

Entwicklung des ökologischen Zustandes des Schaalsees 1990 - 2020



Foto: BIA



Foto: BIA

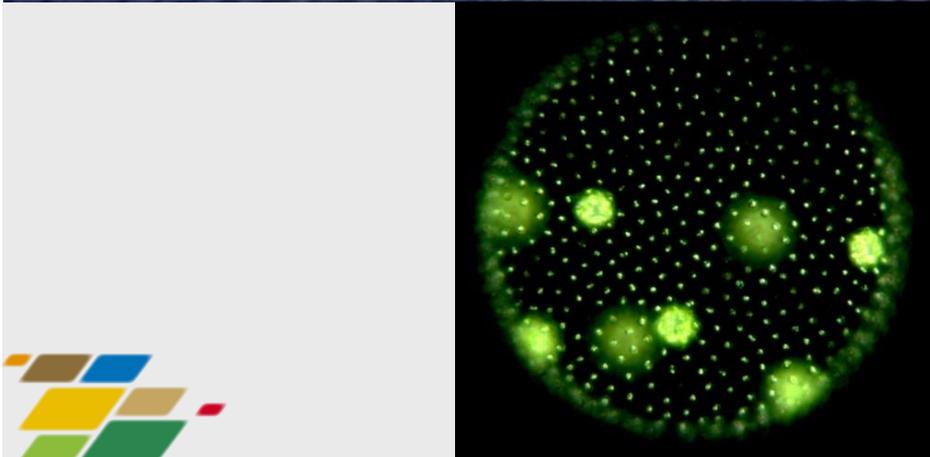


Foto: BIA

Elisabeth Wesseler & Ilona Korczynski

Landesamt für Landwirtschaft
Umwelt und ländliche Räume
Schleswig-Holstein

Ministerium für Landwirtschaft,
Umwelt und Verbraucherschutz
Mecklenburg-Vorpommern





Quellen:

Langjähriges Monitoring MV und SH

GIG & KLS 2011: Studie zur Wasser- und Nährstoffbilanz des Schaalsees.- im Auftrag des MLUV MV

Biota 2015: Konzeptstudie zur Verbesserung des ökologischen Zustandes des Schaalsees.- im Auftrag des Gewässerentwicklungsverbandes Schaalsee-Delvenau

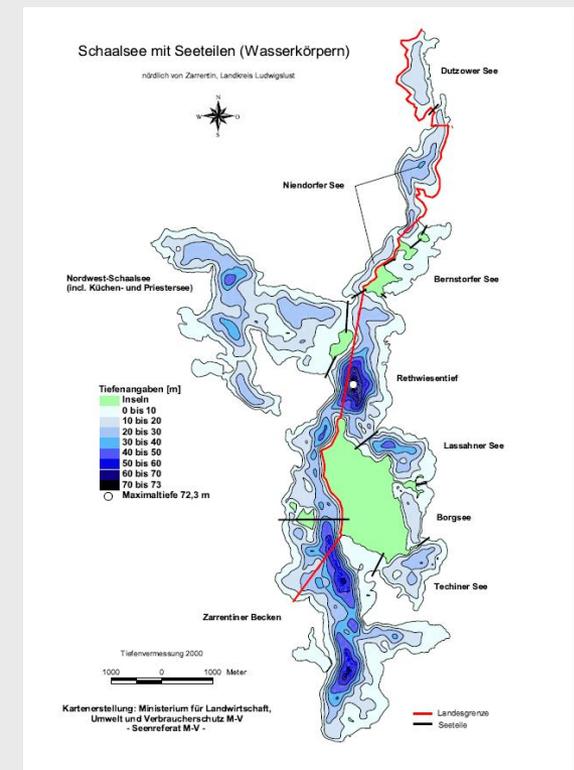
Biota 2017: Machbarkeitsstudie zur Bewirtschaftung des Schaalsees zur Verbesserung des Erhaltungszustandes der LRT 3140 und 3150 (Stillgewässer).- im Auftrag des Biosphärenreservatsamtes Schaalsee-Elbe



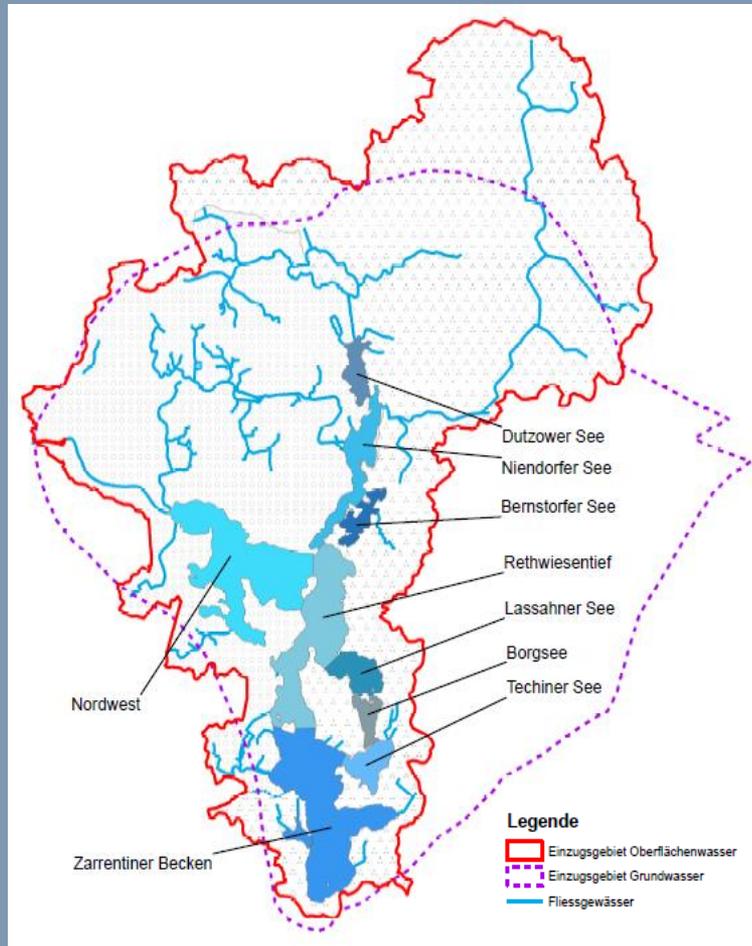
Gliederung



1. Einzugsgebiet und Seebecken
2. Wasserhaushalt
3. Nährstoffe – Phosphor-Einträge und seeinterne Prozesse
4. Sauerstoff
5. Reaktion der Lebensgemeinschaften?
6. Ende gut – alles gut?
7. Zusammenfassung



1. Einzugsgebiet und Seebecken



Der Schaalsee besteht aus 9 unterschiedlichen großen und tiefen Seebecken.

Sein Einzugsgebiet liegt zu 60 % in Mecklenburg-Vorpommern und zu 40 % in Schleswig-Holstein.

1. Einzugsgebiet und Seebecken

Alle Seen sind tief und geschichtet bis auf den Bernstorfer See.

Der Dutzower See und der Niendorfer Binnensee haben ein relativ großes Einzugsgebiet und das Wasser wird theoretisch alle 1,5 Jahre ausgetauscht.

Alle anderen Becken haben ein kleines Einzugsgebiet und die theoretische Wasseraufenthaltszeit liegt zwischen 3 und 13 Jahren.

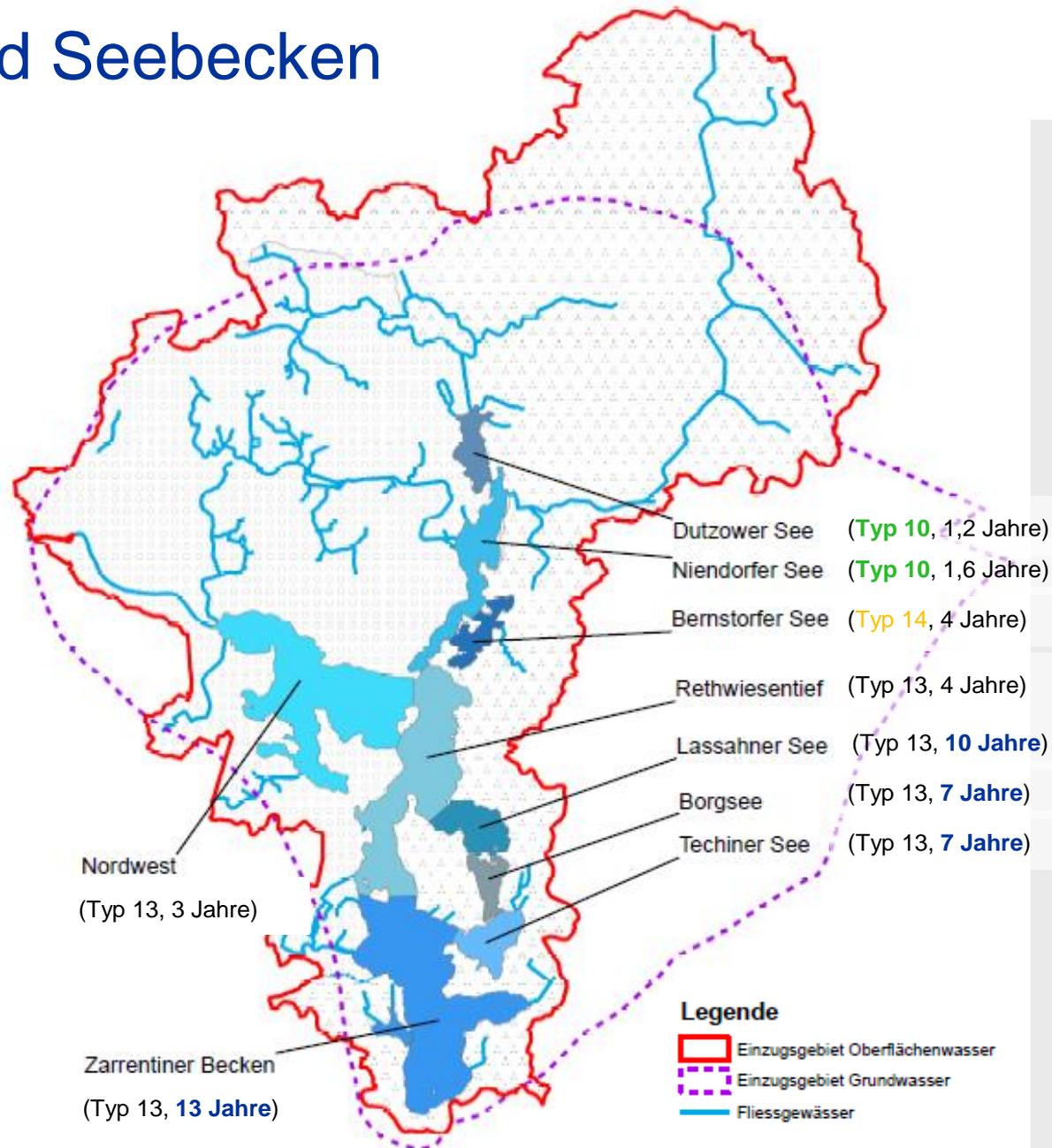
See-Typ gem. WRRL

Typ 10: Kalkreicher geschichteter Tieflandsee mit großem Einzugsgebiet

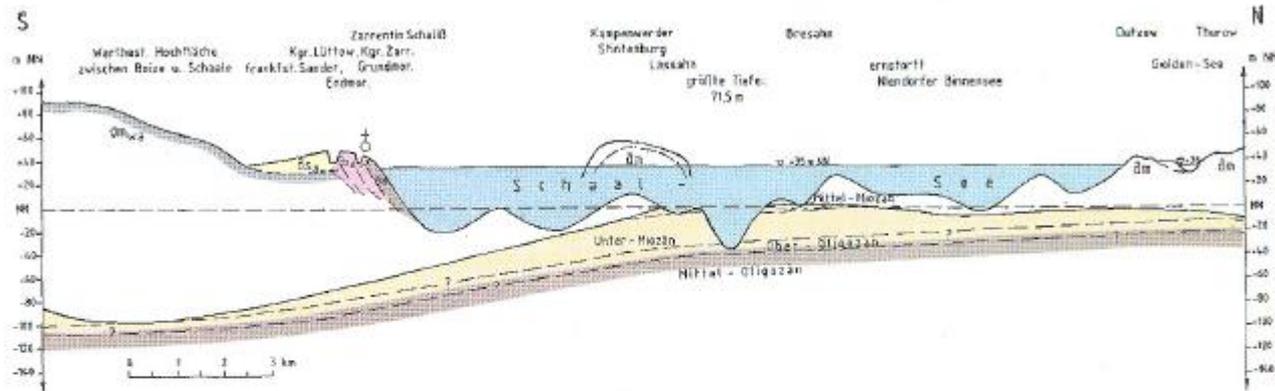
Typ 13: Kalkreicher geschichteter Tieflandsee mit kleinem Einzugsgebiet

Typ 14: Kalkreicher ungeschichteter Tieflandsee mit kleinem Einzugsgebiet

theoretische Wasseraufenthaltszeit nach GIG & KLS 2011



1. Einzugsgebiet und Seebecken



- dmWa - Grundmoräne des Warte-Stadiums der Saale-Vereisung
- δas - Sander
- δse - sandige Endmoräne
- δm - Grundmoräne der Weichsel-Vereisung

Aus GIG & KLS 2011

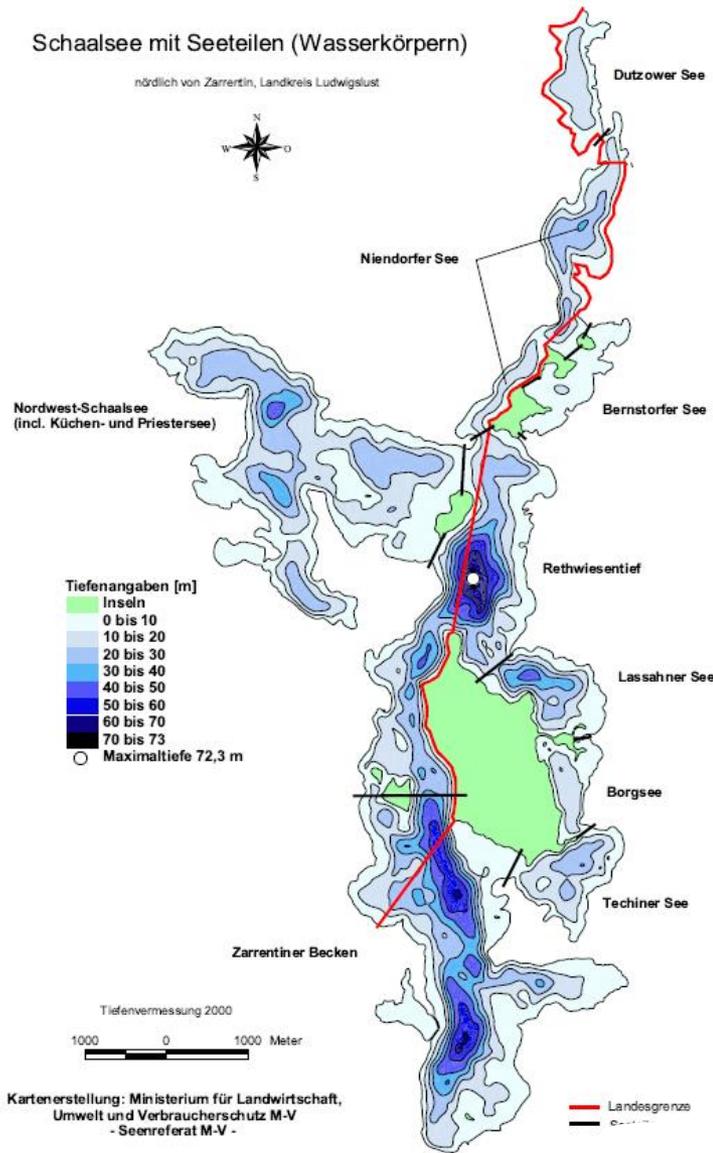
Abbildung 3: Längsschnitt durch den Schaalsee nach dem Tiefenlinienplan von R. Bärtling (1922) (Quelle [1])

- Tief eingeschnittener Rinnensee
- Tiefste Stelle bei ca. – 35 m NN Rethwiesentief
- Von 3 Grundwasser-Stockwerken durchströmt
- nur 3 kleine Oberflächenzuläufe (Goldenseebach, Kneeser Bek, Kittlitzer Bach)

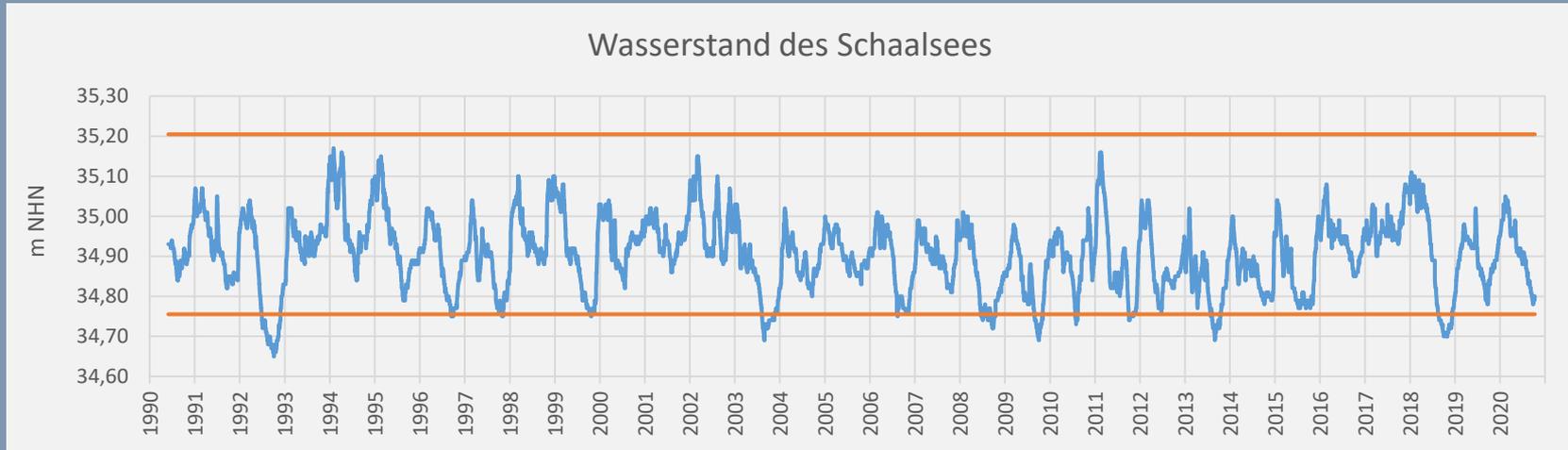


1. Einzugsgebiet und Seebecken

Tiefenplan



2. Wasserhaushalt

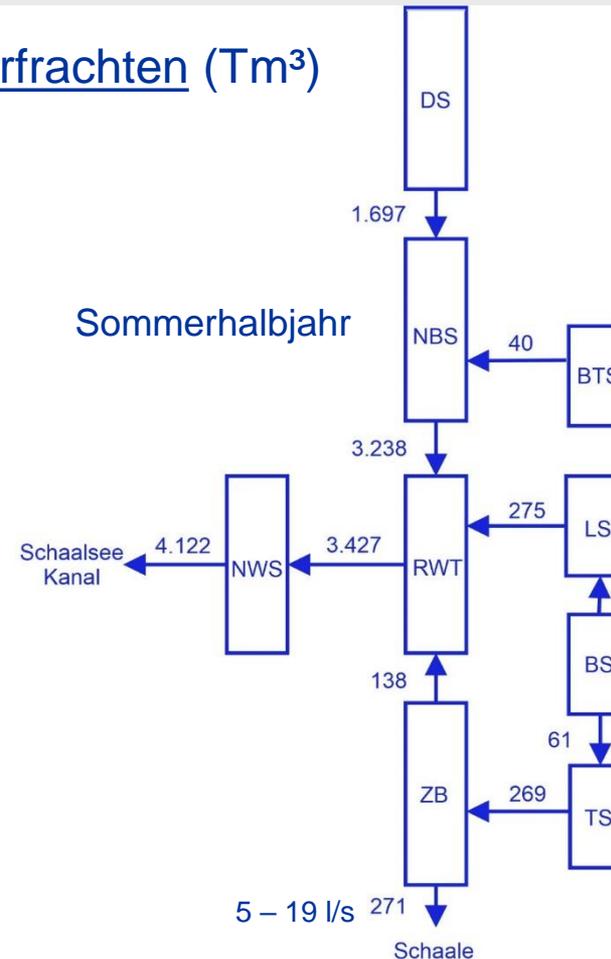
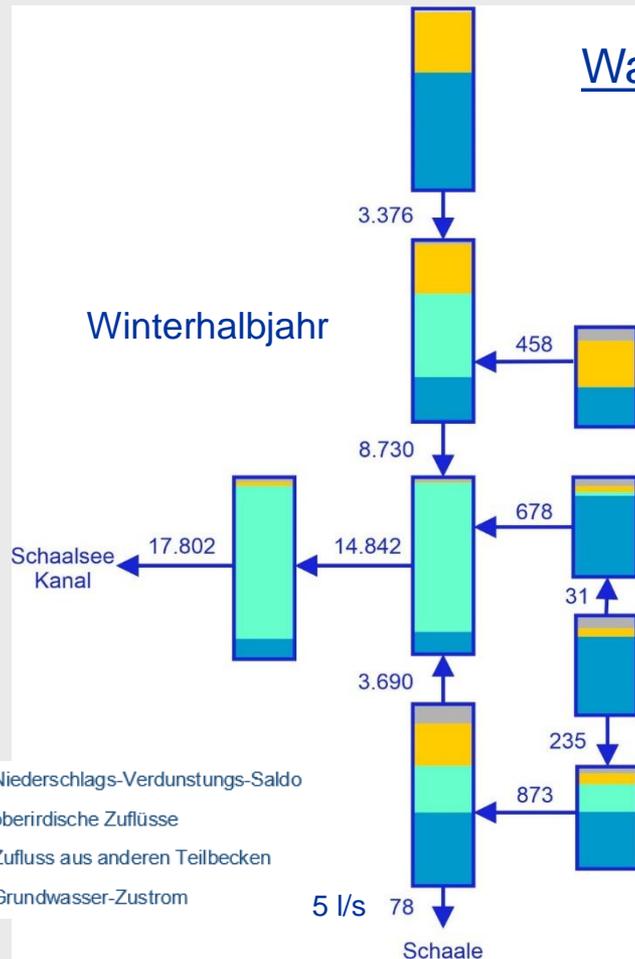
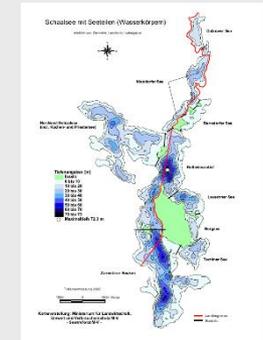


Der Schaalsee entwässerte ursprünglich nach Süden über die Schaale, seit 1925 wird das abfließende Wasser nach Norden abgeführt und am Schaalsee-Kraftwerk bei Ratzeburg zur Stromgewinnung genutzt.

2. Wasserhaushalt und -austausch

Wasserfrachten (Tm³)

Nach GIG & KLS 2011



Legende:

- DS – Dutzower See
- BTS – Bernstorfer See
- NBS – Niendorfer Binnensee
- RWT – Rethwiesentief
- NWS – Nordwestschaalsee
- LS – Lassahner See
- BS – Borgsee
- TS – Techiner See
- ZB – Zarrentiner Becken

Nach den Modellierungen von GIG & KLS 2011 sind viele Seebecken stark grundwassergespeist. Oberirdische Zuflüsse prägen insbesondere Dutzower See, Niendorfer Binnensee, Bernstorfer Binnensee und Zarrentiner Becken. Rethwiesentief und Nordwestschaalsee werden vor allem durch die Zuflüsse aus den anderen Teilbecken gespeist.



2. Wasserhaushalt

Entwicklung des Seewasserstandes

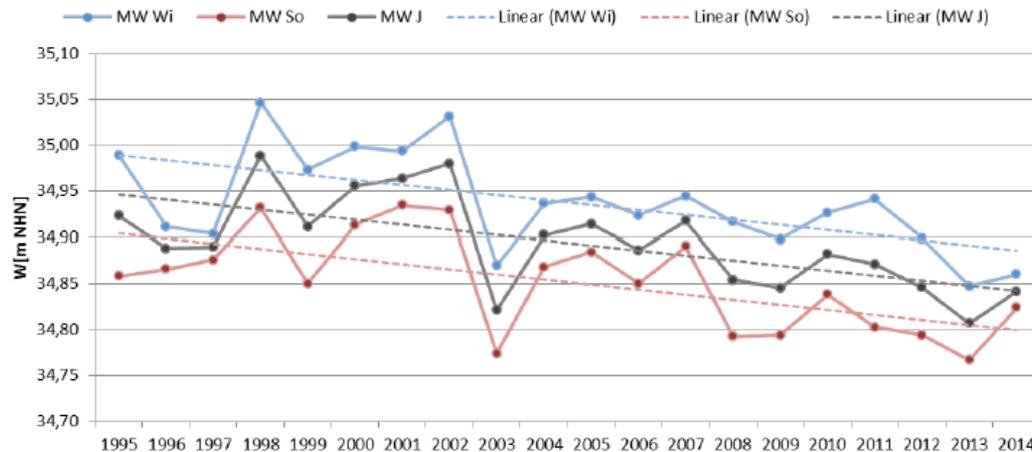


Abbildung 2-16: Entwicklung der Wasserstände am Pegel Zarentin 1995 – 2014

Biota 2017

Seit 1995 ist generell ein negativer Trend der mittleren Wasserstände im Schaalsee zu beobachten. Von 1995 bis 2014 gingen sie im Mittel um 10 cm sowohl im Sommer als auch im Winter zurück (siehe Abbildung 2-16).

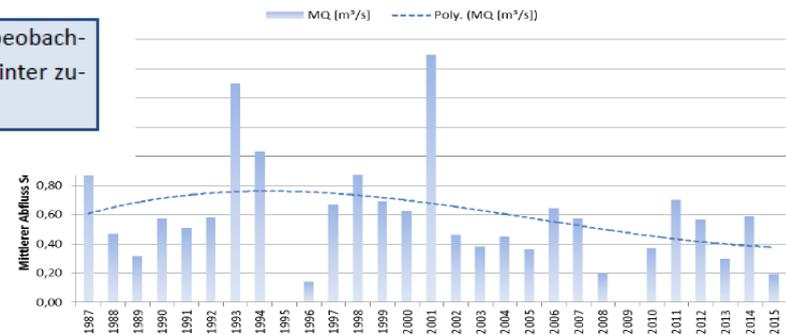


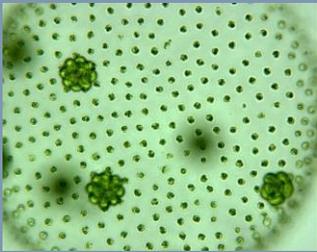
Abbildung 2-18: Mittlerer jährlicher Abfluss des Schaalseekanal am Kraftwerk Farchau (1996, 2010, 2011 Fehlwerte) mit Trendangabe

Die erfassten Abflüsse über den Schaalseekanal sind seit 1995 tendenziell rückläufig (siehe Abbildung 2-18). Das Sinken des Schaalseewasserspiegels ist demnach mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht auf eine verstärkte Energieerzeugung am Kraftwerk Farchau zurückzuführen.



3. Nährstoffe

Phosphor ist der wichtigste Nährstoff im Schaalsee, der die Primärproduktion steuert.

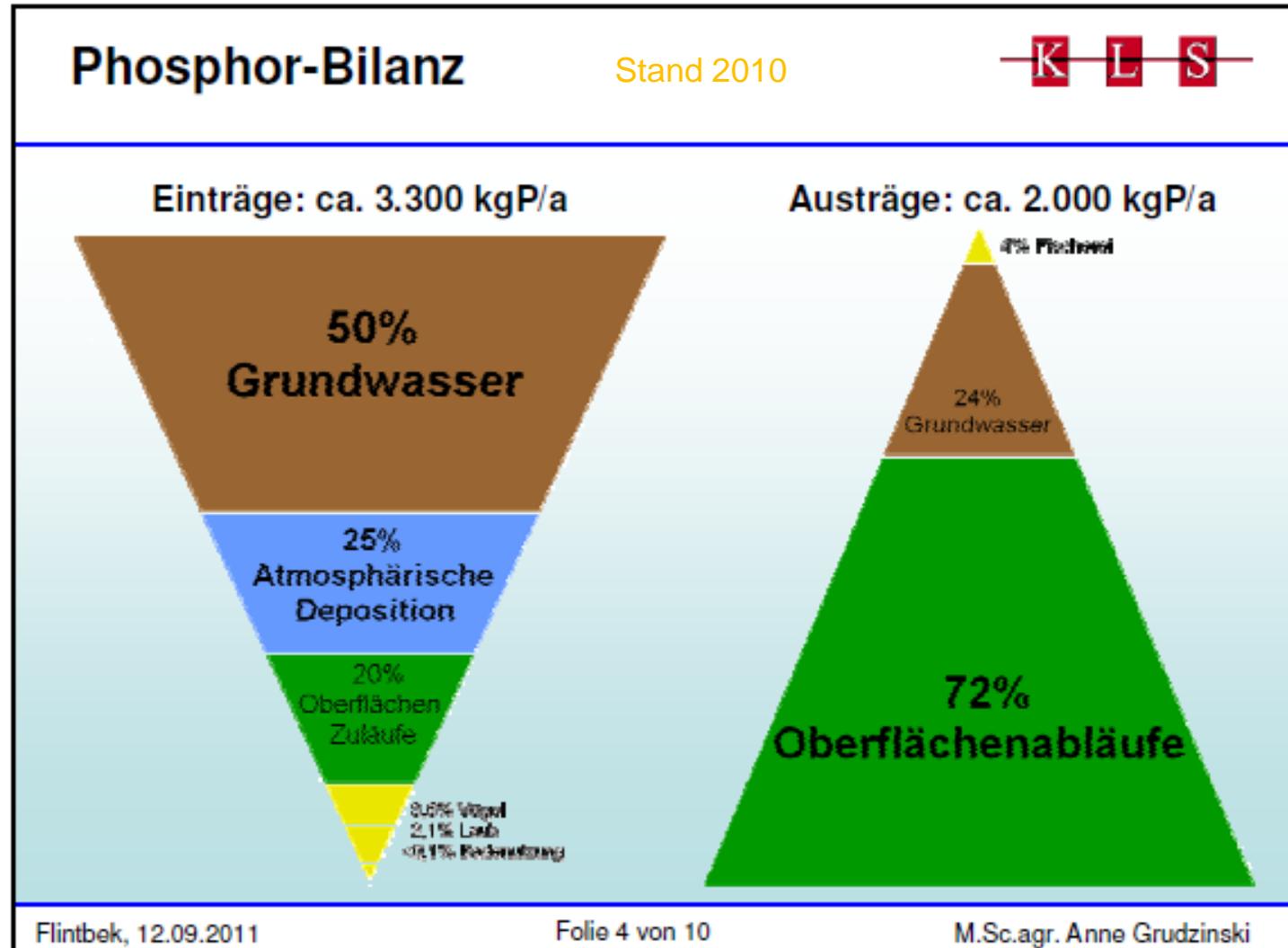


3. Nährstoffe

3.1 Haupteintragspfade für Phosphor

Nur 20 % des Phosphoreintrages gelangt über Oberflächenzuläufe in den Schaalsee.

Das Grundwasser trägt hingegen über 3 Grundwasserstockwerke 50 % bei.



3. Nährstoffe

3.1 Haupteintragspfade für Phosphor

Die Phosphorgesamtbilanz von BIOTA 2015 bestätigt grundsätzlich die Ergebnisse von GIG & KLS 2011.



Emissionsquellen (Einzugsgebiet)

Σ 7.386



Transport und Retention

Σ - 3.705



Immissionspfade

Σ 3.681



Emissionspfade

Σ 1.991



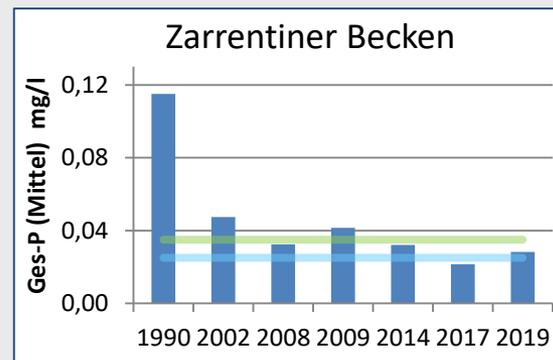
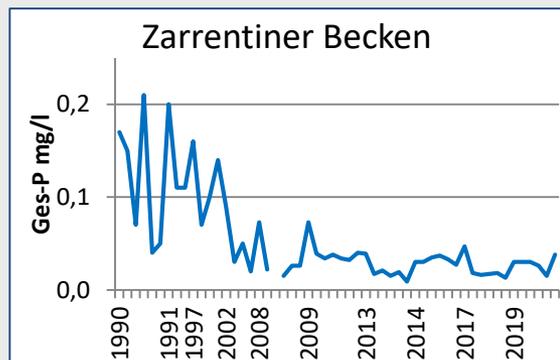
3. Nährstoffe

3.2 Entwicklung der Phosphor-Konzentrationen im See

☺ Die **Phosphor**-Konzentrationen im Schaalsee sind seit 1990 deutlich zurückgegangen

und liegen in vielen Seeteilen nahe dem Grenzbereich zwischen der Bewertung „mäßig“ und „gut“.

Seen, die so stark entlastet wurden, sind selten ☺.





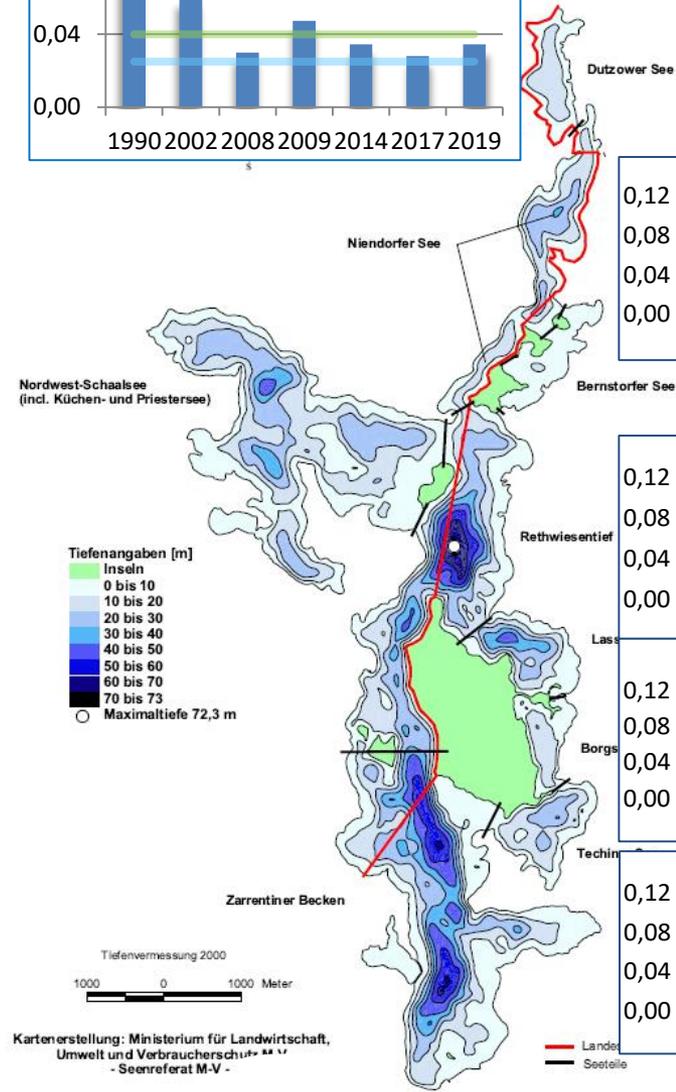
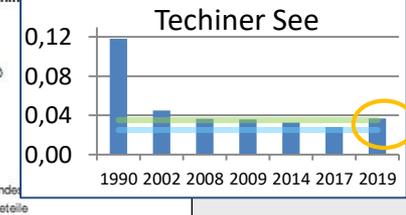
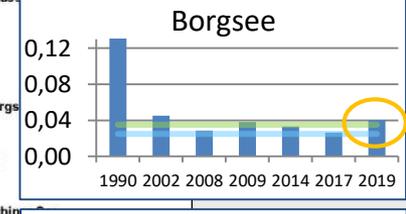
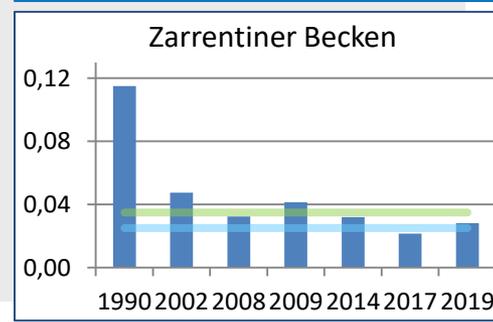
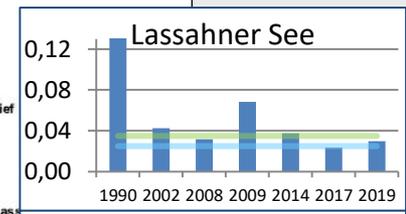
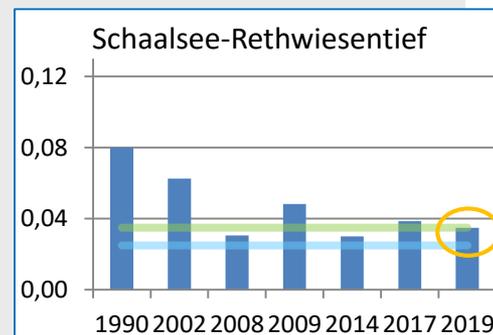
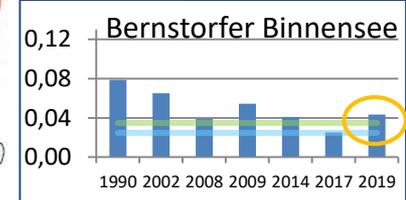
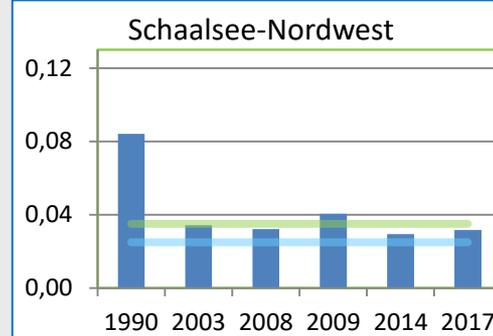
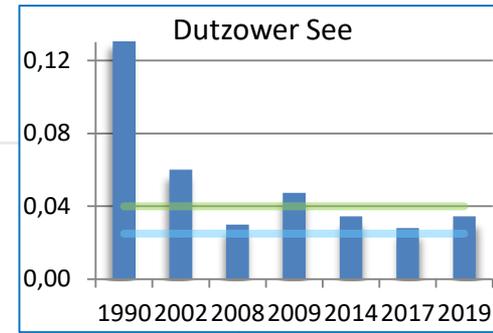
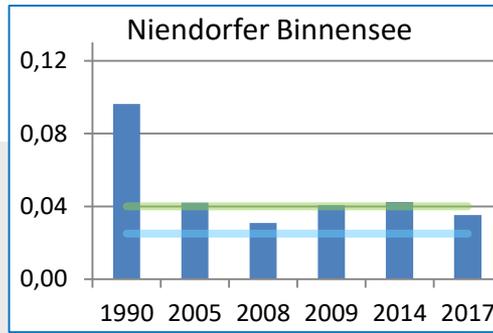
Phosphor- Mittelwerte (mg/l)

Orientierungswerte P

Grenzbereich

mäßig/gut

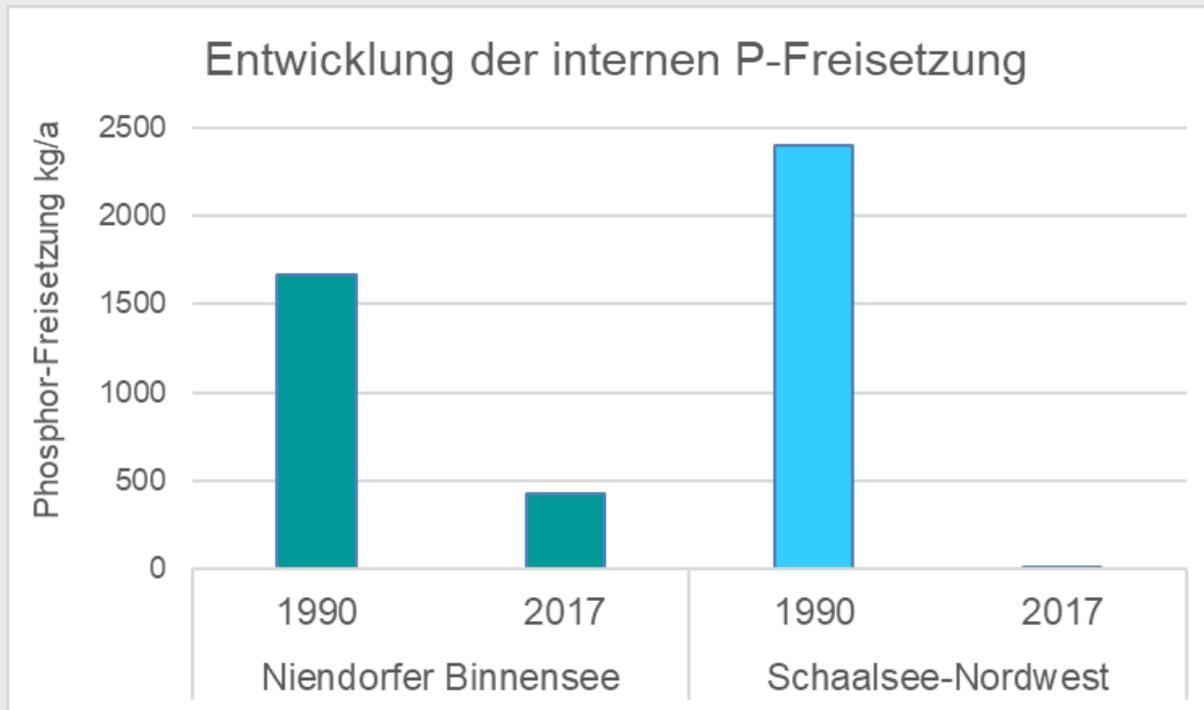
gut/sehr gut



3. Nährstoffe

3.3 Entwicklung der seeinternen Phosphor-Rücklösung

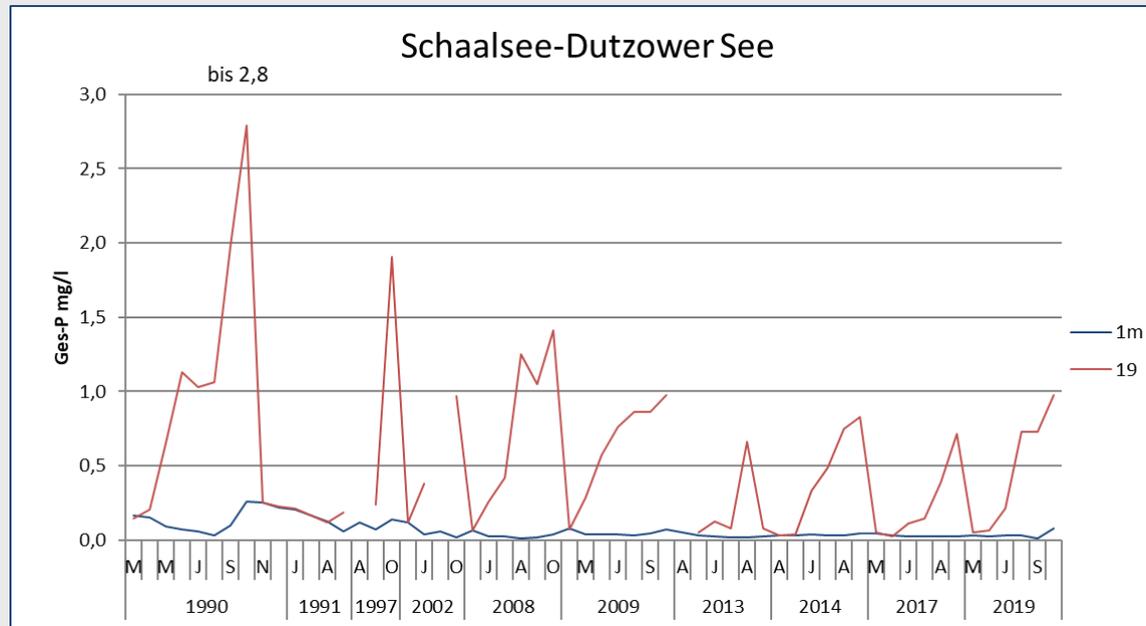
☺ Die sommerliche interne Phosphor-Freisetzung aus dem Sediment geht tendenziell zurück. Z.B. im Niendorfer Binnensee sank sie von 1.700 kg (1990) auf 400 kg (2017) jährlich.



3. Nährstoffe

3.3 Entwicklung der seeinternen Phosphor-Rücklösung

☺ Der Rückgang der sommerlichen internen Phosphor-Freisetzung ist z.B. im Dutzower See auch gut daran zu erkennen, dass die Phosphor-Konzentrationen über Grund seit ca. 2013 weniger stark und über einen kürzeren Zeitraum ansteigen als in den 1990er Jahren.

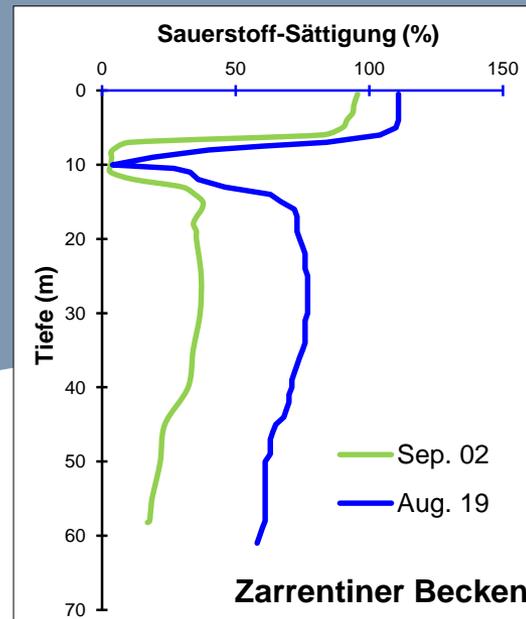


4. Sauerstoff

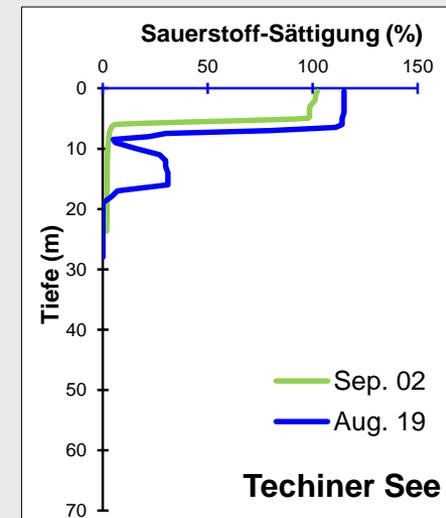
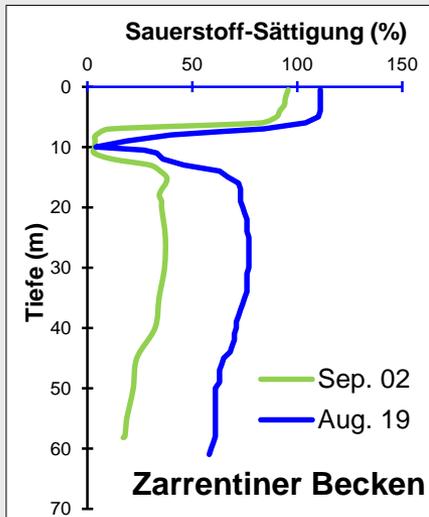
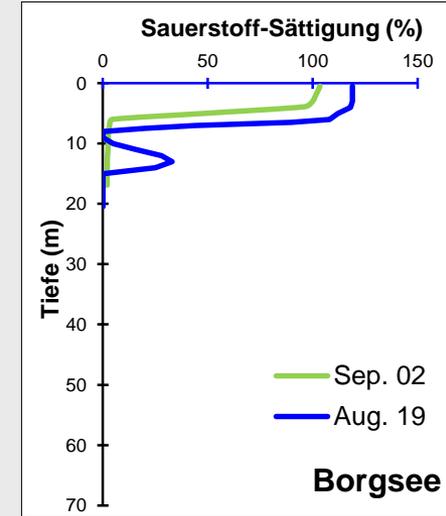
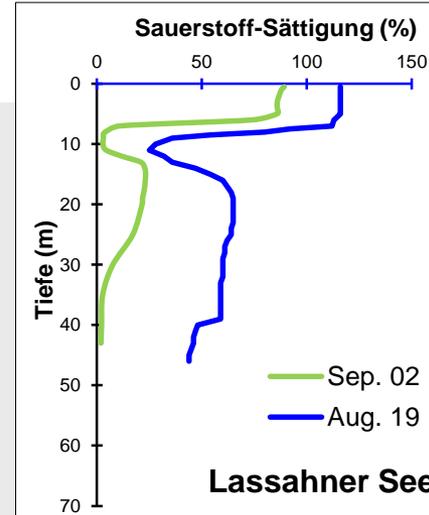
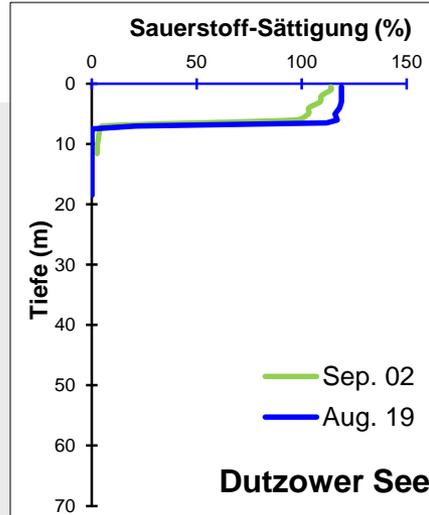
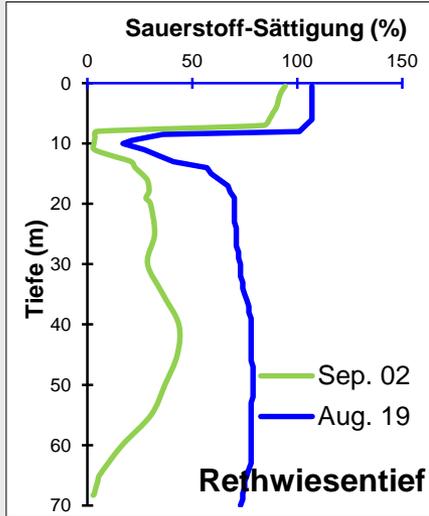
Der Sauerstoffhaushalt der meisten Seebecken verändert sich langsam. Aufgrund der sinkenden Phosphor-Konzentrationen entwickelt sich weniger Phytoplankton. Damit sinkt auch die Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser, es ist dort wieder mehr Sauerstoff vorhanden. So stehen auch die Tiefenzonen wieder als Lebensraum zur Verfügung.



Gleichwohl wird in vielen See-Becken immer noch mehr organische Substanz produziert, als im Tiefenwasser mit Sauerstoff abgebaut werden kann.



4. Sauerstoff



In den tieferen Becken Rethwiesentief, Zarrentiner Becken, Lassahner See sind die sommerlichen Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser im Vergleich zum Anfang der 2000-er Jahre gestiegen.

Auch im Techiner See und Borgsee ist zumindest im oberen Hypolimnion noch Sauerstoff vorhanden.

Hingegen ist diese positive Entwicklung im Dutzower See und Bernstorfer See noch nicht zu beobachten.

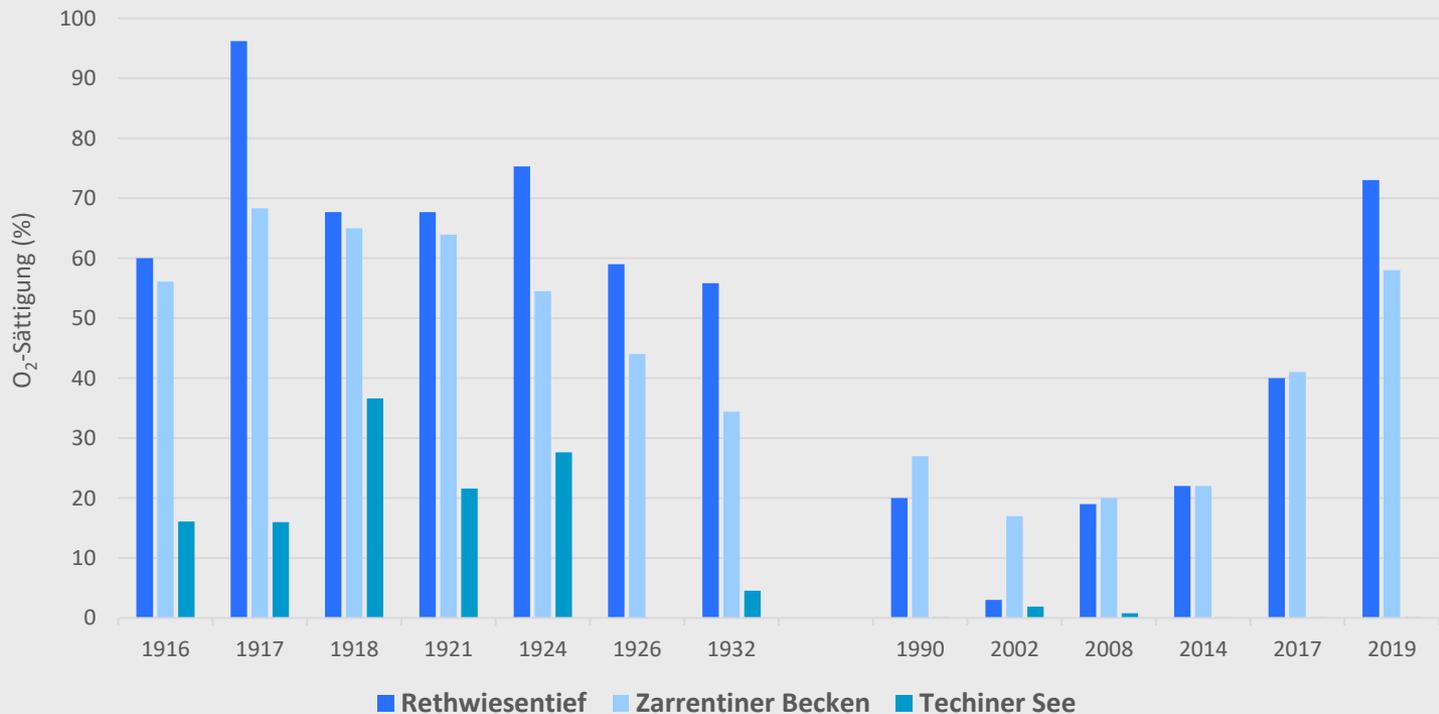


4. Sauerstoff

Im Rethwiesentief und Zarrentiner Becken entsprechen die aktuellen sommerlichen Sauerstoffsättigungen über Grund 2019 in etwa wieder denen in den 1920er Jahren.

Anders im Techiner See, wo bisher über Grund der Sauerstoff noch vollständig aufgezehrt wird.

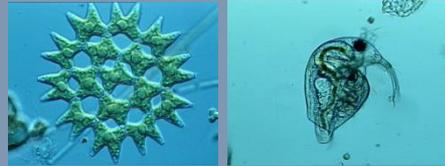
Sauerstoff-Sättigung über Grund im August
Daten bis 1932 nach OHLE (1934)



5. Wie reagieren die Lebensgemeinschaften?

Laut WRRL wird der ökologische Zustand anhand der Lebensgemeinschaften bewertet:

- Phytoplankton (Mikroalgen)



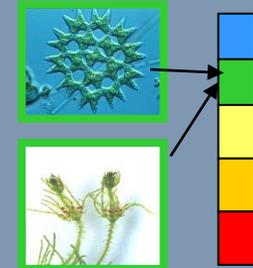
- Makrophyten (Unterwasservegetation)



- Makrozoobenthos (Wirbellose)

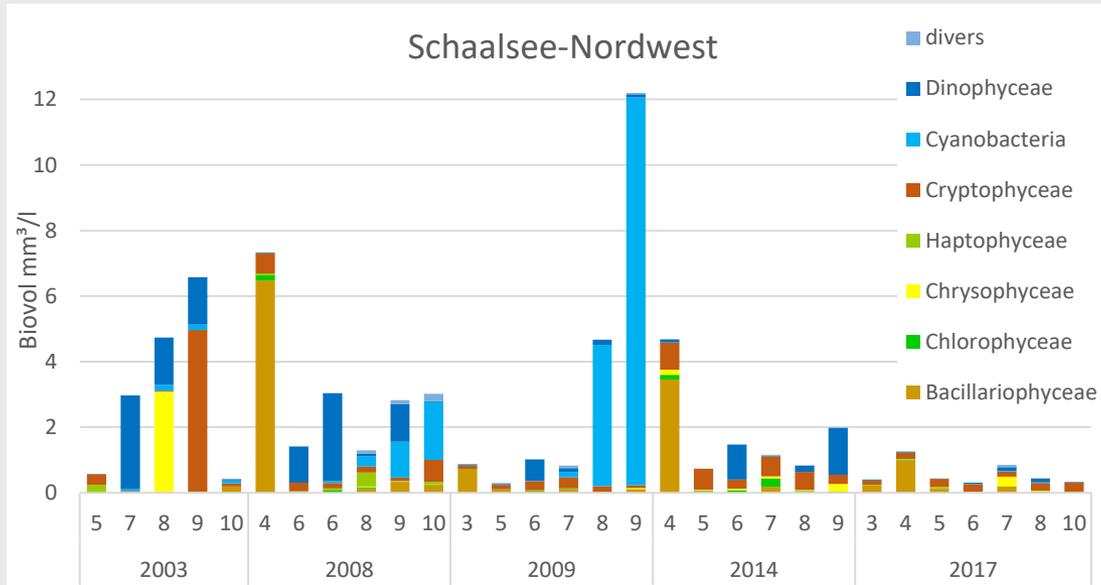


- Fische



5. Reaktion der Lebensgemeinschaften?

Phytoplanktonentwicklung im Schaalsee



Kieselalgen



Ceratium hirundinella

Goldalgen

W. Arp 2018

Gesamtbewertung

Schaalsee (Saison-Mittelwerte)		TP (1 m) (mg/l)	Sicht- tiefe (m)	Chl a (µg/l)	PP BV (mm ³ /l)	Trophie-Index (RIEDMÜLLER et al 2014)	PSI ohne DiProf (PhytoSee 7.0)
Niendorfer Binnensee	2005	0,042	2,7	14,3	2,2	2,8 (e1)	2,8
	2008	0,031	3,0	13,1	3,5	2,6 (e1)	3,2
	2017	0,035	2,8	9,0	1,1	2,5 (e1)	2,0
Nordwestteil	2003	0,034	2,9	7,8	3,1	2,5 (m2)	
	2008	0,032	3,4	9,8	3,2	2,5 (m2)	3,3
	2017	0,032	4,2	5,5	0,6	2,2 (m2)	1,7



5. Reaktion der Lebensgemeinschaften?

Phytoplanktonentwicklung im Schaalsee



Kieselalgen



Goldalgen

😊 Die ökologische Bewertung des Phytoplanktons hat sich von 3 auf 2 oder teils 1 verbessert.

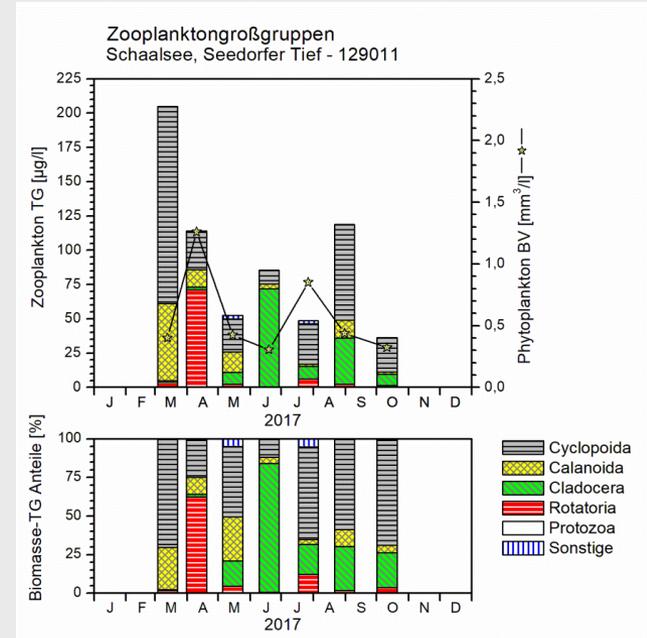
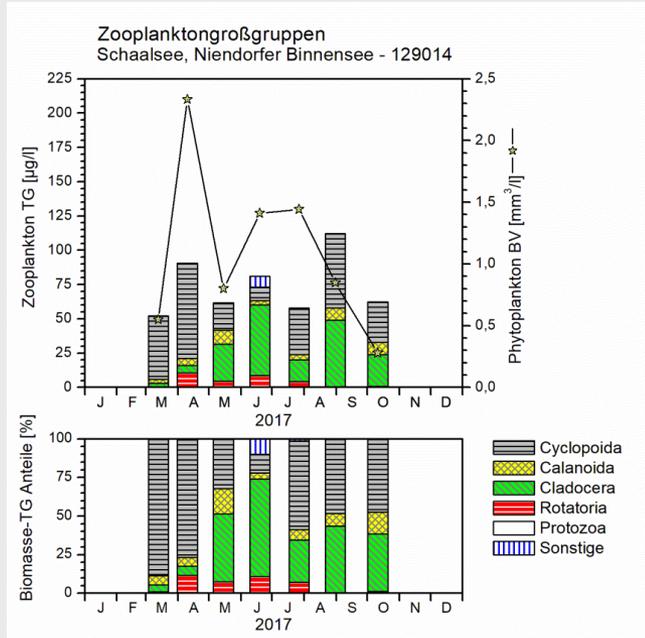
😊 Die sommerliche Dominanz von Blaualgen ist zurückgegangen.

Schaalsee (Sais)		W. Arp 2018					Ökologische Bewertung
Niendorfer B		ohne DiProf					Ökologische Bewertung
		phytoSee 7.0)					
	2008	0,031	3,0	13,1	3,5	2,6 (e1)	2,8
	2017	0,035	2,8	9,0	1,1	2,5 (e1)	3,2
<hr/>							
Nordwestteil							
	2003	0,034	2,9	7,8	3,1	2,5 (m2)	
	2008	0,032	3,4	9,8	3,2	2,5 (m2)	3,3
	2017	0,032	4,2	5,5	0,6	2,2 (m2)	1,7



5. Reaktion der Lebensgemeinschaften?

Zooplankton



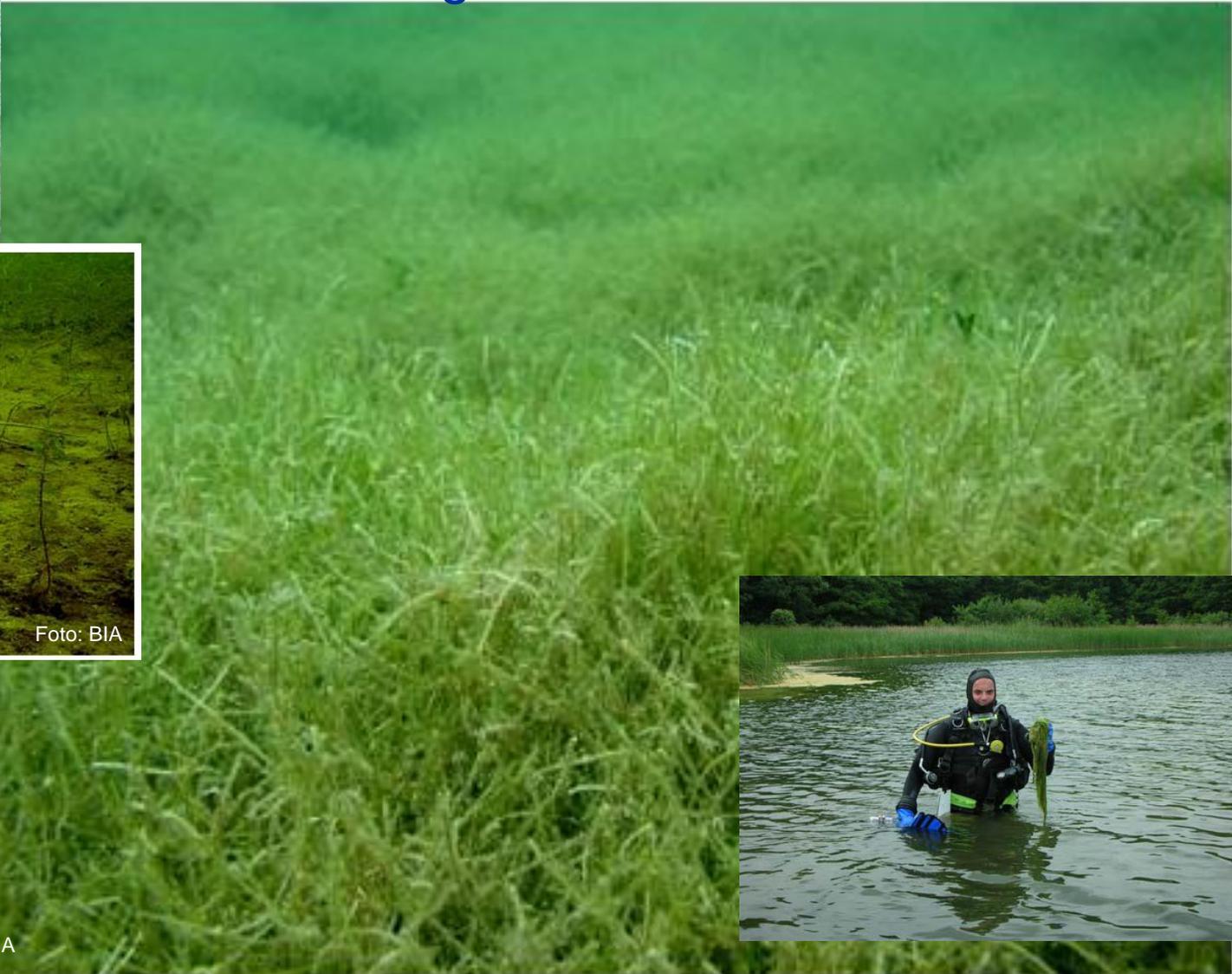
G. Maier 2018

- Biomassen im oligotrophen Bereich; kein Unterschied zwischen den Seebecken (Niend.B.: 63 $\mu\text{g TM/l}$ vs. Seed.T.: 86 $\mu\text{g TM/l}$).
- Umsatz Phytoplankton in Zooplanktonmasse hoch bis moderat
- Fraßdruck auf das fressbare Phytoplankton (stark) bis moderat
- *Eurytemora lacustris* !! Eiszeitrelikt

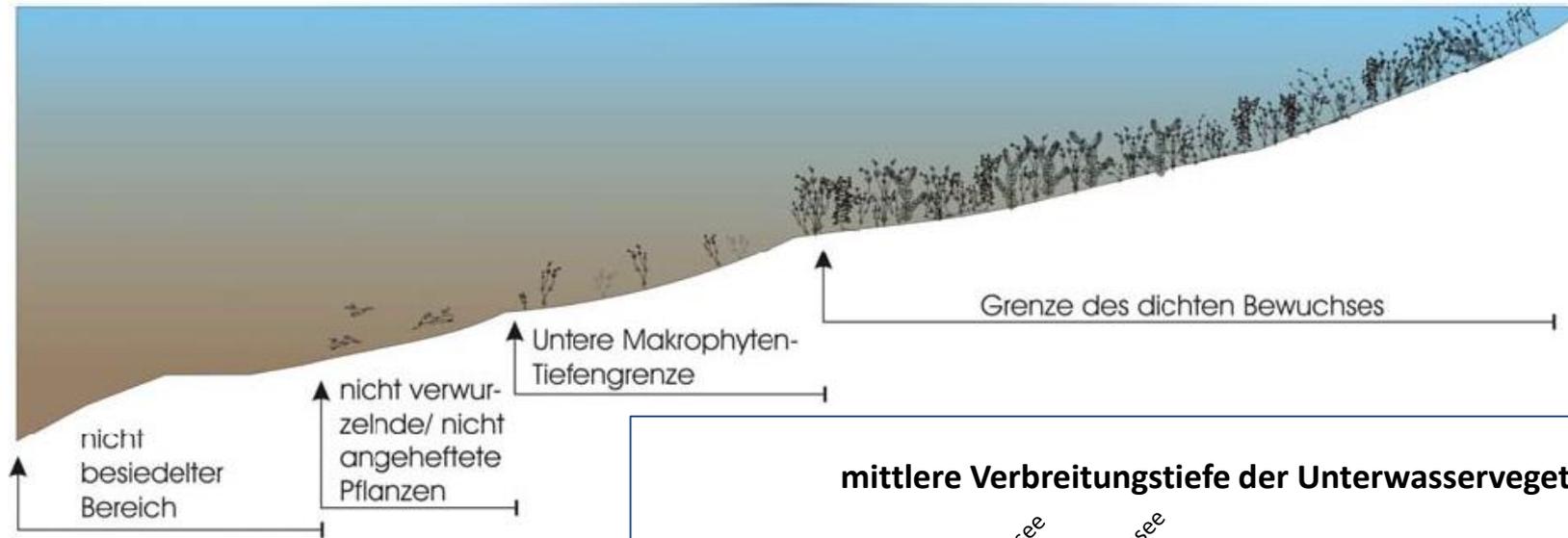


5. Reaktion der Lebensgemeinschaften?

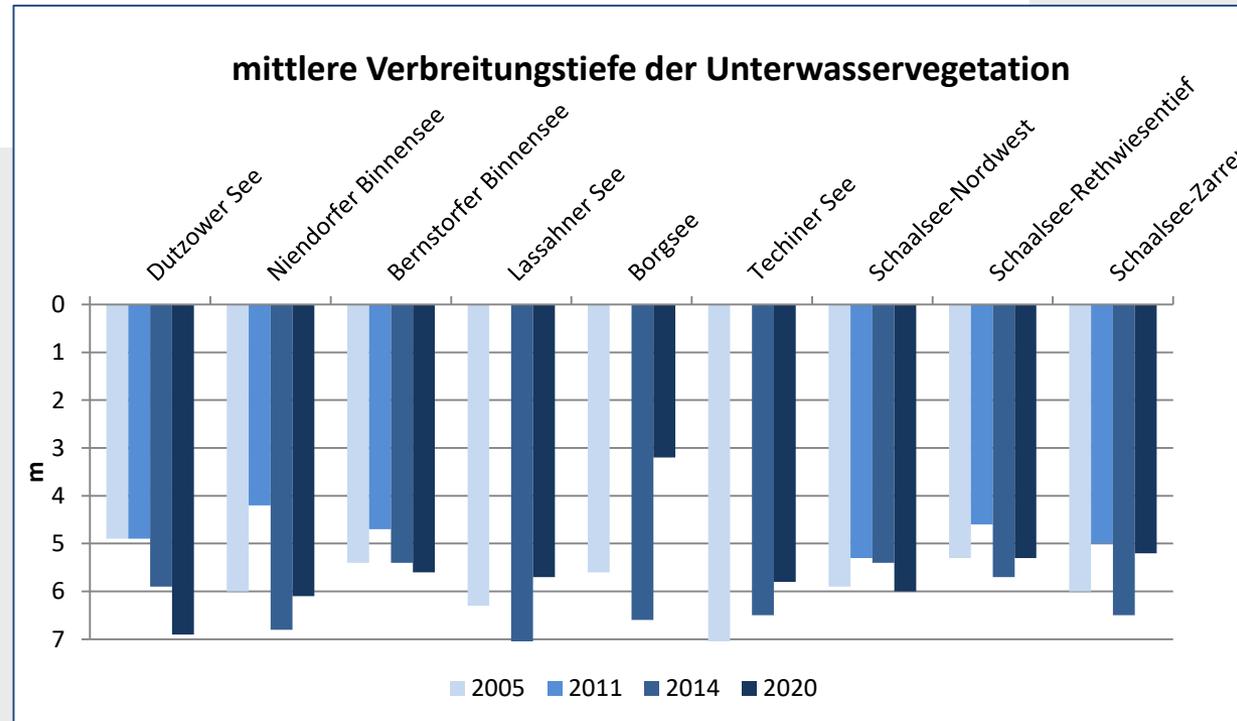
Unterwasservegetation



Untere Verbreitungsgrenze



Trotz gesteigener Transparenz des Wassers steigt die mittlere Verbreitungstiefe der Unterwasservegetation in vielen Becken seit 2005 nicht oder kaum.



Bewertung der Unterwasservegetation



2005



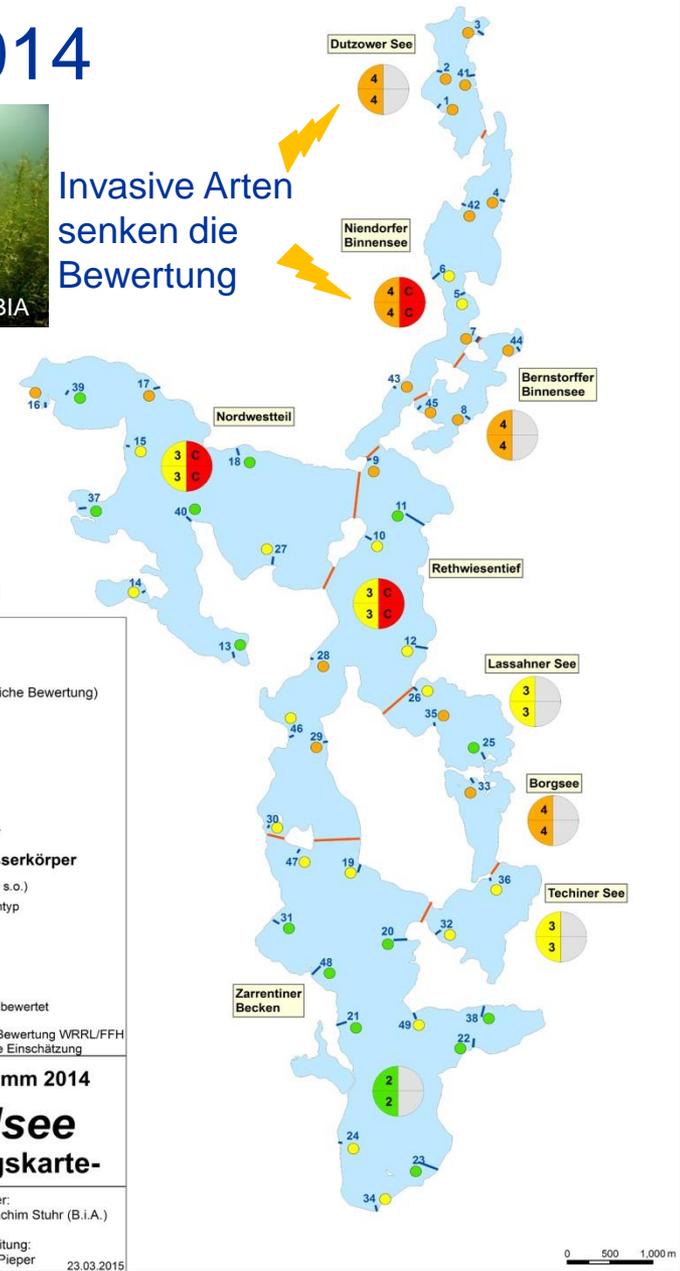
2014



Invasive Arten senken die Bewertung

Die Bewertung der Unterwasservegetation verbesserte sich in vielen Seeteilen von 2005 bis 2014 deutlich.

Die Ergebnisse für 2020 stehen noch aus. Allerdings...



Gesamtbewertung:

Bewertungsklassen nach:

EG-WRRL	FFH-Richtlinie
■ sehr gut	A - hervorragend
■ gut	B - gut
■ mäßig	C - mittel bis schlecht
■ unbefriedigend	C - mittel bis schlecht
■ schlecht	C - mittel bis schlecht

Einzelkriterien:

A	Anzahl der lebensraumtypischen Arten
D	Deckungsgrad des aktuell besiedelbaren Gewässergrundes mit Armleuchteralgen
U	Untere Makrophytengrenze (m)

— WRRL-Transecte
— Grenze Wasserkörper

Bewertung WRRL
plausibilisierte fachgutachterliche Bewertung

- ÖZK 1 (sehr gut)
- ÖZK 2 (gut)
- ÖZK 3 (mäßig)
- ÖZK 4 (unbefriedigend)
- ÖZK 5 (schlecht)
- Transect nicht bewertbar

Gesamtbewertung Wasserkörper

- links: WRRL (Wertstufen s.o.)
- rechts: FFH-Lebensraumtyp Erhaltungszustand:
- A = hervorragend
- B = gut
- C = mäßig bis schlecht
- Erhaltungszustand nicht bewertet

⊕ oben: Ergebnisse gem. Bewertung WRRL/FFH
unten: fachgutachterliche Einschätzung

WRRL-Programm 2014

Schaalsee -Bewertungskarte-

Auftraggeber: LLUR SH

Auftragnehmer: Dipl.-Biol. Joachim Stuhr (B.I.A.)

Kartenbearbeitung: GFN mbH V. Pieper

23.03.2015

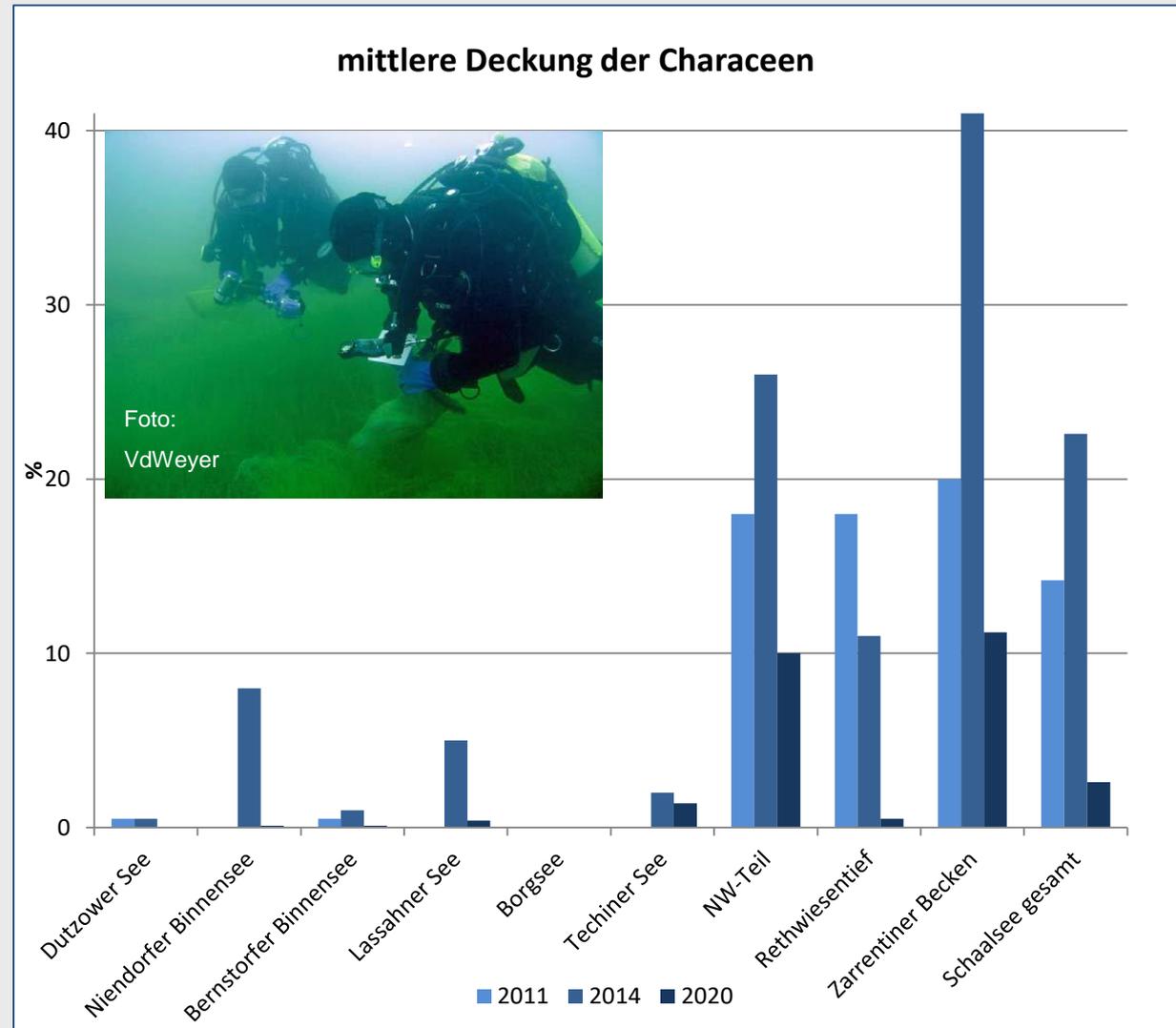
0 500 1.000 m

Entwicklung der Armleuchteralgen-Rasen



2020 zeigt sich im Zusammenhang mit der starken Zunahme der Quagga-Muschel ein massiver Rückgang der Characeendeckung, während die Tiefenausbreitung der Pflanzen in etwa gleich blieb.

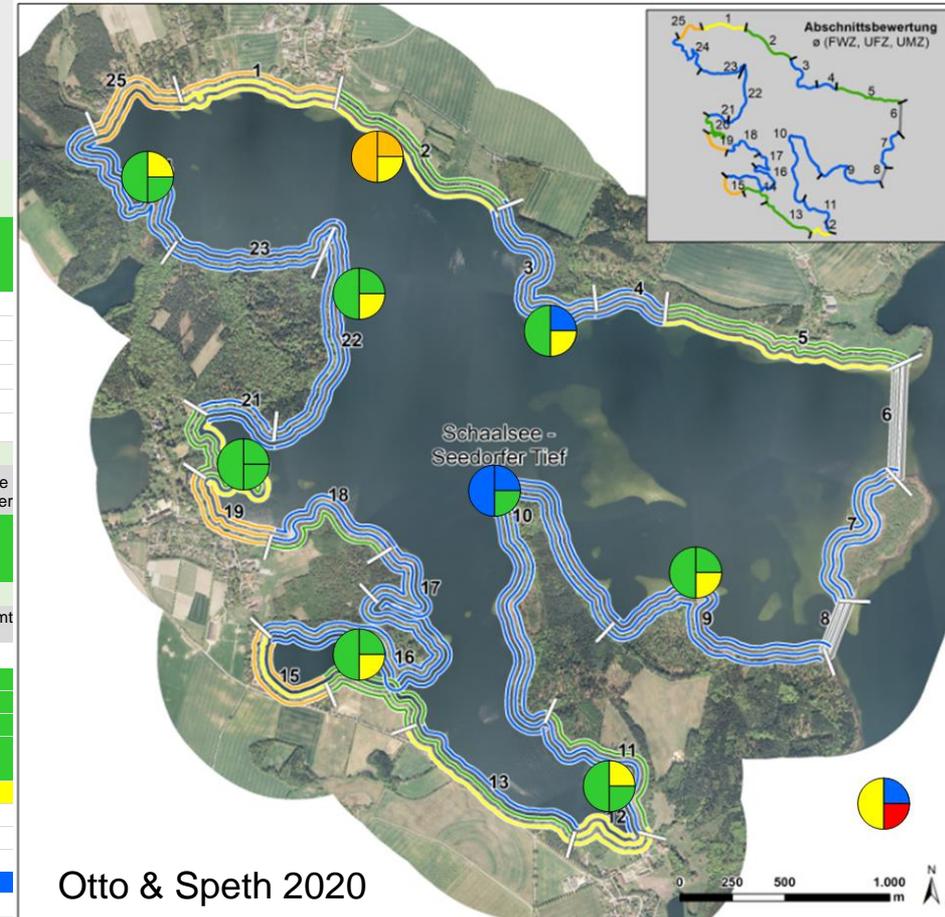
Der Rückgang der Characeen (Arملهuchteralgen) wird wahrscheinlich die Bewertung v.a. der bislang guten Seeteile verschlechtern. Die endgültige Auswertung steht noch aus.



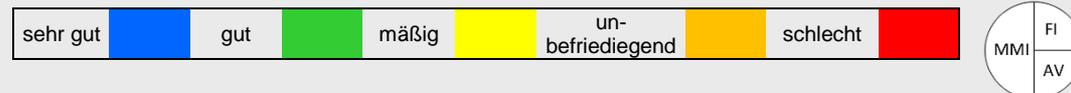
5. Reaktion der Lebensgemeinschaften?

Makrozoobenthos
wird im Nordwest-Becken mit
„gut“ bewertet“

Schaalsee (Seedorfer Tief)												
Abiotische und biotische Kenndaten (Quelle: http://www.umweltdaten.landsh.de)												
Typ	13: Kalkreicher, geschichteter Tieflandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet			QK MZB 2019		2						
Einzugsgebiet (km²)	171,9			Volumen (m³ Mio)		70,25						
FGE	Elbe			Fläche (km²)		4,95						
Bearbeitungsgebiet	Elbe-Lübeck-Kanal			Tief _{max} (m)		49,4						
Wasserkörper-Nr.	0488			Tief _{mit} (m)		14,19						
TK Makrophyten 2014	3			Uferlänge (km)		15,675						
QK Phytoplankton 2019	2			Wasseraufenthaltszeit ¹		1,29						
LAWA Strukturdaten (Quelle: ZUMBRICH 2018)												
Zone	Anzahl Abschnitte	Häufigkeit der Klassifizierung					Klasse der Zone	Klasse Seeufer				
Flachwasserzone	25	14	1	5	3	0	2	2				
Uferzone	25	13	5	3	2	0	2	2				
Umfeldzone	25	11	6	2	4	0	2	2				
Überblick Ergebnisse MZB												
Transekt	1	2	3	4	5	6	7	8	(9)	10	Gesamt Mittel	
Ufertyp	O	O	O	F	O/G	O	O	O	G	O		
Klasse berechnet	2	2	3	3	4	2	2	2	(3)	1	2	
Klasse gutachterlich	2	2	3	2	4	2	2	2	(3)	2	2	
MMI berechnet	0,61	0,63	0,58	0,59	0,37	0,66	0,64	0,72	0,48	0,80	0,62	
MMI fachgutachterlich	0,61	0,63	0,58	0,70	0,37	0,66	0,64	0,72	0,48	0,70	0,62	
Faunaindex	0,59	0,66	0,63	0,48	0,33	0,85	0,76	0,78	0,88	0,83	0,66	
Artenvielfalt	0,63	0,59	0,53	0,69	0,41	0,47	0,53	0,66	0,08	0,78	0,59	
Neozoa [%]	9	33	29	30	47	21	7	32	63	39	27	
Taxa _n	40	49	48	47	48	44	43	52	31	59	48	
Individuen [m²]	175	775	414	568	2020	480	313	747	2074	2104	844	
LAWA Flachwasser	1	1	1	1	3	1	1	3	3	1	1	



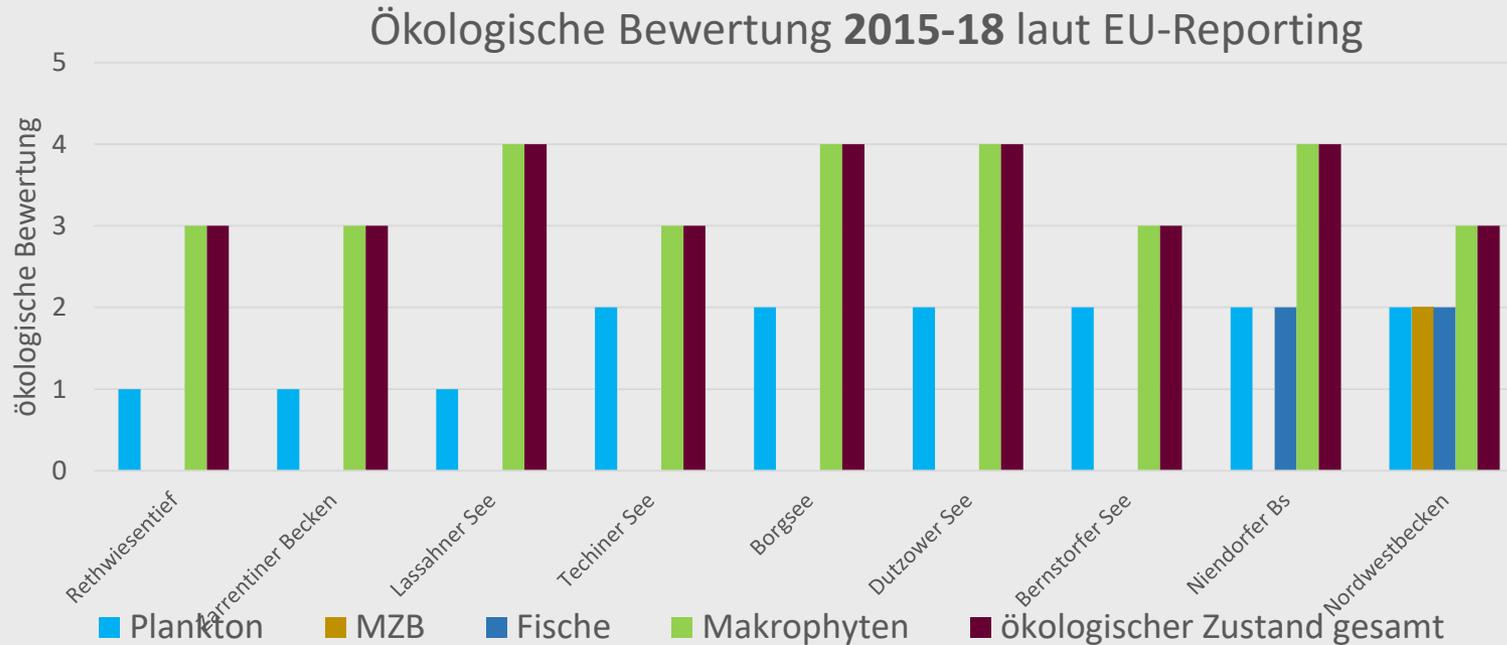
Berechnete Bewertung MZB (MMI Multi Metrischer Index, FI Faunaindex, AV Artenvielfalt):



5. Reaktion der Lebensgemeinschaften?



Ökologische Bewertung der 4 Lebensgemeinschaften



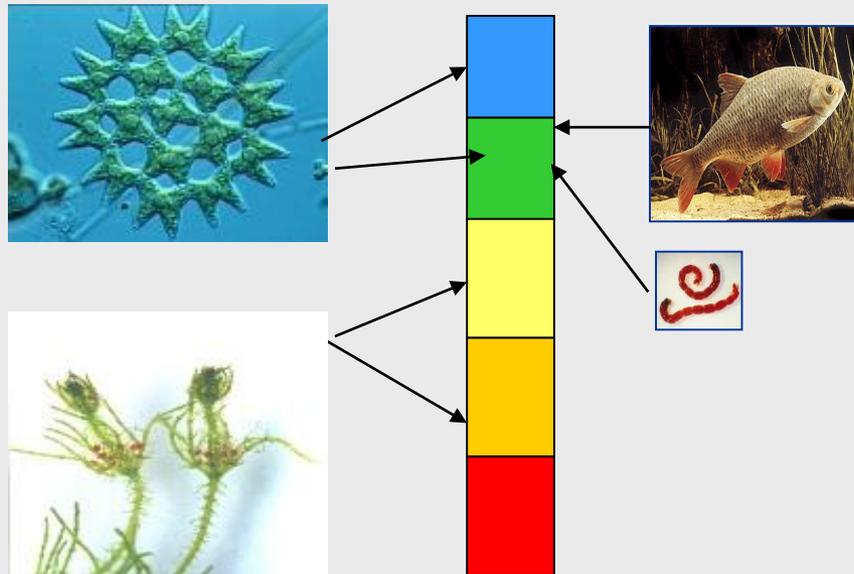
Die Bewertung

- ☺ des Phytoplanktons ist gut bis sehr gut.
- ☺ des Makrozoobenthos und der Fische – soweit untersucht – ist gut.
- ☹ der Makrophyten ist mäßig bis unbefriedigend. 2020 könnte sie im Zusammenhang mit der Ausdehnung der Quagga-Muschel eher schlechter ausfallen.



5. Reaktion der Lebensgemeinschaften?

Gesamtbewertung



Die Gesamtbewertung erfolgt nach dem worst case-Prinzip und liegt in den verschiedenen Wasserkörpern wegen der ungünstigen Bewertung der Unterwasservegetation insgesamt bei mäßig (3) bis unbefriedigend (4).



6. Ende gut – alles gut?

Durch Entlastungsmaßnahmen im Einzugsgebiet wurde enorm viel für den Schaalsee erreicht!

Das Freiwasser ist klarer geworden und die Mikroalgen (Phytoplankton) zeigen einen guten bis sehr guten Zustand.

Um diesen Zustand zu stabilisieren, sind weitere Maßnahmen im Einzugsgebiet wie z.B. die Vernässung von Mooren sinnvoll.

Die Entwicklung der Unterwasservegetation und der Quagga-Muschel sollten weiter beobachtet werden.

Seit 1989 – Effekte umgesetzter Maßnahmen

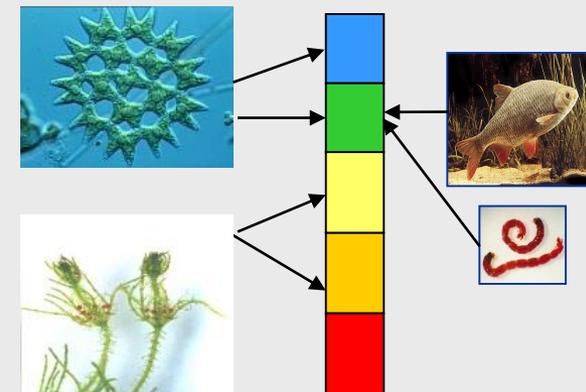
	Maßnahmen	P- Rückhalt
1990 – 2008	Einstellen der Einleitung von Stallabwässer und der Forellenmast, deutliche Reduzierung der Einleitung von (gereinigtem) Schmutzwasser	~ 5.000 kg ?
Seit 2015:		
2015 – 2018	Umwandlung von 95 ha Acker in Grünland im direkten Uferbereich – BRA Schaalsee-Elbe	100 kg
2016 – 2017	Nachrüstung der Kläranlage Mustin mit einer Phosphorfällung - Amt Lauenburgische Seen, Amt für Wasser und Abwasser	250–300 kg
2017 – 2021	Draineteiche Lassahn Nord, Mitte, Süd – BRA Schaalsee-Elbe	60 kg
2017	Phosphatfällung im Goldensee - Stiftung Biosphäre Schaalsee	+ ?
Seit 2018	Landwirtschaftliche Seenschutz-Beratung im Einzugsgebiet des Niendorfer Binnensees – Land SH	+ ?
2019	Nachrüstung der Kläranlage Kneese – Land MV	100 kg
2019	Entrohrung/Laufverlängerung am Woitendorfer Bach (Zufluss zum Goldensee) – Stiftung Biosphäre Schaalsee	
2020	Renaturierung der Kneeser Bek - Zweckverband "Schaalsee-Landschaft"	
2020	Vernässung angrenzender Moore – BRA und Stadt Zarrentin	+ ?
2016 – 2020	HanseWerk Natur GmbH verzichtet probeweise auf eine Frühjahrsabsenkung des Schaalseewasserstandes im Rahmen des geltenden Wasserrechts, Entschädigung des Kraftwerksbetreibers, Anpassung des Schaalseevertrages – BRA Schaalsee-Elbe	+ ?

7. Zusammenfassung

- ☺ Die **Phosphor**-Konzentrationen sind seit 1990 deutlich zurückgegangen und liegen in vielen Seeteilen nahe dem Grenzbereich zwischen der Bewertung „mäßig“ und „gut“.
Die sommerliche **interne Phosphor-Freisetzung** aus dem Sediment geht zurück.
- ☺ Der **Sauerstoff**haushalt vieler Seebecken ist stabiler geworden. Das Verhältnis zwischen Produktion von organischer Substanz und Sauerstoffvorrat im Tiefenwasser ist ausgeglichener.
- ☺ Das Wasser ist klarer geworden. Unter den im Wasser schwebenden **Mikroalgen** sind Blaualgen zurückgegangen. Die Bewertung des Phytoplanktons (Mikroalgen) liegt bei „gut“ (2) bis „sehr gut“ (1).
- ☺ Die **Unterwasservegetation** hat sich in größere Tiefen ausgedehnt.
- ☺ Allerdings: **invasive Arten** wie Nutalls Wasserpest und die Quagga-Muschel breiten sich aus und verdrängen sensible Unterwasserpflanzen wie die Armleuchteralgen.
- ☺ Die **Gesamtbewertung** der Schaalsee-Wasserkörper liegt wegen der ungünstigeren Bewertung der Unterwasservegetation zwischen „mäßig“ (3) und „unbefriedigend“ (4).

Fazit:

- Es wurde enorm viel für den Schaalsee erreicht.
- Der ökologische Zustand im Freiwasser hat sich deutlich verbessert.
- Um diesen Zustand zu stabilisieren, sind weitere Maßnahmen im Einzugsgebiet zur Reduzierung diffuser Einträge sinnvoll wie z.B.
 - die Vernässung von Mooren oder
 - die Extensivierung landwirtschaftlicher Flächen.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit !



Foto: BIA

http://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/wafis/seen/seenanzeige.php?see=schaalsee-niendorfer_binnensee&alle=nein

http://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/wafis/seen/seenanzeige.php?see=schaalsee_seedorfer_tief&alle=nein



Foto: BIA

