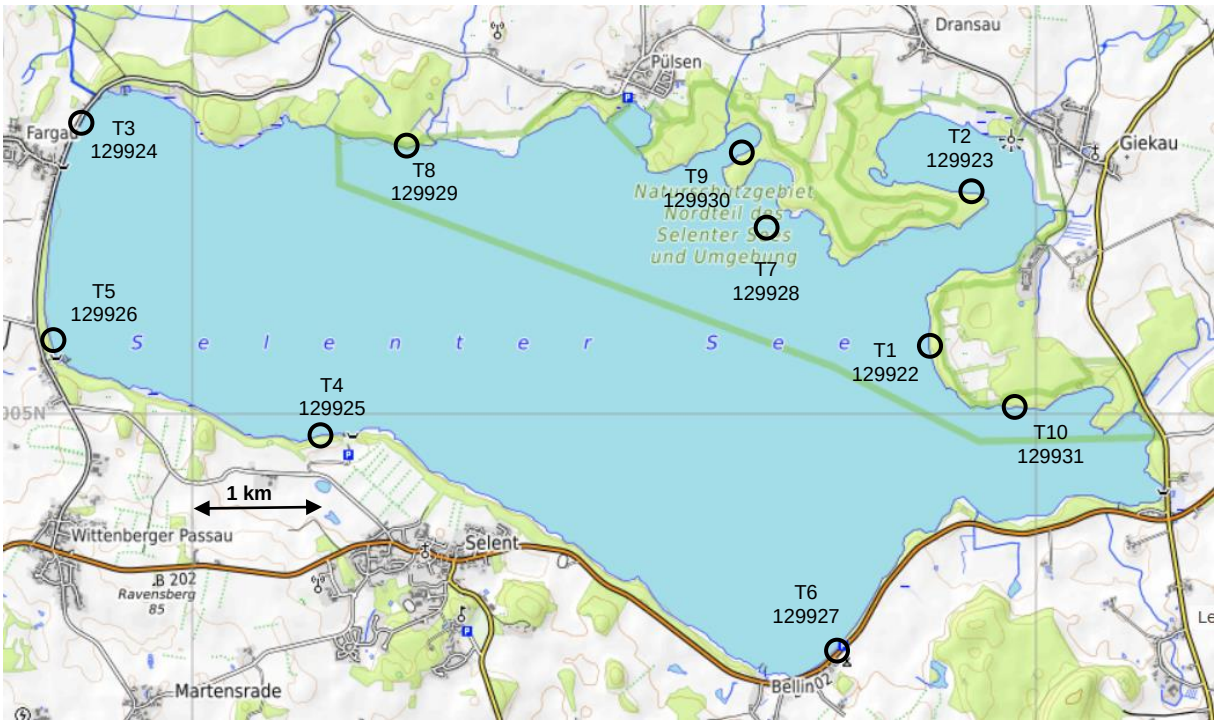
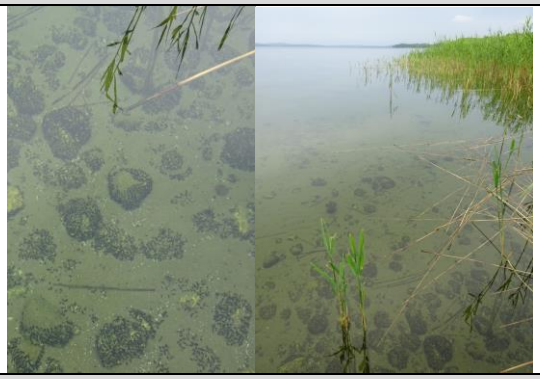


Abbildung 4: Lage der zehn Messstellen des **Selenter See**s an denen die benthischen Diatomeen im Jahr 2024 untersucht wurden. Kartenbasis: OpenStreetMap.

Tabelle 2: Charakterisierung und Fotos aus dem Jahr 2024 der bearbeiteten Probestellen des **Selenter See**s.

Messstellencharakter	Foto der Messstelle
Selenter See, Messstelle 129922, Sel T1	
Die Messstelle 129922 liegt im Osten des Sees. Das Ufer war landseits flach und mit Erlen bewaldet und wasserseitig auf ~50% des Transekts mit 2-3m überhängenden Ästen, Probenahme einige Meter davor in einer ca. 30m breiten Schilflücke. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde zu ~85% von Sand, ~10% Steinen und ~5% Kies gebildet, vereinzelt *Elodea*. Viele Wellen, sehr Wind-exponiert.	
Selenter See, Messstelle 129923, Sel T2	
Die Messstelle 129923 liegt in der nordöstlichsten Bucht des Sees, gegenüber von Giekau. Das Ufer war landseits bewaldet und wasserseitig mit einem ~10m breitem Rohrkolbengürtel bestanden, Probenahme davor. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde von Schlamm gebildet, mit 100% Makrophyten-Bedeckung: u.a. *Potamogeton*, stellenweise ~50cm hohes *Myriophyllum* am Grund, Nähe 1. Kern ~10x2m Teich- und Seerosen.	

Fortsetzung Tabelle 2: Charakterisierung der Messstellen	
Messstellencharakter	**Foto der Messstelle**
Selenter See, Messstelle 129924, Sel T3	
Die Messstelle 129924 liegt im nördlichen Westen des Sees, nahe Fargau. Landseits Straßenböschung, dann 2m steiles Ufer zum Wasser, wasserseits mit überhängenden Ästen, Probenahme davor. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde vor allem vom Sand gebildet, vereinzelt Kies und Totholz, ein Baumstamm, zu ~60% mit *Ceratophyllum* bedeckt.	
Selenter See, Messstelle 129925, Sel T4	
Die Messstelle 129925 liegt im westlichen Süden des Sees. Das Ufer war landseits bewaldet und wasserseitig mit einem ~15m breitem Schilfgürtel bestanden, Probenahme davor. Probenahmestelle etwas verlegt, weil Vorgabe zu Wind-exponiert (Kern ziehen nicht möglich), westlich war eine Minischilfbucht (etwas geschützter), dort ging es. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde v.a. von Schlamm und etwas Sand gebildet und war zu ~35% mit Makrophyten bedeckt, v.a. *Potamogeton*.	
Selenter See, Messstelle 129926, Sel T5	
Die Messstelle 129926 liegt im südlichen Westen des Sees. Das flache Ufer war landseits u.a. mit Erlen bewaldet und wasserseitig mit ~10-20m breitem Schilfgürtel (wird breiter). Südlich der Schilfgürtellücke beprobt, Start vor dem Schilf, Ende im lichten Schilf. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde v.a. von Sand gebildet und ~10% Steinen. Viele Steine mit Muschelkränzen und sehr dünn bewachsen, deshalb auch Sand beprobt.	
Selenter See, Messstelle 129927, Sel T6	
Die Messstelle 129927 liegt an einer öffentlichen Badestelle im östlichen Süden des Sees, nahe Bellin. Landseits Zeltplatz, Straße, Parkplatz und Restaurant, ca. 5m hoher, mit Bäumen und Sträuchern bestandener, steiler Hang, dann 4m flach mit Gras und ~2m breitem, flachen Sandstrand, wasserseits flach, ohne Makrophyten. Das Sediment wurde v.a. von Kies und Sand gebildet, mit etwas Muschelschill	

Fortsetzung Tabelle 2: Charakterisierung der Messstellen	
Messstellencharakter	**Foto der Messstelle**
Selenter See, Messstelle 129928, Sel T7	
Die Messstelle 129928 liegt am Südufer einer kleinen, flachen Insel (Landstrich ~5x60m) im östlichen Norden des Sees, ~200m vor Warderholz. Die Insel war mit Schwarzerlen und vereinzelt Grauweiden bewaldet und wasserseitig mit ~2-5m überhängenden Ästen, Probenahme 1-2m davor. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde v.a. von Steinen und etwas Kies gebildet, keine Makrophyten. Teilweise Muschelkränze an den Steinen.	
Selenter See, Messstelle 129929, Sel T8	
Die Messstelle 129929 liegt im westlichen Norden des Sees. Das flache Ufer war landseits bewaldet (u.a. Buchen) und wasserseitig mit ~4m überhängenden Ästen, Probenahme davor. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde v.a. von Steinen gebildet, keine Makrophyten. Steine vereinzelt mit Muscheln oder Muschelkränzen, vereinzelt Köcherfliegenlarven.	
Selenter See, Messstelle 129930, Sel T9	
Die Messstelle 129930 liegt im Norden des Sees, in der Bucht östlich von Pülsen. Das Ufer war landseits bewaldet (u.a. mit Erlen) und wasserseitig mit einem ~20m breitem Röhrichtgürtel (u.a. Schilf) bestanden. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde vermutlich nur von Schlamm gebildet, mit lichtem Schilf und vereinzelt *Potamogeton*. Teich- und Seerosen grenzen an das Transekt an. Probenahme im lichten Schilf, wegen Wind etwas nach Norden verschoben.	
Selenter See, Messstelle 129931, Sel T10	
Die Messstelle 129931 liegt im Norden der östlichsten Bucht des Sees. Das Ufer war landseits bewaldet und wasserseitig mit einem ~25m breitem Röhrichtgürtel bestanden. Das Litoral fiel flach ab. Das Sediment wurde vermutlich von Schlamm gebildet. Probenahme im lichten Röhricht.	

3. Material und Methoden

Die **Probenahme** erfolgte vom 25.-27.07.2024 am Großen Ratzeburger See und vom 22.-24.07.2024 am Selenter See entsprechend Schaumburg et al. (2014). Die Messstellen wurden fotographisch dokumentiert (Tab. 1-2). Die Proben wurden aus einer Wassertiefe von 25-75 cm bzw. mit Stechrohr vor einem Röhrichtgürtel von 50-200 cm entnommen. Für vier der 22 Proben wurden ausschließlich Steine beprobt, in zwei weiteren Proben zusätzlich auch Kies bzw. Sand und in zwei weiteren Proben zusätzlich Schlamm und Sand. Außerdem wurden für drei Proben ausschließlich Schlamm beprobt und zusätzlich Sand (fünf Proben). Für zwei Proben wurde ausschließlich Sand beprobt, in zwei weiteren zusätzlich Schlamm und in zwei weiteren Proben zusätzlich Feinsand bzw. Kies (Tab. 3).

Tabelle 3: Ort und Datum der **Probenahme** (PN) für benthische Diatomeen und beprobtes Substrat sowie Substrattiefe vom Großen Ratzeburger See und Selenter im Jahr 2024. East/North-Angabe mittig vom ca. 20 m langen Transekt. *Beprobung mit Stechrohr vor einem Röhrichtgürtel. FSa = Feinsand, MSt. = Messstelle, Schl. = Schlamm.

See	MSt. Nr.	Abk.	UTM-32 East (DF)	UTM-32 North (DF)	PN 2024 Datum	Tiefe [cm]	Substrat
	130.299	GrRa T1	32.615.602	5.960.165	27. Jul.	65-70*	Sand
	130.300	GrRa T2	32.616.068	5.959.242	27. Jul.	65-75*	Schl, Sand
	130.301	GrRa T3	32.614.358	5.956.425	25. Jul.	65-70*	Sand
	130.302	GrRa T4	32.616.229	5.956.189	27. Jul.	60-70*	Sand, FSa
Großer Ratzeburger See (GRS)	130.303	GrRa T5	32.615.037	5.954.057	25. Jul.	125-135*	Schl, Sand
	130.304	GrRa T6	32.616.538	5.954.034	25. Jul.	100-120*	Schl, (Sand)
	130.305	GrRa T7	32.615.331	5.952.654	25. Jul.	65-75*	Sand, (Schl)
	129.806	GrRa T8	32.616.487	5.952.756	26. Jul.	30-50, 110*	Steine, Schl, Sand
	129.807	GrRa T9	32.615.828	5.951.763	26. Jul.	45-55	Steine
Domsee	130.306	GrRa T10	32.617.837	5.952.183	26. Jul.	50-70*	Schl, Sand
Domsee	130.307	GrRa T11	32.617.258	5.951.833	26. Jul.	25-30, 60*	Steine, Schl, Sand
GRS	130.308	GrRa T12	32.615.811	5.958.036	27. Jul.	70-75*	Sand, Schl
	129.922	Sel T1	32.596.771	6.018.431	24. Jul.	35-45	Steine
	129.923	Sel T2	32.597.028	6.019.655	23. Jul.	100-150*	Schl
	129.924	Sel T3	32.590.194	6.020.023	23. Jul.	45-55	Sand, Kies
	129.925	Sel T4	32.591.956	6.017.634	22. Jul.	110-120*	Schl, Sand
Selenter See	129.926	Sel T5	32.589.997	6.018.368	23. Jul.	50-75	Steine, Sand
	129.927	Sel T6	32.596.085	6.016.078	23. Jul.	30-40	Steine, Kies
	129.928	Sel T7	32.595.410	6.019.310	24. Jul.	35-45	Steine
	129.929	Sel T8	32.592.705	6.019.882	23. Jul.	40-50	Steine
	129.930	Sel T9	32.595.314	6.019.911	24. Jul.	200*	Schl
	129.931	Sel T10	32.597.432	6.017.946	24. Jul.	150-160*	Schl

Die **Aufbereitung** der Diatomeenproben erfolgte mit Standardmethoden (Battarbee et al. 2001). Jede Probe wurde mit 30 % Wasserstoffperoxid versetzt, gewaschen und in Naphrax® eingebettet. Beim Waschen wurden die Proben bei 1500 Umdrehungen pro Minute für zehn Minuten zentrifugiert.

Die **Analyse** der Dauerpräparate erfolgte entsprechend der Handlungsanweisung zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie für Seen (Schaumburg et al. 2014). Bei 1000-facher Vergrößerung wurden pro Probe mindestens 500 Diatomeen-Objekte identifiziert. Anschließend wurde für ~30 Minuten nach seltenen Arten gesucht und diese mit einer Häufigkeit von „0“ erfasst. Die Standardbestimmungsbücher waren Hofmann et al. (2011) und Lange-Bertalot et al. 2017. Zusätzlich wurden Krammer (1997a, b, 2000, 2002,

2003), Krammer und Lange-Bertalot (1988-2004), Lange Bertalot (2001), Lange-Bertalot und Metzeltin (1996), Lange-Bertalot & Ulrich (2014), Lange-Bertalot et al. (2011), Levkov (2009), Levkov et al. (2016), Reichardt (1999, 2018), Tuji und Williams (2013), Van de Vijver et al. (2012, 2022), Werum et al. (2024), Wetzel und Ector (2015) und Zelazna-Wieczorek (2011) genutzt.

Die **Bewertung** der Messstellen anhand von Diatomeen erfolgte mit der PHYLIB Software-Version 5.3.0 vom 18.02.2016 (Tab. 4-8). Taxa, die nicht in PHYLIB 5.3 enthalten und entsprechend für PHYLIB „ungültige“ Taxa waren, aber die sicher bestimmt wurden, wurden für die PHYLIB-Importdatei als spec. eingegeben, also nur unter dem Gattungsnamen. Diese besitzen keine Indikatorwerte und verfälschen entsprechend nicht die Bewertung. Dies waren:

- *Amphora minutissima* W. SMITH 1853 (DV-Nr. 36246, nicht in Phylib) - Tafel 91:20-23 in Hofmann et al. 2011.
- *Amphora polonica* ZELAZNA-WIECZOREK & LANGE-BERTALOT 2011 (Zelazna-Wieczorek 2011),
- *Amphora stechlinensis* LEVKOV & METZELTIN, z.B. in Hofmann et al. (2011), Tafel 91.
- *Encyonopsis thienemannii* (Hustedt) Krammer 1997

Außerdem wurden für die PHYLIB-Importdatei folgende Veränderungen an der Taxaliste vorgenommen, siehe auch Fotos (Ordner „Abgabe Diatomeenfotos SH Seen 2024“):

- *Achnanthidium minutissimum:* Diese Objekte waren für die Varietät *minutissimum* zu schmal (<2,5µm) und entsprachen dem Taxonkonzept „*Achnanthes minutissima* var. <<Sippe mit besonders schmalen Schalen>>“ sensu Krammer und Lange-Bertalot (2004), Tafel 32, S. 312. Dieses Jahr auch unterschieden, ob dies *Achnanthidium lineare*, *A. sublineare* oder ein anderes Taxon mit schmalen Schalen war (als Kommentar).
- *Amphora inariensis*: Es kamen regelmäßig *A. inariensis* vor, die zu kurz waren und mit *A*. (cf.) *inariensis* gekennzeichnet wurden. Obwohl sie <15µm lang waren wurden sie für PHYLIB ohne cf eingegeben und gegebenenfalls mit „echten“ *A. inariensis* aufaddiert, weil sie so auch in Hofmann et al. (2011) (Tafel 91:9) abgebildet ist und somit im Eichdatensatz vermutlich als solche erfasst wurde.
- *Amphora lange-bertalotii* var. *tenuis* und var. *lange-bertalotii*: Die Varietäten für diese Art werden weder in PHYLIB noch in der DV-Nr. Liste unterschieden. Deshalb wurde die Art für PHYLIB immer als *Amphora lange-bertalotii* eingegeben.
- *Caloneis schumanniana* (DV-Nr. 36023) steht mit dieser DV-Nr. in Hofmann et al. (2011). Für PHYLIB wurde dieses Taxon mit der DV-Nr. 6304 = *Caloneis schumanniana* var. *schumanniana* ersetzt, weil nur dieses Taxon Indikatorwerte hat.
- *Cymbella excisa var. angusta*: Diese Varietät ist nicht in PHYLIB enthalten und wurde deshalb als *Cymbella excisa* (DV-Nr. 36034) eingegeben.
- *Cymbella hustedtii var. crassipunctata*: Diese Varietät ist nicht in PHYLIB enthalten und wurde deshalb als *Cymbella hustedtii* (DV-Nr. 36036) eingegeben.
- *Encyonema silesiacum* war immer die Varietät var. *altensis* Krammer. Im Gegensatz zu acht anderen Varietäten ist diese Varietät weder in PHYLIB noch in der DV-Nr. Liste enthalten. Deshalb wurde diese Varietät für PHYLIB als *Encyonema silesiacum* eingegeben.
- *Encyonema ventricosum* war immer der Morphotyp 1. Die Morphotypen für diese Art werden weder in PHYLIB noch in der DV-Nr. Liste unterschieden. Deshalb wurde die Art für PHYLIB als *Encyonema ventricosum* eingegeben.

- *Encyonopsis cesatii* (DV-Nr. 36063) steht mit dieser DV-Nr. in Hofmann et al. (2011). Für PHYLIB wurde dieses Taxon mit der DV-Nr. 26147 = *Encyonopsis cesatii* var. *cesatii* ersetzt, weil nur dieses Taxon Indikatorwerte hat.
- *Fragilaria mesolepta* enthält hier, entsprechend Hofmann et al. (2011), sowohl *F. mesolepta* sensu stricto, als auch sensu lato (siehe auch jeweils Kommentar der Phylib-Importdatei). Letzteres Taxon heißt nun *F. subconstricta* Oestrup und/oder *Fragilaria aequalis* Heiberg (siehe z.B. Reichardt 2018, Werum et al. 2024).
- *Gomphonema linearoides* LEVKOV (z.B. Tafel 195 Levkov et al. 2016) wurde als *Gomphonema olivaceum* var. *olivaceum* eingegeben.
- *Gomphonema* (cf). *rhombicum*: Für PHYLIB wurde kein cf. für diese vier zu kurzen (<36µm) Exemplare gesetzt (0,8% in Probe GrRa T8), weil sie so auch in Hofmann et al. (2011) abgebildet sind (Tafel 96:6).
- *Gyrosigma acuminatum* (DV-Nr. 36096) steht mit dieser DV-Nr. in Hofmann et al. (2011). Für PHYLIB wurde dieses Taxon mit der DV-Nr. 6036 = *Gyrosigma acuminatum* var*. acuminatum* ersetzt, weil nur dieses Taxon Indikatorwerte hat.
- *Navicula* (cf). *utermoehlii*: Für PHYLIB wurde kein cf. für diese zu kleinen (<8x4,5 µm) Exemplare gesetzt, weil sie so auch in Hofmann et al. (2011) abgebildet sind (Tafel 40:23-24).
- *Placoneis clementis* entsprach Tafel 47:5-9 in Hofmann et al. (2011) und wird nun nach Lange-Bertalot et al. (2017) *P. clementispronina* genannt, der ergänzten und teilweise taxonomisch überarbeiteten, englischen Übersetzung von Hofmann et al. 2011. Für PHYLIB weiterhin *P. clementis* genannt, weil nur dieser Name enthalten ist.
- *Planothidium frequentissimum* (LANGE-BERTALOT) LANGE-BERTALOT (DV-Nr. 36209) steht mit dieser DV-Nr. in Hofmann et al. (2011). Für PHYLIB wurde dieses Taxon mit der DV-Nr. 16606 = *Planothidium frequentissimum* var. *frequentissimum* ersetzt, weil nur dieses Taxon Indikatorwerte hat.
- *Planothidium pumilum* BAK & LANGE-BERTALOT nach Lange-Bertalot et al. (2017; Tafel 25:72-75), der ergänzten und teilweise taxonomisch überarbeiteten, englischen Übersetzung von Hofmann et al. 2011, wurde entsprechend Hofmann et al. 2011 (Tafel 24:59,62) für PHYLIB als *Planothidium granum* eingegeben.
- *Staurosira construens* var. *triundulata* (Reichelt ex Østrup) P.B. Hamilton 1995. Diese Varietät ist nicht in PHYLIB enthalten und wurde deshalb als *Fragilaria construens* (DV-Nr. 16573) eingegeben, siehe z.B. S. 379, Tafel 3 in Werum et al. (2024).
- Wurde ein Taxon mit und ohne cf. identifiziert, dann wurde das „cf.“ für PHYLIB als „sp.“ eingegeben. Kamen dadurch mehr als ein „sp.“ derselben Gattung vor, so wurden sie für PHYLIB aufaddiert.

Zusätzlich zum Auftrag wurden auch planktische Diatomeen erfasst, d.h. zusätzlich zu den mindestens 500 benthischen Diatomeenobjekten. Da die Probenahme auf benthische Diatomeen ausgerichtet ist, wurden die planktischen Diatomeen nur erwähnt und unterstützend zur Bewertung mit herangezogen, wenn sie >10 % stellten. Hier bezieht sich Prozent Plankton stets auf die Summe aller planktischen und benthischen Diatomeenobjekte (= 100 %) (Tab. 4 und 6, Kapitel 4.1 und 4.2).

Häufige Diatomeen (> 5 % Abundanzanteil in mindestens einer Probe) und nicht eindeutig bestimmbare Taxa, die in Valvenansicht vorlagen, wurden photographisch dokumentiert (siehe jpgs auf DVD).

4. Ergebnisse

Im Folgenden werden folgende Standard-Farbkodierungen genutzt:

	Ökologische Zustandsklasse
1	sehr gut
2	gut
3	mäßig
4	unbefriedigend
5	schlecht
	ungesicherte Bewertung

Insgesamt gibt es mehrere **Kriterien der Nichtauswertbarkeit und Nichtbewertbarkeit** (Schaumburg et al. 2014). "Proben können zur Bewertung nicht herangezogen werden, wenn der Anteil nur bis zur Gattung bestimmter, nicht bestimmbarer (spec) und/oder nicht eindeutig bestimmbarer Formen [im Folgenden "**cfs**"] einen Wert von 5 % überschreitet." (Schaumburg et al. 2014, S. 46). Dies ist kein sinnvolles Ausschlusskriterium, weil vielmehr wichtig ist, wie viel Prozent indikativer Taxa insgesamt in die Bewertung eingehen. Hier liefert die PHYLIB-Software einen Anhaltspunkt, weil sie die Anzahl und Häufigkeiten der Taxa mit einem Trophiewert angibt und die Anzahl der Taxa, die in den Referenzartenquotienten einfließt (siehe Tab. 4 und 6).

Mit Null bis 4,3 % lag die Summe der cfs in 19 der 22 Messstellen unter 5 % und beeinflusste die Bewertung dort nicht. Insgesamt mussten hier die meisten Objekte mit cf bezeichnet werden, wenn Taxa nur in der Gürtelbandansicht vorlagen und keiner Valvenansicht sicher zugeordnet werden konnten. Für diese Taxa liegen keine Fotos vor. Andere problematische Taxa, die in Valvenansicht vorlagen, wurden fotographisch dokumentiert (siehe DVD, Abb. 5). In den restlichen drei Messstellen lag die Summe der cfs bei 6,1 % (Probe Sel T9), 11,5 % (Sel T7) und 13,2 % (Sel T4). Grund waren vor allem die Abundanzen von *Cymbella* cf. *vulgata* (9,7% in Probe Sel T7) und *Fragilaria* cf. *radians* (12,2 % bzw. 6,1 % in den Proben Sel T4 bzw. Sel T9) (Tab. 6; Abb. 5).

Besonders problematisch ist der *Fragilaria radians-vaucheriae* Komplex (siehe Abb. 5), weil viele Schalen nach Hofmann et al. (2011) oder Lange-Bertalot et al. (2017) nicht eindeutig zuzuordnen sind, jedoch *F. radians* Referenzart (Kategorie A) für viele Seentypen ist (allerdings nicht für D10.1 und D13.1), mit einem Trophiewert Nord von 0,38 und *Fragilaria vaucheriae* hingegen Degradationszeiger (Kategorie C) für fast alle Seentypen ist (einschließlich D10.1 und D13.1) und einen Trophiewert Nord von 5,33 besitzt. Beide Taxa kommen oft nebeneinander vor. Unklar ist, wie im Eichdatensatz mit den nicht eindeutig zuzuordneten Objekten umgegangen wurde und noch unklarer ist, wie dieser Artkomplex zukünftig aufgeschlüsselt werden wird: *Fragilaria vaucheriae* und *Fragilaria radians* sind in jedem Falle nach neuestem taxonomischen Stand so (Hofmann et al. 2011, Lange-Bertalot et al. 2017) nicht haltbar (siehe z.B. Tuji und Williams 2013, Van de Vijver 2022, Wetzel und Ector 2015). Dementsprechend wurden unklare Objekte mit cf versehen, damit sie nicht in die Bewertung mit einfließen.

Im letzten Untersuchungsjahr 2021 wurde *Fragilaria* cf. *radians* (<33µm lang) für die PHYLIB-Bewertung ohne cf als *Fr. vaucheriae* gewertet, weil ich sie früher als solche (F. vauch.) zählte (vgl. Abb. 5; Werner 2022). Deshalb wurden für den Altdatenvergleich die PHYLIB-Bewertungen für das Jahr 2021 noch einmal mit *F.* cf. *radians* berechnet. Dies veränderte die Bewertungen im Großen Ratzeburger See kaum (Tab. 5) und im Selenter

See auch nur geringfügig (Tab. 7), da *F*. cf. *radians* nur maximal 2,6 % in 21 Proben und 7,2 % in Sel T4 im Jahr 2021 stellte. Allerdings sind durch nun >5 % cfs (2021_Sel T4 mit 7,2 % und 2021_Sel T8 mit 5,3 % cfs) für PHYLIB diese zwei Proben nur ungesichert bewertbar, aus fachgutachterlicher Sicht aber weiterhin belastbar bewertet (Tab. 5 und 7; Kapitel 4.1-2).

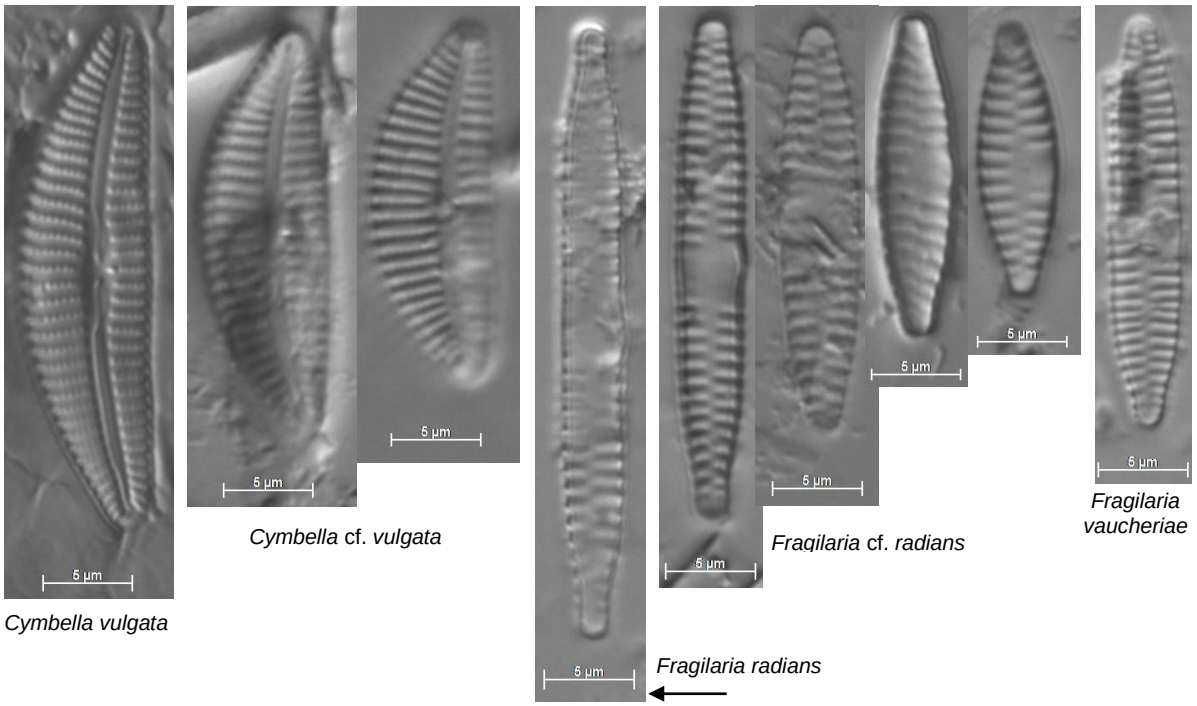


Abbildung 5: Häufige cf-Taxa (>5 % in mindestens einer Probe) *Cymbella* cf. *vulgata*, *Fragilaria* cf. *radians* und ähnliche Taxa.

Auch der Taxakomplex um *Cymbella vulgata* bleibt weiterhin taxonomisch problematisch. Jedoch besitzt dieses Taxon für die vorliegenden Seetypen (D10.1 und D13.1) derzeit keine Indikatorwerte und fließt entsprechend auch ohne cf nicht in die Bewertung ein. Falls sich dies in Zukunft ändert, wurden die cfs getrennt erfasst und fotografisch dokumentiert (Abb. 5).

Insgesamt lag der Anteil an cfs somit meist nur geringfügig über der 5 % Hürde und sollte als einziges Kriterium kein Ausschlusskriterium für eine gesicherte Bewertung sein. So flossen zum Beispiel für zwei der drei Proben mit über 5 % cfs (Sel T4 und Sel T9) insgesamt 35 bzw. 30 RAQ-Taxa in den RAQ ein, sowie 77 % bzw. 66 % aller Objekte in den Trophieindex, was häufig eine solidere Datengrundlage darstellt, als für andere, von PHYLIB als gesichert bewertete Proben (z.B. Sel T5, Sel T6 oder Sel T10; Tab. 6). Entsprechend sind diese beiden Proben aus fachgutachterlicher Sicht gesichert bewertbar. Für Probe Sel T7 flossen nur 6 % in den Trophieindex ein, weshalb diese Probe (11,5 % cfs) auch aus fachgutachterlicher Sicht nicht gesichert bewertet werden kann (vgl. Kapitel 4.2).

Ein weiteres Ausschlusskriterium sind > 5 % **aerophile Diatomeen** (Schaumburg et al. 2014). Aerophile Taxa kamen laut PHYLIB 5.3 nicht vor (n = 22) und beeinflussten die Bewertungen demnach nicht.

Für eine verlässliche Bewertung mit dem Modul **Referenzartenquotient** (RAQ) werden für Gewässer des Diatomeentyps DS 10.1 und DS 13.1 zwölf indikative Taxa für eine gesicherte

Bewertung gefordert (Schaumburg et al. 2014). Für die 22 Messstellen beruhte das RAQ-Modul auf 12-35 Taxa (Median 22,5) und gelten somit als verlässliche Bewertungen.

Für den hier genutzten **Trophie-Index TI_{Nord}** gilt, dass die Bewertung nur dann als gesichert gilt, wenn der Anteil der eingestuften Taxa mindestens 60% erreicht und ansonsten nur eine ungesicherte Bewertung des Teilmoduls Diatomeen vorgenommen werden kann (Schaumburg et al. 2014). In allen zwölf Proben des Großen Ratzeburger Sees und in sechs der zehn Proben des Selenter Sees flossen 66-94 % der Objekte in den TI_{Nord} ein (Median 85 %, n=18). Diese Bewertungen gelten demnach als gesichert (siehe Kapitel 4.1 und 4.2). In den Proben Sel T1 (52,5 %), Sel T2 (53,0 %), Sel T7 (6,0 %) und Sel T8 (57,0 %) lag die Häufigkeit der Trophie-eingestuften Taxa dreimal knapp und einmal deutlich unter 60 %, womit diese Messstellen anhand von benthischen Diatomeen laut PHYLIB nicht gesichert bewertet werden konnten. Grund waren, in den drei Proben Sel T1, T7 und T8, vor allem hohe Abundanzen von *Cymbella parva* und *Cymbella vulgata* (zusammen 39 %, 78 % bzw. 32 %), die für Seen keinen Trophiewert besitzen. In Probe Sel T2 lag dies vor allem an *Fragilaria construens f. venter* und *Fragilaria elliptica* (zusammen 24 %) (siehe Kapitel 4.2).

4.1 Großer Ratzeburger See

Häufige Diatomeen-Taxa: Die benthischen Diatomeenproben des Großen Ratzeburger Sees aus dem Jahr 2024 wurden mit 0-30 % pro Probe (Median 12 %, n= 12) von *Cocconeis neothumensis* dominiert, sowie von *Amphora indistincta* (4-18 %; Median 11 %) und *Amphora pediculus* (5-22 %; Median 10 %). Diese drei Taxa sind mit Trophiewerten (TW) zwischen 2,2 und 2,9 moderat eutraphent, wie auch *Karayevia clevei* var. *clevei* (0-19%, Median 6 %, häufig (>5 %) in acht Proben). Ebenso häufig (achtmal >5 %) war die hoch eutraphente *Cavinula scutelloides* (TW 3,91; 0-13 %, Median 7 %; Tab. 4). Außerdem waren folgende Taxa in einer bis vier Proben häufig (>5 %), die oft Degradationszeiger (C-Arten in Tab. 4) und Indikatoren von (z.T. hoch) eutrophen Zuständen sind: *Cocconeis placentula var. placentula, Epithemia sorex, Fragilaria brevistriata, Fragilaria pinnata* var*. pinnata, Geissleria cummerowi, Navicula cryptotenella, Navicula rotunda, Nitzschia fonticola, Nitzschia paleacea, Planothidium frequentissimum.* In einer Probe war die oligotrophe *Navicula cryptotenelloides* häufig (Tab. 4).

Bewertung mit PHYLIB: Die Anzahl der Diatomeen-Taxa mit Trophie-Wert je Probe lag zwischen 33 und 55, wobei diese Taxa 78-90 % (n=12) aller Diatomeenobjekte je Probe stellten. Somit enthielten alle zwölf Proben einen ausreichend hohen Anteil an Trophie-indikativen Taxa für eine gesicherte Trophie-Bewertung. Insgesamt wurden zehn der zwölf Proben aus dem Großen Ratzeburger See basierend auf dem **Trophieindex Nord** (TI_{Nord}) mit mäßig (3) bewertet, eine Messstelle mit gut (2; GrRa T1) und eine mit unbefriedigend (4; GrRa T11), alle gesichert (Tab. 4).

Die Anzahl der **Referenzartenquotient** (RAQ)-Arten je Probe lag zwischen 16 und 33, die RAQ-Bewertungen gelten somit als gesichert. Unter den 16 häufigen Taxa kamen als RAQ-Arten vier Degradationszeiger (Kategorie C) und keine Referenzart (Kategorie A) vor. Entsprechend werden elf Messstellen des Großen Ratzeburger Sees basierend auf dem RAQ mit unbefriedigend (4) und eine mit schlecht (5) bewertet (Tab. 4).

Tabelle 4: Häufige (>5 %) Diatomeen-Taxa und Zusammenfassung der Bewertung der Proben anhand von benthischen Diatomeen im Jahr **2024** im **Großen Ratzeburger See** mit PHYLIB 5.3 vom Februar 2016 für den Seentyp D 10.1.

Sechsstellige Zahl = Messstellennummer, TW_{Nord} = Trophiewert Nord, D10.1 = Diatomeen-Seentyp 10.1, RA = Artgruppe für den Referenzartenquotienten (RAQ): A = Referenzart, C= Degradationszeiger, *Co. pla*. var. *placentula* = *Cocconeis placentula* var. *placentula*, *Fragilaria pin.* var. *pinnata* = *Fragilaria pinnata* var. *pinnata, Pl. frequentissimum* = *Planothidium frequentissimum*, Gesamt # = Anzahl identifizierter Taxa pro Probe, TI-# = Anzahl der Taxa, die in den Trophieindex (TI) einfloss, TI-Kl = ökologische Zustandsklasse anhand des TI, RAQ-# = Anzahl der Taxa, die in den RAQ einfloss, RAQ-Kl = ökologische Zustandsklasse anhand des RAQ, DI = Diatomeenindex, ÖZ D = ökologische Zustandsklasse (ÖZ) anhand benthischer Diatomeen, FAG = fachgutachterliche Bewertung.

	Großer Ratzeburger See 2024, OWK 0117, WRRL-Typ 10,TKg - 10, D10.1													
	130299 27.07. GrRa T1	**130300 27.07. GrRa T2**	**130301 25.07. GrRa T3**	**130302 27.07. GrRa T4**	**130303 25.07. GrRa T5**	**130304 25.07. GrRa T6**	**130305 25.07. GrRa T7**	**129806 26.07. GrRa T8**	**129807 26.07. GrRa T9**	**130306 26.07. GrRa T10**	**130307 26.07. GrRa T11**	**130308 27.07. GrRa T12**	**TW Nord**	**D10.1 RA**
Amphora indistincta	18	10	12	11	9	15	11	11	6	18	4	16	2,89	-
Amphora pediculus	12	10	5	13	11	5	5	10	22	5	9	11	2,89	-
Cavinula scutelloides	4	6	8	8	6	8	13	2	12	2	0	11	3,91	C
Cocconeis neothumensis	30	10	17	16	5	13	20	6	12	7	0	19	2,15	-
Co. pla. var. *placentula*	0	2	1	0	11	2	1	0	0	1	3	3	3,45	-
Epithemia sorex	0	0	0	0	0	0	0	14	12	0	1	0	2,46	-
Fragilaria brevistriata	3	4	1	3	1	5	0	1	0	2	0	1	2,81	-
Fragilaria pin. var. pinnata	2	7	3	4	1	10	1	8	1	6	3	1	2,57	-
Geissleria cummerowi	0	1	1	2	7	0	0	1	0	2	0	2	-	-
Karayevia clevei var. *clevei*	7	6	7	6	2	12	15	8	3	19	0	4	2,25	-
Navicula cryptotenella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	-	-
Navicula cryptotenelloides	0	1	0	0	2	0	0	0	6	0	2	0	1,37	C
Navicula rotunda	1	10	6	2	6	2	2	0	0	0	0	4	2,9	-
Nitzschia fonticola	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	14	0	3,72	C
Nitzschia paleacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	3,5	C
Pl. frequentissimum	2	1	14	4	3	1	8	2	4	2	1	4	2,28	-
Summe (%)	80	68	75	68	64	74	76	65	76	64	50	75		
cfs %	0,2	0,6	0,2	1,0	0,0	0,4	0,2	0,2	0,6	0,6	0,4	0,4		
Plankton %	0,0	4,5	1,0	0,6	12,2	6,1	1,0	7,8	3,8	6,2	45,9	1,4		
Gesamt #	49	73	49	67	64	56	47	66	59	70	72	59		
TI-#	33	50	35	40	45	38	33	44	38	47	55	41		
TI[%]	89,3	88,2	84,7	83,8	78,1	88,5	89,1	85,6	88,1	80,7	78,3	90,3		
TI	0,63	0,53	0,59	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,55	0,53	0,36	0,51		
RAQ-#	17	31	19	22	26	22	16	28	22	28	33	23		
RAQ	0,18	0,16	0,11	0,14	0,19	0,05	0,00	0,14	0,09	0,18	0,21	0,09		
DI	0,40	0,34	0,35	0,34	0,37	0,29	0,27	0,34	0,32	0,35	0,29	0,30		
ÖZ D	3,2	3,4	3,4	3,5	3,3	3,7	3,8	3,5	3,6	3,4	3,7	3,6		
ÖZ D FAG	3	3	3	3	3	4	4	3	4	3	4	4		
ÖZ D See							3,4							
ÖZ D See FAG							3							

Basierend auf dem TI und dem RAQ lag der **Diatomeen-Index** (DI) je Probe zwischen 0,27 und 0,40 (Median 0,34, n=12). Dementsprechend wird der ökologische Zustand für sieben Proben basierend auf dem DI als mäßig (3) bewertet und für die weiteren fünf Proben als unbefriedigend (4), alle gesichert. Basierend auf der Artenzusammensetzung kann die ökologische Bewertung aller zwölf Einzelproben insgesamt aus fachgutachterlicher Sicht als weitestgehend plausibel angesehen werden (Tab. 4). Allerdings ist in den Proben GrRa 1 und GrRa 7 die Diskrepanz zwischen Trophieindex (TI; gute bzw. mäßige Bewertung) und Referenzartenquotient (RAQ; unbefriedigende bzw. schlechte Bewertung) auffällig. Fachgutachterlich erscheinen diese TIs und RAQs an sich plausibel. Mit 17 bzw. 16 ist die Anzahl der RAQ-Taxa hier am niedrigsten (19-33 RAQ-Taxa in den restlichen Proben), aber immer noch deutlich über den zwölf für eine gesicherten Bewertung geforderten Taxa. Grundsätzlich ist der TI das solidere Modul, weil es auf relativen Häufigkeiten und nicht auf „presence-absence data“ wie der RAQ beruht. Insgesamt erscheinen die DIs durch die Mittelung plausibel, eventuell sind sie tendenziell etwas zu schlecht bewertet.

Insgesamt bewerteten die **Litoraldiatomeen** den ökologischen Zustand des **Großen Ratzeburger Sees** im Jahr 2024 mit mäßig (3,49) basierend auf den Dezimalzahlen und 3,4 basierend auf den ganzen Zahlen (wie von PHYLIB gefordert). Das Bewertungsergebnis wird aus fachgutachterlicher Sicht anhand der Diatomeengesellschaft als plausibel angesehen. Durch die Bewertung nahe der Klassengrenze zeigten sich deutliche Tendenzen zum unbefriedigenden ökologischen Zustand.

Die zusätzlich erfassten **planktischen Diatomeen**objekte stellten nur 0-8 % in zehn der zwölf Proben und lassen dort keine weitere Aussage zum ökologischen Zustand zu. In den übrigen beiden Messstellen stellten sie 12 % (GrRa T5) bzw. 46 % (GrRa T11, Tab. 4) und wurden von *Cyclostephanos dubius* dominiert, Zeiger hoher Trophie nach Mischke und Nixdorf (2008), ebenso wie die häufigen *Cyclostephanos delicatus* und *Cyclostephanos invisitatus*. Insgesamt weisen die planktischen Diatomeen entsprechend auf einen unbefriedigenden Zustand des Freiwassers hin, ähnlich wie die benthischen Diatomeen.

Vergleich mit Altdaten: Wie schon im letzten Untersuchungsjahr 2021, wurden die Proben des Großen Ratzeburger Sees auch im Jahr 2024 von *Amphora indistincta, Amphora pediculus* und *Cocconeis neothumensis* dominiert: Zusammen stellten sie 34 % aller erfassten Objekte im Jahr 2024 und 25 % im Jahr 2021 (Tab. 4; Werner 2022). Auch im Untersuchungsjahr davor (2015) wurde der See von *Amphora pediculus* dominiert (2015: 4,6-61,2 %, im Mittel 18,1 %, 2021: 9,7 %, n=12). Auch *Cocconeis neothumensis* (2015: im Mittel 6,4 %, n=12; 2021: 8,0 %) und *Amphora indistincta* (2015: 10,6 %, n=12; 2021: 7,5 %) waren am zweithäufigsten, allerdings zusammen mit *Navicula rotunda* (2015: 6,4 %; 2021 nur 2,9 %, 2024 nur 2,8 %) und *Karayevia clevei* var. *clevei* (6,4 %, n=12; 2021: 5,4 %, 2024: 7,4 %) (Biota 2016; Werner 2022; Tab. 4).

Der Diatomeenindex (DI) zeigte für elf Messstellen eine Verschlechterung von 2,8-3,4 (mäßig) im Jahr 2008 auf 3,3-3,9 bzw. ungesichert 4,0 (meist unbefriedigend) im Jahr 2015 an. Nur in Probe GrR 6 zeigten die Diatomeen eine leichte Verbesserung an (3,8 im Jahr 2008 auf 3,7 im Jahr 2015). Von 2015 bis 2018 verbesserte sich die Bewertung etwas in neun Proben, aber verschlechterte sich weiter in drei Messstellen. Dann erfolgte bis 2021 tendenziell wieder eine Verschlechterung auf 3,2-3,8 (meist unbefriedigend), also zurück auf ein ähnliches Niveau wie 2015, bis auf die im Westen bzw. südlichen Westen gelegenen GrRa T3 und T5, die im Jahr 2021 beide mit 2,8 bewertet wurden bzw. T10 und T7 die sich auf 3,4 bzw. 3,7 wieder leicht verbesserten. Im Jahr 2024 verschlechterten sich GrRa T3 und

T5 wieder auf 3,4 bzw. 3,3. Insgesamt lag auch im Jahr 2024 das Niveau mit 3,2-3,8 (meist mäßig) wieder nahe der Klassengrenze zwischen mäßig und unbefriedigend (Abb. 6, Tab. 5).

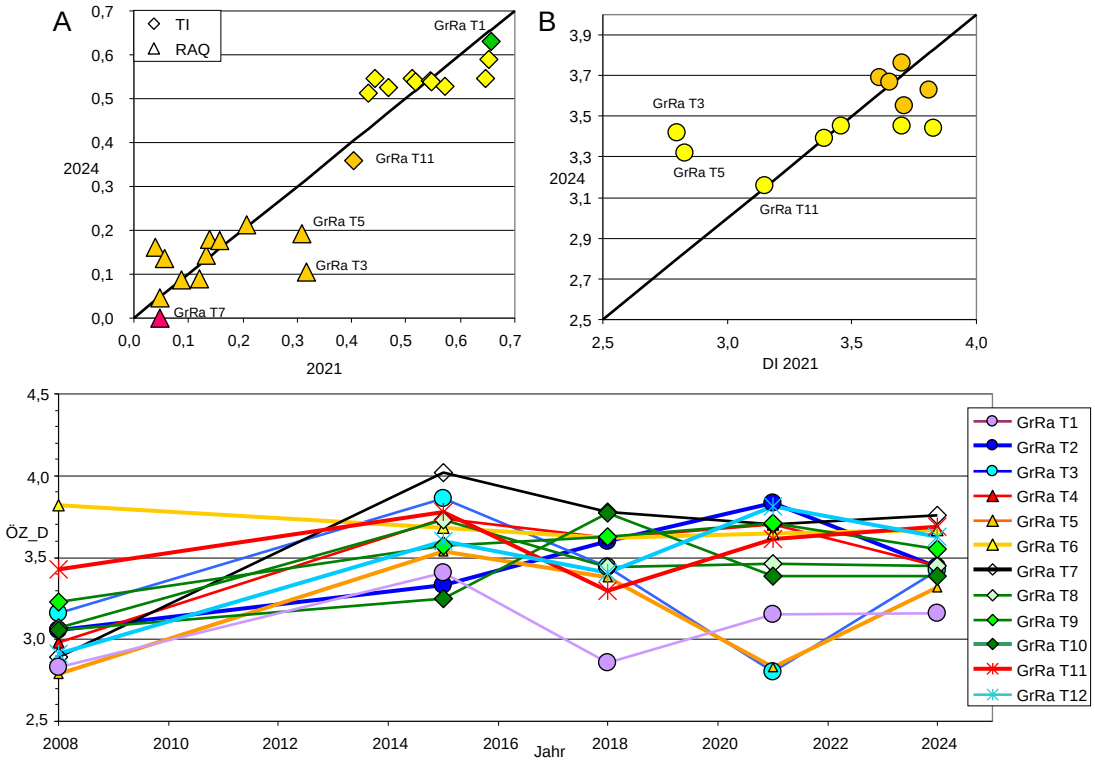


Abbildung 6: Vergleich der Bewertungen der Messstellen (T1-T12) anhand von benthischen Diatomeen im **Großen Ratzeburger See** (GrRa) durch den **A) TI** (Raute) und **RAQ** (Dreieck) sowie **B)** dem **DI** (Kreis) im Vergleich der Jahre **2021 und 2024**; **C)** ökologische Zustandklasse (**ÖZ D**) anhand von PHYLIB in den Untersuchungsjahren **2008, 2015, 2018, 2021** und **2024**. A) und B) mit 1:1 Linie (keine Veränderung); die Farbkodierung entsprechend den 2024-Bewertungen (grün = gut, gelb = mäßig, orange = unbefriedigend). C) ohne Farbkodierung. Aus fachgutachterlicher Sicht waren die Proben gesichert bewertet, für PHYLIB nicht immer (vgl. Tab. 5).

Die **Gesamtbewertung** des Großen Ratzeburger Sees anhand von benthischen Diatomeen wurde entsprechend im Jahr 2008 noch klar mit mäßig (3,1) bewertet, während in den folgenden Jahren die Bewertung an der Klassengrenze zwischen mäßig (3) und unbefriedigend (4) lag, laut PHYLIB mit ÖZ_D_{See} (ÖZ) von 3,7 im Jahr 2015, ÖZ 3,5 im Jahr 2018, ÖZ 3,6 im Jahr 2021 und ÖZ 3,4 im Jahr 2024 (Abb. 6, Tab. 5). Demnach sind anhand der Diatomeenergebnisse entsprechend der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU WRRL 2000) Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität erforderlich.

Tabelle 5: Historische Bewertungen des **Großen Ratzburger Sees** anhand von **benthischen Diatomeen**. Alle Daten wurden mit PHYLIB 5.3 (Feb. 2016) berechnet.
Altdaten vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein und Werner (2022); TI = Trophieindex, RAQ=Referenzartenquotient, DI= Diatomeenindex, ÖZ D = ökologische Zustandsklasse basierend auf benthischen Diatomeen, FAG = fachgutachterliche Bewertung, grau = Bewertung nicht gesichert, dunkelgrau = nur einmal bewertete Messstelle 129805 (T0), die ~250m nördlich von GrRa T9, nahe der Kläranlage, liegt. 2021alt und 2021: nur minimale Änderungen durch die Neuberechnung mit der Zuordnung von *Fragilaria* cf. *radians* als solche statt als *Fragilaria vaucheriae* (siehe oben und Abb. 5).

Messstelle	Jahr	TI	RAQ	DI	ÖZ D	ÖZ D FAG
130299	2008	0,67	0,29	0,48	2,8	3
GrRa T1	2015	0,56	0,14	0,35	3,4	3
	2018	0,67	0,27	0,47	2,9	3
	2021alt	0,66	0,16	0,41	3,2	3
	2021	0,66	0,16	0,41	3,2	3
	2024	0,63	0,18	0,40	3,2	3
130300	2008	0,65	0,20	0,43	3,1	3
GrRa T2	2015	0,51	0,22	0,37	3,3	3
	2018	0,51	0,10	0,31	3,6	4

Messstelle	Jahr	TI	RAQ	DI	ÖZ D	ÖZ D FAG
130300	2021alt	0,46	0,04	0,25	3,8	4
GrRa T2	2021	0,47	0,04	0,25	3,8	4
	2024	0,53	0,16	0,34	3,4	3
130301	2008	0,61	0,20	0,41	3,2	3
GrRa T3	2015	0,41	0,08	0,25	3,9	4
	2018	0,51	0,17	0,34	3,4	3
	2021alt	0,65	0,32	0,48	2,8	3
	2021	0,65	0,32	0,48	2,8	3
	2024	0,59	0,11	0,35	3,4	3
130302	2008	0,63	0,26	0,45	3,0	3
GrRa T4	2015	0,50	0,05	0,27	3,7	4
	2018	0,50	0,11	0,30	3,6	4
	2021alt	0,51	0,06	0,28	3,7	4
	2021	0,51	0,06	0,28	3,7	4
	2024	0,55	0,14	0,34	3,5	3
130303	2008	0,70	0,27	0,49	2,8	3
GrRa T5	2015	0,49	0,15	0,32	3,54	3
	2018	0,55	0,16	0,36	3,4	3
	2021alt	0,65	0,31	0,48	2,8	3
	2021	0,65	0,31	0,48	2,8	3
	2024	0,55	0,19	0,37	3,3	3
130304	2008	0,46	0,05	0,26	3,8	4
GrRa T6	2015	0,48	0,10	0,29	3,7	4
	2018	0,54	0,06	0,30	3,6	4
	2021alt	0,55	0,05	0,30	3,7	4
	2021	0,55	0,05	0,30	3,7	4
	2024	0,54	0,05	0,29	3,7	4
130305	2008	0,66	0,27	0,46	2,9	3
GrRa T7	2015	0,42	0,00	0,21	4,0	4
	2018	0,47	0,06	0,27	3,8	4
	2021alt	0,52	0,05	0,28	3,7	4
	2021	0,52	0,05	0,28	3,7	4
	2024	0,54	0,00	0,27	3,8	4
129806	2004	0,29	0,06	0,17	4,2	4
GrRa T8	2008	0,61	0,24	0,42	3,1	3
	2015	0,44	0,11	0,28	3,7	4
	2015	0,44	0,11	0,28	3,7	4
	2018	0,55	0,14	0,34	3,4	3
	2021alt	0,55	0,13	0,34	3,5	3
	2021	0,55	0,13	0,34	3,5	3
	2024	0,54	0,14	0,34	3,5	3
129805	2004	0,30	0,04	0,17	4,2	4
129807	2008	0,61	0,17	0,39	3,2	3
GrRa T9	2015	0,53	0,10	0,31	3,6	4
	2018	0,53	0,07	0,30	3,6	4
	2021alt	0,44	0,12	0,28	3,7	4
	2021	0,44	0,12	0,28	3,7	4
	2024	0,55	0,09	0,32	3,6	4
130306	2008	0,67	0,19	0,43	3,1	3
GrRa T10	2015	0,56	0,21	0,39	3,3	3
	2018	0,49	0,05	0,27	3,8	4
	2021alt	0,57	0,14	0,36	3,4	3
	2021	0,57	0,14	0,36	3,4	3
	2024	0,53	0,18	0,35	3,4	3
130307	2008	0,49	0,20	0,34	3,4	3
GrRa T11	2015	0,53	0,00	0,27	3,8	4
	2018	0,55	0,20	0,37	3,3	3
	2021alt	0,40	0,21	0,31	3,6	4
	2021	0,40	0,21	0,31	3,6	4
	2024	0,36	0,21	0,29	3,7	4
130308	2008	0,65	0,27	0,46	2,9	3
GrRa T12	2015	0,55	0,06	0,31	3,6	4
	2018	0,56	0,14	0,35	3,4	3
	2021alt	0,42	0,09	0,26	3,83	4
	2021	0,43	0,09	0,26	3,81	4
	2024	0,51	0,09	0,30	3,6	4
129805	2004	n=1			4,0	4
	2008	n=12			3,1	3
	2015	n=10			3,7	4
	2018	n=12			3,5	4
ÖZ D See	2021alt	n=11			3,6	4
	2021	n=11			3,6	4
	2024	n=12			3,4	3

4.2 Selenter See

Häufige Diatomeen-Taxa: Die benthischen Diatomeenproben des Selenter Sees aus dem Jahr 2024 wurden mit 0-37 % (Median 10 %, Mittelwert 13 %; n=10) von *Amphora pediculus* dominiert, die mit einem Trophiewert (TW) von 2,89 mäßig eutraphentes Gewässer anzeigt. *A. pediculus* war in acht der 10 Proben häufig (>5 %). Im Mittel am zweithäufigsten war *Cymbella parva* (0-54 %, Mittel 9 %, Median 0,2%, n=10), eine Art ohne Indikatorwerte, die in nur drei Proben häufig war. In sechs bzw. vier Proben waren *Amphora indistincta* (im Mittel 7 %, Median 6 %; TW 2,89) bzw. *Cocconeis neothumensis* (im Mittel 6 %, Median 3 %; TW 2,15) häufig. Die mesotrophen bis mäßig eutraphenten *Epithemia sorex* (TW 2,46), *Fragilaria brevistriata* (TW 2,81) und *F. pinnata* var. *pinnata* (TW 2,57) sowie *Cymbella vulgata* (ohne Indikatorwerte) waren jeweils in drei Proben häufig und stellten im Mittel 4-7 % der Objekte. In jeweils nur ein bis zwei Proben häufig und im Mittel mit nur 1-3 % vertreten waren die Arten ohne Indikatorewerte *Cymbella* cf. *vulgata* (Abb. 5), *Epithemia frickei*, *Fragilaria construens* f. *construens, F. construens* f. *venter*, *F. elliptica* und *F.* cf. *radians* (Abb. 5), die mesotrophen Zeiger *Epithemia adnata* (TW 2,42) und *Karayevia clevei* var. *clevei* (TW 2,25), die Degradationszeiger (C-Arten in Tab. 6) und meist Zeiger (hoch) eutropher Zustände *Cavinula scutelloides* (TW 3,91), *Fragilaria vaucheriae* (TW 5,33) und *Planothidium rostratum* (ohne TW), sowie die Referenzarten (A-Arten in Tab. 6) und meist Zeiger oligotropher Zustände *Achnanthidium minutissimum* var. *minutissimum* (ohne TW), *Encyonopsis minuta* (TW 1,02) und *Encyonopsis subminuta* (TW 1,02).

Bewertung mit PHYLIB: Die Anzahl der Diatomeen-Taxa mit Trophie-Wert je Probe lag bei 20 (Sel T7) bzw. zwischen 31 und 53, wobei diese Taxa 6 % (Sel T7) bzw. 52-57 % (n=3) sowie 66-94 % aller Diatomeenobjekte je Probe in den Messstellen stellten. Somit enthielten sechs Proben einen ausreichend hohen Anteil (>60 %) an Trophie-indikativen Taxa für eine gesicherte Trophie-Bewertung. In den Proben Sel T1, Sel T2, Sel T7 und Sel T8 hingegen besitzen allein von den jeweils häufigen Taxa (>5 %) 32-87 % keinen Trophiewert, allen voran *Cymbella parva*, *Cym. vulgata* und *Cym.* cf. *vulgata* in den Proben Sel T1 (zusammen 39 % aller Objekte), Sel T7 (87 %) und Sel T8 (32 %), sowie die kleinenschaligen „Fragilarien“ (nun *Staurosira* etc.) *Fragilaria construens* f. *construens*, *Fragilaria construens* f. *venter* und *Fragilaria elliptica* mit zusammen 28 % in Sel T2. Die Ökologie von *F. elliptica* ist aufgrund unklarer Taxonomie unbekannt (Werum et al. 2024), hier wurde dem empfohlenem taxonomischen Konzept von Werum et al. (2024) gefolgt, d.h. dies war der *Fragilaria elliptica*-Sippenkomplex sensu Krammer & Lange-Bertalot (2000), der vermutlich elektrolytreichere Gewässer bevorzugt. *F. construens* f. *construens* und *F. construens* f. *venter* sind hingegen Ubiquisten in Bezug auf Trophie (Hofmann et al. 2011). *Cymbella vulgata* wurde früher nicht von einem Artkomplex differenziert und weist deshalb keinen Trophiewert in PHYLIB auf, bevorzugt jedoch oligotrophe Gewässer (Krammer 2002), wie auch *Cymbella parva* (Lange-Bertalot et al. 2017). *Cymbella* cf. *vulgata* ist identisch zu *C. vulgata*, aber <7,8µm breit (Abb. 5) und ist ebenfalls diesem Artkomplex zuzuordnen. Insgesamt wurden neun der zehn Proben aus dem Selenter See basierend auf dem **Trophieindex Nord** (TI_{Nord}) mit mäßig (3) bewertet, vier davon laut PHYLIB ungesichert und eine Messstelle (Sel T6) gesichert mit gut (2) (Tab. 6). Aufgrund der genannten oligotrophen *Cymbella*-Taxa, die in PHYLIB keine Trophiewerte besitzen, sind die (ungesichert bewerteten) Proben Sel T1, Sel T7 und Sel T8 mit mäßig eher zu schlecht bewertet und eine etwas bessere bis gute Bewertung realistischer.

Tabelle 6: Häufige (>5 %) Diatomeen-Taxa und Zusammenfassung der Bewertung der Proben anhand von benthischen Diatomeen im Jahr **2024** im **Selenter See** mit PHYLIB 5.3 vom Februar 2016 für den Seentyp D 13.1.

Sechsstellige Zahl = Messstellennummer, TW_{Nord} = Trophiewert Nord, D13.1 = Diatomeen-Seentyp 13.1, RA = Artgruppe für den Referenzartenquotienten (RAQ): A = Referenzart, C= Degradationszeiger, *Ac. min*. = *Achnanthidium minutissimum*, *Fragilaria con*. = *Fragilaria construens*, *Fragilaria pin*. = *Fragilaria pinnata,* Gesamt # = Anzahl identifizierter Taxa pro Probe, TI-# = Anzahl der Taxa, die in den Trophieindex (TI) einfloss, TI-Kl = ökologische Zustandsklasse anhand des TI, RAQ-# = Anzahl der Taxa, die in den RAQ einfloss, RAQ-Kl = ökologische Zustandsklasse anhand des RAQ, DI = Diatomeenindex, ÖZ D = ökologische Zustandsklasse (ÖZ) anhand benthischer Diatomeen, FAG = fachgutachterliche Bewertung.

Selenter See 2024, OWK 0383, WRRL-Typ 13, TKg-13, D13.1

	129922	129923	129924	129925	129926	129927	129928	129929	129930	129931		
	24.07.	23.07.	23.07.	22.07.	23.07.	23.07.	24.07.	23.07.	24.07.	24.07.	**TW**	**D13.1**
	Sel T1	**Sel T2**	**Sel T3**	**Sel T4**	**Sel T5**	**Sel T6**	**Sel T7**	**Sel T8**	**Sel T9**	**Sel T10**	**Nord**	**RA**
Ac. min. var. *minutissimum*	1	6	0	1	0	12	1	1	2	0	-	A
Amphora indistincta	7	2	10	6	18	3	0	8	0	14	2,89	-
Amphora pediculus	9	2	10	14	29	13	0	6	6	37	2,89	-
Cavinula scutelloides	0	0	6	0	2	0	0	0	0	1	3,91	C
Cocconeis neothumensis	4	0	11	1	15	8	0	2	0	14	2,15	-
Cymbella parva	14	0	0	0	0	2	54	17	0	0	-	-
Cymbella vulgata	25	0	0	0	2	3	23	15	1	0	-	-
Cymbella cf. *vulgata*	4	0	0	0	0	1	10	3	0	0	-	-
Encyonopsis minuta	1	0	0	1	0	15	0	0	2	0	1,02	A
Encyonopsis subminuta	0	3	0	1	0	6	0	0	4	0	1,02	A
Epithemia adnata	2	2	0	0	3	0	0	10	0	0	2,42	-
Epithemia frickei	0	0	8	0	7	0	0	0	0	4	-	-
Epithemia sorex	16	0	0	0	5	1	4	16	0	0	2,46	-
Fragilaria brevistriata	1	14	3	13	2	0	0	1	23	3	2,81	-
Fragilaria cf. *radians*	0	2	0	12	0	0	0	0	6	0	-	-
Fragilaria vaucheriae	0	0	1	6	0	0	0	0	5	0	5,33	C
Fragilaria con. f. *construens*	0	9	2	1	0	0	0	0	3	0	-	-
Fragilaria con. f. *venter*	0	14	1	4	0	0	0	0	11	0	-	-
Fragilaria elliptica	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	-	-
Fragilaria pin. var. *pinnata*	0	9	3	7	2	0	0	3	9	4	2,57	-
Karayevia clevei var. *clevei*	1	0	4	1	4	1	0	2	0	6	2,25	-
Planothidium rostratum	1	2	6	1	1	1	0	0	0	0	-	C
Summe (%)	**85**	**71**	**67**	**68**	**89**	**67**	**94**	**84**	**77**	**85**		
cfs %	4,3	2,4	0,8	13,2	0,6	1,0	11,5	2,8	6,1	1,0		
Plankton %	0	5,1	0,8	0,8	0	0,4	0	0	0,2	0		
Gesamt #	52	79	65	74	50	72	33	50	67	51		
TI-#	34	53	47	50	32	46	20	31	49	33		
TI[%]	52,5	53,0	77,2	76,5	87,8	68,5	6,0	57,0	66,2	93,7		
TI	0,58	0,49	0,50	0,50	0,55	0,65	0,56	0,53	0,56	0,54		
RAQ-#	21	33	34	35	16	33	12	17	30	15		
RAQ	0,19	0,21	0,15	0,31	0,19	0,24	0,17	0,18	0,30	0,20		
DI	0,39	0,35	0,32	0,41	0,37	0,44	0,36	0,35	0,43	0,37		
ÖZ D	3,3	3,4	3,52	3,2	3,3	3,0	3,3	3,4	3,0	3,3		
ÖZ D FAG	3	3	4	3	3	3	2	3	3	3		
ÖZ D See	3,3											
ÖZ D See FAG	3											

Die Anzahl der **Referenzartenquotient** (RAQ)-Arten je Probe lag zwischen 12 und 35, die RAQ-Bewertungen gelten somit als gesichert. Unter den 22 häufigen Taxa kamen als RAQ-Arten drei Degradationszeiger (Kategorie C) und auch drei Referenzarten (Kategorie A) vor. Acht Messstellen des Selenter Sees wurden basierend auf dem RAQ mit unbefriedigend (4) bewertet und zwei mit mäßig (3) (Tab. 6).

Basierend auf dem TI und dem RAQ lag der **Diatomeen-Index** (DI) je Probe zwischen 0,32 und 0,44 (Median 0,37, n=10). Dementsprechend wurde der ökologische Zustand für neun Proben basierend auf dem DI als mäßig (3) bewertet, sechs davon ungesichert, und für Probe Sel T3 gesichert als unbefriedigend (4) (Tab. 6).

Laut PHYLB ist das Ergebnis (ÖZ 3) von Sel T4, Sel T7 und Sel T9 nicht gesichert bewertbar, weil diese Proben mit 13,2 %, 11,5 % bzw. 6,1 % nicht eindeutig bestimmbarer Formen (cfs) einen Wert von 5 % überschritten. Grund waren vor allem die Abundanzen von *Cymbella* cf. *vulgata* (9,7% in Probe Sel T7) und *Fragilaria* cf. *radians* (12,2 % bzw. 6,1 % in den Proben Sel T4 bzw. Sel T9) (Tab. 6; Abb. 5). Aus fachgutachterlicher Sicht sind Sel T4 und Sel T9 gesichert bewertet, weil ausreichend Taxa in die Bewertung einflossen. Der RAQ beruhte auf 38 bzw. 30 Taxa statt der geforderten Mindestanzahl von zwölf und somit meist auf (z.T. deutlich) mehr Taxa als in den anderen, von PHYLIB als gesichert bewertet angesehenen Proben. Mit 77 % bzw. 66 % aller Objekte flossen auch über 60 % der für eine gesicherten Bewertung geforderten relativen Häufigkeiten in die TI-Bewertung ein, auch hier zum Teil mehr als in den anderen, laut PHYLIB gesichert bewerteten Proben (Tab. 6). Dies unterstreicht, dass es sinnvoll wäre, die 5 % cf-Hürde als Bewertbarkeitskriterium vollständig aufzuheben, zumal nicht sicher bestimmte Taxa nicht in die Bewertung einfließen (können) und somit in den Bewertungskriterien von RAQ und TI enthalten sind. Stattdessen sollte in diesem Falle eine photographische Dokumentation der cf-Taxa gefordert werden, um eine mögliche spätere Zuordnung zu ermöglichen (siehe auch Schwarz et al. 2019).

Probe Sel T7 hingegen ist auch aus gutachterlicher Sicht nicht gesichert bewertbar, weil nur 6 % aller Objekte in den TI einflossen. Da diese Probe von Taxa des *Cymbella parva- vulgata* Komplexes dominiert wurde (zusammen 87 % der Objekte) (Tab. 6), die zwar in PHYLIB keine Indikatorwerte haben, aber oligotrophe Gewässer bevorzugen (Krammer 2002, Bertalot et al. 2017), ist diese Messstelle tendenziell eher im guten ökologischen Zustand als im mäßigen Zustand.

Auch der DI von Sel T1, Sel T2 und Sel T8 ist durch einen TI, der auf <60 % beruht laut PHYLIB ungesichert (Tab. 6). Aus fachgutachterlicher Sicht hingegen ist Sel T8 gesichert mit mäßig bewertet. Zum einen beruht der TI bei Sel T8 auf 57 % der Objekte, d.h. nur knapp unter der kritischen 60 % Grenze. Zum anderen wurde die Probe neben *Epithemia sorex* auch von *Cymbella parva* und *Cym. vulgata* dominiert. Die Cymbellen (35 % der Objekte) sind oligotrophe Zeiger ohne Indikatorwerte in PHYLIB, weshalb die (ungesicherte) DI Bewertung von 3,4 etwas zu schlecht ausfällt und eine solide mäßige Bewertung hingegen plausibel und belastbar erscheint. Die Diatomeengesellschaft von Sel T1 ist zwar ähnlich aber aus fachgutachterlicher Sicht ist die plausible mäßige Bewertung ebenfalls nicht gesichert. Hier stellte der *Cymbella*-Komplex 43% der Objekte (entsprechend beruhte der TI nur auf 52 % der Objekte) und der DI bewertete die Messstelle mit 3,3.

Basierend auf der Artenzusammensetzung ist die ökologische Bewertung der restlichen vier Einzelproben (Sel T3, T5, T6 und T10) insgesamt aus fachgutachterlicher Sicht plausibel (Tab. 6). In Probe Sel T6 ist die Diskrepanz zwischen TI (gut) und RAQ (unbefriedigend) auffällig, beide Bewertungen jedoch schlüssig. Hier stellten z.B. die oligotrophen Zeiger *Encyonopsis minuta* und *E. subminuta* 21 % der Objekte und der RAQ beruhte auf soliden 33 verschiedenen Arten. Ansonsten zeigte Sel T3 starke Tendenzen zum mäßigen Zustand, weil die Diatomeen mit 3,52 nahe der Klassengrenze bewerten.

Insgesamt bewerteten die **Litoraldiatomeen** den ökologischen Zustand des **Selenter Sees** im Jahr 2024 ungesichert mit mäßig 3,3, sowohl basierend auf den Dezimalzahlen als auch auf den ganzen Zahlen (wie von PHYLIB gefordert). Die mäßige Bewertung wird aus fachgutachterlicher Sicht anhand der Diatomeengesellschaft als plausibel und aber auch als gesichert bzw. belastbar angesehen (s.o., Tab. 6).

Die zusätzlich erfassten **planktischen Diatomeen**objekte stellten nur 0-5,1 % in den zehn Messstellen (Tab. 6), so dass hier keine unterstützende bzw. ergänzende Beurteilung anhand der planktischen Diatomeen gemacht werden kann.

Vergleich mit Altdaten: Die benthischen Diatomeenproben des Selenter Sees wurden im Jahr 2024 mit 0-37 % (Median 10 %, im Mittel 13 %; n=10) von *Amphora pediculus* dominiert, wie auch schon in den Untersuchungsjahren 2021 (4-39 %, Median 18 %, Mittel 17 %) und 2015 (3,6-40,4 %, im Mittel 18 %). Anders als in den Vorjahren war im Jahr 2024 im Mittel *Cymbella parva* am zweithäufigsten (0-54 %, Mittel 9 %, aber Median nur 0,2%, weil die Art nur in drei Proben häufig war; n=10), eine Art ohne Indikatorwerte. In den Jahren 2021 bzw. 2015 stellte der *Cymbella parva-vulgata* Komplex nur 0-5 % (Mittel und Median 2 %) bzw. 0-6 % der Objekte. Im Jahr 2021 hingegen waren *Fragilaria brevistriata* mit 0,2-26 % (im Mittel 8 %, Median 4 %) bzw. *Cocconeis neothumensis* mit 0-17 % (im Mittel 6 %, Median 5 %, n=10) am zweithäufigsten, ähnlich wie im Untersuchungsjahr 2015 wo ebenfalls *Fragilaria brevistriata* am zweithäufigsten war (2015 im Mittel 14,6 %, 2021: 8,3 %; n=10) und *Cocconeis neothumensis* häufig. Letztere Art war auch im Jahr 2024 sehr häufig mit im Mittel 6 % (Median 3 %), wohingegen *Fragilaria brevistriata* etwas weniger dominierte (aber im Mittel immer noch 6 %, Median 2 %) (Tab. 6, Werner 2022, Biota 2016).

Der Diatomeenindex (DI) indizierte an den Messstellen in den Jahren 2006 und 2009 meist einen mäßigen ökologischen Zustand (ÖZ: 3,0 bis 3,54 (ungesichert bis 3,7) bzw. 2,8 bis 3,7) und in den Jahren 2015 und 2018 eine Verbesserung zum guten bis mäßigen Zustand (ÖZ: 1,6 bis 3,2 bzw. 1,7 bis 3,0). In den Jahren 2021 und 2024 verschlechterte sich der ÖZ in allen zehn Messstellen im Vergleich zum Jahr 2018 wieder auf ein ähnliches Niveau wie in den Anfangsjahren (ÖZ 2021: 2,7 bis 3,53, n=10; gesicherte ÖZ 2024: 3,0 bis 3,52, n= 4) (Tab. 7, Abb. 7). Die **Gesamtbewertung** des Selenter Sees anhand von benthischen Diatomeen wurde entsprechend in den Jahren 2006 (3,1) und 2009 (3,2) mit mäßig bewertet, in den Jahren 2015 und 2018 mit gut bis mäßig (2,6 bzw. 2,4) und in den Jahren 2021 und 2024 wieder mit mäßig (3,1 bzw. laut PHYLIB ungesichert mit 3,3) (Tab.7, Abb. 7). Auffällig waren die deutlichen Verschlechterungen der gesicherten Diatomeenbewertungen in den Proben Sel T3 und Sel T5 um 0,8 bzw. 0,7 auf ÖZ 3,5 bzw. 3,3 im Vergleich der Jahre 2021 zu 2024 (Abb. 7 B). Beide Messstellen liegen im Westen des Sees und haben aus dem direkten Uferbereich ein relativ kleines Einzugsgebiet. Allerdings entwässert der See neben der im Norden liegenden Hohenfelder Mühlenau auch über die im Nordwesten, nahe Sel T3 liegende Salzau in die Ostsee. D.h. die Wasserqualität wird zumindest an der Messstelle Sel T3 vermutlich nicht nur vom direkt angrenzenden Uferbereich beeinflusst, weil es hier Wasserbewegungen bzw. -strömungen gibt, die Nährstoffe (etc.) aus ferner gelegenen Bereichen des Sees zur Messstelle transportieren und damit die Diatomeengesellschaft zusätzlich beeinflussen. Insgesamt sind demnach anhand der Diatomeenergebnisse entsprechend der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU WRRL 2000) Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität erforderlich.

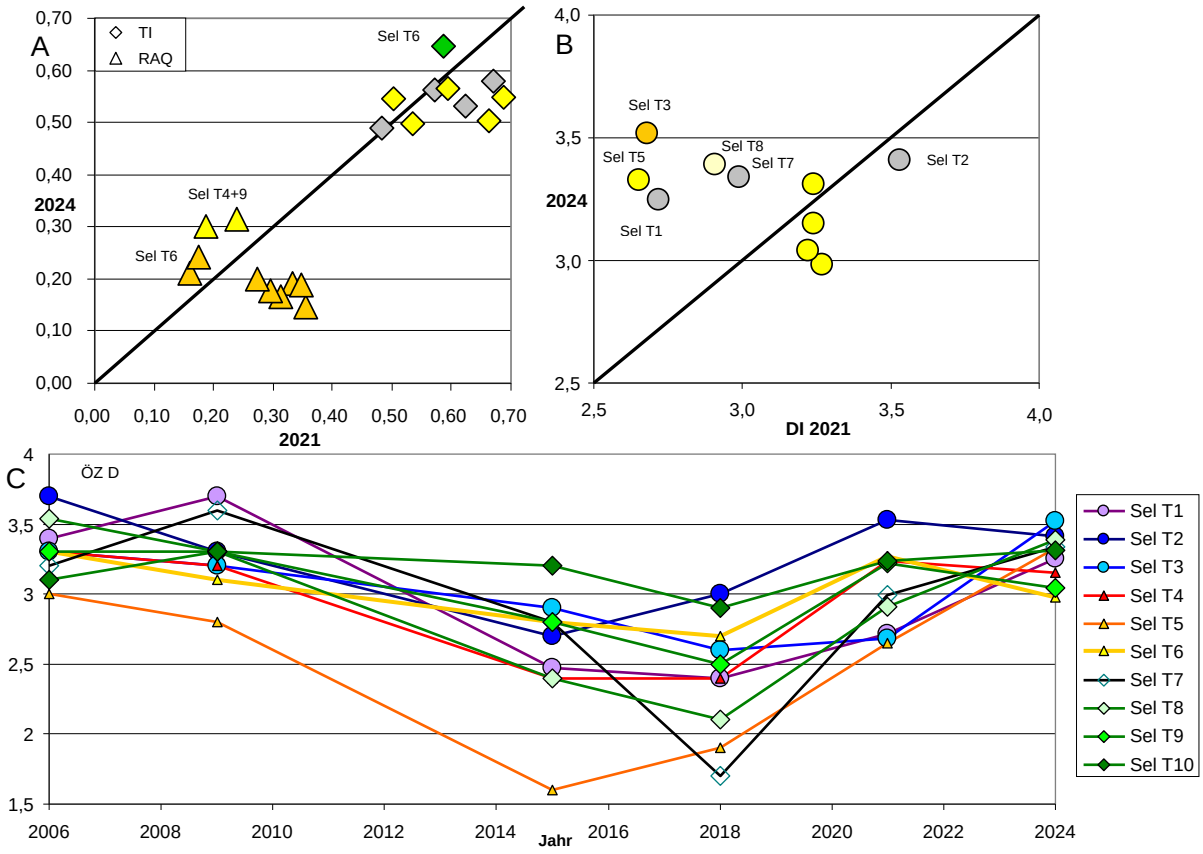


Abbildung 7: Vergleich der Bewertungen der Messstellen (T1-T10) anhand von benthischen Diatomeen im **Selenter See** (Sel) durch den **A) TI** (Raute) und **RAQ** (Dreieck) sowie **B)** dem **DI** (Kreis) im Vergleich der Jahre **2021 und 2024**; **C)** ökologische Zustandklasse (**ÖZ D**) anhand von PHYLIB in den Untersuchungsjahren **2006, 2009, 2015, 2018, 2021** und **2024**. A) und B) mit 1:1 Linie (keine Veränderung); die Farbkodierung entsprechend den 2024-Bewertungen (grün = gut, gelb = mäßig, orange = unbefriedigend; hellgelb Sel T8: PHYLIB Bewertung etwas zu gut, aber mäßig ist plausibel, siehe Text). C) ohne Farbkodierung. Im Jahr 2021 waren alle Proben gesichert bewertet, auch für PHYLIB (vgl. Tab. 7; Werner 2022).

Tabelle 7: Historische Bewertungen des **Selenter Sees** anhand von **benthischen Diatomeen**. Alle Daten wurden mit PHYLIB 5.3 (Feb. 2016) berechnet.

Altdaten vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein und aus Werner (2022); TI = Trophieindex, RAQ=Referenzartenquotient, DI= Diatomeenindex, ÖZ D = ökologische Zustandsklasse basierend auf benthischen Diatomeen, FAG = fachgutachterliche Bewertung, grau = Bewertung nicht gesichert. 2021alt und 2021: die Neuberechnung (2021) mit der Zuordnung von *Fragilaria* cf. *radians* als solche statt als *Fragilaria vaucheriae*, wodurch in zwei Proben die Summe der cfs. >5 % lag (siehe oben und Abb. 5).

Messstelle	Jahr	TI	RAQ	DI	ÖZ D	ÖZ D FAG
129922	2006	0,56	0,15	0,35	3,4	3
Sel T1	2009	0,46	0,13	0,29	3,7	4
	2015	0,72	0,40	0,56	2,47	2
	2018	0,72	0,43	0,57	2,4	2
	2021alt	0,67	0,33	0,50	2,7	3
	2021	0,67	0,33	0,50	2,7	3
	2024	0,58	0,19	0,39	3,3	3
129923	2006	0,48	0,08	0,28	3,7	4
Sel T2	2009	0,50	0,25	0,37	3,3	3
	2015	0,65	0,35	0,50	2,7	3
	2018	0,53	0,34	0,43	3	3
	2021alt	0,48	0,16	0,32	3,5	4
	2021	0,48	0,16	0,32	3,5	4
	2024	0,49	0,21	0,35	3,4	3

Messstelle	Jahr	TI	RAQ	DI	ÖZ D	ÖZ D FAG
129924	2006	0,59	0,17	0,38	3,3	3
Sel T3	2009	0,56	0,25	0,41	3,2	3
	2015	0,56	0,37	0,46	2,9	3
	2018	0,71	0,33	0,52	2,6	3
	2021alt	0,66	0,36	0,51	2,7	3
	2021	0,66	0,36	0,51	2,7	3
	2024	0,50	0,15	0,32	3,5	4
129925	2006	0,55	0,21	0,38	3,3	3
Sel T4	2009	0,58	0,21	0,40	3,2	3
	2015	0,80	0,35	0,57	2,4	2
	2018	0,76	0,38	0,57	2,4	2
	2021alt	0,50	0,24	0,37	3,3	3
	2021	0,54	0,24	0,39	3,2	3
	2024	0,50	0,31	0,41	3,2	3
129926	2006	0,60	0,30	0,45	3	3
Sel T5	2009	0,65	0,31	0,48	2,8	3
	2015	0,91	0,64	0,77	1,6	2
	2018	0,85	0,54	0,69	1,9	2
	2021alt	0,65	0,33	0,49	2,8	3
	2021	0,69	0,35	0,52	2,7	3
	2024	0,55	0,19	0,37	3,3	3
129927	2006	0,54	0,19	0,37	3,3	3
Sel T6	2009	0,60	0,23	0,41	3,1	3
	2015	0,59	0,37	0,48	2,8	3
	2018	0,73	0,29	0,51	2,7	3
	2021alt	0,57	0,18	0,37	3,3	3
	2021	0,59	0,18	0,38	3,3	3
	2024	0,65	0,24	0,44	3,0	3
129928	2006	0,55	0,24	0,39	3,2	3
Sel T7	2009	0,46	0,14	0,30	3,6	4
	2015	0,63	0,35	0,49	2,8	3
	2018	0,86	0,63	0,74	1,7	2
	2021alt	0,57	0,31	0,44	3,0	3
	2021	0,57	0,31	0,44	3,0	3
	2024	0,56	0,17	0,36	3,3	2
129929	2006	0,44	0,21	0,32	3,54	4
Sel T8	2009	0,48	0,25	0,36	3,3	3
	2015	0,70	0,48	0,59	2,4	2
	2018	0,80	0,52	0,66	2,1	2
	2021alt	0,61	0,29	0,45	3,0	3
	2021	0,62	0,30	0,46	2,9	3
	2024	0,53	0,18	0,35	3,4	3
129930	2006	0,62	0,14	0,38	3,3	3
Sel T9	2009	0,47	0,30	0,38	3,3	3
	2015	0,57	0,40	0,48	2,8	3
	2018	0,70	0,41	0,56	2,5	2
	2021alt	0,57	0,19	0,38	3,3	3
	2021	0,60	0,19	0,39	3,2	3
	2024	0,56	0,30	0,43	3,0	3
129931	2006	0,61	0,24	0,42	3,1	3
Sel T10	2009	0,51	0,23	0,37	3,3	3
	2015	0,58	0,20	0,39	3,2	3
	2018	0,62	0,32	0,47	2,9	3
	2021alt	0,47	0,27	0,37	3,3	3
	2021	0,50	0,27	0,39	3,2	3
	2024	0,54	0,20	0,37	3,3	3
ÖZ D See	2006	n=9, FAG n =10			3,1	3
	2009	n=10			3,2	3
	2015	n=9, FAG n = 10			2,6	3
	2018	n=10			2,4	2
	2021alt	n=10			3,1	3
	2021	n=8, FAG n = 10			3,1	3
	2024	n=4, FAG n = 7			3,3	3

5. Zusammenfassung

Eine übersichtliche Darstellung der häufigsten Taxa und der berechneten Indizes des Großen Ratzeburger Sees ist in Tab. 4 und Abb. 8 gegeben. Die relativ diversen benthischen Diatomeenproben des **Großen Ratzeburger Sees** aus dem Jahr **2024** enthielten 47 bis 73 Taxa pro Messstelle (Median 62, n=12) und wurden von *Cocconeis neothumensis* dominiert (Median 12 %, n= 12), sowie von *Amphora indistincta* (Median 11 %) und *Amphora pediculus* (Median 10 %). Der Trophieindex (TI) bewertete zehn der zwölf Proben mit mäßig und jeweils eine mit gut bzw. unbefriedigend, während der Referenzartenquotient (RAQ) elf Messstellen mit unbefriedigend und eine mit schlecht bewertete. Beide Indices lieferten gesicherte und aus fachgutachterlicher Sicht plausible Bewertungen, ebenso wie der auf ihnen beruhende Diatomeen-Index, der sieben Proben mit mäßig und fünf Proben mit unbefriedigend bewertete (Tab. 4 & 8, Abb. 8). **Insgesamt** bewertete PHYLIB den Großen Ratzeburger See anhand von benthischen Diatomeen im Jahr 2024 gesichert mit **mäßig** (3,4), was fachgutachterlich plausibel erscheint (Tab. 4 & 8, Abb. 8).

Historisch zeigten die Diatomeen im Jahr 2008 im Großen Ratzeburger See eine mäßige Wasserqualität an und in den darauf folgenden Untersuchungsjahren eine Verschlechterung auf eine Bewertung an der Klassengrenze zwischen mäßig (2024) und unbefriedigend (2015, 2018 und 2021) (Tab. 5, Abb. 6).

Tabelle 8: Zusammenfassung der **Seenbewertung** anhand von benthischen **Diatomeen** im Jahr **2024** mit PHYLIB 5.3 vom Februar 2016.

ÖZ D = ökologische Zustandsklasse (ÖZ) anhand benthischer Diatomeen (D), See = Bewertung des Sees anhand von elf (PHYLIB) bzw. zwölf (FAG) Messstellen im Großen Ratzeburger See, sowie aller zehn Messstellen im Selenter See, FAG = fachgutachterliche Bewertung.

2024	Großer Ratzeburger See	Selenter See
ÖZ D See	3,4	3,3
ÖZ D See FAG	3	3

Eine übersichtliche Darstellung der häufigsten Taxa und der berechneten Indizes des Selenter Sees ist in Tab. 6 und Abb. 9 gegeben. Die meist relativ diversen benthischen Diatomeenproben des **Selenter Sees** aus dem Jahr **2024** enthielten 33 bis 79 Taxa (Median 59, n=10) und wurden von *Amphora pediculus* (im Mittel 13 %, n=10) dominiert. Der Trophieindex (TI) bewertete neun der zehn Proben mit mäßig, vier davon ungesichert und eine gesichert mit gut. Der Referenzartenquotient (RAQ) bewertete acht Messstellen mit unbefriedigend und zwei mit mäßig, alle gesichert. Entsprechend bewertete der Diatomeen-Index eine Probe (Sel T3, im Nordwesten des Sees, nahe dem Abfluss Salzau gelegen) gesichert mit unbefriedigend und laut PHYLIB neun Proben mit mäßig, sechs davon ungesichert bzw. aus fachgutachterlicher Sicht acht Proben mit mäßig, zwei davon ungesichert sowie eine Probe ungesichert mit gut (Tab. 6, Abb. 9). **Insgesamt** bewertete PHYLIB den Selenter See anhand von benthischen Diatomeen im Jahr 2024 ungesichert mit **mäßig** (3,3) und fachgutachterlich gesichert mit mäßig (Tab. 6 & 8, Abb. 9).

Historisch zeigten die Diatomeen im Selenter See in den Jahren 2006 und 2009 eine mäßige Wasserqualität an, eine Verbesserung auf einen guten bis mäßigen Zustand in den Jahren 2015 und 2018, sowie eine Verschlechterung in den Jahren 2021 und 2024 wieder zum mäßigen Zustand (Tab. 7, Abb. 7).

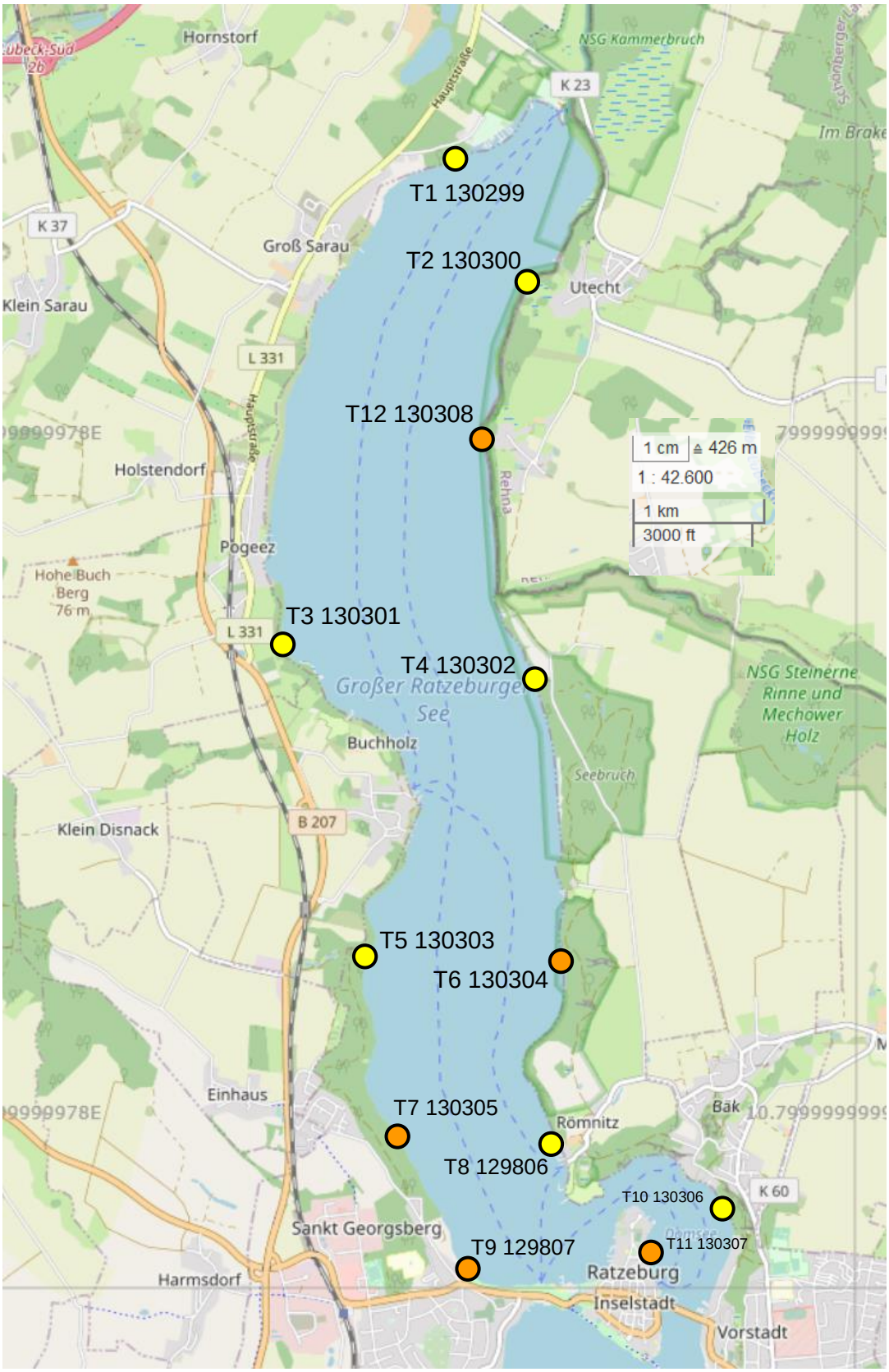


Abbildung 8: Zusammenfassung der fachgutachterlichen Bewertung des ökologischen Zustandes des **Großen Ratzeburger Sees** anhand von benthischen **Diatomeen** im Jahr **2024**. gelb = mäßige Bewertung (3), orange = unbefriedigende Bewertung (4); Kartenbasis: OpenStreetMap.

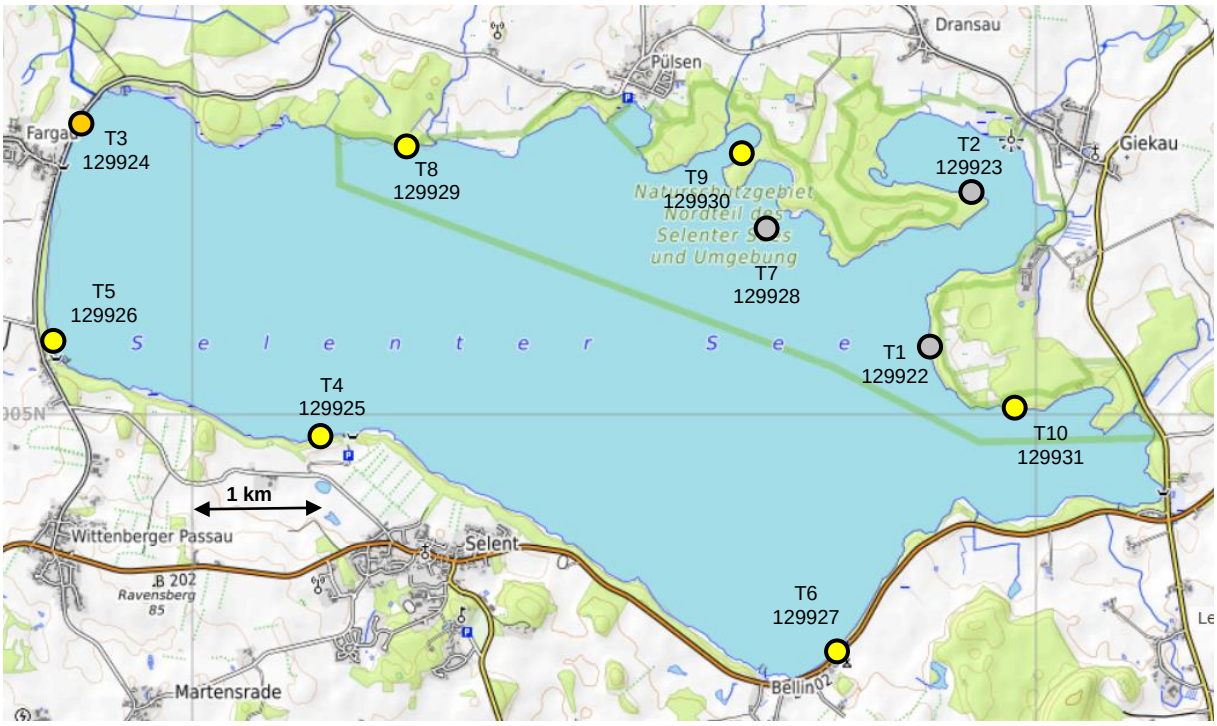


Abbildung 9: Zusammenfassung der fachgutachterlichen Bewertung des ökologischen Zustandes des **Selenter Sees** anhand von benthischen **Diatomeen** im Jahr **2024**. gelb = mäßige Bewertung (3), orange = unbefriedigende Bewertung (4), grau = ungesicherte Bewertung; Kartenbasis: OpenStreetMap.

6. Literaturverzeichnis

Battarbee, R.W., Jones, V.J., Flower, R.J., Cameron, N.G., Bennion, H., Carvalho, L., Juggins, S. (2001): Diatoms. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (Eds.), Tracking environmental change using lake sediments. Vol. 3, Terrestrial, algal, and siliceous indicators. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp. 155-202.

Biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH (2016): Monitoring der Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos für WRRL und FFH-RL in schleswig-holsteinischen Seen, 2015. Los 5 - Endbericht 2015 im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume. Kiel.

Europäische Union (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Union, L 327/1-L327/72, 22.12.2000.

Mathes, J., Plambeck, G., & Schaumburg, J. (2002): Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0, 5 km² zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Implementierung der EUWRRL in Deutschland: Ausgewählte Bewertungsmethoden und Defizite. Aktuelle Reihe 5: 15-23.

Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D. (2014): Bewertung von Seen mit Makrophyten & Phytobenthos für künstliche und natürliche Gewässer sowie Unterstützung der Interkalibrierung. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Endbericht im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Projekt-Nr. O 10.10; Auftragnehmer: Bayerisches Landesamt für Umwelt.

Schwarz, A., M. Dreßler, P. Werner, K. Krahn. (2019). Zweiter deutscher Ringversuch benthische Diatomeen 2014/2015. Abschlussbericht/ November 2019. 110 Seiten.

Werner, P. (2022): Monitoring der Qualitätskomponente Phytobenthos für WRRL und FFH-RL in den schleswig-holsteinischen Seen Großer Ratzeburger See und Selenter See im Jahr 2021, Teilkomponente Diatomeen, Vergabe Nr. ZB-U0-20-1799000-4122.5, Los 4. Februar 2022. - Endbericht. Im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein. Flintbek.

7. Verzeichnis der verwendeten Bestimmungsliteratur

Hofmann, G., M. Werum und H. Lange-Bertalot (2011): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. A.R.G. Gantner Verlag K.G.

Krammer, K. (1997a): Die cymbelloiden Diatomeen, Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa, Teil 1 Allgemeines und Encyonema Part. Bibliotheca Diatomologica Band 36. Cramer, Berlin Stuttgart, pp 1–382

Krammer, K. (1997b): Die cymbelloiden Diatomeen, Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa, Teil 2 Encyonema part., Encyonopsis and Cymbellopsis. Bibliotheca Diatomologica Band 37. Cramer, Berlin Stuttgart, pp 1–469

Krammer, K. (2000): The genus Pinnularia. Diatoms of Europe 1, 703

Krammer, K., (2002): Cymbella. In Lange-Bertalot, H. (ed.), Diatoms of Europe, Vol. 3. A.R.G. Gantner Verlag, Ruggel.

Krammer, K. (2003): Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gophocymbelloides, Afrocymbella. In Lange-Bertalot, H. (ed.), Diatoms of Europe, Vol. 4. A.R.G. Gantner Verlag, Ruggel.

Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (1988–2004): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae. 2/1: Naviculaceae, 876 S.; 2/2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 596 S.;2/3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, 576 S.; 2/4: Achnanthaceae (ergänzter Nachdruck), 437 S.; Stuttgart, Fischer

Lange-Bertalot, H. (2001): Navicula sensu stricto. 10 Genera Separated from Navicula sensulato Frustulia. Diatoms of Europe 2, 526 S.

Lange-Bertalot, H., Metzeltin, D. (1996): Oligotrophie-Indikatoren. 800 Taxa repräsentativ für drei diverse Seen-Typen. Iconographia Diatomologica 2: 1–390

Lange-Bertalot, H., Ulrich, S. (2014): Contributions to the taxonomy of needle-shaped Fragilaria and Ulnaria species. Lauterbornia 78, 1-73.

Lange-Bertalot, H., M. Bak, A. Witkowski und N. Tagliaventi (2011): Eunotia and Some Related Genera. In Diatoms of Europe Volume 6, 747 S. Gantner Verlag, Ruggel.

Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. (2017): Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Assessment. M. Cantonati, M.G. Kelly & H. Lange-Bertalot (Eds.): Koeltz Botanical Books, 1-942.

Levkov, Z. (2009): Amphora sensu lato. Diatoms of Europe Volume 5, 916 S. Gantner Verlag, Rugell.

Levkov, Z., Lange-Bertalot, H., Mitić-Kopanja, D., & Reichardt, E. (2016): The Diatom Genus Gomphonema from the Republic of Macedonia: With 4425 Figures on 201 Plates. Diatoms of Europe Volume 8, 552 S. Koeltz Botanical Books.

Reichardt, E. (1999): Zur Revision der Gattung Gomphonema. Iconographia Diatomologica 8, 203 S. Ganter Verlag, Rugell.

Reichardt, E. (2018): Die Diatomeen im Gebiet der Stadt Treuchtlingen. 2 volumes with more than 10,600 figures on 451 plates. München, Selbstverlag der Bayerischen Botanischen Gesellschaft. 1184 pp.

Tuji, A., & Williams, D. M. (2013). Examination of types in the Fragilaria vaucheriae–intermedia species complex.

Van de Vijver, B., Jarlman, A., de Haan, M., & Ector, L. (2012). New and interesting diatom species (Bacillariophyceae) from Swedish rivers. Beihefte zur Nova Hedwigia, 141, 237-254.

Van de Vijver, B. (2022). *Fragilaria radians* (Kützing) DM Williams et Round, the correct name for *F. gracilis* (Fragilariaceae, Bacillariophyta): a critical analysis of this species complex in Europe. Fottea/Czech Phycological Society.-Praha, Czech Republic, 2007, currens, 22(2), 256-291.

Werum, M., E. Reichhardt, M. Dressler, P. Werner und H. Lange-Bertalot. 2024. Ergänzungsband Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora für Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 580 Arten und ihre Ökologie. 109 photographische Tafeln mit 3037 Figuren. 625 S. Koeltz Scientific Books.

Wetzel, C. E., & Ector, L. (2015). Taxonomy and ecology of *Fragilaria microvaucheriae* sp. nov. and comparison with the type materials of *F. uliginosa* and *F. vaucheriae.* Cryptogamie, Algologie, 36(3), 271-289.

Żelazna-Wieczorek, J. (2011). Diatom Flora in Springs of Łódź Hills (Central Poland): Biodiversity, Taxonomy, and Temporal Changes of Epipsammic Diatom Assemblages in Springs Affected by Human Impact. 419 S. ARG Gantner Verlag, Rugell.

8. Erklärungen zum Anhang

Alle erforderlichen Grundlagendaten, Diatomeen-Taxalisten, berechneten Indizes und die Fotos der Probennamestellen und der benthischen Diatomeen befinden sich als elektronischer Anhang auf der mit diesem Bericht zusammen gelieferten Daten-DVD. Im Einzelnen befinden sich die folgenden Ordner bzw. Dateien auf der DVD:

- Ordner „Fotos Probenahme D_SH Seen 2024“, enthält 73 Fotos der Messstellen von der Probenahme im Jahr 2024
- Ordner „Abgabe Diatomeenfotos SH Seen 2024“, enthält Fotos der Taxa, die mit mindestens fünf Prozent pro Probe vorkamen oder nicht sicher bestimmt werden konnten (cfs.) oder anderweitig von Interesse sind (z.B. zum Vergleich mit cf-Taxa)
- Litoraldiat_Seen_SH_2024 Werner.xlsx
- Stammdaten Fotos u Extras D_SH Seen 2024.xlsx, enthält Stammdaten zu den Probenahme- und Diatomeenfotos und die Auflistung der zusätzlich erfassten planktischen Diatomeen.

- Phylib Import Seen SH 2024_D.xlsx
- Phylib Export Seen SH 2024_D.xlsx
- Phylib Bericht SH Seen 2024_D.pdf, der von PHYLIB generierte Bericht mit Diatomeendaten (D)

- Bericht SH Seen 2024 Werner.pdf
- Bericht SH Seen 2024 Werner.docx