



Amt Crivitz Amt der Zukunft

Gemeinde Pinnow

Beschlussvorlage	Vorlage-Nr: IV Pin GV 708/22 Datum: 09.08.2022 Status: öffentlich
Vorstellung des Endberichtes - Limnologisches Gutachten für Pinnower See -	
Fachbereich: Amt für Stadt- und Gemeindeentwicklung Sachbearbeiter/-in: Frau Fülöp	

Beratungsfolge (Zuständigkeit)	Sitzungstermin
Gemeindevertretung Gemeinde Pinnow (Vorberatung)	29.08.2022

Sachverhaltsdarstellung:

Gemäß Europäischer Wasserrahmenrichtlinie ist der Pinnower See mit einer Fläche von 258,6ha ein berichtspflichtiges Gewässer. Mit Erlass des Europäischen Parlaments und des Rates sind die Mitgliedstaaten verpflichtet u.a. Binnenoberflächengewässer bis spätestens 2027 in einen „guten Zustand“ zu überführen bzw. den „guten Zustand“ zu erhalten, welcher nur gering vom gewässerspezifischen, natürlichen Zustand abweicht.

Im Rahmen der Bestandsaufnahme der europäischen Wasserrahmenrichtlinie wurde der Pinnower See 2018 letztmalig limnologisch eingeschätzt. 2018 befand sich der See in seinem trophisch potenziell natürlichen Zustand. Vor dem Hintergrund leicht angestiegener Phosphatwerte, sollte die Gewässerentwicklung des Pinnower Sees 2019 und weiterführend 2021 ermittelt und hinsichtlich möglicher Belastungsquellen untersucht werden. Mit der Erstellung des Gutachtens wurde 2019 der Wasser- und Bodenverband „Obere Warnow“ durch die Gemeinde Pinnow beauftragt.

Der Endbericht des limnologischen Gutachtens liegt seit Juni 2022 vor.

Finanzielle Auswirkungen:

Im Haushalt 2022 der Gemeinde Pinnow ergibt sich aus dem Eigenanteil der Gemeinde an der Erstellung des limnologischen Gutachtens für das Produkt 5200, Sachkonto 53229001 eine Ausgabe i.H.v. 1.034,21€.

Anlage/n:

Endbericht – Limnologisches Gutachten für den Pinnower See -

--

--

**Endbericht
Limnologisches Gutachten
Pinnower See
(See-Nr. 240070)**



Auftraggeber:
Wasser- und Bodenverband
„Obere Warnow“
Wald-Eck 7
19417 Warin
im Auftrag der Gemeinde Pinnow (Amt Crivitz)

Auftragnehmer:
bioplan GmbH
Institut für angewandte Biologie
und Landschaftsplanung
Strandstraße 32a
18211 Ostseebad Nienhagen

Juni 2022



Endbericht

Limnologisches Gutachten

Pinnower See

(See-Nr. 240070)

Auftraggeber:

Wasser- und Bodenverband
„Obere Warnow“
Wald-Eck 7
19417 Warin
im Auftrag der Gemeinde Pinnow
(Amt Crivitz)

Auftragnehmer:

bioplan GmbH
Institut für angewandte Biologie
und Landschaftsplanung
Strandstraße 32a
18211 Ostseebad Nienhagen



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des ländlichen Raums

Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete.

Förderprojekt:

Limnologisches Gutachten für den Pinnower See

Dieses Projekt wird im Rahmen des Entwicklungsprogramms für den ländlichen Raum Mecklenburg-Vorpommern 2014 - 2020 unter Beteiligung der Europäischen Union und der Gemeinschaftsaufgabe des Bundes und der Länder „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ gefördert und in Zuständigkeit des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern umgesetzt.



Verantwortliche Bearbeiter:

Dr. André Wizemann

.....

Dr. Eva-Maria Scharf

Dr. Stefan Sandrock

unter Mitarbeit von:

Jutta Hennig

Kai Wichmann

Benjamin Rach

Bearbeitungszeitraum:

Mai 2019 – Juni 2022

INHALTSVERZEICHNIS

	SEITE
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	I
TABELLENVERZEICHNIS	III
1 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG	1
2 GRUNDSÄTZLICHES METHODISCHES VORGEHEN	1
3 GENESE UND UMGEBUNGSFAKTOREN	3
3.1 RÄUMLICHE LAGE UND EINZUGSGEBIET	3
3.2 MORPHOMETRISCHE DATEN	6
3.3 BODENVERHÄLTNISSE, OBERFLÄCHENRELIEF UND GRUNDWASSERZUFLUSS	8
3.4 HYDROLOGIE.....	12
3.5 KLIMAVERHÄLTNISSE UND WITTERUNG.....	18
3.6 NUTZUNG IM EINZUGSGEBIET UND POTENZIELLE EXTERNE BELASTUNGSQUELLEN	21
4 REFERENZ- UND ZIELZUSTAND DES SEES	26
5 UNTERSUCHUNGEN IM UND AM PINNOWER SEE	27
5.1 CHEMISCHE UND PHYSIKOCHEMISCHE PARAMETER DES PINNOWER SEES	27
5.1.1 PINNOWER SEE 2019	27
5.1.1.1 METHODEN.....	27
5.1.1.2 ERGEBNISSE – MESSDATEN UND TROPHIEZUSTAND DES PINNOWER SEES IM JAHR 2019	29
5.1.2 PINNOWER SEE 2021	42
5.1.2.1 METHODEN.....	42
5.1.2.2 ERGEBNISSE – MESSDATEN UND TROPHIEZUSTAND DES PINNOWER SEES IM JAHR 2021	44
5.1.3 VERGLEICH MIT VERFÜGBAREN DATEN AUS DEN VORJAHREN/ENTWICKLUNG	62
5.2 QUALITÄT UND QUANTITÄT DES UNTERIRDISCH ZUFLIEßENDEN WASSERS IN DEN JAHREN 2019 UND 2021 (EXTERNE ERGEBNISSE)	68
5.2.1 JAHR 2019	70
5.2.2 JAHR 2021	73
5.3 BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN	77
5.3.1 PHYTOPLANKTON	77
5.3.1.1 METHODE	77
5.3.1.2 ERGEBNISSE 2019 UND 2021	78
5.3.2 ZOOPLANKTON	83
5.3.2.1 METHODE	83
5.3.2.2 ERGEBNISSE 2021.....	83
5.3.3 MAKROPHYTEN	97
5.3.3.1 METHODEN.....	97
5.3.3.2 ERGEBNISSE 2019.....	98

5.3.3.3 VERGLEICH MIT VORHERGEHENDEN UNTERSUCHUNGEN	103
5.3.4 MAKROZOOBENTHOS	105
5.3.4.1 METHODEN.....	105
5.3.4.2 ERGEBNISSE 2021.....	105
5.3.5 PROBEBEFISCHUNG.....	108
5.3.5.1 METHODEN	108
5.3.5.2 ERGEBNISSE 2021.....	110
5.3.5.3 BEWERTUNG.....	111
5.4 QUALITÄT DES SEESSEDIMENTS UND UNTERSUCHUNGEN ZUR ROLLE DES SEDIMENTS ALS QUELLE FÜR EINE INTERNE P-BELASTUNG IN DEN JAHREN 2019 UND 2021.....	115
5.4.1 METHODEN.....	115
5.4.2 ERGEBNISSE	117
5.4.2.1 SEDIMENTQUALITÄT.....	117
5.4.2.2 PHOSPHATRÜCKLÖSUNG AUS DEM SEDIMENT	120
5.5 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DES ISTZUSTANDS DES PINNOWER SEES FÜR DIE JAHRE 2019 UND 2021	124
5.6 NÄHRSTOFFBILANZIERUNG	127
5.6.1 NÄHRSTOFFBILANZIERUNG FÜR DAS JAHR 2019.....	128
5.6.2 NÄHRSTOFFBILANZIERUNG FÜR DAS JAHR 2021.....	132
6 ABLEITUNG VON MÖGLICHEN RESTAURIERUNGS-/SANIERUNGSMÄßNAHMEN	136
7 KOSTENSCHÄTZUNG	147
8 ZUSAMMENFASSUNG	148
9 QUELLENVERZEICHNIS.....	152
10 GLOSSAR UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	156

ANLAGEN

- 1 – FOTODOKUMENTATION
- 2 – FELDMESSWERTE
- 3 – ORIGINAL PROBENAHME-PROTOKOLLE
- 4 – WASSERANALYTIK
- 5 – PHYTOPLANKTON
- 6 – ZOOPLANKTON
- 7 – MAKROPHYTEN
- 8 – MAKROZOOBENTHOS
- 9 – FISCHE
- 10 – SEDIMENTE
- 11 – FLURSTÜCKSANGABEN

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.3.1-1: Lage des Pinnower Sees zwischen Schwerin und Crivitz	3
Abb.3.1-2: Einzugsgebiet des Pinnower Sees	4
Abb.3.1-3: Höhenlinien rund um den Pinnower See	5
Abb.3.1-4: Schutzstatus im oberirdischen EZG des Pinnower Sees	6
Abb.3.2-1: Tiefenkarte des Pinnower Sees	8
Abb.3.3-1: Bodenverhältnisse im Einzugsgebiet des Pinnower Sees	9
Abb.3.3-2: Grundwasserflurabstand im Einzugsgebiet des Pinnower Sees	10
Abb.3.3-3: Geschütztheitsgrad des GW im Umfeld des Pinnower Sees	10
Abb.3.3-4: Grundwasserisohypsen und Grundwasseranströmrichtung im Umfeld des Pinnower Sees	11
Abb.3.3-5: Grundwasserneubildungsrate im EZG des Pinnower Sees	12
Abb.3.4-1: Lage des oberirdischen und unterirdischen EZG des Pinnower Sees	13
Abb.3.4-2: Unterirdisches EZG mit GW-Isohypsen, GW-Entnahmestellen und untersuchten Messstellen	14
Abb.3.4-3: Wasserbilanz des Pinnower Sees seit 2011	15
Abb.3.4-4: Mittlerer Jahresgang der Grundwasserzuflüsse zum Pinnower See im Jahr 2019	16
Abb.3.4-5: Mittlerer Jahresgang der Grundwasserzuflüsse zum Pinnower See im Jahr 2021	16
Abb.3.4-6: Fließzeiten und Anströmungsrichtung des Grundwassers im unterirdischen EZG des Pinnower Sees	17
Abb.3.5-1: Halbmonatsmittel der Lufttemperatur im Jahr 2019 für die Station Schwerin	19
Abb.3.5-2: Halbmonatsmittel der Lufttemperatur im Jahr 2021 für die Station Schwerin	20
Abb.3.5-3: Summe der Niederschläge im Jahr 2019 für die Station Sukow-Zietlitz	21
Abb.3.5-4: Summe der Niederschläge im Jahr 2021 für die Station Sukow-Zietlitz	21
Abb.3.6-1: Nutzungsarten im Einzugsgebiet des Pinnower Sees	22
Abb.3.6-2: Potenzielle Winderosionsgefährdung im Umfeld des Pinnower Sees	23
Abb.3.6-3: Potenzielle Wassererosionsgefährdung im Umfeld des Pinnower Sees	23
Abb.3.6-4: Bestehende Wasserrechte im EZG des Pinnower Sees	25
Abb.5.1-1: Monatlich untersuchte Messstellen im Pinnower See	28
Abb.5.1-2: Wassertemperaturen im Pinnower See 2019 an MST1(19)	30
Abb.5.1-3: Wassertemperaturen im Pinnower See 2019 an MST2(19)	30
Abb.5.1-4: Sichttiefen im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	31
Abb.5.1-5: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung im Pinnower See 2019 an MST1(19)	31
Abb.5.1-6: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung im Pinnower See 2019 an MST2(19)	32
Abb.5.1-7: Chlorophyll a und Sichttiefe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	32
Abb.5.1-8: Gesamt-Phosphat-Phosphor (TP) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	33
Abb.5.1-9: ortho-Phosphat-Phosphor (SRP) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	33

Abb.5.1-10: Gesamt-Stickstoff (TN) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	34
Abb.5.1-11: Nitrat-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	34
Abb.5.1-12: Nitrit-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	35
Abb.5.1-13: Ammonium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	35
Abb.5.1-14: Calcium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	36
Abb.5.1-15: Magnesium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	36
Abb.5.1-16: ortho-Silikat-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	37
Abb.5.1-17: Chlorid-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	37
Abb.5.1-18: Sulfat-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	38
Abb.5.1-19: Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	38
Abb.5.1-20: Gesamt-organischer Kohlenstoff (TOC) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	39
Abb.5.1-21: Eisen-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 MST1(19) und MST2(19), (MP MST1(19), MP MST2(19) und Tiefe MST2(19) jeweils unterhalb der Nachweisgrenze von 0,01 mg/l)	39
Abb.5.1-22: Mangan-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	40
Abb.5.1-23: Säurekapazität (KS4,3) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	40
Abb.5.1-24: Basekapazität (KB8,2) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)	41
Abb.5.1-25: Monatlich untersuchte Messstellen im Pinnower See 2021	42
Abb.5.1-26: Wassertemperaturen im Pinnower See 2021 an MST1(21).....	44
Abb.5.1-27: Wassertemperaturen im Pinnower See 2021 an MST2(21).....	44
Abb.5.1-28: Wassertemperaturen im Pinnower See 2021 an MST3(21).....	45
Abb.5.1-29: Sichttiefen im Pinnower See 2021 an MST1(21)	45
Abb.5.1-30: Sichttiefen im Pinnower See 2021 an MST2(21)	46
Abb.5.1-31: Sichttiefen im Pinnower See 2021 an MST3(21)	46
Abb.5.1-32: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung im Pinnower See 2021 an MST1(21)	47
Abb.5.1-33: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung im Pinnower See 2021 an MST2(21)	47
Abb.5.1-34: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung im Pinnower See 2021 an MST3(21)	48
Abb.5.1-35: Chlorophyll a und Sichttiefe im Pinnower See 2021 an MST1(21)	48

Abb.5.1-36: Chlorophyll a und Sichttiefe im Pinnower See 2021 an MST2(21)	49
Abb.5.1-37: Chlorophyll a und Sichttiefe im Pinnower See 2021 an MST3(21)	49
Abb.5.1-38: Gesamt-Phosphat-Phosphor (TP) in der Mischprobe (MP) und den Tiefen- proben im Pinnower See 2021 an MST1(21).....	50
Abb.5.1-39: Gesamt-Phosphat-Phosphor (TP) in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21)	50
Abb.5.1-40: Gesamt-Phosphat-Phosphor (TP) in der Mischprobe (MP) und den Tiefen- proben im Pinnower See 2021 an MST3(21).....	50
Abb.5.1-41: ortho-Phosphat-Phosphor (SRP) in der Mischprobe (MP) und den Tiefen- proben im Pinnower See 2021 an MST1(21).....	51
Abb.5.1-42: ortho-Phosphat-Phosphor (SRP) in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21)	51
Abb.5.1-43: ortho-Phosphat-Phosphor (SRP) in der Mischprobe (MP) und den Tiefen- proben im Pinnower See 2021 an MST3(21).....	52
Abb.5.1-44: Gesamt-Stickstoff (TN) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)	52
Abb.5.1-45: Gesamt-Stickstoff (TN) in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21).....	53
Abb.5.1-46: Gesamt-Stickstoff (TN) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST3(21)	53
Abb.5.1-47: Nitrat-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)	54
Abb.5.1-48: Nitrat-Konzentration in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21).....	54
Abb.5.1-49: Nitrat-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST3(21)	54
Abb.5.1-50: Nitrit-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)	55
Abb.5.1-51: Nitrit-Konzentration in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21).....	55
Abb.5.1-52: Nitrit-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)	56
Abb.5.1-53: Ammonium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)	56
Abb.5.1-54: Ammonium-Konzentration in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21).....	57
Abb.5.1-55: Ammonium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST3(21)	57
Abb.5.1-56: Calcium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)	58
Abb.5.1-57: Magnesium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)	58

Abb.5.1-58: Chlorid-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)	59
Abb.5.1-59: Säurekapazität (KS4,3) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)	59
Abb.5.1-60: Basekapazität (KB8,2) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21).....	60
Abb.5.1-61: Gesamthärte in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)	60
Abb.5.1-62: Karbonathärte in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21).....	61
Abb.5.1-63: Entwicklung der Gesamt-Phosphorwerte im Pinnower See an MST1(21) seit 1992	64
Abb.5.1-64: Entwicklung der Gesamt-Stickstoffwerte im Pinnower See an MST1(21) seit 1993.....	65
Abb.5.1-65: Entwicklung der Chlorophyll a-Werte im Pinnower See an MST1(21) seit 1992	66
Abb.5.1-66: Entwicklung der Sichttiefe im Pinnower See an MST1(21) seit 1992	67
Abb.5.2-1: Modellierungsgebiet und Lage der untersuchten GW-Messstellen, Brunnen und Quellaustritte am Pinnower See	68
Abb.5.2-2: Vergrößerter Ausschnitt mit der Lage der beprobten GW-Messstellen, Brunnen und Quellaustritte am Pinnower See	69
Abb.5.2-3: Bilanzierungsgebiete im unterirdischen EZG des Pinnower Sees	69
Abb.5.2-4: Jahresverlauf der Nährstoffkonzentrationen in den Grundwasser- und Quellaufzügen zum Pinnower See im Jahr 2019	72
Abb.5.2-5: Jahresverlauf der Nährstofffrachten in den Grundwasser- und Quellaufzügen zum Pinnower See im Jahr 2019	73
Abb.5.2-6: Zeitlicher Verlauf der P-Fracht in kg (Okt 2020 bis Dez 2021)	76
Abb.5.2-7: Modellierte Fließzeiten des Grundwassers im unterirdischen EZG des Pinnower Sees	77
Abb.5.3-1: Phytoplanktonbiomassen im Pinnower See 2019 an MST1(19)	78
Abb.5.3-2: Phytoplanktonbiomassen im Pinnower See 2019 an MST2(19)	79
Abb.5.3-3: Phytoplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST1(21)	80
Abb.5.3-4: Phytoplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST2(21)	81
Abb.5.3-5: Phytoplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST3(21)	81
Abb.5.3-6: Zooplanktonabundanzen im Pinnower See 2021 an MST1(21)	84
Abb.5.3-7: Zooplanktonabundanzen im Pinnower See 2021 an MST2(21)	84
Abb.5.3-8: Zooplanktonabundanzen im Pinnower See 2021 an MST3(21)	85
Abb.5.3-9: Zooplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST1(21)	85
Abb.5.3-10: Zooplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST2(21)	85
Abb.5.3-11: Zooplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST3(21)	86
Abb.5.3-12: Steckbrief mit gemitteltem Radardiagramm des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 1 nach PhytoLoss 3.1 (2021)	87

Abb.5.3-13: Einzelwerte der Radardiagramme des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 1 nach PhytoLoss 3.1 (2021).....	88
Abb.5.3-14: Steckbrief mit gemitteltem Radardiagramm des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 2 nach PhytoLoss 3.1 (2021)	90
Abb.5.3-15: Einzelwerte der Radardiagramme des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 2 nach PhytoLoss 3.1 (2021).....	91
Abb.5.3-16: Steckbrief mit gemitteltem Radardiagramm des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 3 nach PhytoLoss 3.1 (2021)	93
Abb.5.3-17: Einzelwerte der Radardiagramm des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 3 nach PhytoLoss 3.1 (2021).....	94
Abb.5.3-18: Entwicklung des Phytoplanktons seit 1992 im Hauptsee (MST1)	96
Abb.5.3-19: Entwicklung des Phytoplanktons seit 1994 im Kirchsee (MST2)	96
Abb.5.3-20: Entwicklung des Zooplanktons seit 1992 im Hauptsee bzw. seit 1994 im Kirchsee.....	97
Abb.5.3-21: Lage der hinsichtlich der Makrophyten untersuchten Stationen im Pinnower See 2019 sowie Verteilung der Characeenrasen im See	98
Abb.5.3-22: Makrophyten im Pinnower See.....	102
Abb.5.2-23: Vertreter von im Pinnower See nachgewiesenen Makrophyten	102
Abb.5.3-24: Gut ausgebildeter Bestand des Leuchtenden Laichkrauts <i>Potamogeton lucens</i> am Nordostufer.....	102
Abb.5.3-25: Probenahmestellen Benthos und Lage der Tauchschnitte	105
Abb.5.3-26: Muschelvorkommen im Pinnower See	108
Abb.5.3-27: Positionen der 10 Stellnetzte im Pinnower See	109
Abb.5.3-28: Prozentuale Anteile der Einzelarten an der Biomasse des Gesamtfangs im Pinnower See.....	110
Abb.5.3-29: Fotos der in Bezug auf die Biomasse im Pinnower See am stärksten vertretenen Arten.....	111
Abb.5.3-30: Besatzmengen Große Maräne seit 2013	112
Abb.5.3-31: Fangstatistik Pinnower See	113
Abb.5.3-32: Gewichtsverhältnis zwischen Raub- und Friedfischen im Fang November 2021	113
Abb.5.3-33: Besatz an Hecht, Aal und Karpfen in den Jahren 2016 bis 2020.....	114
Abb.5.3-34: Auswertung der Multimaschennetzfänge seit 2018.....	115
Abb.5.4-1: Lage der Sedimentprobenahmestellen im Pinnower See 2019.....	116
Abb.5.4-2: Sediment an MST1	118
Abb.5.4-3: P-Gehalte im Sediment in 0-30 cm und 30-60 cm Tiefe an MST1(19) und MST2(19) im Pinnower See.....	121
Abb.5.4-4: Rücklösungsrate von Phosphor aus dem Sediment im Pinnower Sees an MST1 und MST2 im Jahr 2019.....	122
Abb.5.4-5: Rücklösungsrate von Phosphor aus dem Sediment im Pinnower Sees an MST1, MST2 und MST2 im Jahr 2021	124
Abb.5.6-1: Prinzipielle P-Eintragspfade in ein Standgewässer.....	128

Abb.5.6-2: Erosionsgefährdete und teils hängige Ackerflächen im Umland des Pinnower Sees	130
Abb.5.6-3: Verteilung der P-Einträge (TP in kg) in den Pinnower See im Jahr 2019	132
Abb.5.6-4: Verteilung der P-Einträge (TP in kg) in den Pinnower See im Jahr 2021	135
Abb.6-1: Verzicht auf Flüssigdüngung auf nördlich und nordwestlich des Pinnower Sees gelegenen Ackerflächen mit Hangneigung zum See, auf südlichen Ackerflächen kompletter Düngeverzicht.....	139
Abb.6-2: West-Ost-Schnitt zwischen dem Schweriner Innensee und dem Pinnower See.....	140
Abb.6-3: Uferbereich an der Bucht der Badestelle in Godern (August 2020).....	141
Abb.6-4: Lage der Probenahmestellen der nachträglich am 01.08.2020 genommenen Wasserproben.....	142
Abb.6-5: Verlauf der P-Rücklösung über das Jahr 2021	145

TABELLENVERZEICHNIS

Tab.3.2-1: Morphometrische Daten des Pinnower See.....	7
Tab.3.6-1: Nutzungsstruktur im Einzugsgebiet des Pinnower Sees.....	22
Tab.5.1-1: Zusammenstellung der im Rahmen des Untersuchungsprogramms am Pinnower See im Jahr 2019 untersuchten Wassergüteparameter	29
Tab.5.1-2: Klassifizierung gemäß LAWA (2014) für den Pinnower See im Jahr 2019 an MST1(19) und MST2(19)	41
Tab.5.1-3: Zusammenstellung der im Rahmen des Untersuchungsprogramms am Pinnower See im Jahr 2021 untersuchten Wassergüteparameter	43
Tab.5.1-4: Klassifizierung gemäß LAWA (2014) für den Pinnower See im Jahr 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21).....	61
Tab.5.2-1: Nährstoffkonzentrationen in den Grundwasserproben in mg/l.....	70
Tab.5.2-2: Nährstoffkonzentrationen in den Quellaustritten des oberflächennahen Grundwassers in mg/l	71
Tab.5.2-3: Bilanz der Nährstoffeinträge über die entsprechenden Bilanzierungsgebiete für die Zeiträume Sommer/Herbst 2019 und Frühjahr 2020.....	72
Tab.5.2-4: Nährstoffkonzentrationen in den Quellaustritten des oberflächennahen Grundwassers in mg/l	74
Tab.5.2-5: Nährstoffkonzentrationen in den Grundwasserproben in mg/l.....	75
Tab.5.2-6: Bilanz der Nährstoffeinträge über die entsprechenden Bilanzierungsgebiete für die Zeiträume Oktober 2020 und Dezember 2021	76
Tab.5.3-1: Indexwerte und Gesamtbewertungen des Phytoplanktons im Pinnower See 2019 und 2021 an den verschiedenen Messstellen	82
Tab.5.3-2: Liste der im Pinnower See 2019 nachgewiesenen Makrophyten	99
Tab.5.3-3: Relative Häufigkeit der vorgefundenen Makrophytenarten an den Probestationen Z1 bis Z31 im Pinnower See 2019	100
Tab.5.4-1: Koordinaten der Sedimentprobenahmestellen im Pinnower See 2019	116
Tab.5.4-2: Methodenspektrum bei der P-Analyse nach PSENNER	117

Tab.5.4-3: Allgemeine Charakterisierung des Oberflächensediments des Pinnower Sees in 0-30 cm und in 30-60 cm Tiefe an MST1(19) und MST2(19).....	117
Tab.5.4-4: Vergleich der im Sediment des Pinnower Sees an MST1(19) und MST2(19) gefundenen Metallgehalte mit den Grenzwerten der Klärschlammverordnung...	118
Tab.5.4-5: Vergleich der im Sediment des Pinnower Sees gefundenen Schadstoffgehalte an MST1(19) und MST2(19) (in je 0-30 cm und 30-60 cm) mit verfügbaren Richtwerten aus der Literatur	119
Tab.5.4-6: Vergleich der im Sediment des Pinnower Sees an MST1(19) und MST2(19) (in je 0-30 cm und 30-60 cm) ermittelten Schadstoffgehalte mit dem 70 % Vorsorgewert nach BBodSchV	120
Tab.5.4-7: P-Gehalt im Sediment in 0-30 cm und 30-60 cm Tiefe an MST1(19) und MST2(19) im Pinnower See in mg/kg in verschiedenen Bindungsformen.....	121
Tab.5.6-1: P-Einträge in den Pinnower See, kalkuliert aus Messdaten der Jahres 2019	132
Tab.5.6-2: P-Einträge in den Pinnower See, kalkuliert aus Messdaten der Jahres 2021	135
Tab.5.6-3: Flächenbelastung ($\text{g P} / \text{m}^2 \text{a}^{-1}$) verschiedener Seen vom Typ 13	135
Tab.6-1: Übersicht der Maßnahmen aus dem Managementplan für das FFH-Gebiet „Pinnower See“	137
Tab.6-2: Vorgeschlagene Maßnahmen für eine Sanierung/Restaurierung des Pinnower Sees.....	146
Tab.7-1: Kostenschätzung Restaurierungsmaßnahmen Pinnower See	147

1 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG

Der Pinnower See (See-Nr. 240070) ist mit einer Fläche von 258,60 ha gemäß Europäischer Wasserrahmenrichtlinie ein berichtspflichtiges Gewässer. Mit dem Erlass des Europäischen Parlaments und des Rats vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik sind die Mitgliedstaaten der Europäischen Union verpflichtet die Binnenoberflächengewässer, die Übergangsgewässer, die Küstengewässer und das Grundwasser bis 2015, spätestens bis 2027, in einen „guten Zustand“ zu überführen bzw. den „guten Zustand“ zu erhalten, welcher nur gering vom gewässerspezifischen, natürlichen Zustand abweicht.

Der Pinnower See wurde im Rahmen der Bestandsaufnahme im Jahr 2018 letztmalig limnologisch eingeschätzt. Zu diesem Zeitpunkt befand sich der See in seinem trophischen potenziell natürlichen Zustand (Referenzzustand, mesotroph m1) (LAWA 2014). Mit der vorliegenden Studie sollte, vor dem Hintergrund zwischenzeitlich leicht angestiegener Phosphatwerte, im Jahr 2019 und weiterführend im Jahr 2021 die Entwicklung des Gewässerzustands ermittelt und der Pinnower See im Hinblick auf mögliche Belastungsquellen untersucht werden.

Für das FFH-Gebiet (bzw. Gebiet von Gemeinschaftlicher Bedeutung; Natura 2000) am Pinnower See gibt es einen Managementplan (DE 2335-301; StALU WM 2018), der u.a. auf den Erhalt der trophischen Situation des Sees, der Ufervegetation sowie des angrenzenden Kesselmoores bei Raben-Steinfeld abzielt. Der Pinnower See ist als Lebensraumtyp „Oligo- bis mesotrophes kalkhaltiges Gewässer mit benthischer Vegetation aus Armleuchteralgen“ (LRT 3140) in besonderem Maße als Schutzobjekt ausgewiesen. Auch soll der See und seine in weiten Teilen ungestörte Ufervegetation (inkl. der Schwingrasenmoore; LRT 7140) als potenzieller Lebensraum für den Fischotter und den Biber unter den naturräumlichen Gegebenheiten in einem guten Zustand erhalten werden.

Der Pinnower See wird hauptsächlich durch Grundwasser gespeist. Die Untersuchungen des Grundwassers und der Quellaustritte in den See wurden durch zwei externe hydrologische Gutachten der Firma Hydro-Geologie-Nord PartGmbH (HGNord) für die beiden Untersuchungsjahre 2019 und 2021 ergänzt und sind für die Bewertung des Seezustands mit aufgenommen worden.

Auftraggeber der Machbarkeitsstudie ist, im Auftrag der Gemeinde Pinnow (Amt Crivitz), der Wasser- und Bodenverband „Obere Warnow“ mit Sitz in Warin (LK Nordwestmecklenburg).

2 GRUNDSÄTZLICHES METHODISCHES VORGEHEN

Der inhaltliche und methodische Rahmen der Untersuchungen wurde im Wesentlichen durch die Leistungsbeschreibungen für die Jahre 2019 und 2021 vorgegeben. Die Leistungsbeschreibung aus dem Jahr 2019 beinhaltete die Aufnahme und Bewertung bereits vorliegender Daten, ein Anfang Juni 2019 beginnendes und Oktober 2019 endendes monatliches Monitoringprogramm zur Erfassung des Trophiezustands des Sees, Untersuchungen zur Biologie im See und zur Rolle und Qualität des Sediments sowie im Ergebnis der ermittelten Daten die Ableitung

von konkreten Handlungsempfehlungen. Für 2021 wurde die Erfassung fortgesetzt und erweitert, so dass hier über das gesamte Jahr Daten aufgenommen wurden.

Mit dem monatlichen Monitoring von Anfang Juni bis Oktober 2019 und Januar bis Dezember 2021 wurden die wichtigsten Wassergüteparameter im See erfasst. Die Untersuchung der Quellaustritte und des anströmenden Grundwassers sind in beiden Jahren (2019 und 2021) von der Firma HGNord vorgenommen und in je einem hydrologischen Gutachten zusammengestellt worden. Die Ergebnisse der Gutachten wurden in die hier vorliegende Studie mit aufgenommen, um dem Ziel einer möglichst vollständigen Ermittlung und Quantifizierung der externen und internen Nährstoffeinträge in den Pinnower See Rechnung zu tragen.

Grundlage für die Trophieeinschätzung des Gewässers waren im Jahr 2019 6 Probenahmen in monatlichen Abständen vom Boot aus an 2 Messstellen (MST1(19) und MST2(19)) im See (TP, SRP, NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, TN, o-SiO, KS₄,₃, KB₈,₂, Ca, Mg, Sulfat, Chlorid, DOC, TOC, Fe, Mn, Chlorophyll a, Phaeophytin), ergänzt durch eine Profilaufnahme der Sondenparameter Wassertemperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt/-sättigung und Redoxpotenzial.

Im Jahr 2021 war das Programm hinsichtlich der Parameter nicht ganz so umfangreich (verzichtet wurde auf die Parameter Fe, Mn, o-SiO, DOC, TOC), jedoch wurde dafür das ganze Jahr als Untersuchungszeitraum erfasst und eine Beprobung an 3 Messstellen (MST1(21), MST2(21), MST3(21)) durchgeführt.

Die angewandten Analysemethoden werden in den entsprechenden Kapiteln genauer benannt. Zur Einschätzung der biologischen Komponenten sind die Qualität und Quantität des Phytoplanktons (2019 und 2021) untersucht sowie 2019 die Makrophyten im See kartiert und bewertet worden. Im Jahr 2021 wurde zudem das Zooplankton an den 3 Messstellen und das Makrozoobenthos an 3 ufernahen Messstellen erfasst und bewertet. Darüber hinaus fand 2021 eine Probebefischung im See statt.

Für die Bewertung des aktuellen Trophiezustands wurde die Bewertungsvorschrift nach LAWA (2014) herangezogen. Zur Bewertung des Phytoplanktons wurde PhytoSee Vers.7.1 als WRRL-konformes Verfahren genutzt. Die Makrophyten wurden entsprechend Leistungsbeschreibung für das Jahr 2019 nach dem Verfahren der Übersichtskartierung an 31 über den See verteilten Stationen (vgl. Anleitung für die Kartierung von Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen, LUNG M-V 2013) kartiert. Für das Zooplankton liegt mit PhytoLoss ein entsprechendes WRRL-konformes Bewertungsverfahren vor, welches hier angewendet wurde. Das Makrozoobenthos wurde orientierend – 3 Probenahmepunkte, 3 Probenahmetermine – untersucht. Um mit Blick auf eine eventuelle spätere Nährstofffällung zu wissen, ob und bis in welche Tiefe Großmuscheln im See vorkommen, wurde im November 2021 auf 4 Transekten das Vorkommen und die Häufigkeit von Muscheln durch einen Taucher eingeschätzt.

Die internen Einträge (P-Rücklösung aus dem Sediment) wurden im Jahr 2019 (nur im Sommerhalbjahr) durch monatliche Messung der Konzentrationsunterschiede zwischen Interstitialwasser in der oberen Sedimentschicht und überstehendem Wasser an den 2 Messstellen und

somit für 2 Tiefenbereiche errechnet (SINKE et al. 1990). Im Jahr 2021 war der Untersuchungszeitraum deutlich umfangreicher (Gesamtjahr) und es wurden zudem 3 Messstellen respektive Tiefenstufen beprobt.

Das Sediment selbst ist im Jahr 2019 an den 2 Probestellen MST1(19) und MST2(19) durch die Untersuchung einer Stichprobe aus 2 Tiefenstufen (0-30 cm, 30-60 cm) charakterisiert worden. Eine Entnahme aus einer 3. Tiefenstufe (60-90 cm) war auf Grund der festen Konsistenz des Sediments in dieser Tiefe nicht möglich. Das Sediment ist hinsichtlich der allgemeinen Parameter und der Metalle sowie der verschiedenen Bindungsfractionen des Phosphors am Sediment und auch weitergehend bezüglich relevanter organischer Schadstoffe analysiert worden.

Angaben zum Einzugsgebiet, zur Seemorphometrie und zu vorhandenen Altdaten/Gutachten sind vom Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Seenprogramm M-V (2022) bzw. vom StALU WM zur Verfügung gestellt sowie dem Kartenportal Mecklenburg-Vorpommern (LUNG M-V 2022b) bzw. dem Fachinformationssystem FIS WRRL (LUNG M-V 2022a) entnommen worden.

3 GENESE UND UMGEBUNGSFAKTOREN

3.1 RÄUMLICHE LAGE UND EINZUGSGEBIET

Der Pinnower See liegt im westlichen Mecklenburg-Vorpommern, etwa einen Kilometer östlich der Grenze zur Landeshauptstadt Schwerin in der Gemeinde Pinnow, etwa 8 Kilometer nordwestlich von Crivitz im Landkreis Ludwigslust-Parchim (Abb.3.1-1). Am Nordostufer des Sees befindet sich die Ortschaft Godern, südlich bzw. südöstlich an das Gewässer angrenzend liegt ein Teil der Ortschaft Pinnow, der zumeist aus kleinen Bungalows und Ferienhäusern besteht. In unmittelbarer Nähe zum Westufer des Pinnower Sees verläuft die Autobahn A14, direkt westlich der Autobahn liegt die Ortschaft Raben Steinfeld. Südlich des Sees verläuft die Bundesstraße B321.

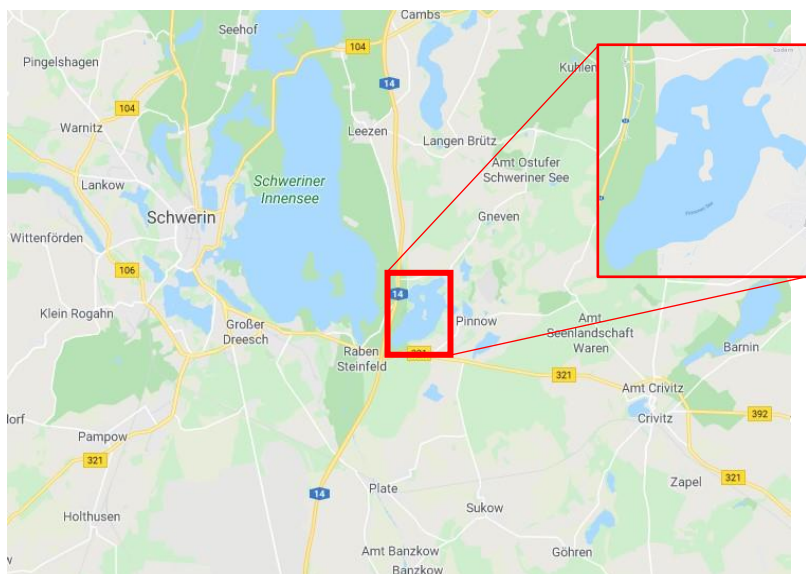


Abb.3.1-1: Lage des Pinnower Sees zwischen Schwerin und Crivitz (GOOGLE MAPS 2022)

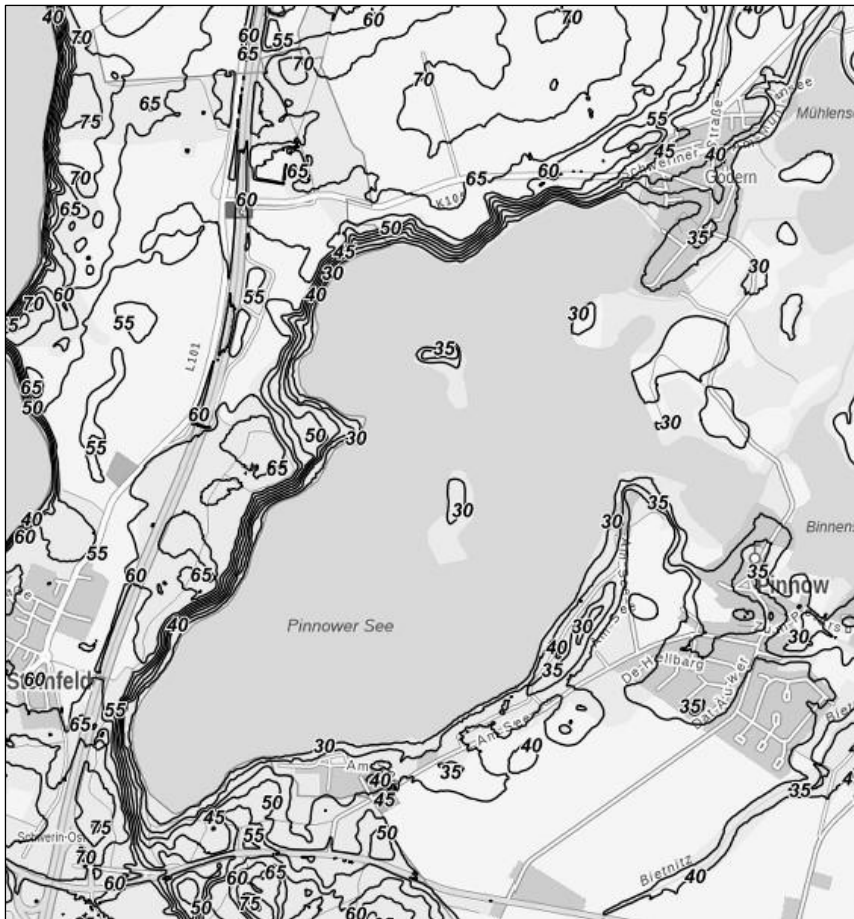


Abb.3.1-3: Höhenlinien rund um den Pinnower See (LUNG M-V 2020b)

Der Pinnower See (LRT 3140 - Oligo- bis mesotrophe kalkhaltige Gewässer) stellt mit seinen Uferstrukturen das Gebiet von Gemeinschaftlicher Bedeutung (GGB) DE 2335-301 „Pinnower See“ dar (Abb.3.1-4). Das EU-Vogelschutzgebiet (SPA) DE 2235-402 „Schweriner Seen“ befindet sich überwiegend westlich des EZG, reicht jedoch in den nordwestlichen Bereich des Einzugsgebiets hinein. Der See gehört zum Landschaftsschutzgebiet (LSG) „Schweriner Seenlandschaft im Landkreis Ludwigslust-Parchim“ (Nr. L 138c) und ist überdies Bestandteil des Naturparks „Sternberger Seenland“; verschiedene Naturschutzgebiete (NSG) liegen außerhalb der EZG-Grenze. Die beiden im See befindlichen Inseln „Fischerwerder“ (3,07 ha) und „Flakenwerder“ (3,83 ha) sind auf Grund ihres ökologischen Werts mit einer relativ unbeeinflussten Natur als Flächennaturdenkmäler ausgewiesen. Das „Kesselmoor bei Raben Steinfeld“ (0,74 ha) (LRT 7140 - Übergangs- und Schwingrasenmoore) ist ein typisches Waldmoor mit Vorkommen seltener Regenmoor-Pflanzenarten; es ist ebenfalls ein Flächennaturdenkmal und befindet sich zwischen dem Pinnower See und der Bundesstraße B321 im südlichen Teil des EZG. Der Pinnower See ist Bestandteil der Schutzzone II des Wasserschutzgebiets Pinnow; die umliegenden Bereiche gehören zur Schutzzone III des gleichnamigen Wasserschutzgebiets (LUNG M-V 2022b).

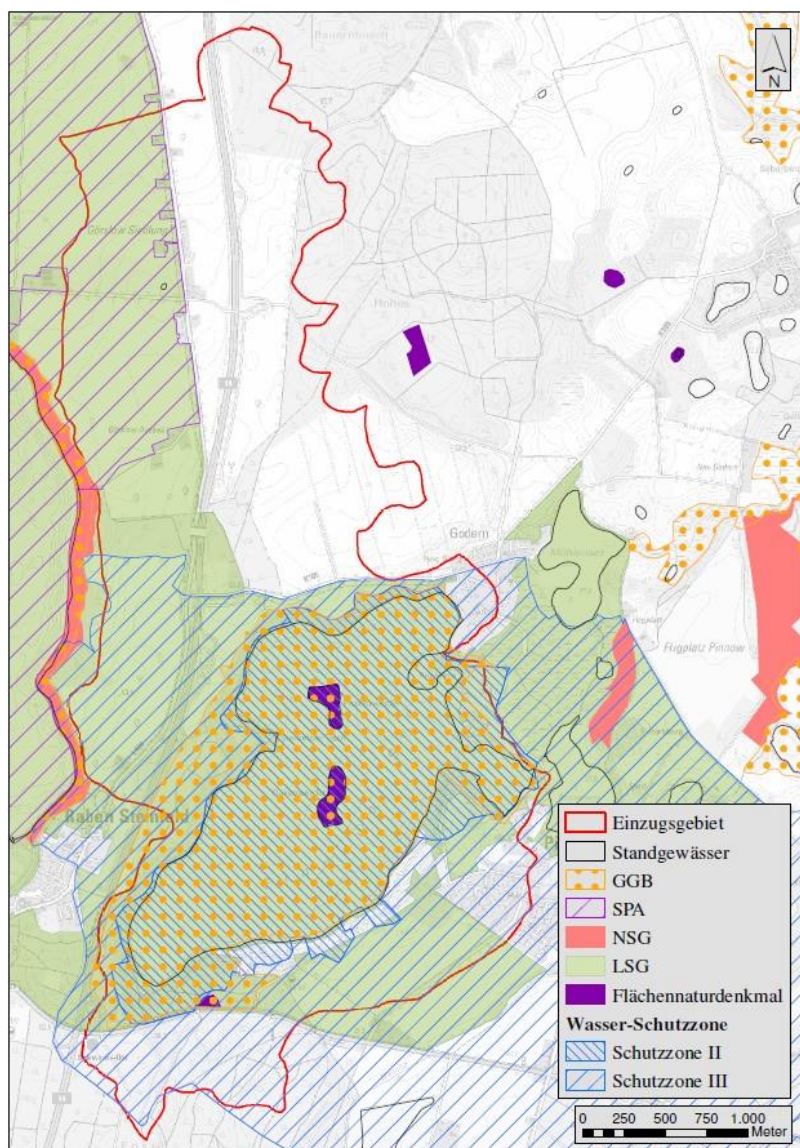


Abb.3.1-4: Schutzstatus im oberirdischen EZG des Pinnower Sees (LUNG M-V 2022b)

3.2 MORPHOMETRISCHE DATEN

Die Morphometrie eines Sees ist weitgehend durch seine Entstehungsgeschichte bestimmt, entsprechend lassen sich aus ihr auch Aussagen über die Eigenschaften und Reaktionsmuster/-möglichkeiten des Gewässers ableiten. Der Pinnower See liegt in einer Senke und ist glazialen Ursprungs. Sein Wasserspiegel liegt etwa 10 m tiefer als der Wasserspiegel des naheliegenden Schweriner Sees. Der See hat keine klassischen oberirdischen Zuläufe und wird vor allem durch Grundwasser, unterirdisch und durch Quellaustritte (hypodermischer Zufluss), gespeist. Die morphometrischen Größen zum Pinnower See wurden vom Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Seenprogramm M-V (2022) bereitgestellt und sind in Tab.3.2-1 zusammengestellt.

Tab.3.2-0-1: Morphometrische Daten des Pinnower See (Seenprogramm M-V 2022)

See-/Messstellenummer	240070
Mittlere Wasserspiegelhöhe über NHN	27,70 m
Bezugsjahr Morphometrie	1995
Maximale Tiefe	16,00 m
Mittlere Tiefe	6,74 m
Seefläche	258,60 ha
Seevolumen	17.431.796 m ³
Einzugsgebietsgröße	11,78 km ²
Uferlänge	11.342 m
Uferentwicklung	1,989
Effektive Länge	2.940 m
Effektive Breite	1.730 m
Schichtung	geschichtet
Tiefengradient	2,17
Flächengradient	4,55
Volumengradient	0,68

Als Kenngröße für die Ökologie eines Sees lässt sich die Uferentwicklung anführen. Sie drückt als Verhältnis von Uferlänge zur Seefläche den Buchtenreichtum eines Sees aus, was in der Regel einen entscheidenden Einfluss auf die litoralen Pflanzenbestände haben kann. Je mehr Buchten (bzw. Flachwasserbereiche) vorhanden sind desto größer ist die mögliche flächenmäßige Ausprägung der Pflanzenbestände längs des Ufers. Der Pinnower See besitzt mit 1,989 nur eine mäßig ausgeprägte Uferentwicklung. Er besitzt jedoch v.a. im südlichen Uferbereich sowie in einer Ausbuchtung im Osten des Sees (dem sogenannten Kirchsee) und an den im See befindlichen Inseln flachere Bereiche, so dass hier durchaus ein großflächiger Bewuchs mit submersen Wasserpflanzen erwartet werden kann (Abb.3.2-1). Die Größe des Einzugsgebiets und damit die Menge an Niederschlag, die dem See zufließt, aber auch die Nutzung im Einzugsgebiet bestimmen wesentlich den trophischen Zustand des Sees. Zur Beschreibung des Einflusses des Einzugsgebiets auf den See dienen die Umgebungsfaktoren UF (ausgedrückt durch den Flächengradienten und/oder den Volumengradienten), die sich aus dem Verhältnis von Einzugsgebietsfläche zur Seefläche bzw. Einzugsgebietsfläche zum Seevolumen errechnen.

Der Umgebungsfaktor entscheidet über den Grad der Autarkie des Sees. Er gibt an, inwieweit der geologische Untergrund, die Zuflüsse, die umgebende Vegetation und das Relief Einfluss auf den See haben. Die Werte des Umgebungsfaktors beim Pinnower See betragen 4,55 (Flächengradient) und 0,68 (Volumengradient). Das spricht, unabhängig von größeren punktuellen Belastungsquellen, für einen eher geringeren Einfluss des oberirdischen Einzugsgebiets auf den

See. Beim primär durch Grundwasser gespeisten Pinnower See ist jedoch auch das unterirdische Einzugsgebiet von erheblicher Bedeutung (vgl. Kap.3.4 Hydrologie).

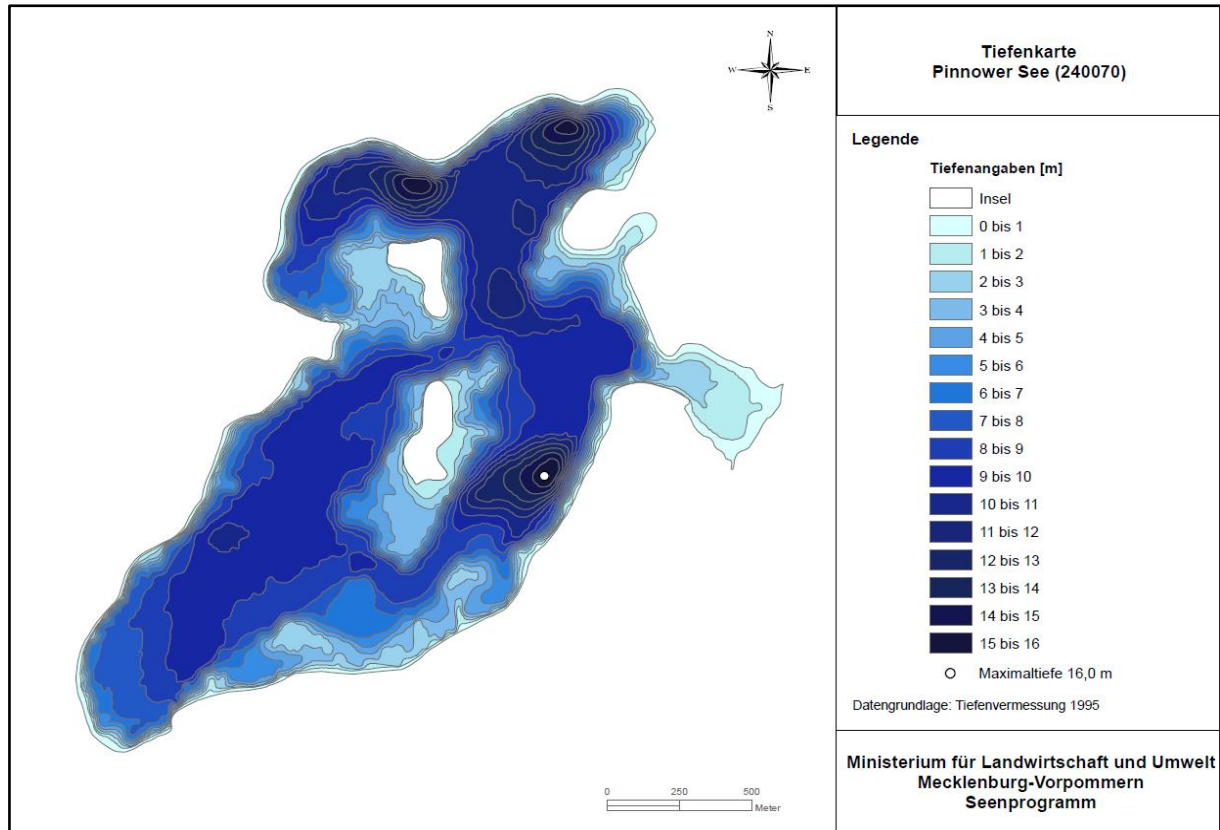


Abb.3.2-1: Tiefenkarte des Pinnower Sees (Seenprogramm M-V 2020/2022)

3.3 BODENVERHÄLTNISSE, OBERFLÄCHENRELIEF UND GRUNDWASSERZUFLUSS

Böden, Oberflächenrelief und Grundwasserzufluss im Einzugsgebiet von Standgewässern sind für deren Trophiesituation von entscheidender Bedeutung. Das Einzugsgebiet des Pinnower Sees zeichnet sich durch das Vorkommen von Lehm- und Tieflermböden aus, die unterschiedlich wasserbeeinflusst sind (Abb.3.3-1). In einem kleinen Bereich südlich des Sees sind von Wasser unbeeinflusste Sandböden ausgewiesen (LUNG M-V 2022b).

Die lehmigen Böden, die der Grund für die Ackernutzung im Einzugsgebiet sind, können ein Problem für den See darstellen, welches durch die sehr großen Hangneigungen zum Gewässer hin zusätzlich verstärkt wird. Besonders die Erodierbarkeit des Bodens durch Wasser muss bei der Bodenart Lehm bei überwiegender Ackernutzung als recht hoch eingeschätzt werden. Eingeschwemmte Bodenteile, an denen insbesondere Phosphor gebunden ist, können somit zu einer wesentlichen Belastung des Gewässers führen. Gehölzstreifen umschließen den Pinnower See vollständig und sind meist auch mehr als 100 m breit. Lediglich am Ostufer, südlich der Ortschaft Godern, ist der Gehölzstreifen mit etwa 20 m deutlich schmaler. Entsprechende Einträge aus den oberhalb liegenden Ackerflächen werden vermutlich größtenteils abgepuffert. Insbesondere bei Starkregen ist jedoch durchaus mit einem Eintrag über diesen Pfad zu rechnen.

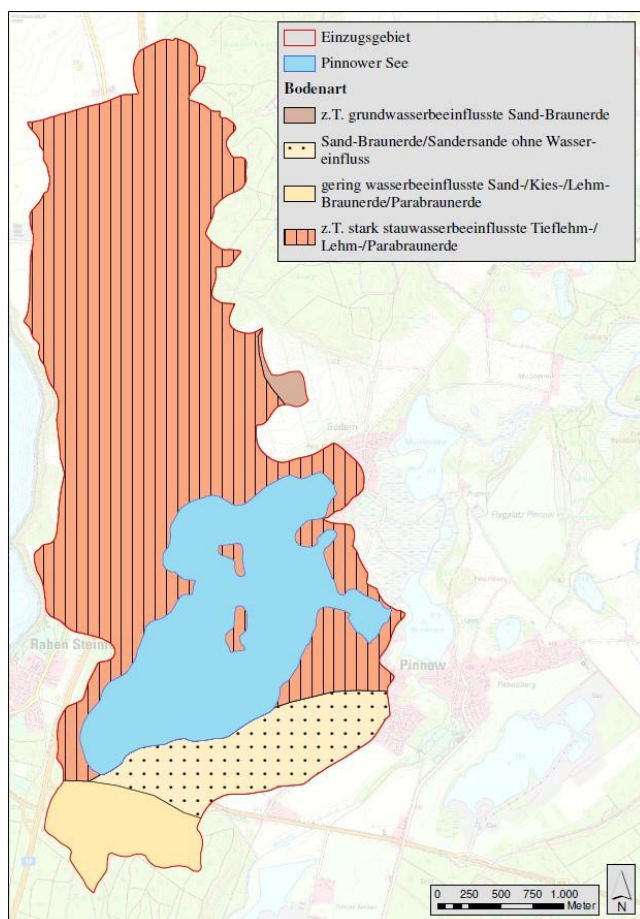


Abb.3.3-1: Bodenverhältnisse im Einzugsgebiet des Pinnower Sees (LUNG M-V 2022b)

Der für den Pinnower See relevante Grundwasserkörper (WP_WA_2_16) wird großräumig der Planungseinheit „Warnow“ zugeordnet. Unmittelbar im Umfeld des Sees beträgt der Grundwasserflurabstand 2,0 m (v.a. Nord- und Westufer) bis 10,0 m (v.a. Ost- und Südufer) (Abb. 3.3-2). Im nördlichen Teil des EZG liegt das Grundwasser mehr als 10,0 m unter Flur (LUNG M-V 2022b).

Wegen der meist lehmigen Deckböden besteht eigentlich nur eine geringe Gefährdung für das Eindringen von Schadstoffen in den oberen Grundwasserleiter. Für einige Bereiche wird dies durch die Daten des Kartenportals M-V bestätigt. Allerdings wird südlich des Sees, sicherlich auch aufgrund des Vorkommens eher sandiger Böden, der Geschützteitsgrad des Grundwassers als gering ausgewiesen (Abb.3.3-3, LUNG M-V 2022b).

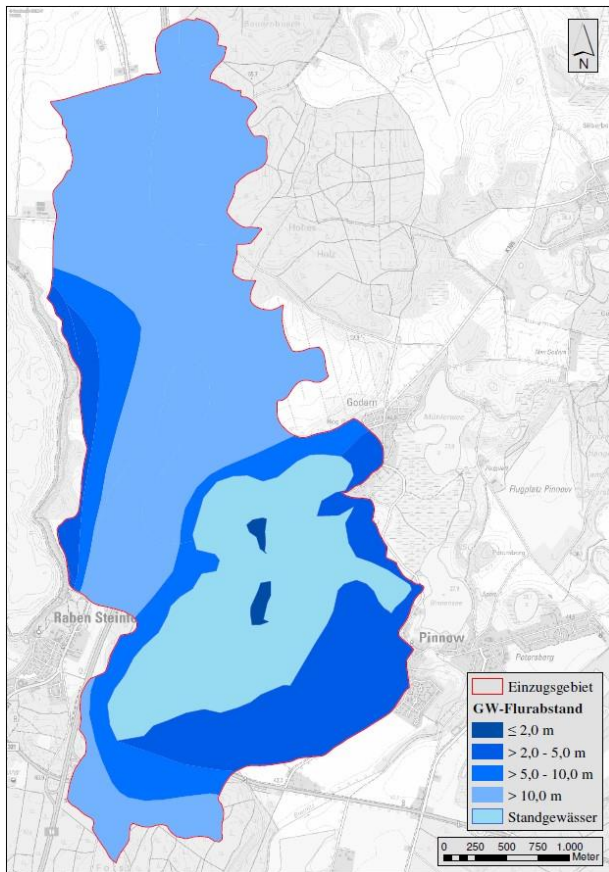


Abb.3.3-2: Grundwasserflurabstand im Einzugsgebiet des Pinnower Sees (LUNG M-V 2022b)

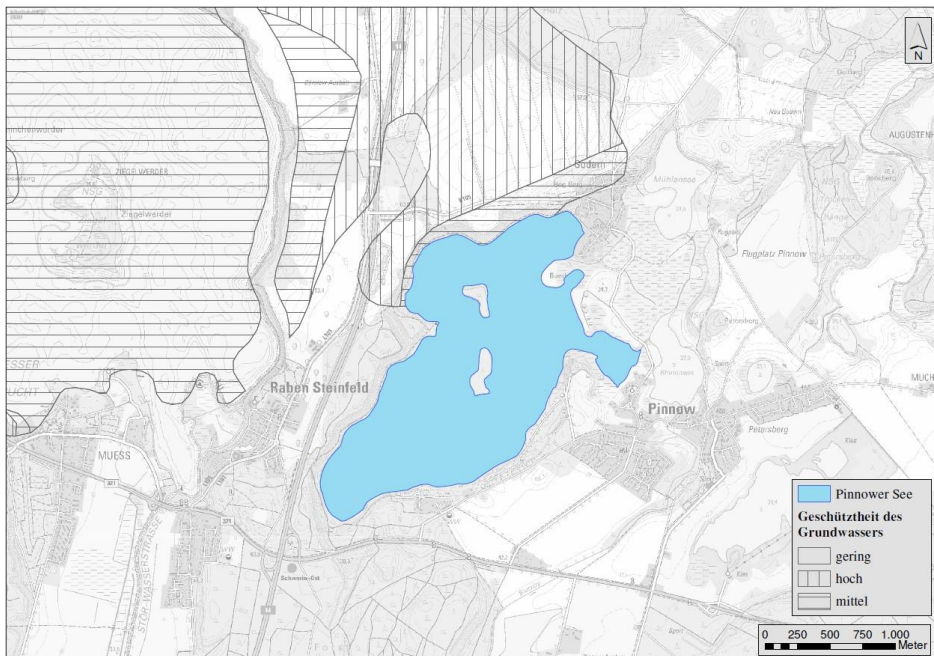


Abb.3.3-3: Geschütztheitsgrad des GW im Umfeld des Pinnower Sees (LUNG M-V 2022b)

Abb.3.3-4 zeigt die Lage der Grundwasserisohypsen, die Grundwasseranströmrichtung sowie die Grundwasserfließrichtung (LUNG M-V 2022b). Der Pinnower See wird vor allem durch Grundwasser gespeist. Die gedrängten Isohypsen zeigen, dass das oberflächennahe Grundwas-

ser überwiegend aus nördlicher, nordwestlicher, westlicher und südlicher Richtung über Steilufer dem See zuströmt. Nach Osten hin entwässert der See vor allem über den Binnensee. Ähnliche Anströmungsrichtungen zeigen sich auch für das unterirdische Einzugsgebiet und das tieferliegende Grundwasser (vgl. Kap.3.4). Neben dem direkten Zustrom von Grundwasser spielen auch Quellaustritte am nördlichen und nordwestlichen Ufer eine wesentliche Rolle.

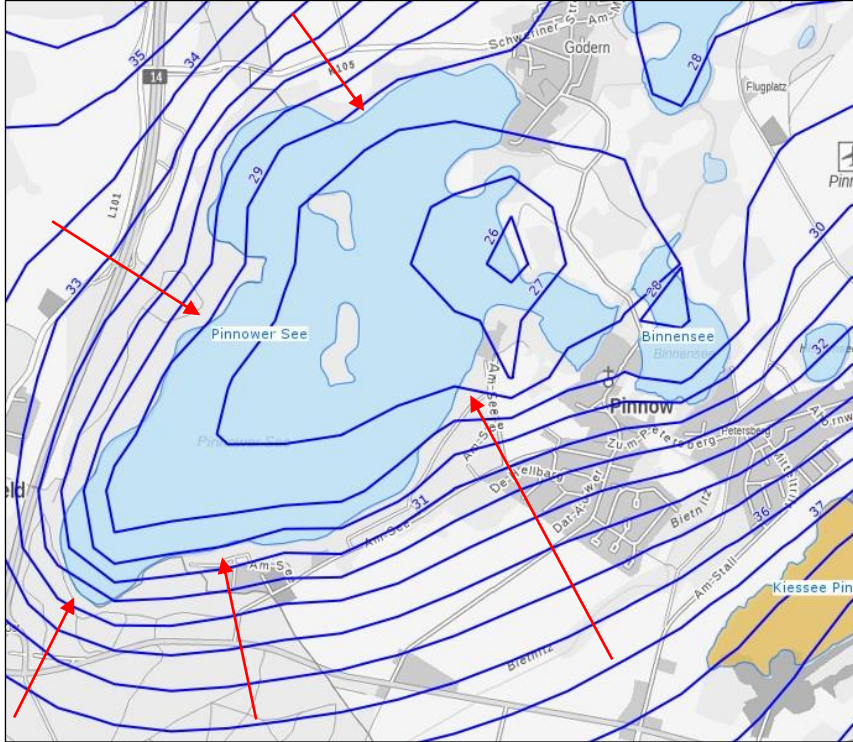


Abb.3.3-4: Grundwasserisohypsen und Grundwasseranströmrichtung (rote Pfeile) im Umfeld des Pinnower Sees (LUNG M-V 2022b)

Als Grundwasserneubildungsrate werden im Kartenportal M-V für die östlichen Uferbereiche 26,5 mm/a und für den See selbst sowie die sonstigen Uferbereiche 42,5 mm/a angegeben (Abb.3.3-5). Die direkt westlich und südwestlich an den See grenzenden Bereiche weisen GW-Neubildungsraten von 174,6 bis 189,0 mm/a auf. Direkt südlich des Sees befinden sich Bereiche mit einer GWN-Rate von 144,2 mm/a. Im Anschluss daran sowie am Nord- und Ostufer beträgt die Grundwasserneubildungsrate zwischen 250,2 und 273,9 mm/a. Der nördliche Teil des EZG weist Neubildungsraten um 122,0 mm/a und teilweise weniger auf (LUNG M-V 2022b).

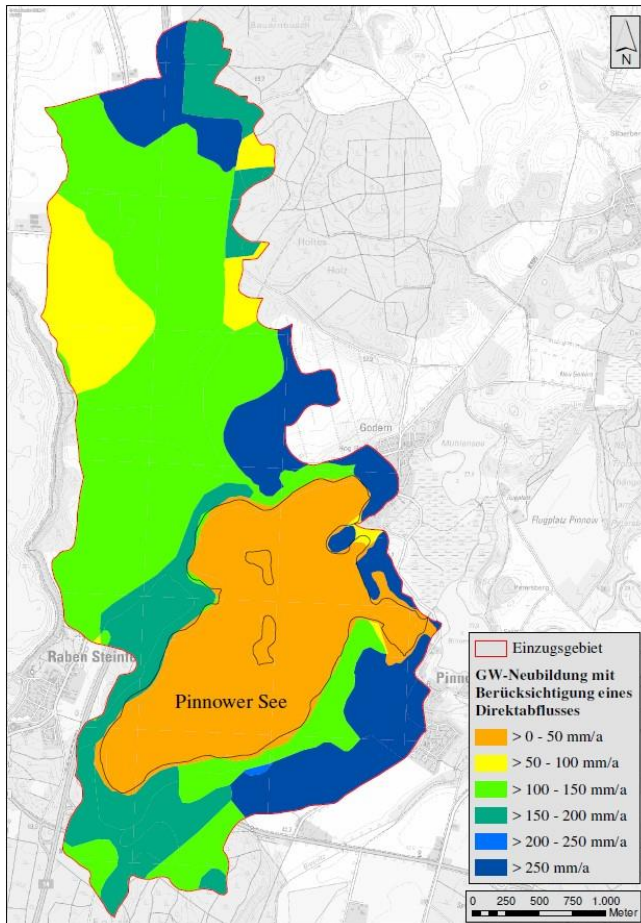


Abb.3.3-5: Grundwasserneubildungsrate im EZG des Pinnower Sees (LUNG M-V 2022b)

3.4 HYDROLOGIE

Die hydrologischen Verhältnisse des Gebiets wurden in 2 Gutachten der Firma HGNord für die Jahre 2019 und 2021 dargestellt. Die hier präsentierten Abbildungen sind diesen Gutachten entnommen worden. Das unterirdische EZG befindet sich vor allem südlich und südwestlich des Sees und beinhaltet gut die Hälfte des oberirdischen Einzugsgebiets (Abb.3.4-1). In der hydrologischen Bilanzierung wird der Gesamtzustrom des unterirdisch zufließenden Wassers erfasst, was sowohl den hypodermischen als auch den Grundwasserzufluss beinhaltet.

Der Pinnower See ist größtenteils durch Grundwasser sowie Quellaustritte (hypodermisch) gespeist. Sein Wasserspiegel liegt etwa 10 m unterhalb des Wasserspiegels des benachbarten Schweriner Sees. Es gibt keine natürlichen oberirdischen Zuflüsse.

Die Grundwasserdynamik zeigt einen hypodermischen Zustrom und Grundwasserzustrom aus dem Schweriner Innensee, der auch an Quellen am westlichen Ufer hervortritt. Es sind zur Erstellung des hydrologischen Modells insgesamt 8 (2019) bzw. 9 (2021) Grundwassermessstellen, 6 Quellaustritte sowie 1 Pegel (Bietnitz) in den beiden Messzeiträumen beprobt worden (HGNord 2020/2022).

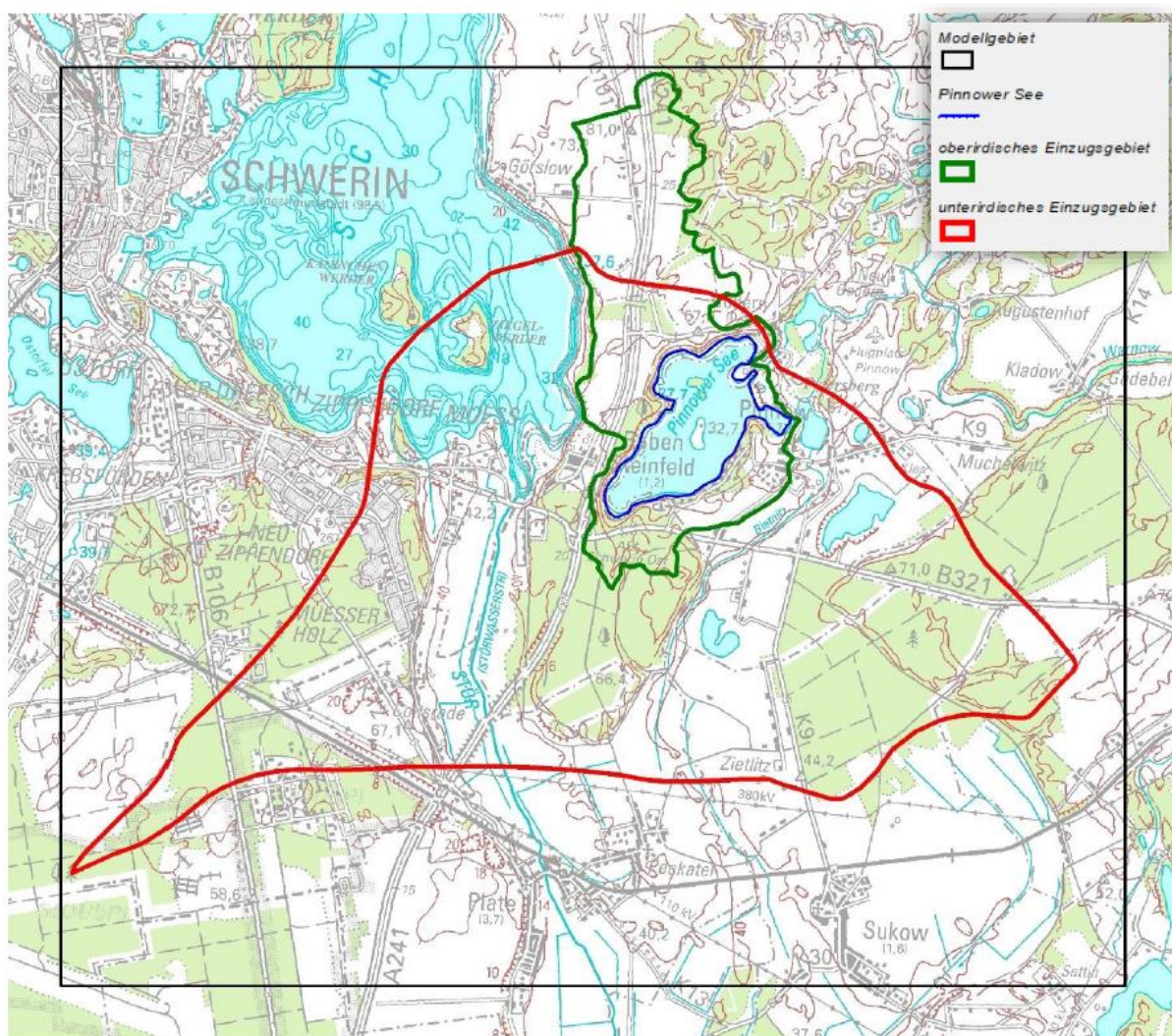


Abb.3.4-1: Lage des oberirdischen und unterirdischen EZG des Pinnower Sees (unmaßstäblich; HGNord 2020/2022)

Auch bei Zugrundelegung des unterirdischen Einzugsgebiets des Pinnower Sees zeigen sich die gedrängten Isohypsen im unmittelbaren Uferbereich, was auf einen relativ kurzen Eintragsweg über das Grundwasser im direkten Umfeld (1 km) schließen lässt. Auch die Anströmungsrichtung des tieferen Grundwassers verläuft primär aus nordwestlicher, westlicher und südlicher Richtung. Abb.3.4-2 zeigt eine Übersicht und die Lage der untersuchten Messstellen (Quellen und Grundwassermessstellen), GW-Entnahmestellen (Brunnen) und GW-Isohypsen (HGNord 2020/2022).

Die Wasserbilanz des Pinnower Sees wurde von HGNord mittels eines hydrologischen Modells für die Jahre seit 2011 erstellt (Abb.3.4-3). Deutlich zeigen sich die extrem trockenen Jahre 2018 und 2019 (HGNord 2022).

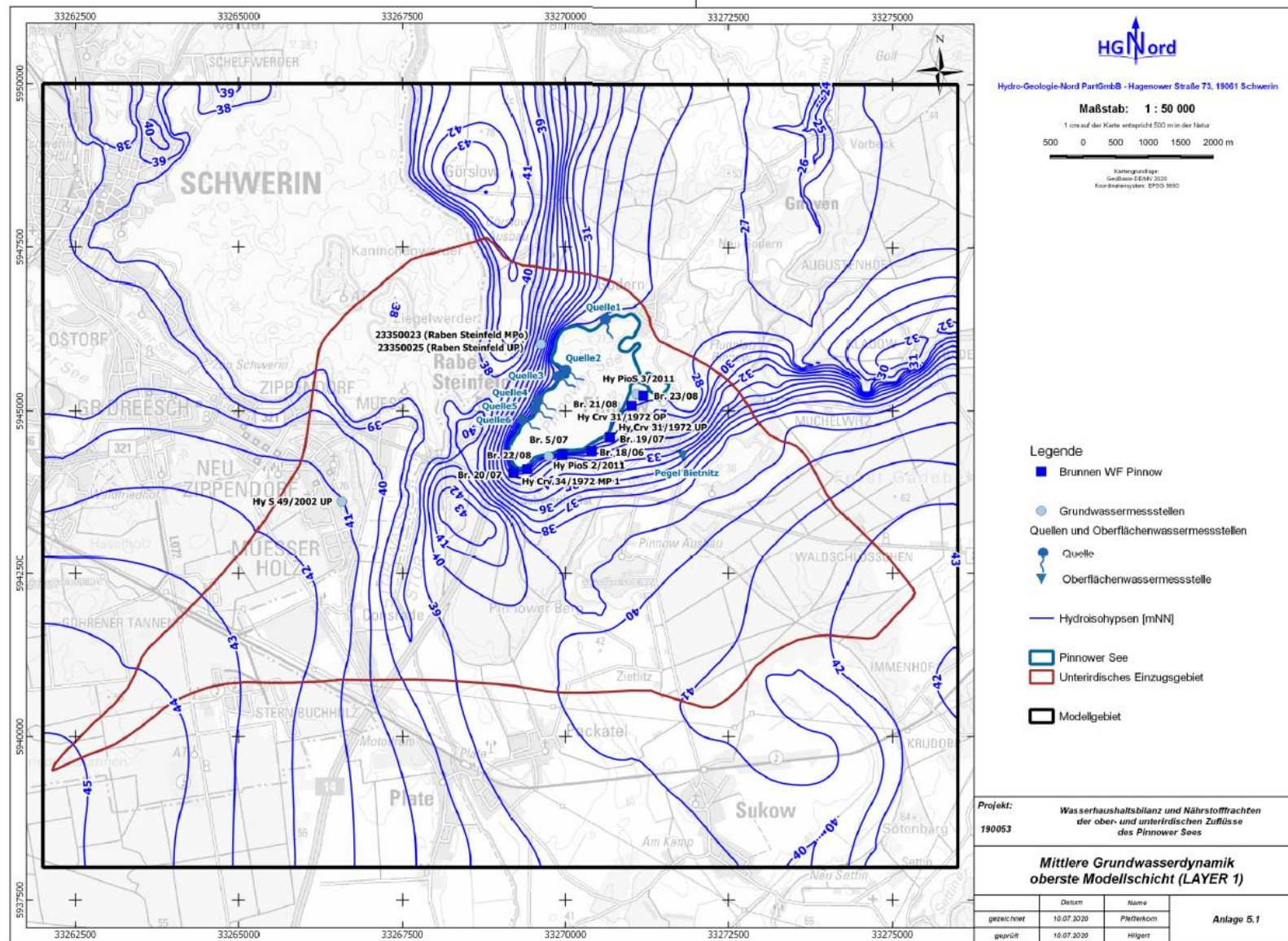


Abb.3.4-2: Unterirdisches EZG mit GW-Isohypsen, GW-Entnahmestellen und untersuchten Messstellen (HGNord 2020/2022)

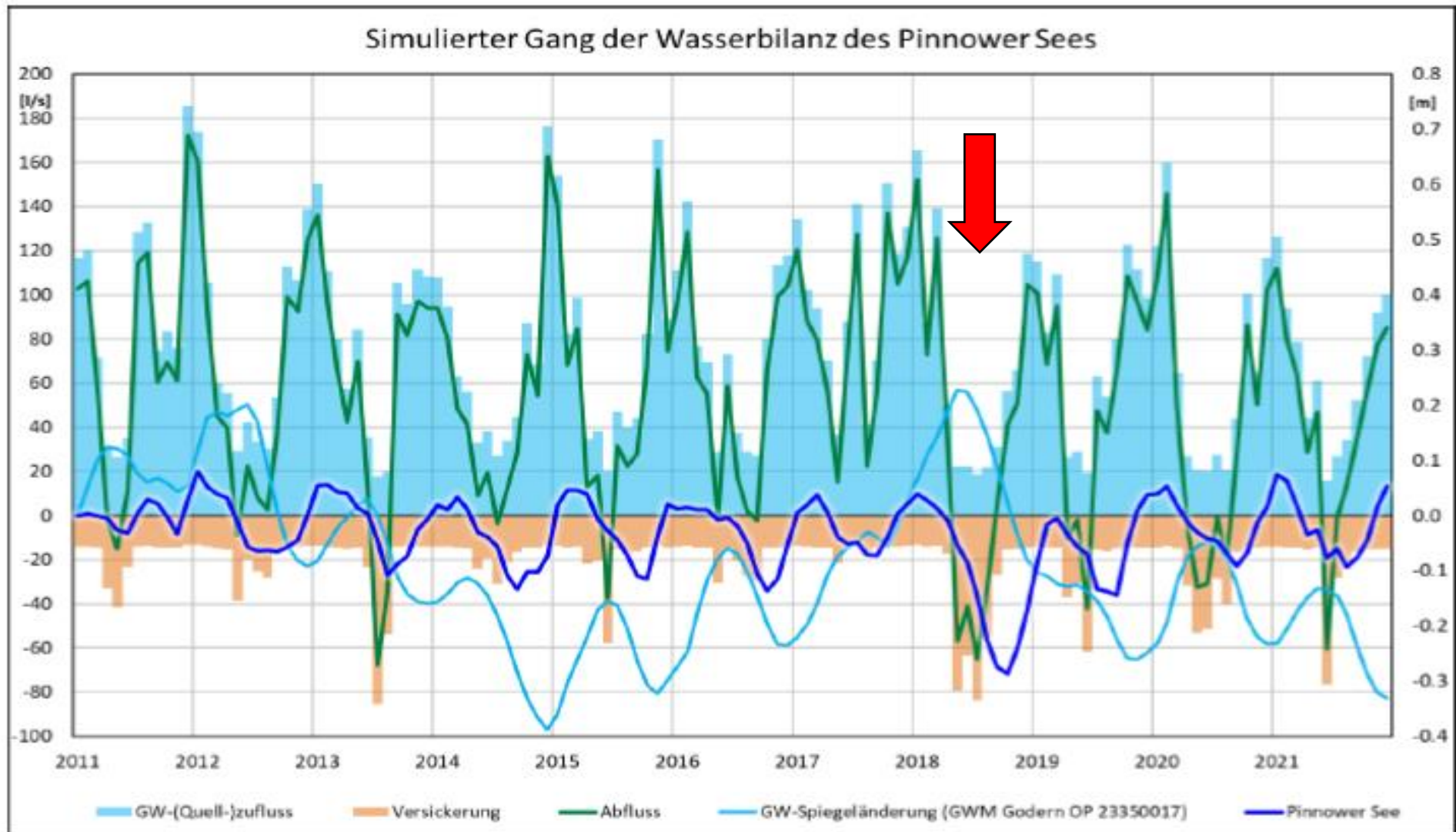


Abb.3.4-3: Wasserbilanz des Pinnower Sees seit 2011, das Dürrejahr 2018 (roter Pfeil) ist klar ersichtlich (HGNord 2022)

Aus der Modellrechnung der Wasserbilanz in den Gutachten von HGNord (2020/2022) errechnet sich für die Jahre 2019 und 2021 ein mittlerer saisonaler Zufluss von 6.349 m³/d. Abb.3.4-4 zeigt die prozentuale Aufteilung des Zuflusses nach Monaten des Jahres 2019, Abb.3.4-5 für das Jahr 2021. Die höchsten Zuflussraten treten demnach im Winterhalbjahr auf. Im Sommerhalbjahr zeigt sich die trockene Witterung 2019 und auch 2021 mit einem Defizit in der Wasserbilanz und dem Absinken des Seespiegels (HGNord 2020/2022).

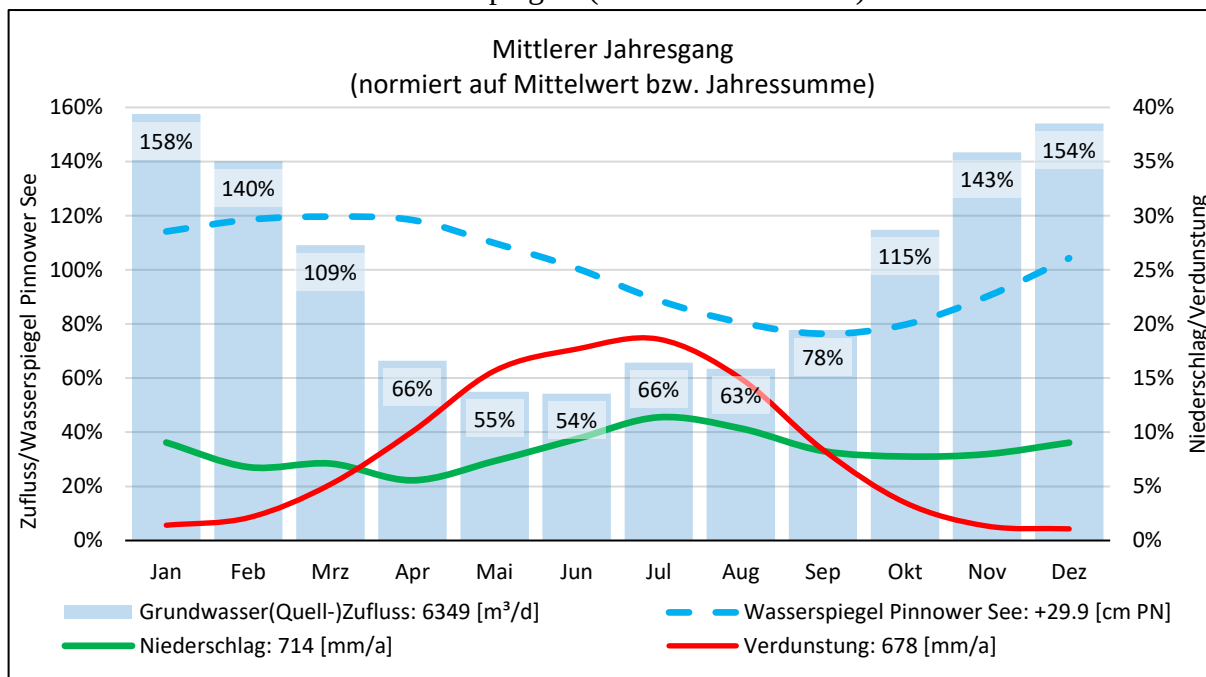


Abb.3.4-4: Mittlerer Jahresgang der Grundwasserzuflüsse zum Pinnower See im Jahr 2019 (HGNord 2020)

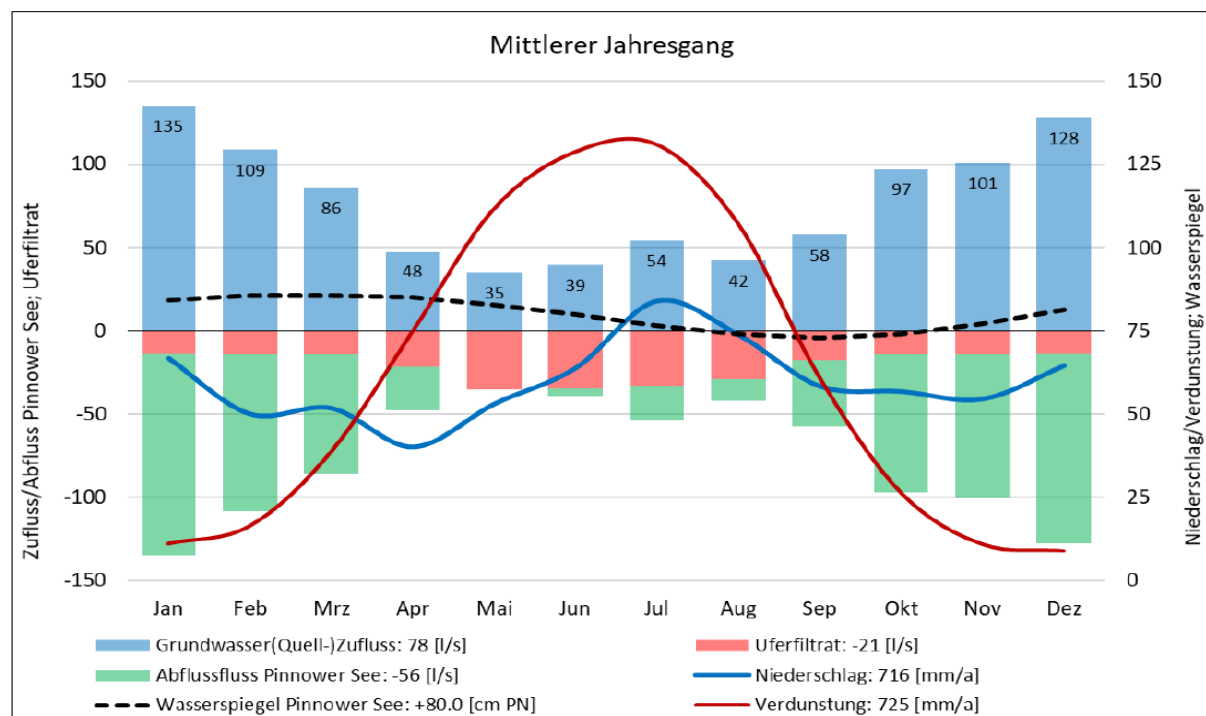


Abb.3.4-5: Mittlerer Jahresgang der Grundwasserzuflüsse zum Pinnower See im Jahr 2021 (HGNord 2022)

Die modellierten Fließzeiten und die Anströmungsrichtung des Grundwassers sind in Abb.3.4-6 dargestellt. Ein nicht unerheblicher Teil des zufließenden Grundwassers strömt über den Schweriner Innensee und tritt auch über Quellen am Westufer in den Pinnower See ein. Fließzeiten von unter 10 Jahren treten vor allem im unmittelbaren Umfeld des Pinnower Sees auf, was etwa 22 % aller Zuflüsse entspricht. Das hydraulische Alter von über 50 % aller unterirdischen Zuflüsse zum See ist jedoch jünger als 100 Jahre. Potenzielle Eintragsgebiete mit den kürzesten Fließzeiten (< 10 Jahre) liegen überwiegend in etwa 1 km Umfeld zum See (HGNord 2020/2022).

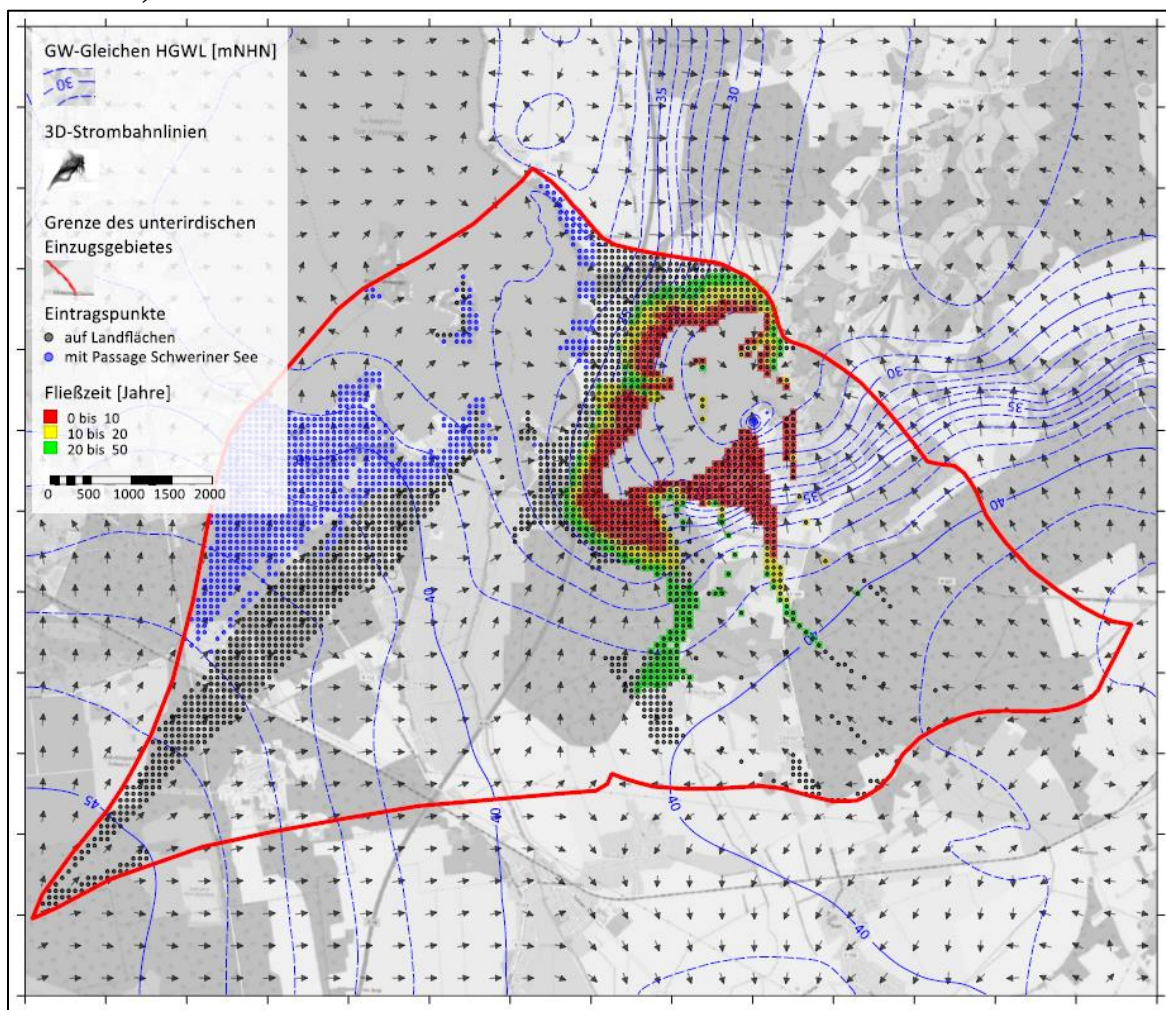


Abb.3.4-6: Fließzeiten und Anströmungsrichtung des Grundwassers im unterirdischen EZG des Pinnower Sees (HGNord 2022)

Die Verweilzeit des Wassers im Pinnower See kann mittels der berechneten Abflussmenge abgeschätzt werden. Errechnet wurde für das Jahr 2019 ein Abfluss von 7.897 m³/d, was im Jahr ein Volumen von etwa 2.882.405 m³ ergibt. Mit dem Seevolumen von 17.431.796 m³ ins Verhältnis gesetzt, errechnet sich eine Austauschrate von etwa 6 a, d.h. das Wasser des Pinnower Sees hat sich im Jahr 2019 nur zu etwa 0,17 x ausgetauscht. Für das Jahr 2021 wurde ein mittlerer Abfluss von 4.838 m³/d ermittelt, was bezogen auf das Gesamtjahr 1.766.016 m³ ergibt. Die errechnete Austauschrate liegt mit etwa 9,8 a daher niedriger als im Jahr 2019. Damit hat sich der Pinnower See im Jahr 2021 nur zu etwa 0,1 x ausgetauscht.

Die aktuell berechneten hohen Verweilzeiten resultieren einerseits aus der Tatsache, dass zumindest 2019 ein vergleichsweise trockenes Jahr war. Andererseits lässt sich konstatieren, dass ein Teil des Grundwassers aus dem Einzugsgebiet verzögert dem See zufließt (Abb.3.4-6) und sich daher trockene Jahre auch in den Folgejahren auf die Wasserbilanz des Sees auswirken. In den vom Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Seenprogramm M-V (2020/2022) bereitgestellten Daten ist für den Pinnower See eine Verweilzeit von 3,46 a angegeben. Die sehr trockenen Jahre der letzten Dekade machen sich hier mit einem deutlich geringeren Wasseraustausch bemerkbar, was letztlich auch für den Nährstoffeintrag in den See relevant ist. Bei den Berechnungen der Zuflussmengen ist jeweils der aktuelle Wert von 2019 bzw. 2021 berücksichtigt worden.

3.5 KLIMAVERHÄLTNISSE UND WITTERUNG

Klima und Witterung spielen vor allem über die Temperatur, den Niederschlag, die Sonneneinstrahlung, aber auch den die Durchmischung des Wasserkörpers bestimmenden Wind bei der Trophieentwicklung eines Standgewässers eine entscheidende Rolle. Es soll deshalb an dieser Stelle kurz auf die grundsätzlichen sowie die speziellen klimatischen/witterungsbedingten Besonderheiten im Untersuchungsgebiet bzw. Zeitraum eingegangen werden. Das Klima der Planungsregion Westmecklenburg ist durch den Übergang vom subatlantischen Klimabereich zum kontinentaleren Klima geprägt. Im küstennahen Umfeld spielt der Ostseeinfluss eine größere Rolle, während im südöstlichen Teil der kontinentalere Charakter mit geringeren Jahresniederschlägen und größeren Temperaturdifferenzen zum Ausdruck kommt. Die Planungsregion Westmecklenburg weist durchschnittliche Niederschläge von 600 bis 650 mm im langjährigen Mittel auf und kann damit in M-V als niederschlagsbegünstigt eingestuft werden. Die vorherrschenden Windrichtungen sind der atlantischen Prägung entsprechend dem Westsektor (ca. 50 %) zuzuordnen. Die größte Häufigkeit erreichen Winde aus Südwesten. Winde aus östlicher Richtung sind mit einer Häufigkeit von nur 25 bis 30 % vor allem in den Monaten März bis Mai und im Oktober zu verzeichnen. Die mittlere Windgeschwindigkeit nimmt von der Küste zum Binnenland und von West nach Ost ab. Hohe Windgeschwindigkeiten treten vorwiegend in den Frühjahrs- und Herbstmonaten auf (LUNG M-V 2008).

Das Einzugsgebiet des Pinnower Sees befindet sich in 30 bis 40 km Entfernung zur Ostsee und ist damit dem maritim geprägten Binnenplanarklima zuzuordnen. Die jährlichen Niederschlagshöhen liegen im Durchschnitt deutlich über 600 mm. Die durchschnittlichen Niederschlagsmengen werden mit dem von West nach Ost abnehmenden atlantischen Einfluss geringer. Auch die mittlere Temperatur nimmt nach Osten hin ab (LUNG M-V 2008). Als Referenzstationen für den Pinnower See dienen die Station Schwerin (Lufttemperatur) und Sukow-Zietlitz (Niederschlagshöhe). Alle Daten entstammen den öffentlich verfügbaren Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

Das langjährige Mittel (Jahre 1981-2010) der Lufttemperatur beträgt an der in nordwestliche Richtung etwa 10 Kilometer entfernten Station Schwerin (ID: 4625) 9,0°C. Im Untersuchungsgebiet lag die Durchschnittstemperatur im Jahr 2019 bei 10,6°C, also 1,6°C über dem 30-jährigen Mittelwert. Insbesondere die Monate Februar (2,5-5,0°C wärmer), März (1,7-3,1°C wärmer), Juni (4,0-5,2°C wärmer) und Dezember (2,4-3,3°C wärmer) sowie die erste Januarhälfte (3,0°C wärmer) und die zweite April- (4,3°C wärmer), Juli- (2,3°C wärmer) und Augusthälfte (2,4°C wärmer) des Jahres 2019 waren deutlich wärmer als im langjährigen Mittel (Abb.3.5-1). Hingegen waren die zweite Januarhälfte (1,1°C kälter) sowie insbesondere die erste Mai- (4,2°C kälter) und Julihälfte (2,4°C kälter) teilweise deutlich kälter. In allen anderen Zeiträumen erreichte die Lufttemperatur für die jeweilige Jahreszeit zumeist typische Werte.

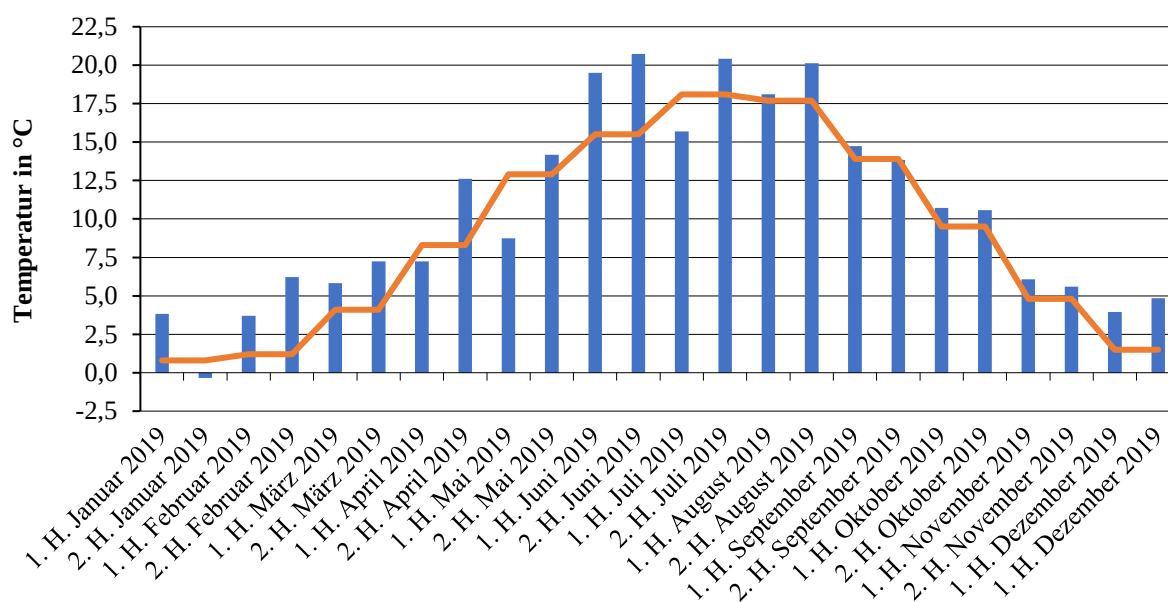


Abb.3.5-1: Halbmonatsmittel der Lufttemperatur im Jahr 2019 für die Station Schwerin, orange-farbene Linie: Langjähriges Mittel (1981-2010) für die Station Schwerin (DWD 2022)

Die Durchschnittstemperatur im Jahr 2021 lag bei 9,7°C, also 0,7°C über dem 30-jährigen Mittelwert. Insbesondere der Juni (3,1-5,2°C wärmer) und Juli (1,2-1,9°C wärmer) sowie die erste September- (2,6°C wärmer), Oktober- (1,8°C wärmer), November- (3,1°C wärmer) und Dezemberhälfte (1,2°C wärmer) und die zweite Februar- (5,6°C wärmer) sowie Märzhälfte (2,5°C wärmer) des Jahres 2021 waren deutlich wärmer als im langjährigen Mittel (Abb.3.5-2). Hingegen waren der April (0,8-3,8°C kälter) und Mai (1,0-2,5°C kälter) sowie die erste Februar- (4,9°C kälter) und Märzhälfte (0,5°C kälter) und die zweite Augusthälfte (2,1°C kälter) teilweise deutlich kälter. In allen anderen Zeiträumen erreichte die Lufttemperatur für die jeweilige Jahreszeit annähernd typische Werte.

Insgesamt können die Jahre 2019 und 2021 als deutlich wärmer als im langjährigen Mittel eingestuft werden, was auch den Trend der vergangenen Jahre bestätigt. In Deutschland war 2019

das zweitwärmste Jahr (zusammen mit 2014) seit Beginn der Messungen im Jahr 1881 und das Jahr 2021 das elfte zu warme Jahr in Folge (DWD 2022).

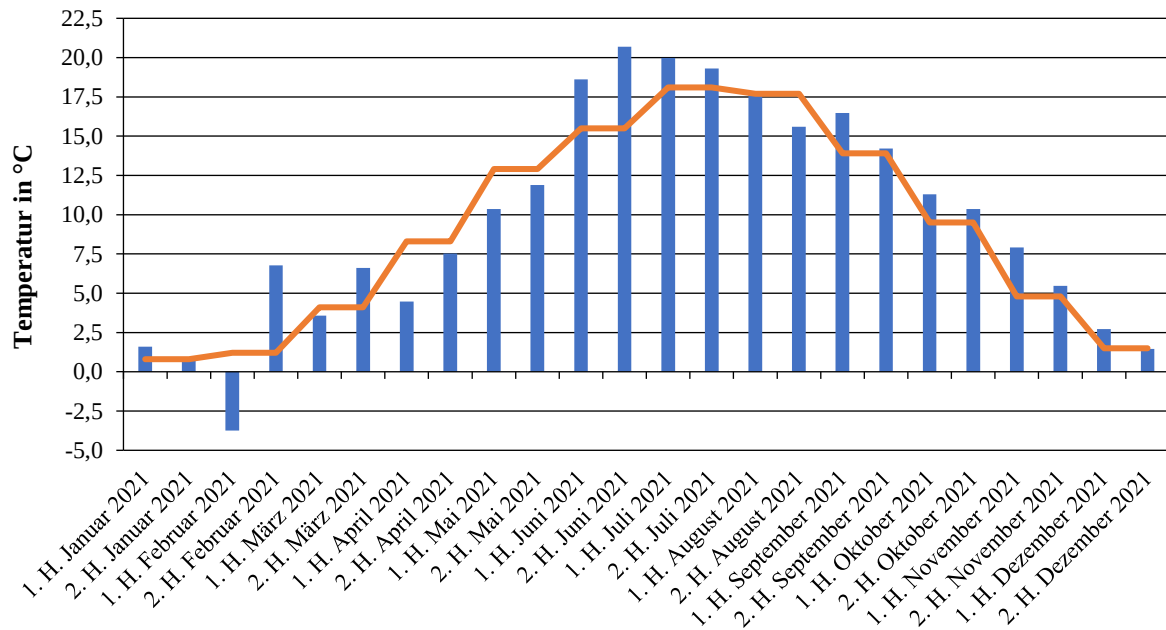


Abb.3.5-2: Halbmonatsmittel der Lufttemperatur im Jahr 2021 für die Station Schwerin, orangefarbene Linie: Langjähriges Mittel (1981-2010) für die Station Schwerin (DWD 2022)

Das langjährige Mittel der Niederschläge beträgt für die Station Schwerin (für die Station Sukow-Zietlitz ist kein langjähriges Mittel verfügbar) 641,0 mm. Im Jahr 2019 sind im Untersuchungsgebiet 570,8 mm Niederschlag gefallen und damit etwa 90 % der zu erwartenden Menge (Station Sukow-Zietlitz). In den Monaten Februar, April bis August sowie Dezember wurden z.T. deutlich geringere Niederschlagssummen ermittelt. Die teilweise erheblich größeren Niederschlagssummen in den Monaten März und September bis November konnten die negative Bilanz nicht ausgleichen (Abb.3.5-3). Insgesamt kann festgehalten werden, dass einige Monate deutlich zu trocken und einige Monate etwas zu nass waren. Im Februar, April bis August und Dezember wurden Niederschlagsmengen erreicht, die lediglich zwischen 33 und 87 % des 30-jährigen Mittelwerts betragen. Im März sowie September bis November wurden Niederschlagsmengen ermittelt, die zwischen 24 und 41 % höher lagen als im 30-jährigen Mittel. Lediglich im Januar ist die für diesen Zeitraum gemittelte Regenmenge gefallen (DWD 2020).

Im Jahr 2021 ist im Untersuchungsgebiet mit 606,1 mm wieder deutlich mehr Niederschlag gefallen (Station Sukow-Zietlitz), wenn auch unterhalb des langjährigen Mittels von 641,0 mm. Insgesamt sind für das Jahr 2021 damit etwa 95 % des zu erwartenden Niederschlags ermittelt worden. In den Monaten Januar, Mai und Juli wurden 11 bis 39 % höhere Niederschläge verzeichnet als im langjährigen Mittel (1981-2010) zu erwarten gewesen wären (Abb.3.5-4). In allen anderen Monaten lagen die Regenmengen zum Teil deutlich unter dem 30-jährigen Mittelwert; sie betrugen zwischen 59 und 96 % des langjährigen Mittels. Insbesondere der Juni war deutlich zu trocken (DWD 2022).

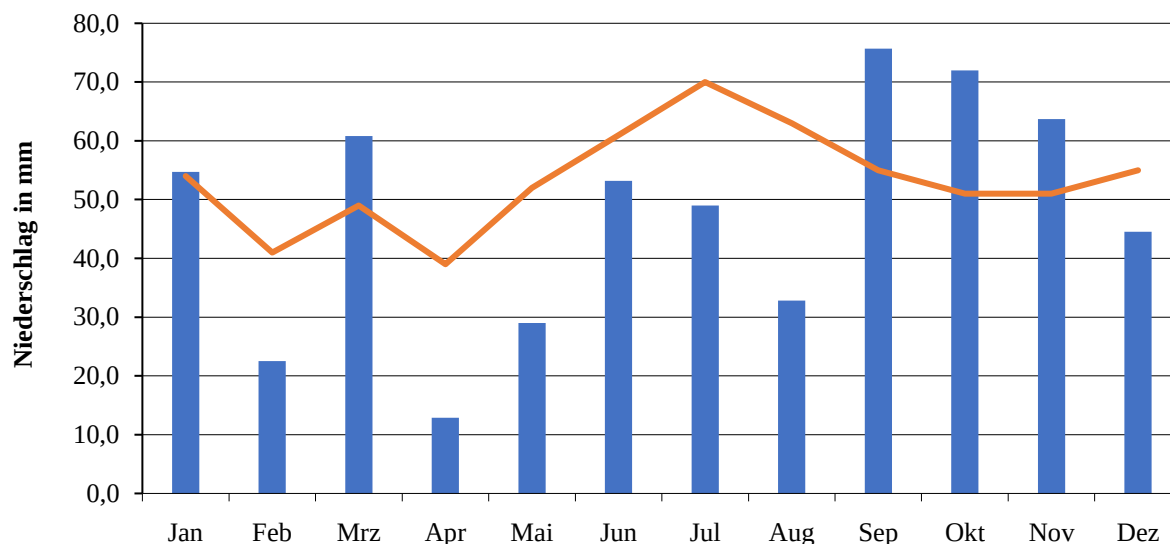


Abb.3.5-3: Summe der Niederschläge im Jahr 2019 für die Station Sukow-Zietlitz, orangefarbene Linie: Langjähriges Mittel (1981-2010) für die Station Schwerin (kein langjähriges Mittel für die Station Sukow-Zietlitz verfügbar) (DWD 2022)

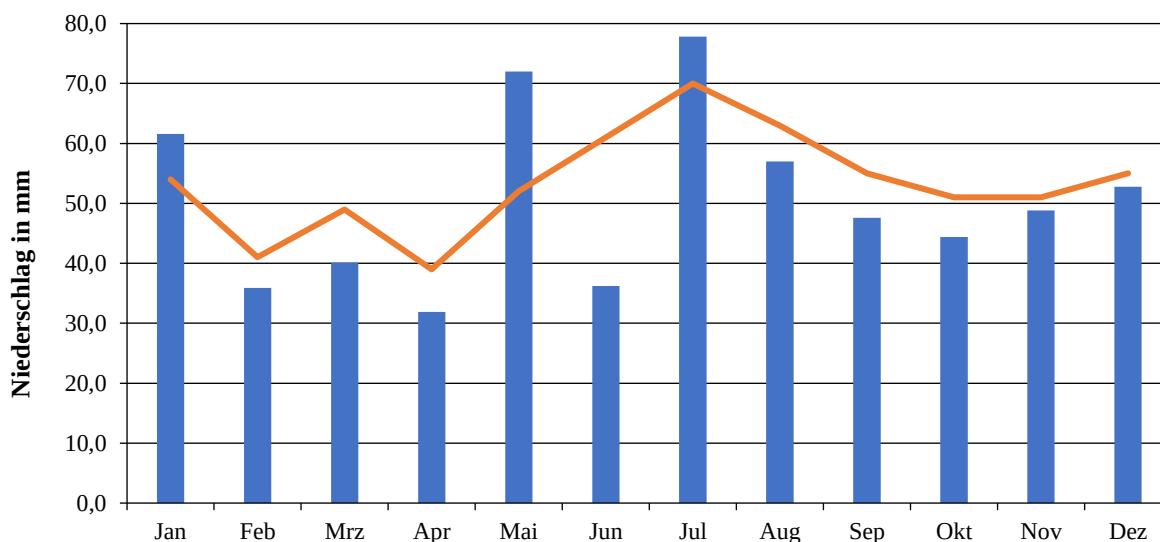


Abb.3.5-4: Summe der Niederschläge im Jahr 2021 für die Station Sukow-Zietlitz, orangefarbene Linie: Langjähriges Mittel (1981-2010) für die Station Schwerin (kein langjähriges Mittel für die Station Sukow-Zietlitz verfügbar) (DWD 2022)

3.6 NUTZUNG IM EINZUGSGEBIET UND POTENZIELLE EXTERNE BELASTUNGSQUELLEN

Das etwa 11,78 km² (1.178 ha) große Einzugsgebiet des Pinnower Sees ist mit 442 ha einerseits von landwirtschaftlicher Nutzung geprägt, andererseits nehmen auch Waldflächen (ca. 276 ha) sowie der Pinnower See selbst (ca. 263 ha) große Flächenanteile im EZG ein (Abb.3.6-1). Eine Grünlandbewirtschaftung erfolgt auf etwa 30,6 ha, was einem Anteil im Einzugsgebiet von lediglich 2,6 % entspricht (Tab.3.6-1). Insbesondere am Ost-, Südost- und Südufer des Pinnower Sees bestehen Siedlungsflächen, die 6,25 % der gesamten Fläche des EZG ausmachen.

Tab.3.6-1: Nutzungsstruktur im Einzugsgebiet des Pinnower Sees

Nutzungsart	Fläche [ha]	Fläche [%]
Acker	442,30	37,56
Wald	276,04	23,44
Standgewässer einschl. Uferstrukturen	263,25	22,36
Siedlung, Einzelgehöft	73,52	6,25
Gehölz, Baumreihe, Hecke, Brache	48,91	4,15
Grünland	27,11	2,31
Verkehrsfläche	21,98	1,87
weitere Uferstrukturen	14,26	1,21
Grünland, beweidet	3,46	0,29
Reiterhof	3,09	0,26
landwirtschaftliche Lagerfläche	1,67	0,14
Kleingewässer einschl. Uferstrukturen	0,85	0,07
Grünbrücke/Wildbrücke	0,57	0,05
wasserwirtschaftliche Anlage	0,49	0,04
Summe	1.177,50	100,00

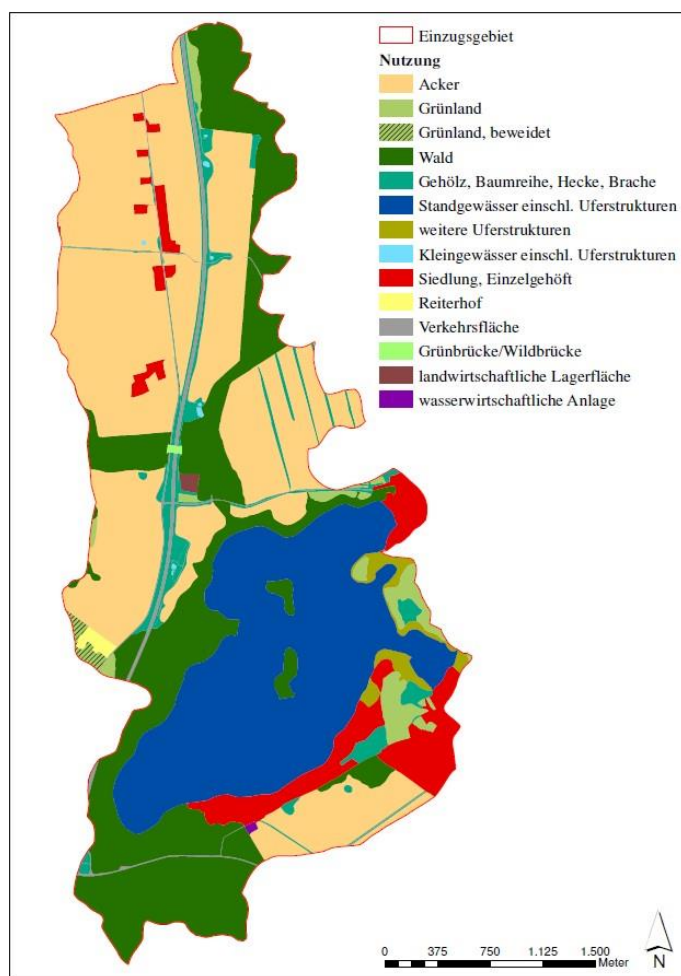


Abb.3.6-1: Nutzungsarten im Einzugsgebiet des Pinnower Sees

Insbesondere aus der Acker- und Grünlandnutzung im Einzugsgebiet erwächst grundsätzlich ein relativ großes Nährstoffbelastungspotenzial für Standgewässer. Einträge erfolgen normalerweise über das Grundwasser, über Dränagen und Gräben, teilweise aber auch durch wind- oder niederschlagsbedingte Erosion. Dränflächen und Fließgewässer sowie eine windbedingte Erosion oder Grünlandnutzung spielen im Umfeld des Pinnower Sees keine bzw. keine bedeutende Rolle (vgl. Abb.3.1-2, Abb.3.6-1 und Abb.3.6-2). Es ist aber davon auszugehen, dass die Ackernutzung, insbesondere nördlich des Sees (auch aufgrund des sehr großen Gefälles am Nordufer), zu einer entsprechenden Nährstoffbelastung, vor allem durch wasserbedingte Erosion (Abb.3.6-3), führen kann (LUNG M-V 2022a, LUNG M-V 2022b).



Abb.3.6-2: Potenzielle Winderosionsgefährdung im Umfeld des Pinnower Sees (LUNG M-V 2022b)

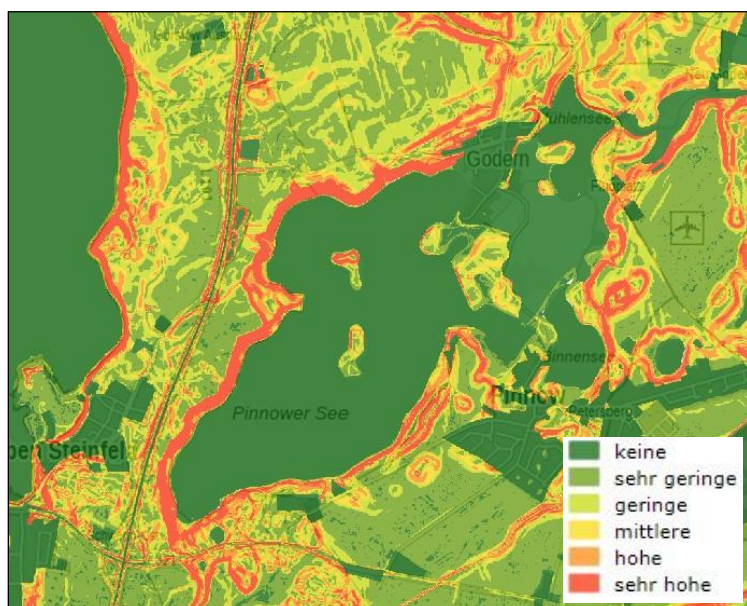


Abb.3.6-3: Potenzielle Wassererosionsgefährdung im Umfeld des Pinnower Sees (LUNG M-V 2022b)

Auch wenn größere Siedlungsbereiche an den Seeufern existieren, ist das Einzugsgebiet insgesamt doch recht dünn besiedelt. Die im EZG befindlichen Ortslagen Pinnow und Godern gehören der Gemeinde Pinnow an, welche insgesamt 2.038 Einwohner besitzt (LAI V M-V 2022). Allerdings befinden sich beide Ortslagen nur teilweise sowie 2 weitere Ortslagen (Petersberg und Neu Godern) gar nicht innerhalb der EZG-Grenze. Die nahezu vollständig im Einzugsgebiet befindlichen Wohnplätze Görslow-Siedlung und Görslow-Ausbau gehören zur 5 Ortsteile und 7 Wohnplätze umfassenden Gemeinde Leezen (insgesamt 2.194 Einwohner, LAI V M-V 2022), sind aber lediglich als lockere Ansiedlungen (zumeist Einzelgehöfte) anzusehen. Landwirtschaftliche Betriebe sowie größere Industriestandorte oder Gewerbegebiete befinden sich nicht im EZG.

In der Ortschaft Görslow besteht für die Produktivgenossenschaft Leezen e.G. die wasserrechtliche Erlaubnis (Aktenzeichen: 6830/37/62.2/57/2000) zur Wasserentnahme aus dem Grundwasser (ein Brunnen) für die Versorgung mit Tränk- und Brauchwasser in der Milchviehanlage Resthof (Wasserbuchblatt 1201) (Abb.3.6-4). Diese Erlaubnis begrenzt die Entnahmemenge auf 7.000 m³/a bzw. 20 m³/d bzw. 2 m³/h und ist nicht befristet.

Am Ost-, Südost- und Südufer des Pinnower Sees sowie im Pinnower See selbst (zwei überbohrte Brunnen zur Entnahme von Grundwasser aus tieferen sandigen wasserführenden Schichten im Südteil des Pinnower Sees) befinden sich insgesamt 14 Brunnen. Hier besteht für die Stadt Schwerin die wasserrechtliche Erlaubnis (Aktenzeichen: N/0942/151.02/351/77) zur Entnahme von Grundwasser für die Trinkwasserversorgung der Stadt Schwerin (Wasserbuchblatt 871). Die Entnahmemenge ist auf 16.200 m³/d (Q1) bzw. 15.500 m³/d (Q7) bzw. 12.000 m³/d (Q365) begrenzt. Die Erlaubnis gilt unbefristet (LUNG M-V 2022b).

Auf dem Gebiet des unterirdischen Einzugsgebiets befinden sich die Kiessandtagebaue Pinnow Nord (125 ha) und Pinnow Süd (150 ha) die von der OTTO DÖRNER GmbH & Co.KG betrieben werden. Nach Betreiberinformationen zu Entnahmemengen wurde ein Verlust für den Grundwasserzustrom zum Pinnower See von insgesamt etwa 413 m³/d errechnet. Diese sind in der Modellrechnung des Grundwasserzustroms zum Pinnower See berücksichtigt worden (HGNord 2020/2022).

Gemäß Angaben der Unteren Wasserbehörde des Landkreises Ludwigslust-Parchim (Ansprechpartnerin Frau Plückhahn) sind sowohl die Ortslagen Pinnow und Godern als auch die außerhalb des EZG befindliche Ortslage Raben Steinfeld komplett an die zentrale Abwasserentsorgung angeschlossen. Das schließt alle Garten- und Bungalowsiedlungen mit ein. Einzelösungen (z.B. Versickerung, abflusslose Gruben) für einzelne Grundstücke sind nicht vorhanden (mündliche Mitteilung UWB LK LUP vom 10.08.2020). Die Abwassersituation in Raben Steinfeld ist deshalb entscheidend, da die Grundwasserdynamik einen hypodermischen Zustrom aus dem Schweriner See, der direkt westlich an die Ortschaft anschließt, zeigt (HGNord 2020/2022). Die zentrale Abwasserentsorgung erfolgt über die Kläranlage Schwerin-Süd im Schweriner Stadtteil Wüstmark (mündliche Mitteilung UWB LK LUP vom 10.08.2020), welche vorbehandeltes Mischwasser in das Vorflutsystem des Krebsbachs einleitet (LUNG M-V 2022b).

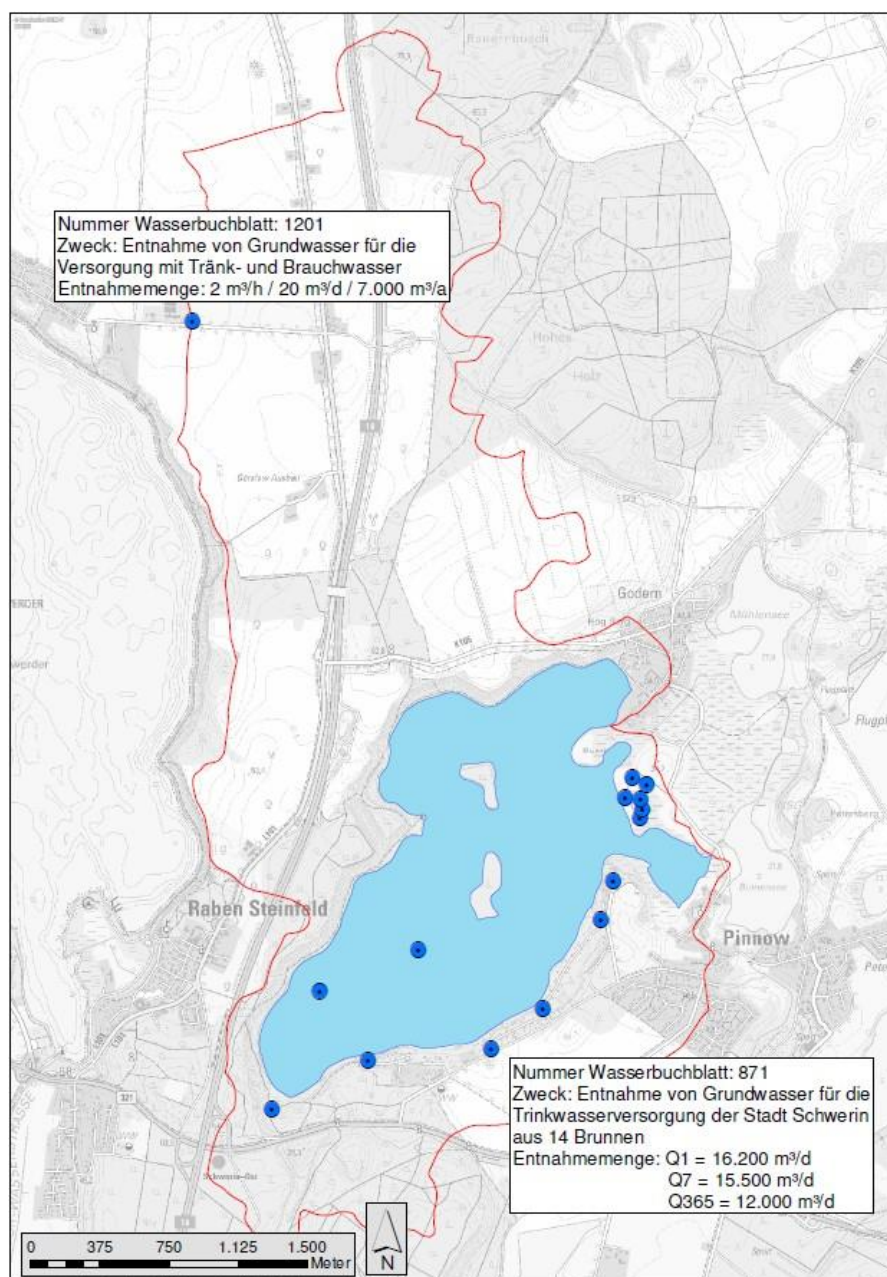


Abb.3.6-4: Bestehende Wasserrechte im EZG des Pinnower Sees (LUNG M-V 2022b)

Eine überregionale touristische Nutzung besteht im Einzugsgebiet kaum. Im Kartenportal M-V (2022) ist lediglich die Backsteinkirche in Pinnow als sehenswertes Denkmal bzw. kulturhistorische Sehenswürdigkeit im EZG ausgewiesen (LUNG M-V 2022b). Am Nordostufer des Pinnower Sees, in der Ortschaft Godern, besteht seit 1993 eine offizielle, an die EU gemeldete Badestelle (ID Nummer: DEMV_PR_2_0109) auf einer Länge von 150 m. Träger der Badestelle ist das Amt Crivitz für die Gemeinde Pinnow (<https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/sm/gesundheits/Badewasserqualitaet/badewasserkarte/badestelle?gaia.badestelle.id=109>). Die Badestelle ist mit Spielplatz, Bänken, Imbiss und Sanitäranlagen ausgestattet (<https://badewasser-mv.de/>) und ist vor allem in der Hauptsaison beliebt, stark frequentiert und stellt in den Sommermonaten eine lokale Belastungsquelle für den See dar. Leider konnten von dem Betreiber, Herrn Thalmann, keine genauen Angaben zur Anzahl der saisonalen Badegäste

ermittelt werden. Nach Berichten kann aber je nach Witterung von mindestens 600 Gästen pro Tag in der Hauptsaison ausgegangen werden. Eine weitere, kleine und völlig unscheinbare BADESTELLE (ID Nummer: DEMV_PR_2_0110) befindet sich am Südostufer des Sees und wird hauptsächlich von Anwohnern der Pinnower Bungalowsiedlung genutzt. Sie verfügt über eine kleine Liegewiese und hat nur einen kleinen Zugang (auf 10 m Länge) zum Wasser. Ins Wasser gelangt man über eine provisorische Betonstufe ohne Strand- und Uferbereich (<https://bade-wasser-mv.de/>). Darüber hinaus sind zahlreiche kleinere Zugänge zum Wasser, vor allem über Grundstücke der Anwohner, vorhanden.

4 REFERENZ- UND ZIELZUSTAND DES SEES

Anzustrebendes Ziel der Sanierung/Restaurierung eines Standgewässers ist im Idealfall, seinen Referenzzustand zu erreichen. Dieser sich sowohl aus der Morphometrie des Gewässers als auch den wesentlichen Faktoren seines Umlands (Boden und Vegetationsbedeckung) ableitende „natürliche Gütezustand“ kann für verschiedene Gewässertypen durchaus sehr verschieden sein. Um keine über den natürlicherweise gegebenen Zielzustand hinausgehende Erwartungen zu wecken, andererseits aber auch nicht, wenn auch schon lange bestehende, unbefriedigende Gütezustände hinzunehmen, kommt der Ermittlung des Referenzzustands bei Planungen zur Gewässersanierung eine zentrale Bedeutung zu.

Durch das Seenprogramm M-V wurde als Referenzzustand für den Pinnower See auf der Grundlage seiner Seebeckenmorphometrie ein mesotropher Zustand ausgewiesen. Nach der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) werden die Standgewässer nach ihren spezifischen natürlichen Eigenschaften wie Morphometrie, Einzugsgebietsgröße und geografische Lage bestimmten Typen zugeordnet, für die wiederum für spezifische ausgewählte Kenngrößen Grenzbereiche für die Abtrennung von Gewässern mit „sehr gutem“ und „gutem“ Zustand und „nicht gutem“ Zustand festgelegt worden sind. Ersteres entspricht praktisch dem Referenzzustand. Der Pinnower See liegt in der Ökoregion Norddeutsches Tiefland (OGewV). Als kalkreicher, geschichteter See mit einem relativ kleinen Einzugsgebiet, einem Volumen-Quotient $< 1,5$ und einer mittleren Tiefe $> 3,0$ m ist er dem Seetyp 13 zuzuordnen. Damit liegt der „sehr gut“/„gut“-Grenzbereich beim Gesamt-Phosphor im Saisonmittel bei 0,015-0,022 mg/l, der „gut“/„mäßig“-Grenzbereich im Saisonmittel bei 0,022-0,035 mg/l, was gemäß unveröffentlichtem Arbeitspapier für Seetypspezifische Hintergrund- und Orientierungswerte der LAWA (2012) einem mesotrophen Zustand (m1) entspricht. Auch im Arbeitspapier II LAWA-AO (2015) wird als Referenzzustand für Seen des Typs 13 ein mesotropher Zustand (m1) ausgewiesen.

Nach EU-WRRL ist mindestens der „gute“ (noch besser der „sehr gute“) Zustand (Klasse 2) zu erreichen. Für einen Wasserkörper kann der gute ökologische Zustand nur ausgewiesen werden, wenn sich alle Qualitätskomponenten im guten Zustand befinden. Der Zustand der biologischen Qualitätskomponenten nimmt dabei als integrierendes und ganz wesentlich von allen anderen Qualitätskomponenten beeinflusstes Element eine zentrale und bestimmende Stellung ein.

Im Referenzzustand des Seetyps 13 (RIEDMÜLLER et al. 2013) setzt sich das Phytoplankton aus den Algenklassen der Diatomeen, Chlorophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae und Cyanophyceae zusammen. Das saisonale Gesamtbiovolumen ist sehr gering mit selten mehr als 1,1 mm³/l und die jeweiligen Algenklassen sind zumeist nur mit < 0,3 mm³/l im Saisonmittel vertreten. Der Anteil der Chrysophyceae am saisonalen Gesamtbiovolumen liegt bei 6-8 %. Oligo- und mesotraphente Arten haben einen Anteil um 20 %.

Das Zooplankton ist im Referenzzustand mit etwa 55 % Anteil an der saisonalen Gesamtbio-masse von Copepoden dominiert, wobei die cyclopoiden Vertreter mit etwa 35 % den Haupt-anteil stellen. Der Rotatorien-Anteil ist mit unter 10 % der Gesamtbio-masse gering. Bei den Phyllo-poden ist häufig eine Verdrängung größerer Arten des *galeata-longispina*-Komplexes zu Gunsten von kleineren Arten wie *Daphnia cucullata* und *Bosmina coregoni* zu beobachten, da der Fraßdruck zeitweise sehr hoch sein kann.

Die submerse Makrophytengemeinschaft zeichnet sich durch das Vorkommen oligotraphenter Arten, vor allem Characeen, aus. Die untere Vegetationsgrenze (durch Characeen) kann dabei in bis zu 10 m Wassertiefe liegen. An Röhrichtgürteln und Schwimmblattgemeinschaften können sich, je nach den morphologischen Gegebenheiten, ausgedehnte Unterwasserrasen an-schließen.

Das Makrozoobenthos ist durch hohe Anteile der Sedimentverwerter und Sand-/Schlammbe-wohner charakterisiert. Nur eine geringe Anzahl an Weidegängern ist vertreten. Im Eulitoral können auch sensitive Insektentaxa (Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata) vorkommen, Chi-ronomiden sind jedoch zumeist dominant.

Nach der OGewV (2016) müsste als Ziel ein Phosphorsaisonmittelwert von 0,022 mg/l ange-strebt werden, um das Erreichen eines guten ökologischen Zustands sicherzustellen. Es würden sich dann voraussichtlich im Saisonmittel Sichttiefen ab 3,50 m und Chlorophyllwerte von < 4 µg/l einstellen, was wiederum die Ausbildung eines artenreichen Bestands an submersen Mak-rophyten ermöglichen würde.

5 UNTERSUCHUNGEN IM UND AM PINNOWER SEE

5.1 CHEMISCHE UND PHYSIKOCHEMISCHE PARAMETER DES PINNOWER SEES

5.1.1 PINNOWER SEE 2019

5.1.1.1 METHODEN

Der Trophiezustand des Pinnower Sees im Jahr 2019 ist von Anfang Juni bis Mitte Oktober 2019 an 6 Terminen untersucht worden. Der 1. Termin (März/April) und 2. Termin (Mai) konnte aufgrund der späten Beauftragung nicht wahrgenommen werden. Dafür wurden im Juni 2 Termine (Anfang und Ende des Monats) und im Oktober ein zusätzlicher Termin (Vollzirku-lation) aufgenommen. Die Probenahme erfolgte in allen Monaten vom Boot aus an den zwei Messstellen MST1(19) und MST2(19) (Abb.5.1-1). Es wurde jeweils eine Mischprobe aus der

euphotischen Zone (OF bis 2,5 x Sichttiefe) und eine Tiefenprobe 1,0 m über Grund entnommen. Die OF-Mischprobe wurde in Unterproben für die Nährstoff-, Chlorophyll- und Phytoplanktonanalyse geteilt. Parallel wurde ein Profil der Sofortparameter gelöster Sauerstoff, Sauerstoffsättigung, pH-Wert, Wassertemperatur, spezifische Leitfähigkeit und Redoxpotenzial aufgenommen.

Die Probenahme zur Bestimmung der P-Rücklösung nach SINKE et al. (1990) erfolgte ebenfalls an den Messstellen MST1(19) und MST2(19) (Abb.5.1-1).



Abb.5.1-1: Monatlich untersuchte Messstellen im Pinnower See (MST – Messstelle Wasserproben/Profilmessungen/Rücklösung/Sediment)

Am 17.10.2019 erfolgte die Entnahme von Sedimentproben an den beiden Messstellen MST1(19) und MST2(19). Verwendet wurde ein Sedimentstechrohr der Firma LIMNOS. Analysiert wurden jeweils die Horizonte 0,00-0,30 m und 0,30-0,60 m. Die Tiefenfraktion 0,60-0,90 m konnte an beiden Messstellen auf Grund des festen Sediments nicht entnommen werden.

In Tab.5.1-1 sind alle untersuchten Parameter sowie die verwendeten Methoden zusammengestellt. Die Untersuchungen wurden durch entsprechende Erhebungen zum Makrophytenbestand (1 x im Sommer) ergänzt. Die verwendete Methode sowie die Untersuchungsstellen werden in Kap.5.3.2 erläutert.

Tab.5.1-1: Zusammenstellung der im Rahmen des Untersuchungsprogramms am Pinnower See im Jahr 2019 untersuchten Wassergüteparameter

Parameter	Methode
Gesamt-Phosphat-Phosphor (TP)	DIN EN ISO 6878 (D11) 2004-09
ortho-Phosphat-Phosphor (SRP)	DIN EN ISO 15681-2 (D 46) 2005-05
Nitrat-Stickstoff	DIN EN ISO 13395 (D28) 1996-12
Nitrit-Stickstoff	DIN EN ISO 13395 (D28) 1996-12
Ammonium-Stickstoff	DIN EN ISO 11732 (E 23) 2005-05
Gesamt-Stickstoff (TN)	DIN EN ISO 11905-1 (H36) 1998-08
Chlorophyll a	DIN 38412-L16:1985-12
Phaeopigmente	DIN 38412-L16:1985-12
Alkalinität / Säurekapazität	DIN 38409 H7 2005-12
Basekapazität	DIN 38409-H7 2004-03
Chlorid	EN ISO 10304-1: 2009-07
Calcium	DIN EN ISO 1 885, 09/2009 (E 22)
Magnesium	DIN EN ISO 1 885, 09/2009 (E 22)
Eisen	DIN 38406-E3
Mangan	DIN 38406-E1
ortho-Silikat	DIN 38405 D21
Sulfat	DIN 38405-D5
DOC	DIN EN 1484
TOC	DIN 38409 H3
Sichttiefe	Secchi-Scheibe
gelöster Sauerstoff und Sauerstoffsättigungsindex (SSI)	DIN EN 25814:1992-11 (G22) Datenlogger GRANT/YSI

5.1.1.2 ERGEBNISSE – MESSDATEN UND TROPHIEZUSTAND DES PINNOWER SEES IM JAHR 2019

Es wird an dieser Stelle nur auf ausgewählte Parameter eingegangen, alle Einzelmessergebnisse sind in entsprechenden Tabellen im Anhang enthalten.

Wassertemperatur: Die höchste Oberflächenwassertemperatur wurde im Pinnower See 2019 im Juli mit 24,0°C an MST1(19) gemessen (Abb.5.1-2). Der See zeigte dort in den Monaten Juni bis August eine stabile Schichtung. An MST2(19) zeigten sich die gleichen Verhältnisse, wobei hier die Sprungschicht Anfang Juni noch nicht ausgeprägt war (Abb.5.1-3).

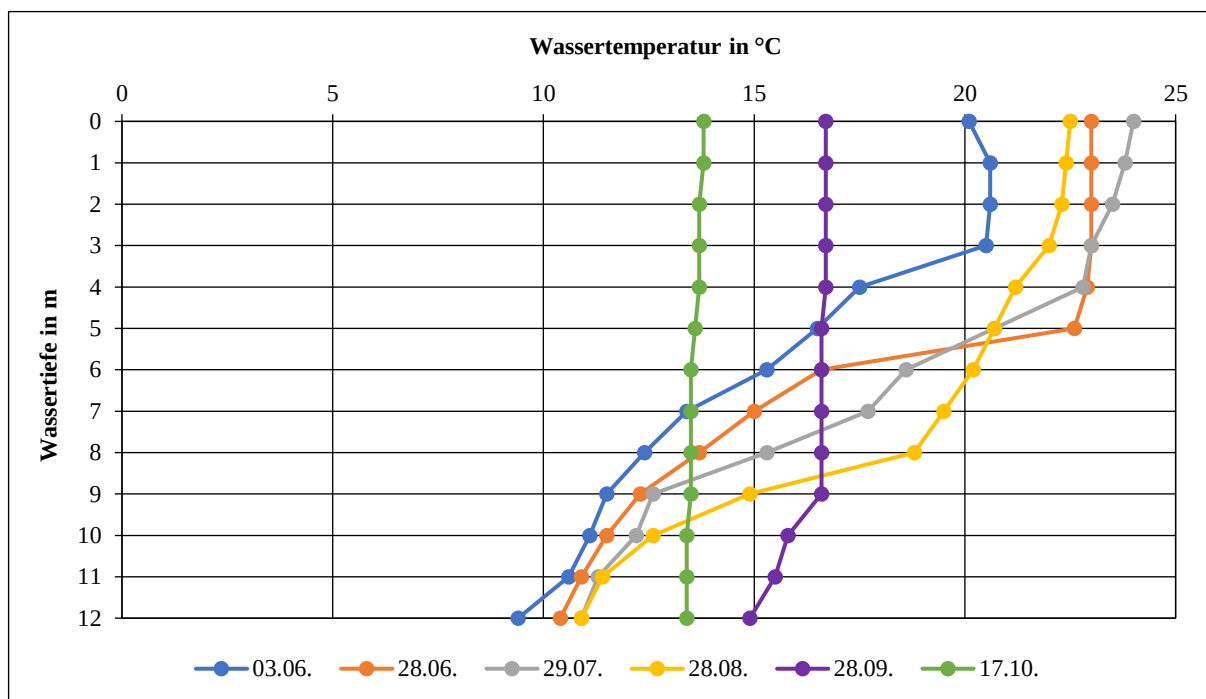


Abb.5.1-2: Wassertemperaturen im Pinnower See 2019 an MST1(19)

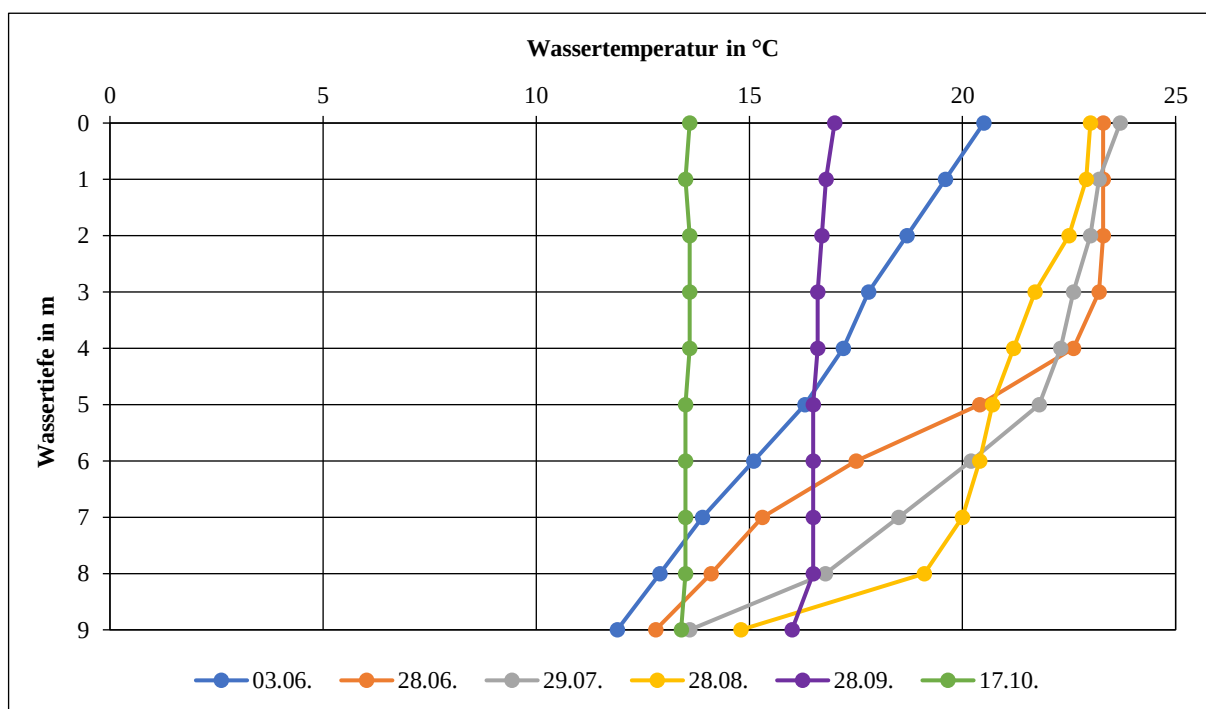


Abb.5.1-3: Wassertemperaturen im Pinnower See 2019 an MST2(19)

Sichttiefe: Die gemessenen Sichttiefen im Pinnower See zeigten an MST1(19) und MST2(19) eine ähnliche Spannweite (Abb.5.1-4), sie lagen im Untersuchungszeitraum zwischen 3,40 m im September (MST1(19)) und 5,30 m im August (MST1(19) und MST2(19)). Der Mittelwert lag an MST1(19) bei 4,32 m und an MST2(19) bei 4,38 m.

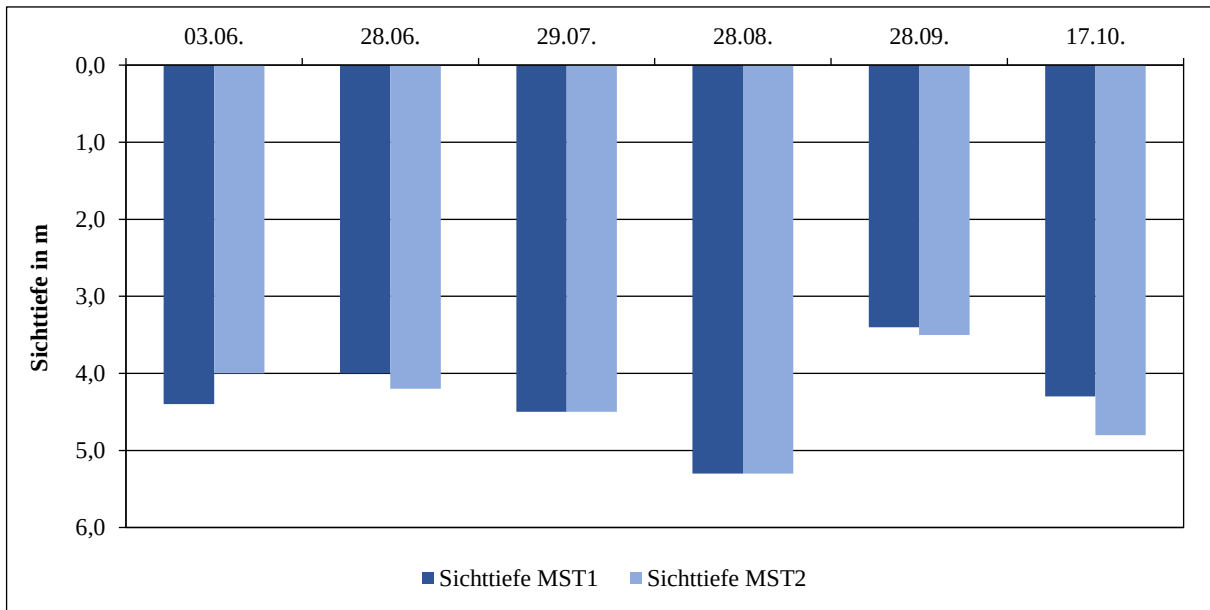


Abb.5.1-4: Sichttiefen im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die gemessenen Sauerstoffsättigungen zeigten für den Pinnower See an beiden Messstellen von Juni bis August eine deutliche Übersättigung an der Oberfläche bei zeitgleich deutlichen Sauerstoffdefiziten unterhalb der Temperatursprungschicht (Abb.5.1-5 und Abb.5.1-6).

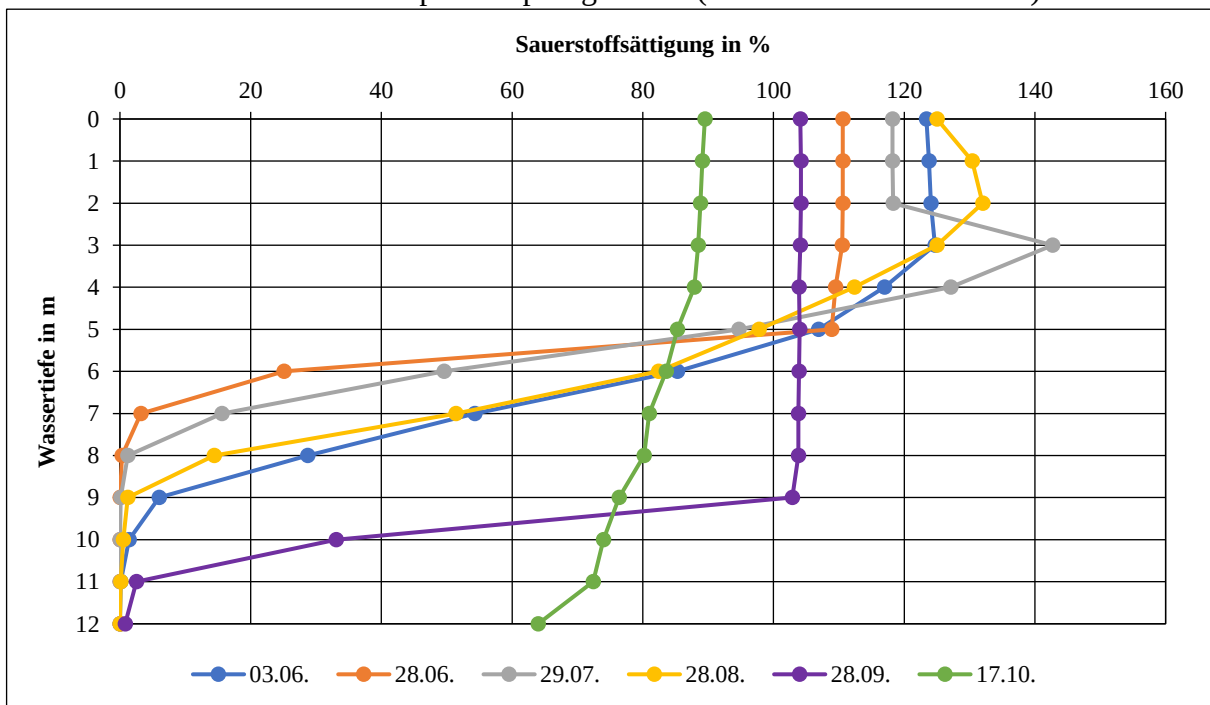


Abb.5.1-5: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung im Pinnower See 2019 an MST1(19)

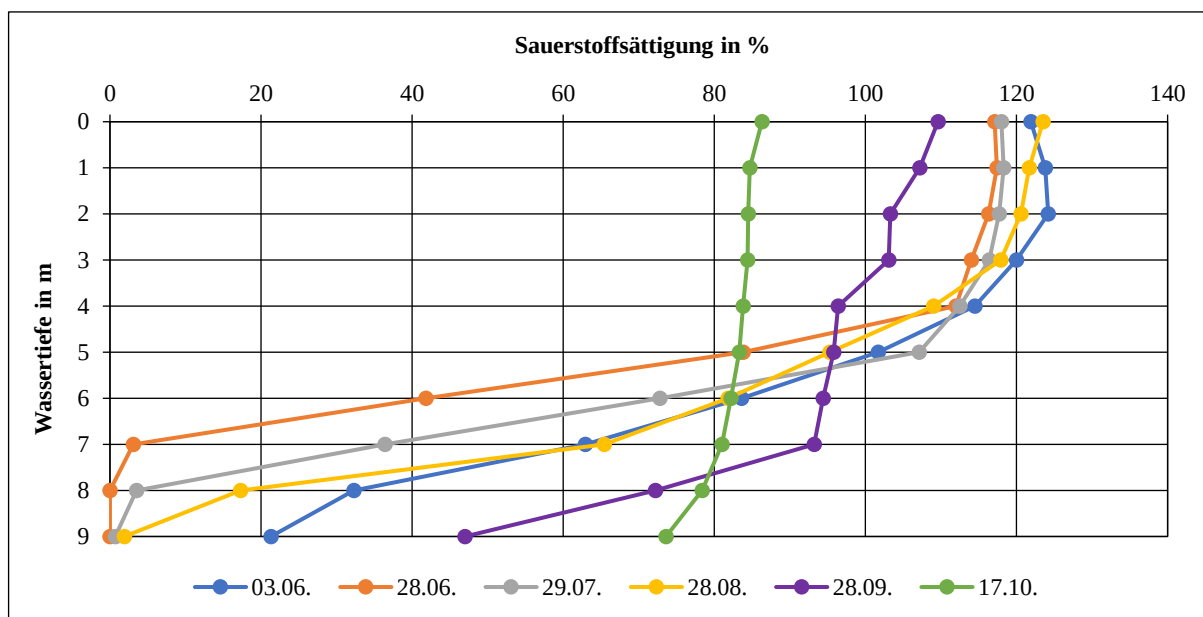


Abb.5.1-6: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung im Pinnower See 2019 an MST2(19)

Die im Pinnower See ermittelten Chlorophyll a-Werte zeigten mit $8,5 \mu\text{g/l}$ an MST1(19) ein Maximum im September (Abb.5.1-7). Der Mittelwert an MST1(19) für das Jahr 2019 lag bei $4,15 \mu\text{g/l}$. An MST2(19) lag das Maximum mit $6,3 \mu\text{g/l}$ ebenfalls im September. Hier lag der Mittelwert bei $3,90 \mu\text{g/l}$ und damit geringfügig niedriger als an MST1(19).

Die grafische Kombination der Sichttiefe mit der Konzentration von Chlorophyll a (Abb.5.1-7) zeigt für MST1(19) einen nahezu gespiegelten Verlauf. Damit war die Sichttiefe unmittelbar vom Phytoplankton, weniger von windbedingten Aufwirbelungen, beeinflusst. An MST2(19) ist dieser Zusammenhang ebenfalls, mit Ausnahme des Monats Juni, sehr offensichtlich.

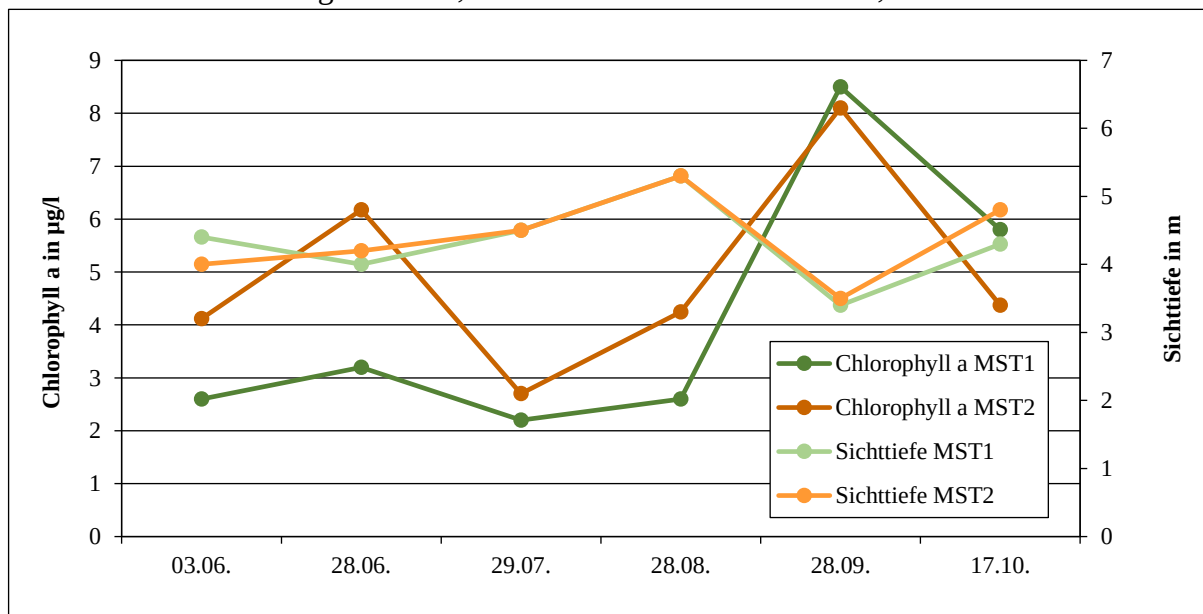


Abb.5.1-7: Chlorophyll a und Sichttiefe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Phosphor: Die im Jahresverlauf 2019 im Pinnower See gemessenen Gesamtphosphor-Werte (TP) bewegten sich in der Mischprobe von MST1(19) zwischen 0,016 mg/l Anfang Juni und 0,048 mg/l im August und in der Mischprobe von MST2(19) zwischen 0,019 mg/l im September und 0,034 mg/l Anfang Juni (Abb.5.1-8). Der Mittelwert über den Untersuchungszeitraum lag in der Mischprobe von MST1(19) bei 0,026 mg/l, in der Mischprobe von MST2(19) bei 0,027 mg/l. MST1(19) zeigte einen deutlichen Anstieg der TP-Konzentration in der Tiefe von 0,30 mg/l Ende Juni auf bis zu 0,75 mg/l im August. An der flacheren MST2(19) trat diese starke Differenzierung nicht auf.

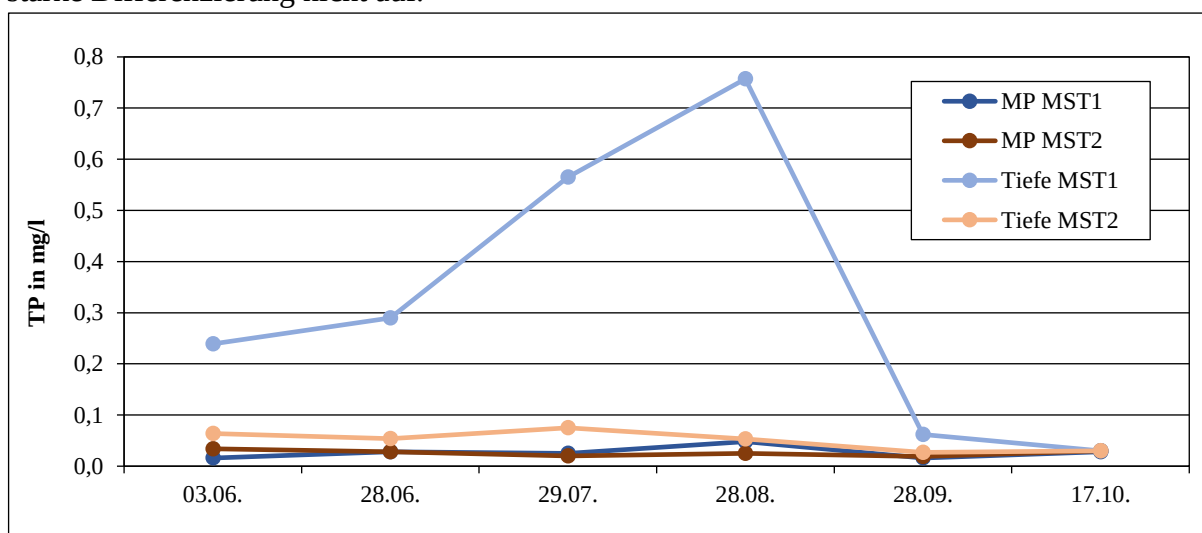


Abb.5.1-8: Gesamt-Phosphat-Phosphor (TP) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die ortho-Phosphat-Konzentrationen (SRP) zeigten in der Mischprobe an beiden Messstellen einen ähnlichen Verlauf und sind mit im Mittel 0,0065 bis 0,0075 mg/l als sehr gering anzusehen (Abb.5.1-9). Auch hier ist in der Tiefenprobe von MST1(19) der deutliche Anstieg der P-Konzentration zu erkennen. Vermutlich handelt es sich hier um Rücklösungsvorgänge aus dem Sediment.

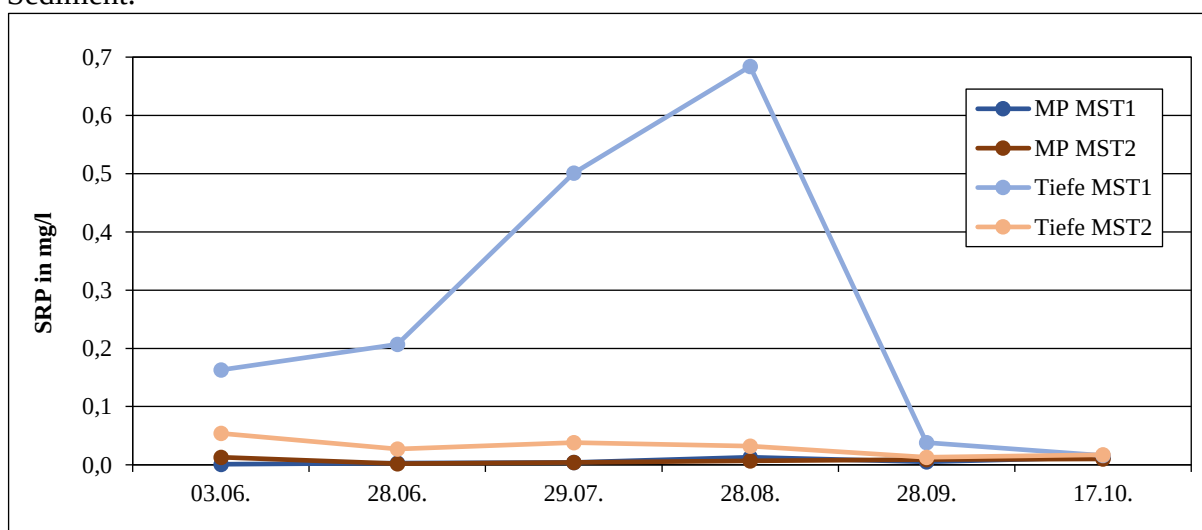


Abb.5.1-9: ortho-Phosphat-Phosphor (SRP) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Stickstoff: Die Gesamt-Stickstoffwerte (TN) lagen im Untersuchungszeitraum an MST1(19) zwischen 0,56 mg/l Anfang Juni und 1,15 mg/l im Oktober und an MST2(19) zwischen 0,58 mg/l Anfang Juni und 1,07 mg/l Ende Juni, bei einem Jahresmittelwert an MST1(19) von 0,82 mg/l und an MST2(19) von 0,88 mg/l (Abb.5.1-10). Auffällig ist auch hier die deutliche Zunahme der Konzentration in der Tiefe an MST1(19) auf bis zu 6,15 mg/l im Juli.

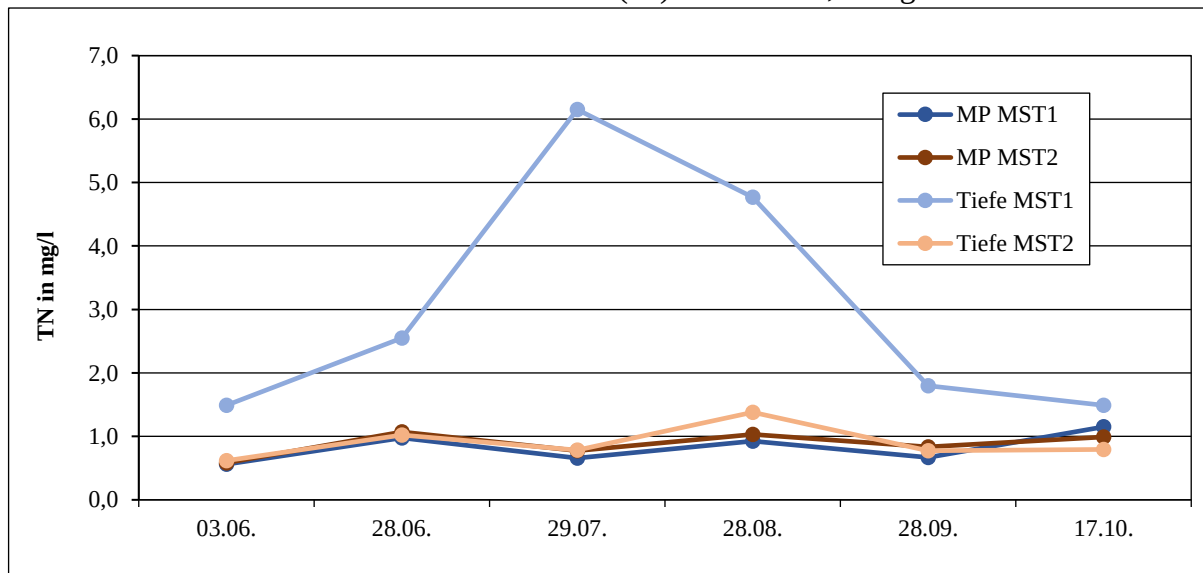


Abb.5.1-10: Gesamt-Stickstoff (TN) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die Nitratwerte zeigten sowohl für die Oberflächenmischprobe als auch für die Tiefenprobe an MST1(19) und MST2(19) einen kontinuierlichen Anstieg von Anfang Juni bis zum Ende des Untersuchungszeitraums im Oktober bei sehr ähnlichen Konzentrationen zwischen rund 0,04 mg/l und 0,12 mg/l (Abb.5.1-11).

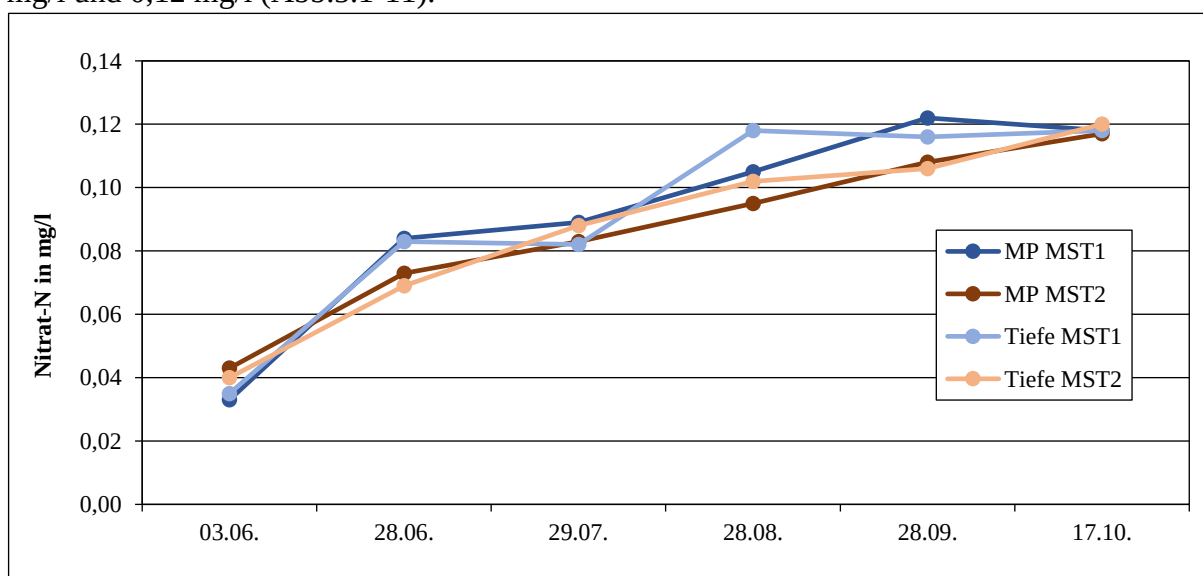


Abb.5.1-11: Nitrat-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die Nitritwerte waren insgesamt unauffällig. Lediglich in der Mischprobe von MST2(19) gab es einen leichten Anstieg auf 0,003 mg/l im August und in der Tiefenprobe auf 0,002 mg/l im Oktober. Ansonsten lagen die Konzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze von 0,001 mg/l (Abb.5.1-12).

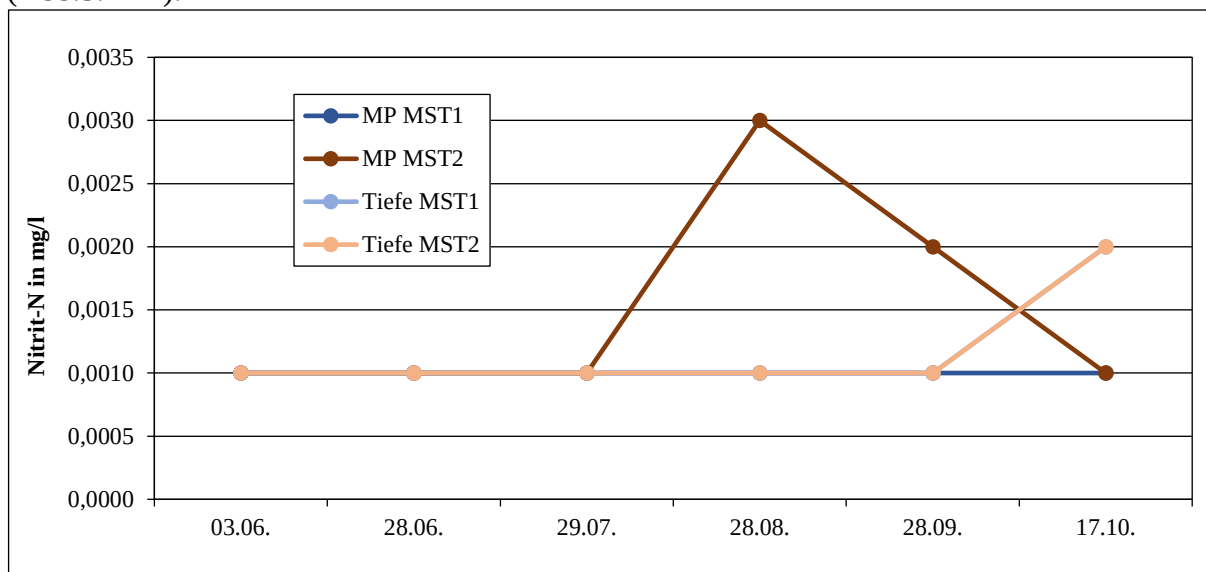


Abb.5.1-12: Nitrit-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Beim Ammonium zeigt sich in der Grafik (mit abnehmendem Sauerstoffgehalt) ein auffälliger Anstieg in der Tiefenprobe an MST1(19) von Ende Juni bis August auf bis zu 3,76 mg/l. Die Konzentrationen lagen in der Oberflächenmischprobe und in der Tiefenprobe im Untersuchungszeitraum ansonsten auf niedrigem Niveau von < 0,30 mg/l (Abb.5.1-13).

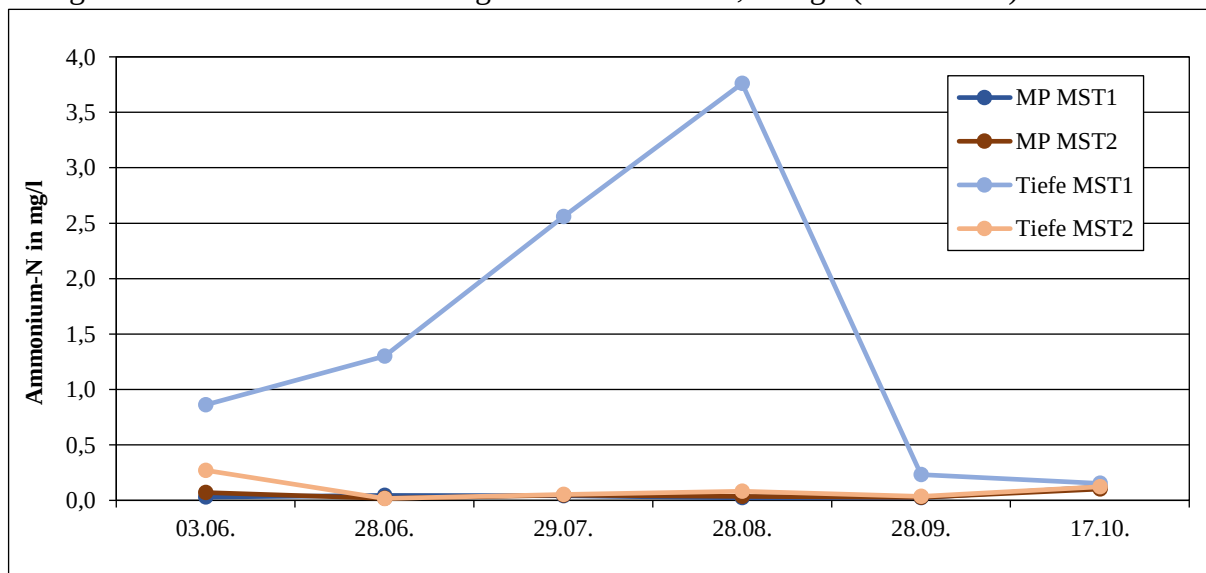


Abb.5.1-13: Ammonium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die Calcium-Konzentrationen waren in den Tiefenproben mit maximal 69 mg/l an MST1(19) und 62 mg/l an MST2(19) etwas höher als in den Oberflächenmischproben mit durchschnittlich etwa 55 mg/l (Abb.5.1-14).

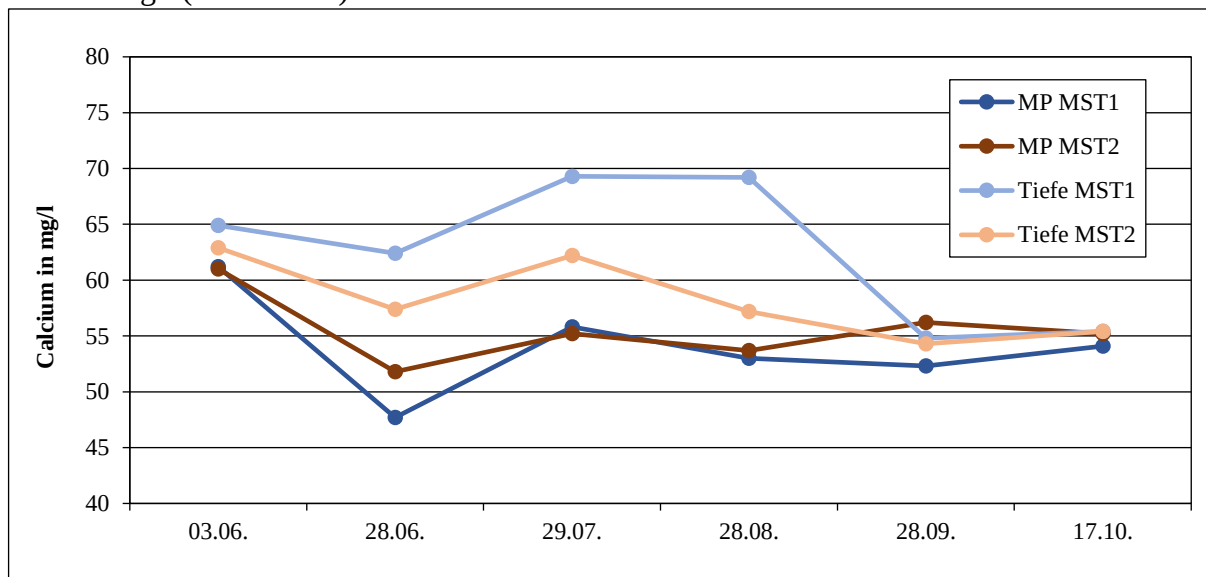


Abb.5.1-14: Calcium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Beim Magnesium zeigte die Tiefenprobe an MST1(19) insgesamt das höchste Niveau um etwa 7,5-8,5 mg/l (Abb.5.1-15). Die September-Oberflächenmischprobe an MST2(19) wies mit 9,58 mg/l den insgesamt höchsten ermittelten Wert auf.

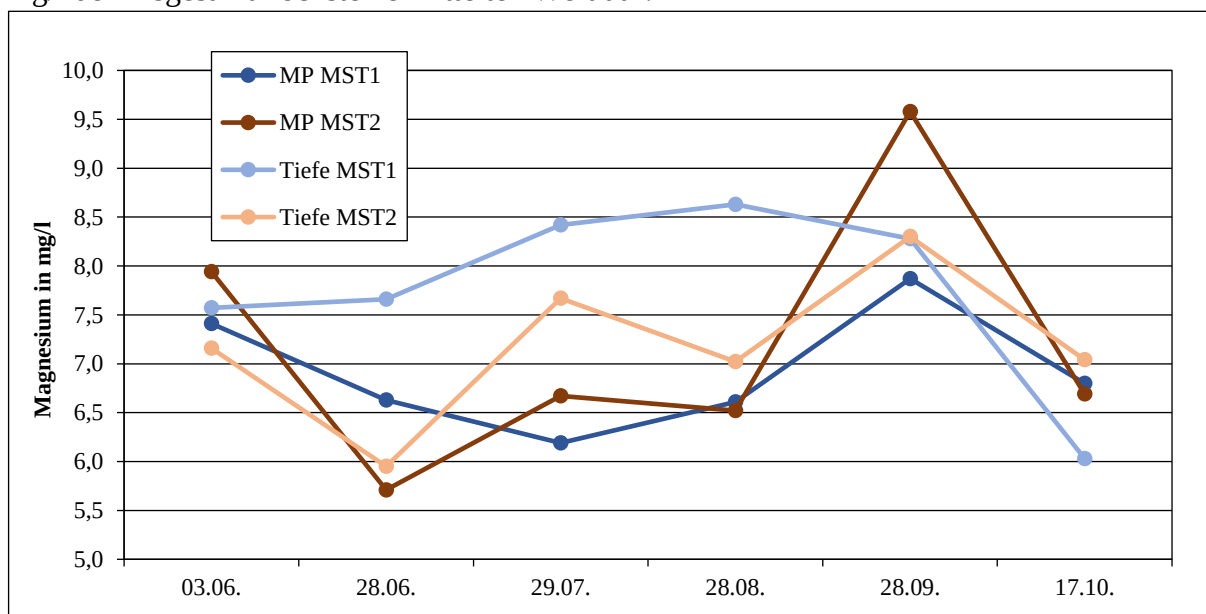


Abb.5.1-15: Magnesium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Bei der Konzentration des ortho-Silikats war es die Tiefenprobe an MST1(19), welche mit einem Anstieg von < 0,3 mg/l Anfang Juni auf 19,15 mg/l im August die höchsten Messwerte

aufwies (Abb.5.1-16). Dies könnte mit einer zunehmenden Akkumulation durch absedimentierte Diatomeen-Schalen im Tiefenwasser verursacht worden sein. Ansonsten zeigten die ortho-Silikat-Konzentrationen der Oberflächenmischproben ebenfalls einen teilweise durchgängigen Anstieg bis Oktober, bewegten sich dabei jedoch im Bereich von < 10 mg/l.

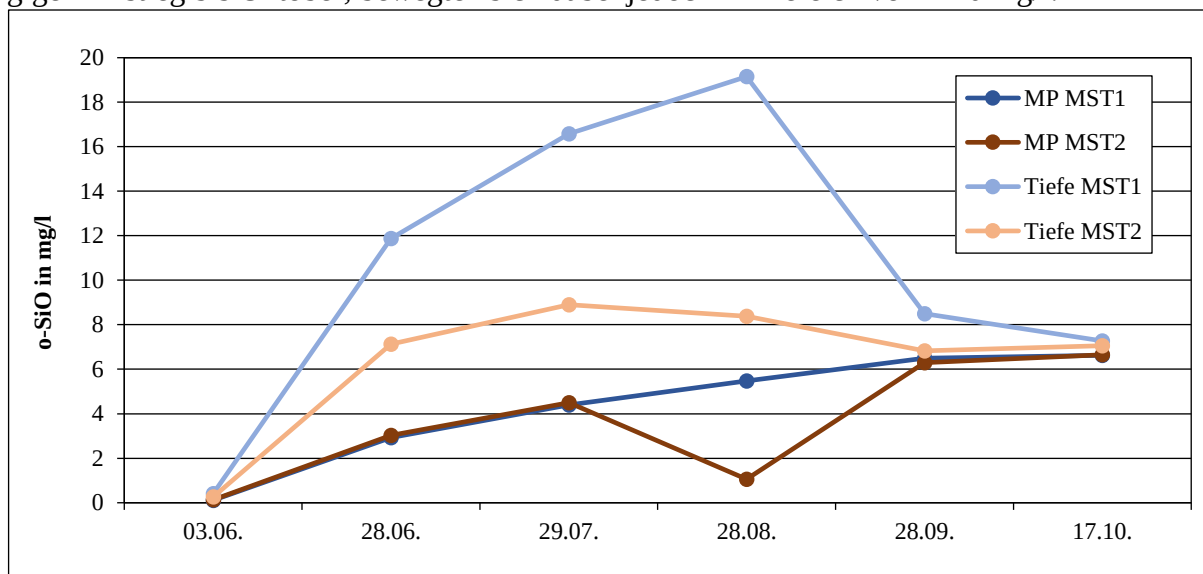


Abb.5.1-16: ortho-Silikat-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die ermittelten Chloridgehalte in den Oberflächenmischproben zwischen rund 49 mg/l und 51 mg/l können als Belastungsanzeiger interpretiert werden und weisen auf einen möglichen anthropogenen Einfluss (Abwasser, Düngemittel aus der Landwirtschaft, Straßenabläufe) hin (Abb.5.1-17). Auch die Tiefenwerte, vor allem an MST1(19), waren mit bis zu 54 mg/l im August etwas erhöht.

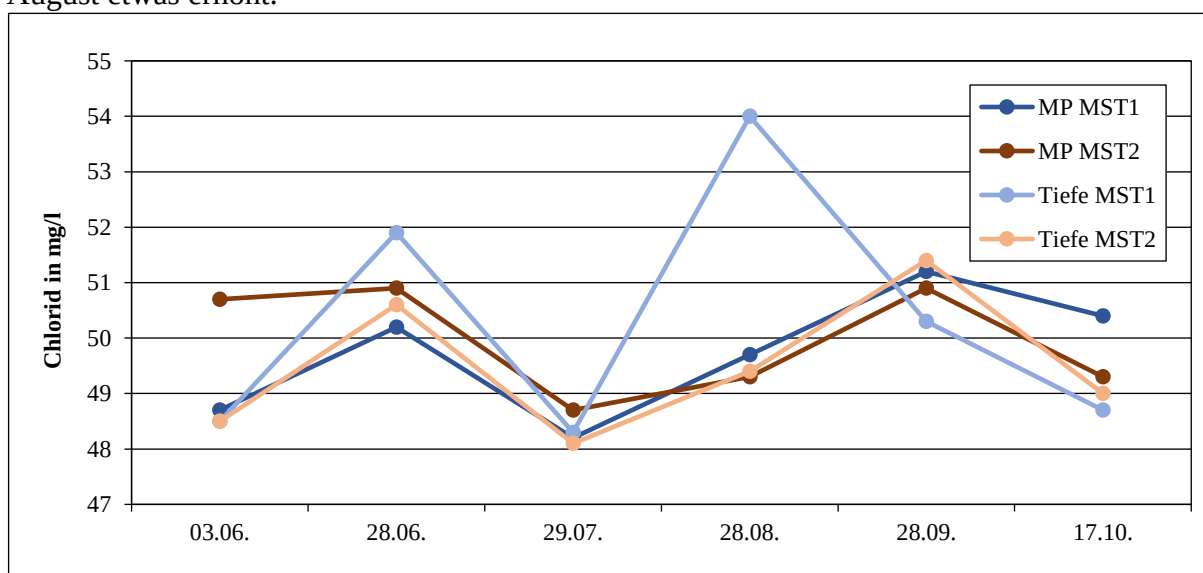


Abb.5.1-17: Chlorid-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die Sulfat-Konzentrationen zeigten sich sowohl in den Oberflächenmischproben als auch in den Tiefenproben auf einem Niveau zwischen etwa 45 und 55 mg/l, mit Ausnahme des Tiefenwerts an MST1(19) im August (40 mg/l) (Abb.5.1-18).

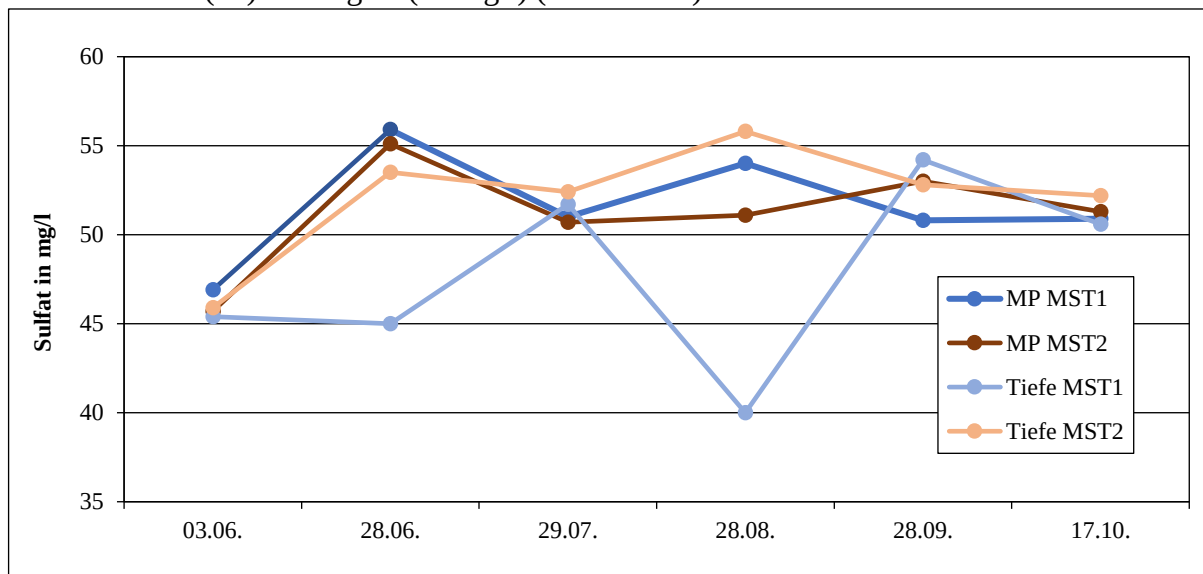


Abb.5.1-18: Sulfat-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Der gelöste organische Kohlenstoffgehalt (DOC) wies in den Oberflächenmischproben an MST1(19) und MST2(19) einen ähnlichen Verlauf auf, wobei die Konzentrationen an MST2(19) mit < 5 mg/l zumeist niedriger waren als an MST1(19) (Abb.5.1-19). Die Tiefenproben zeigten einen Anstieg von Anfang Juni bis August und nochmals im Oktober im Bereich von etwa 2 bis 6 mg/l.

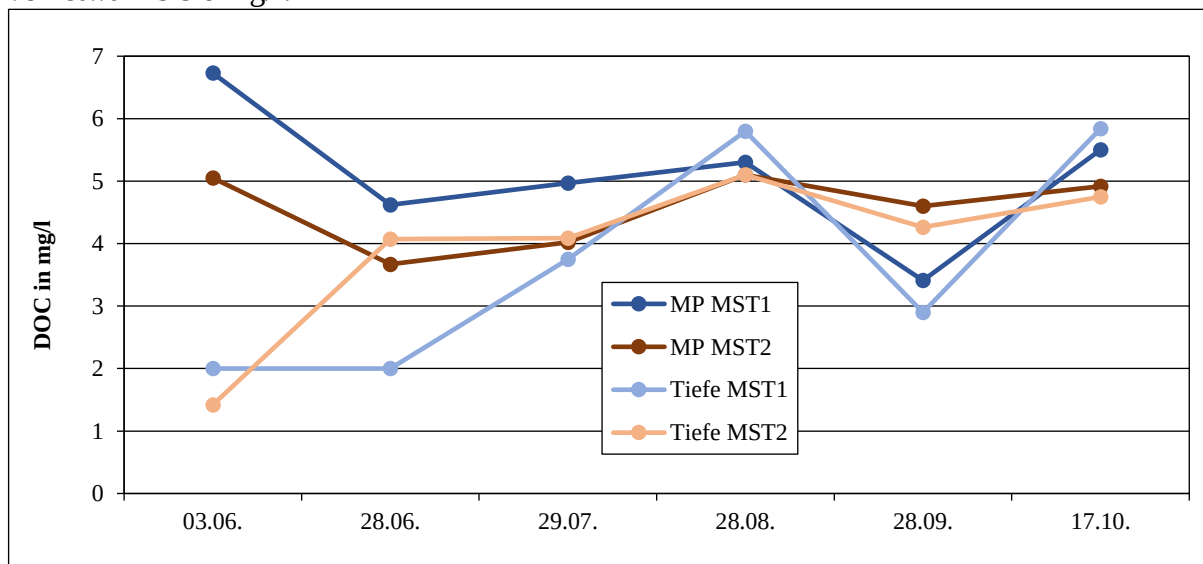


Abb.5.1-19: Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Der gesamt-organische Kohlenstoffgehalt (TOC) lag in allen Proben meist im Bereich von 2-8 mg/l, mit Ausnahme der Tiefenprobe von MST1(19) im Oktober mit einer deutlich höheren Konzentration von 12,1 mg/l (Abb.5.1-20).

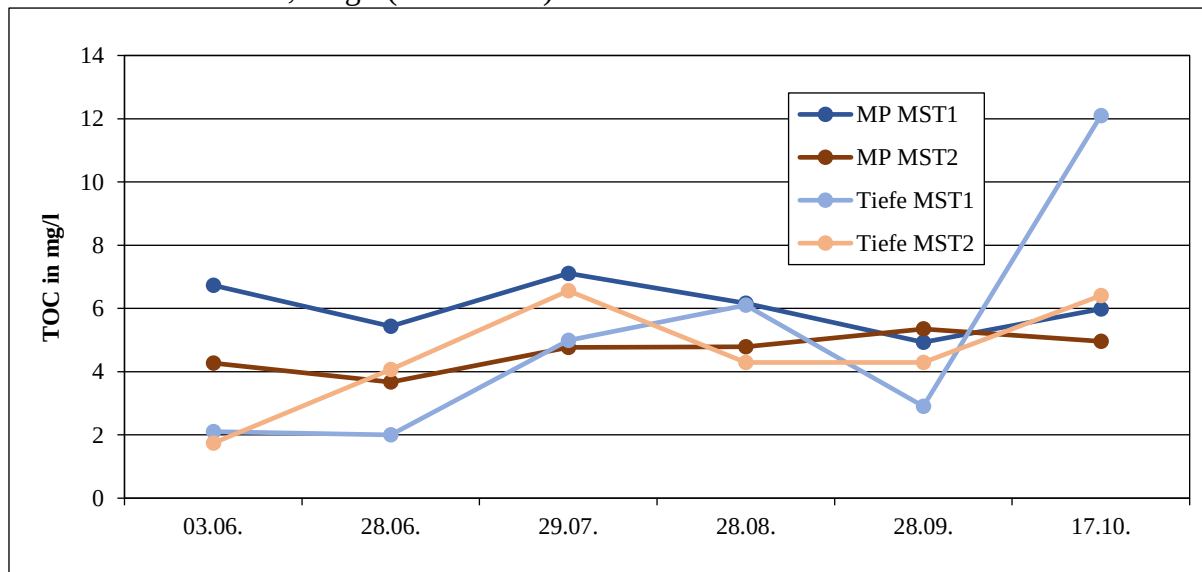


Abb.5.1-20: Gesamt-organischer Kohlenstoff (TOC) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die Eisen-Konzentration lag im Untersuchungszeitraum zumeist unterhalb der Nachweisgrenze von 0,01 mg/l (Abb.5.1-21). Lediglich im August konnte in der Tiefenprobe an MST1(19) eine Konzentration von 0,016 mg/l ermittelt werden.

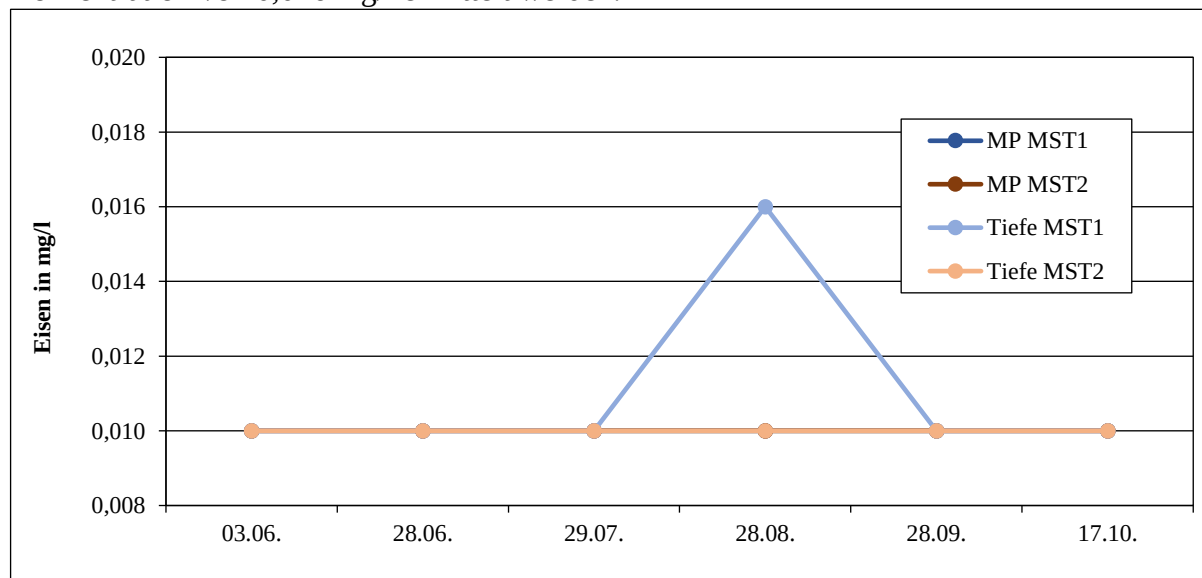


Abb.5.1-21: Eisen-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 MST1(19) und MST2(19), (MP MST1(19), MP MST2(19) und Tiefe MST2(19) jeweils unterhalb der Nachweisgrenze von 0,01 mg/l)

Beim Mangan zeigte die Tiefenprobe an MST1(19) einen Anstieg von Anfang Juni bis August von 2,22 auf 4,92 mg/l (Abb.5.1-22). Die Tiefenprobe an MST2(19) wies bereits Anfang Juni

mit 2,30 mg/l ein Maximum auf. Die Konzentrationen in den Oberflächenmischproben lagen an MST1(19) und MST2(19) konstant unter 0,2 mg/l.

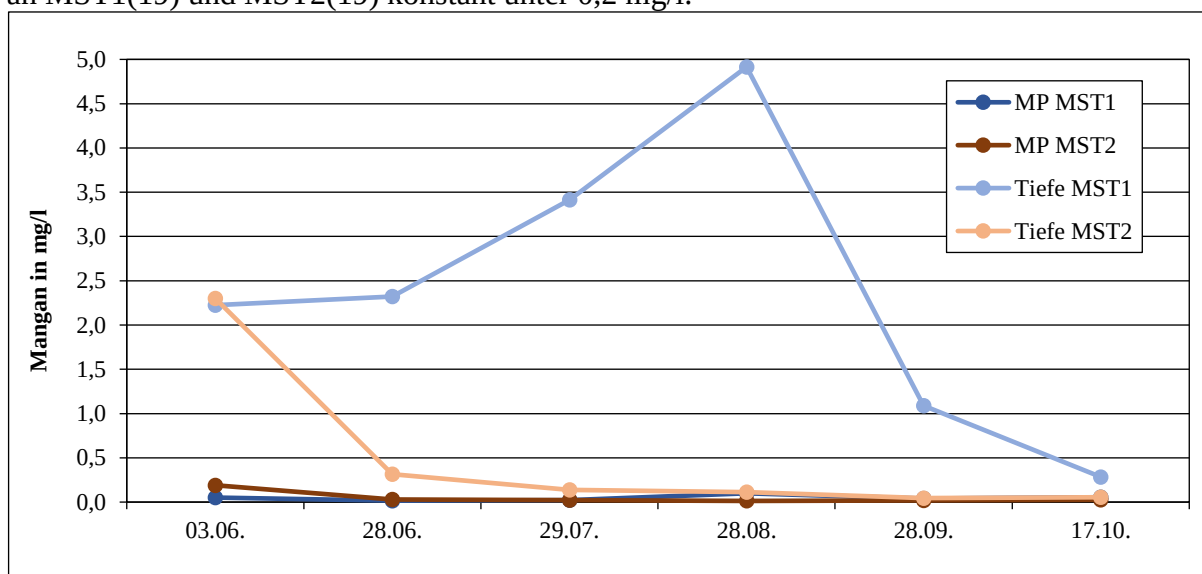


Abb.5.1-22: Mangan-Konzentration in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die Säurekapazität (KS4,3) lag in den Oberflächenmischproben über den Untersuchungszeitraum zwischen 1,33 und 1,90 mmol/l (MST1(19)) bzw. zwischen 1,47 und 2,10 mmol/l (MST2(19)) (Abb.5.1-23). Für die Tiefenproben wurden über den Gesamtzeitraum gesehen zu meist höhere Werte ermittelt. Sie lagen zwischen 1,69 und 2,71 mmol/l (MST1(19)) bzw. zwischen 1,17 und 2,30 mmol/l (MST2(19)). Damit ist der See in Bezug auf eine mögliche Fällung mit sauren Fällmitteln als nur mäßig gepuffert einzuschätzen.

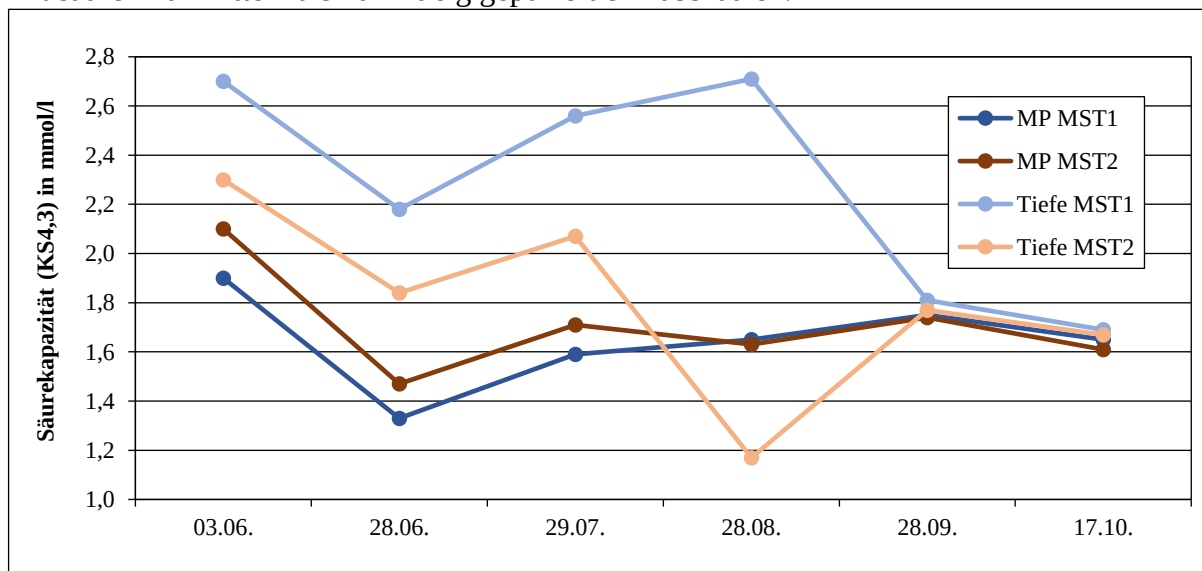


Abb.5.1-23: Säurekapazität (KS4,3) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die Basekapazität (KB8,2) lag in den Tiefenproben über den Untersuchungszeitraum ebenfalls höher als in den Oberflächenmischproben (Abb.5.1-24). In den Oberflächenmischproben wurden Werte zwischen 0,40 und 0,60 mmol/l (MST1(19)) bzw. 0,40 und 0,62 mmol/l (MST2(19)) ermittelt. In der Tiefe lagen die Werte zwischen 0,63 und 2,36 mmol/l (MST1(19)) bzw. zwischen 0,60 und 1,88 mmol/l (MST2(19)).

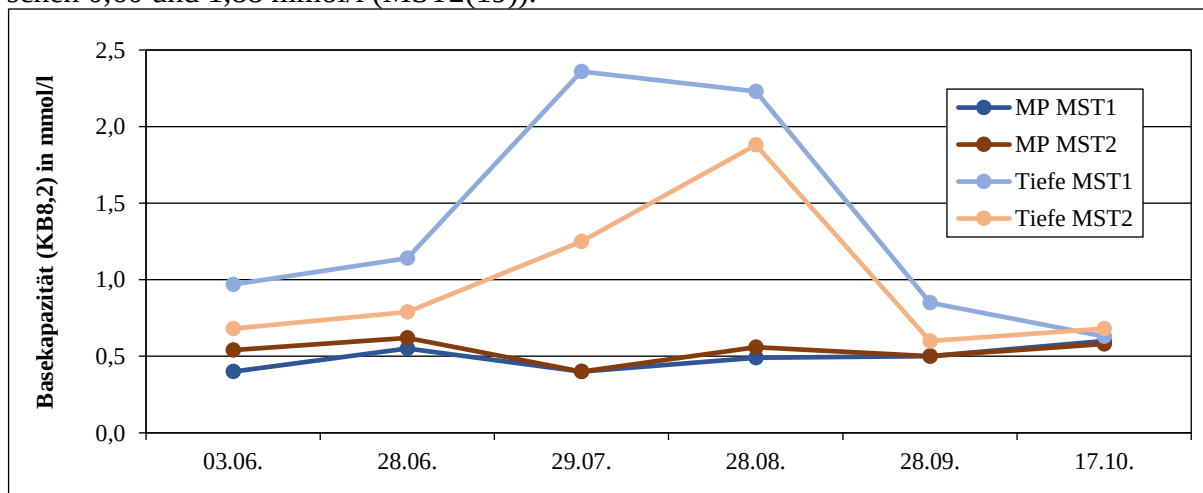


Abb.5.1-24: Basekapazität (KB8,2) in der Mischprobe (MP) und der Tiefenprobe im Pinnower See 2019 an MST1(19) und MST2(19)

Die Trophieberechnung ergab für den Pinnower See im Jahr 2019 einen Trophieindex von 1,93 an MST1(19) bzw. 1,89 an MST2(19), was in beiden Fällen einem mesotrophen Zustand (m1) entsprach (Tab.5.1-2). Der See befand sich damit 2019 in seinem natürlichen Referenzzustand.

Tab.5.1-2: Klassifizierung gemäß LAWA (2014) für den Pinnower See im Jahr 2019 (geschichteter See im Norddeutschen Tiefland > 5 ha) an MST1(19) und MST2(19)

MST1

	Jun 1	Jun 2	Jul	Aug	Sep	Okt	MW	Index	Wichtung	Produkt	Iges
Sichttiefe (m)	4,4	4,0	4,5	5,3	3,4	4,3	4,32	1,63	7	11,38	
Chlorophyll a (µg/l)	2,6	3,2	2,2	2,6	8,5	5,8	4,15	1,78	10	17,78	
Gesamt-PO4-P (µg/l)	16	28	25	48	16	28	26,83	2,23	7	15,64	
Gesamt-PO4-P (µg/l)	16						16,00	2,20	6	13,18	
Summe										57,98	1,93

Referenzzustand: mesotroph m1

mesotroph m1

MST2

	Jun 1	Jun 2	Jul	Aug	Sep	Okt	MW	Index	Wichtung	Produkt	Iges
Sichttiefe (m)	4,0	4,2	4,5	5,3	3,5	4,8	4,38	1,60	7	11,22	
Chlorophyll a (µg/l)	3,2	4,8	2,1	3,3	6,3	3,4	3,85	1,71	10	17,14	
Gesamt-PO4-P (µg/l)	34	28	20	25	19	30	26,00	2,20	7	15,39	
Gesamt-PO4-P (µg/l)	34						34,00	2,17	6	12,99	
Summe										56,74	1,89

Referenzzustand: mesotroph m1

mesotroph m1

5.1.2 PINNOWER SEE 2021

5.1.2.1 METHODEN

Der aktuelle Trophiezustand des Pinnower Sees ist von Januar bis Dezember 2021 an 12 Terminen untersucht worden. Die Probenahme erfolgte an allen 3 Messstellen (MST1(21), MST2(21) und MST3(21)) in allen Monaten vom Boot aus (Abb.5.1-25). An MST1(21) und MST3(21) wurden jeweils eine Mischprobe aus der euphotischen Zone (OF bis 2,5 x Sichttiefe) und eine Tiefenprobe 1,0 m über Grund entnommen. An der flachen Messstelle MST2(21) wurde nur eine Mischprobe, jedoch keine Tiefenprobe entnommen. Ein Nährstoffprofil aus 5 m und 10 m Wassertiefe wurde von Mai bis Oktober an MST1(21) und MST3(21) zusätzlich mit aufgenommen. Die OF-Mischprobe wurde in Unterproben für die Nährstoff-, Chlorophyll- und Phytoplanktonanalyse geteilt. Parallel wurde ein Profil der Sofortparameter gelöster Sauerstoff, Sauerstoffsättigung, pH-Wert, Wassertemperatur, spezifische Leitfähigkeit und Redoxpotenzial aufgenommen. Zooplanktonproben sind an allen 3 Messstellen jeweils als 30 l-Netzproben über die gesamte Wassersäule entnommen worden.

Die Probenahme zur Bestimmung der P-Rücklösung nach SINKE et al. (1990) erfolgte 2021, zur Erfassung unterschiedlicher Tiefenstufen, an derselben Position wie Messstelle MST1(21) (RL1; tiefste Stelle, Tiefenstufe 10-16 m) sowie an 2 weiteren Messstellen, MST2(21) (RL2; Kirchsee, Nebenbecken; Tiefenstufe > 4 m) und MST3(21) (RL3; Tiefenstufe 4-10 m) (Abb.5.1-25). Wichtig für den Vergleich der Ergebnisse aus den beiden Untersuchungsjahren 2019 und 2021 ist, dass die Messstellen MST2(19) und MST2(21) nicht identisch waren (vgl. Abb.5.1-1; Kap.5.1.1).

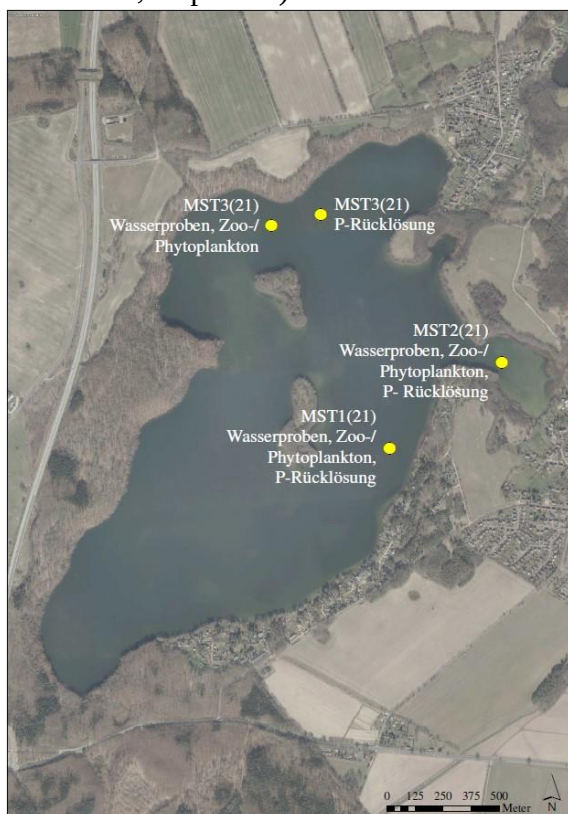


Abb.5.1-25: Monatlich untersuchte Messstellen im Pinnower See 2021

In Tab.5.1-3 sind alle im Jahr 2021 untersuchten Parameter sowie die verwendeten Methoden zusammengestellt. Die Untersuchungen wurden im Jahr 2021 durch entsprechende Erhebungen zum Makrozoobenthos (3 Stationen im Frühjahr, Sommer, Herbst) und zum Vorkommen von Muschelbänken im See (1 x Tauchkartierung) sowie einer Fischerei im Herbst ergänzt. Die verwendeten Methoden sowie die Untersuchungsstellen werden im Kap.5.3 erläutert.

Tab.5.1-3: Zusammenstellung der im Rahmen des Untersuchungsprogramms am Pinnower See im Jahr 2021 untersuchten Wassergüteparameter

Parameter	Methode
Gesamt-Phosphat-Phosphor (TP)	DIN EN ISO 6878 (D11) 2004-09
ortho-Phosphat-Phosphor (SRP)	DIN EN ISO 15681-2 (D 46) 2005-05
Nitrat-Stickstoff	DIN EN ISO 13395 (D28) 1996-12
Nitrit-Stickstoff	DIN EN ISO 13395 (D28) 1996-12
Ammonium-Stickstoff	DIN EN ISO 11732 (E 23) 2005-05
Gesamt-Stickstoff (TN)	DIN EN ISO 11905-1 (H36) 1998-08
Chlorophyll a	DIN 38412-L16:1985-12
Phaeopigmente	DIN 38412-L16:1985-12
Alkalinität / Säurekapazität	DIN 38409 H7 2005-12
Basekapazität	DIN 38409-H7 2004-03
Chlorid	EN ISO 10304-1: 2009-07
Calcium	DIN EN ISO 1 885, 09/2009 (E 22)
Magnesium	DIN EN ISO 1 885, 09/2009 (E 22)
Gesamthärte	DIN 38409 H6
Karbonathärte	DIN 38409 H6
Sichttiefe	Secchi-Scheibe
gelöster Sauerstoff und Sauerstoffsättigungsindex (SSI)	DIN EN 25814:1992-11 (G22) Datenlogger GRANT/YSI
Wassertemperatur	DIN 38404-C4: 1976-12 Datenlogger GRANT/YSI
Leitfähigkeit	DIN EN 27888:1993-11 (C8) Datenlogger GRANT/YSI
pH	DIN 38404 C5: 2009-07 Datenlogger GRANT/YSI
Redoxpotential	DIN 38404-C6:1984-05 Datenlogger GRANT/YSI

5.1.2.2 ERGEBNISSE – MESSDATEN UND TROPHIEZUSTAND DES PINNOWER SEES IM JAHR 2021

Es wird auch an dieser Stelle nur auf ausgewählte Parameter eingegangen, alle Einzelmessergebnisse sind in entsprechenden Tabellen im Anhang enthalten.

Wassertemperatur: Die höchste Oberflächenwassertemperatur wurde im Pinnower See 2021 im Juli mit 22,3°C an MST1(21) gemessen (Abb.5.1-26). Der See zeigte dort in den Monaten Juni bis August eine stabile Schichtung. An MST2(21) hatte sich auf Grund der geringen Tiefe keine Temperaturschichtung ausgebildet (Abb.5.1-27). An MST3(21) lag ein ähnliches Bild wie an MST1(21) vor, es erfolgte eine Schichtung in den Sommermonaten (Abb.5.1-28).

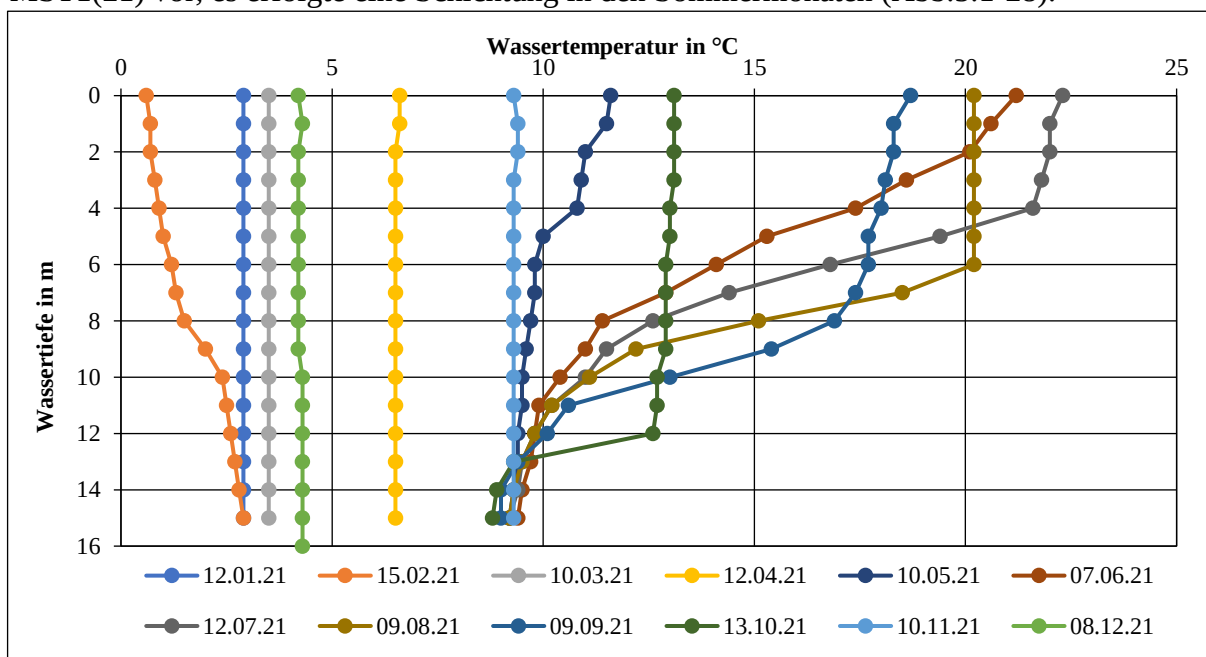


Abb.5.1-26: Wassertemperaturen im Pinnower See 2021 an MST1(21)

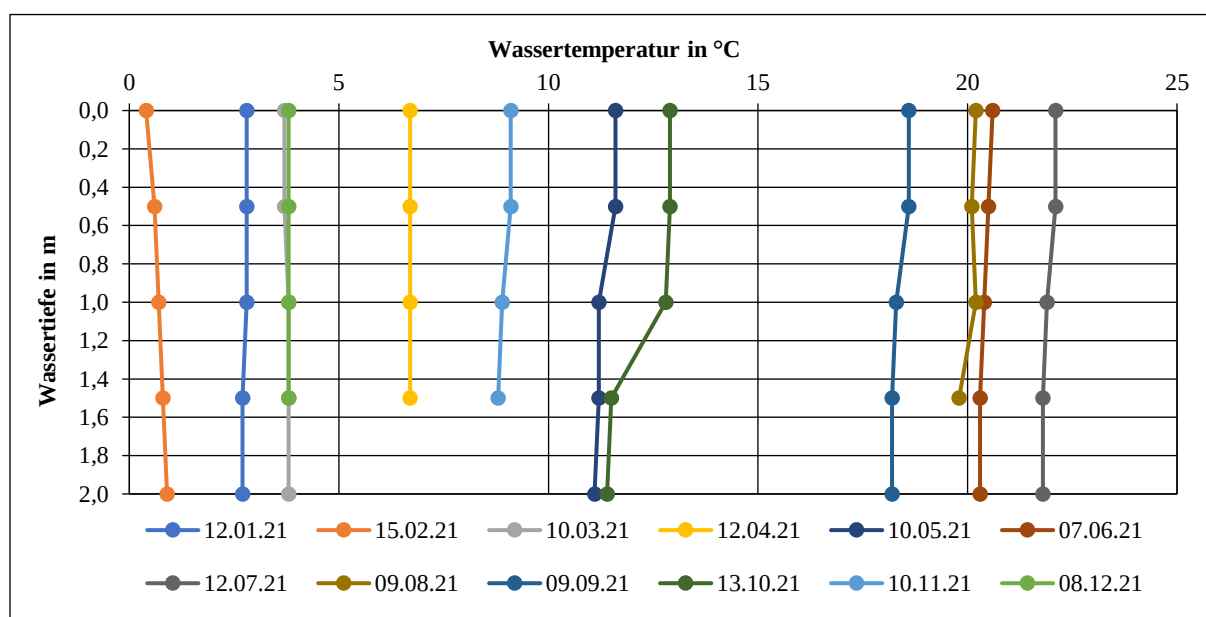


Abb.5.1-27: Wassertemperaturen im Pinnower See 2021 an MST2(21)

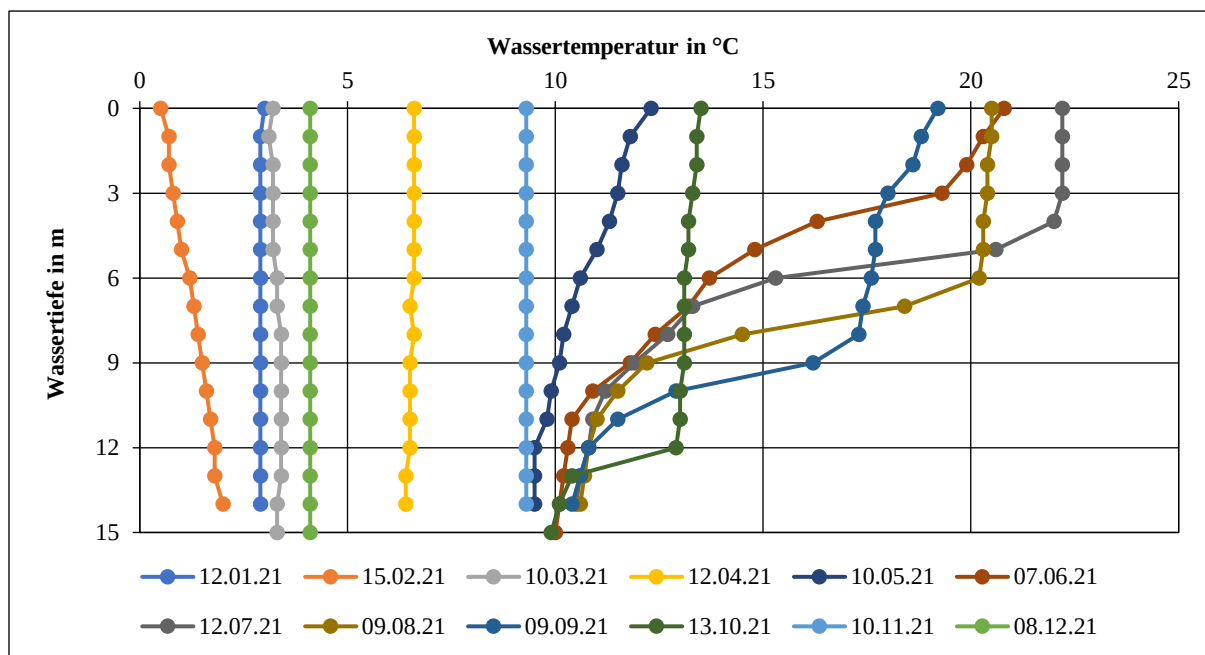


Abb.5.1-28: Wassertemperaturen im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Sichttiefe: Die gemessenen Sichttiefen im Pinnower See zeigten 2021 an den tieferen Messstellen MST1(21) und MST3(21) eine ähnliche Spannweite (Abb.5.1-29 und Abb.5.1-31). Sie lagen im Untersuchungszeitraum zwischen 1,80 m im März und 6,60 m im Juni (MST1(21)). Der Mittelwert lag an MST1(21) und an MST3(21) bei jeweils 3,90 m. An der flacheren Messstelle MST2(21) lag oftmals fast Grundsicht vor, was hier einer Wassertiefe von etwa 2,50 m entspricht (Abb.5.1-30).

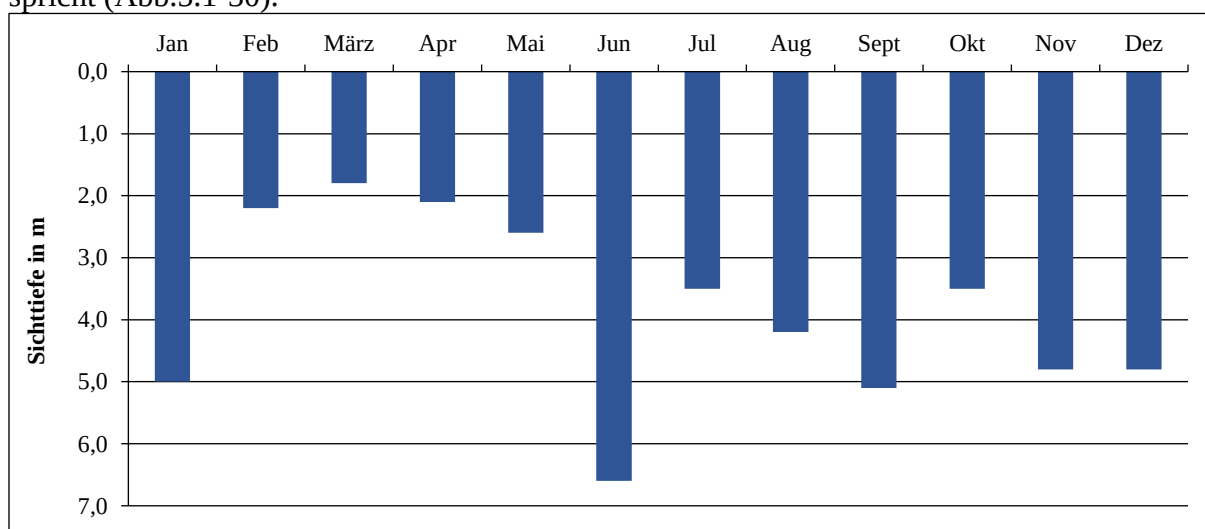


Abb.5.1-29: Sichttiefen im Pinnower See 2021 an MST1(21)

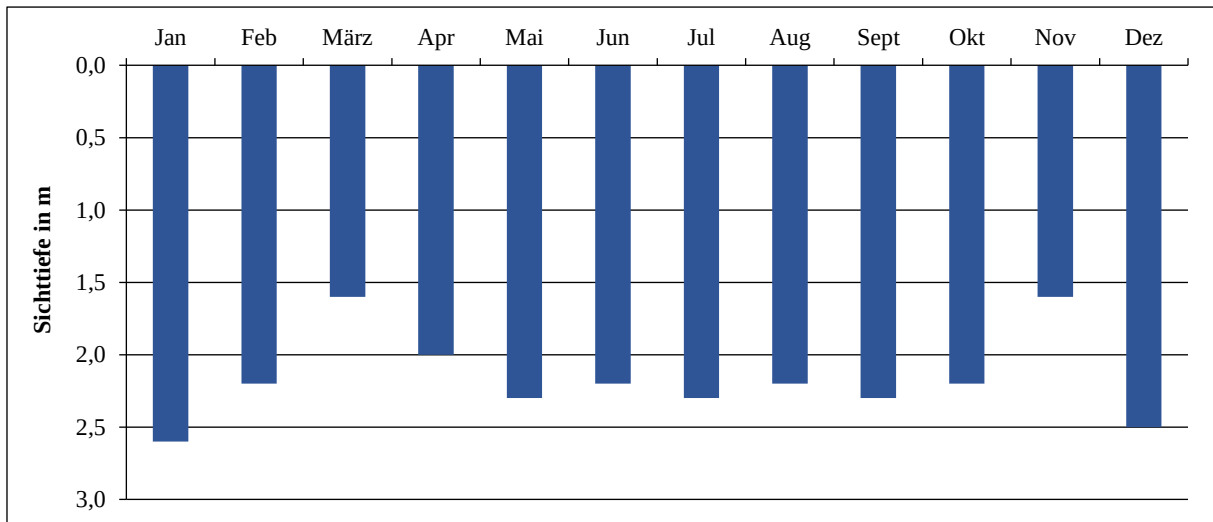


Abb.5.1-30: Sichttiefen im Pinnower See 2021 an MST2(21)

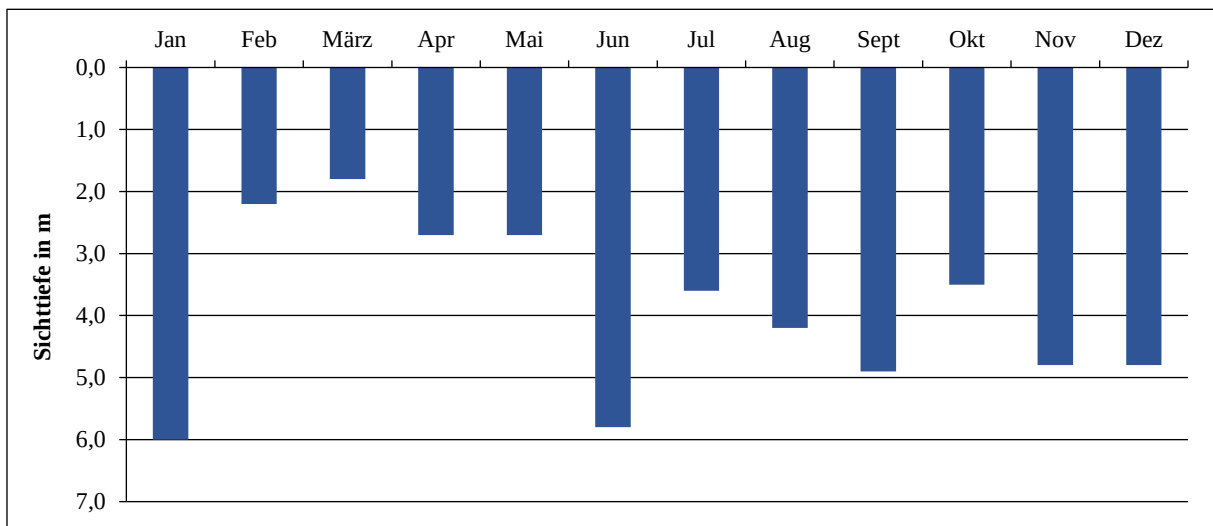


Abb.5.1-31: Sichttiefen im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Die gemessenen Sauerstoffsättigungen zeigten für den Pinnower See an den Messstellen im März und von Juni bis August eine Übersättigung an der Oberfläche. Im Sommer lag dabei an Messstelle MST1(21) und MST3(21) zeitgleich ein deutliches Sauerstoffdefizit unterhalb der Temperatursprungschicht (6-7 m) vor (Abb.5.1-32 und Abb.5.1-34). An MST2(21) war das Sauerstoffprofil bis zum Grund gleichmäßig; es lag kein Sauerstoffdefizit vor (Abb.5.1-33).

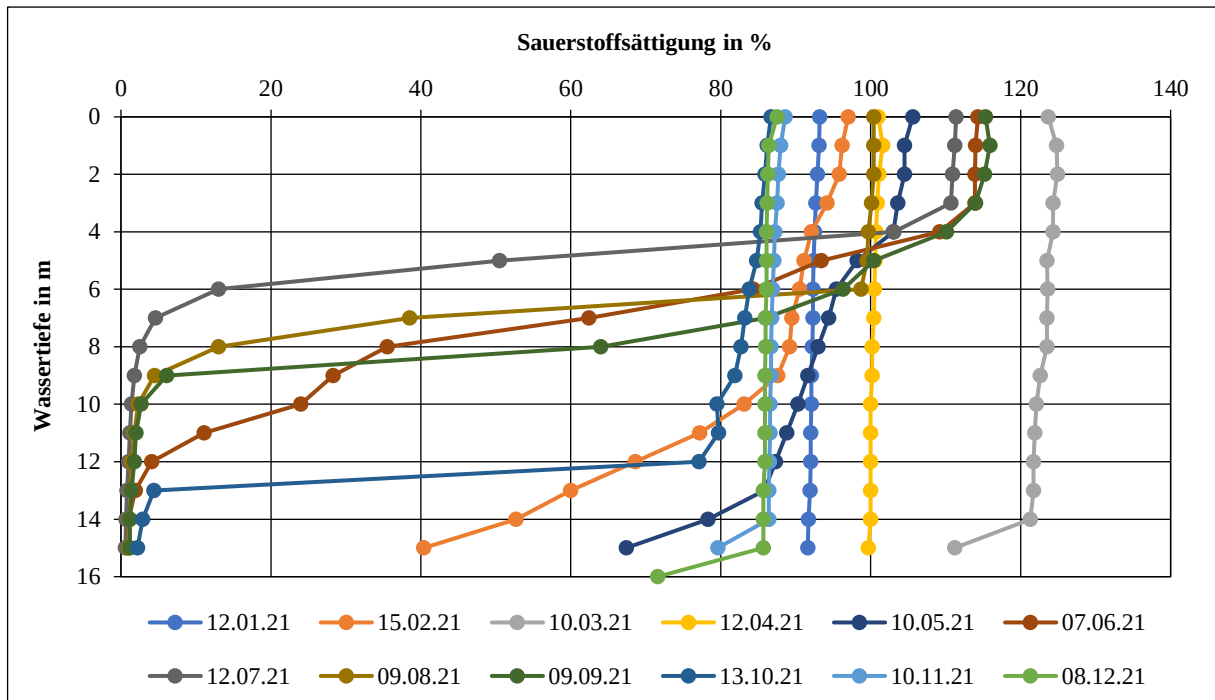


Abb.5.1-32: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung im Pinnower See 2021 an MST1(21)

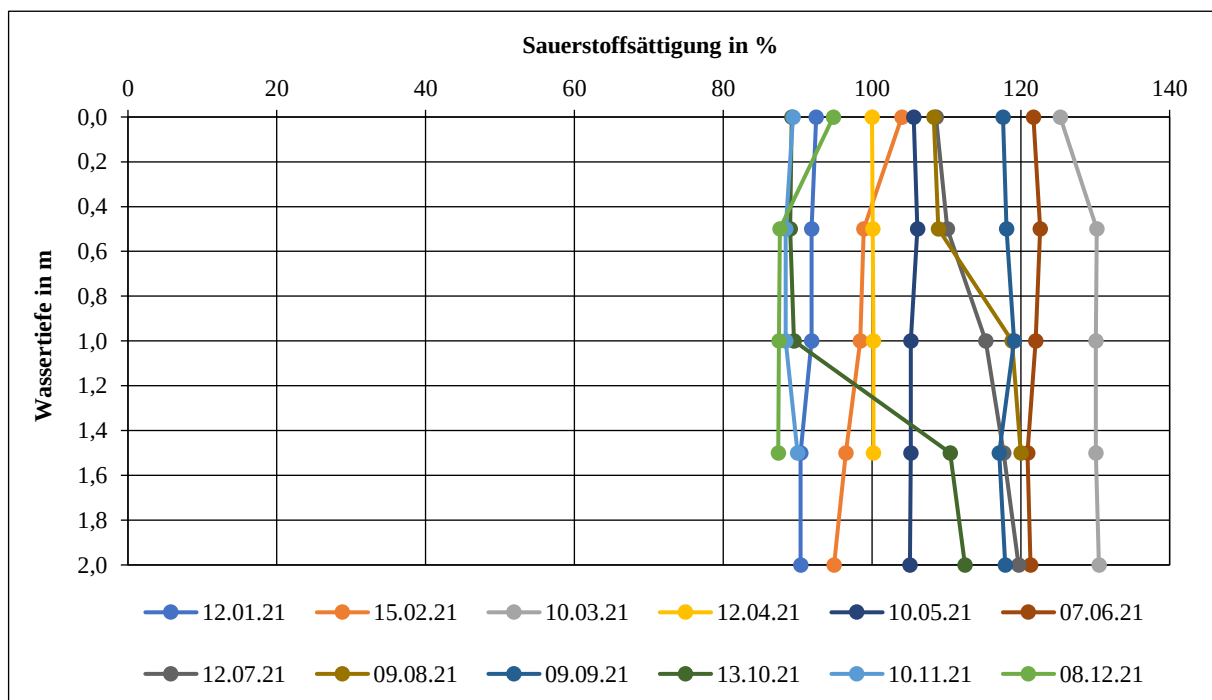


Abb.5.1-33: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung im Pinnower See 2021 an MST2(21)

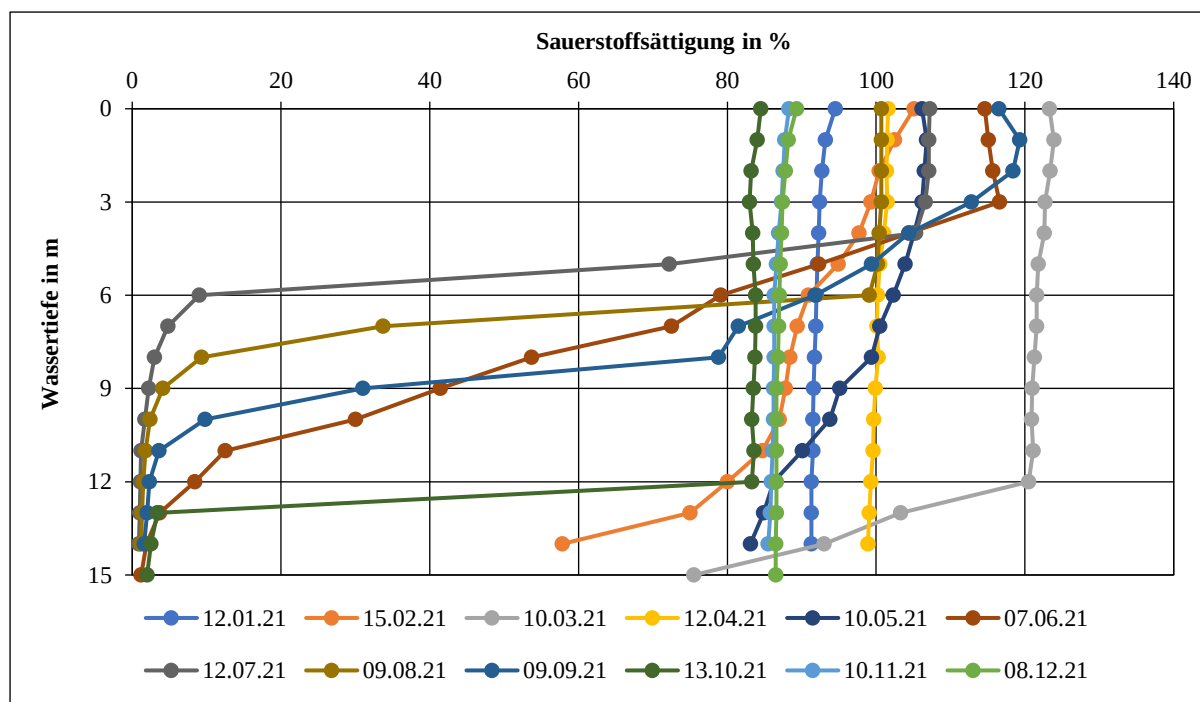


Abb.5.1-34: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Die im Pinnower See ermittelten Chlorophyll a-Werte zeigten mit 35,1 µg/l an MST3(21) ein Maximum im März (Phytoplanktonblüte) (Abb.5.1-37). Im Jahr 2021 lag der Mittelwert an MST1(21) bei 8,85 µg/l. An MST2(21) stellte sich das Maximum mit 24,3 µg/l im März (MW 7,0 µg/l) ein. An MST3(21) war der Mittelwert mit 8,80 µg/l auf dem Niveau von MST1(21). Auffällig ist 2021 der hohe März-Wert, was auf eine starke Blüte des Phytoplanktons hinweist. Die grafische Kombination der Sichttiefe mit der Konzentration von Chlorophyll a zeigt für alle Messstellen einen fast gespiegelten Verlauf (Abb.5.1-35 bis Abb.5.1-37). Lediglich im Juli ist der Rückgang der Sichttiefe nicht auf das Chlorophyll a zurückzuführen. Zumeist war damit die Sichttiefe unmittelbar vom Phytoplankton, weniger von windbedingten Aufwirbelungen, beeinflusst.

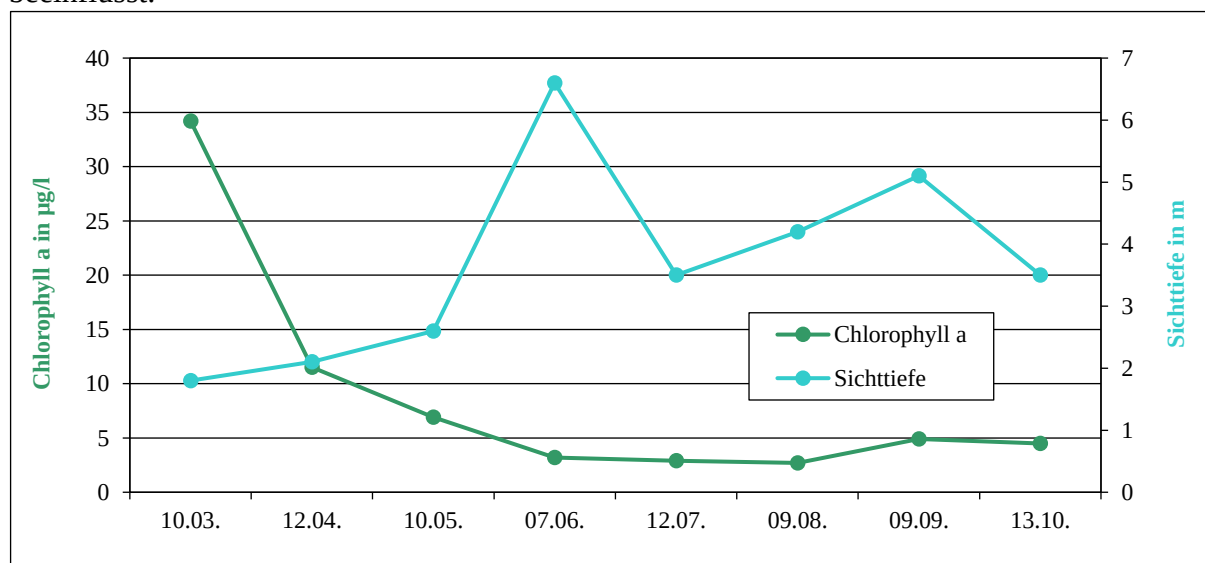


Abb.5.1-35: Chlorophyll a und Sichttiefe im Pinnower See 2021 an MST1(21)

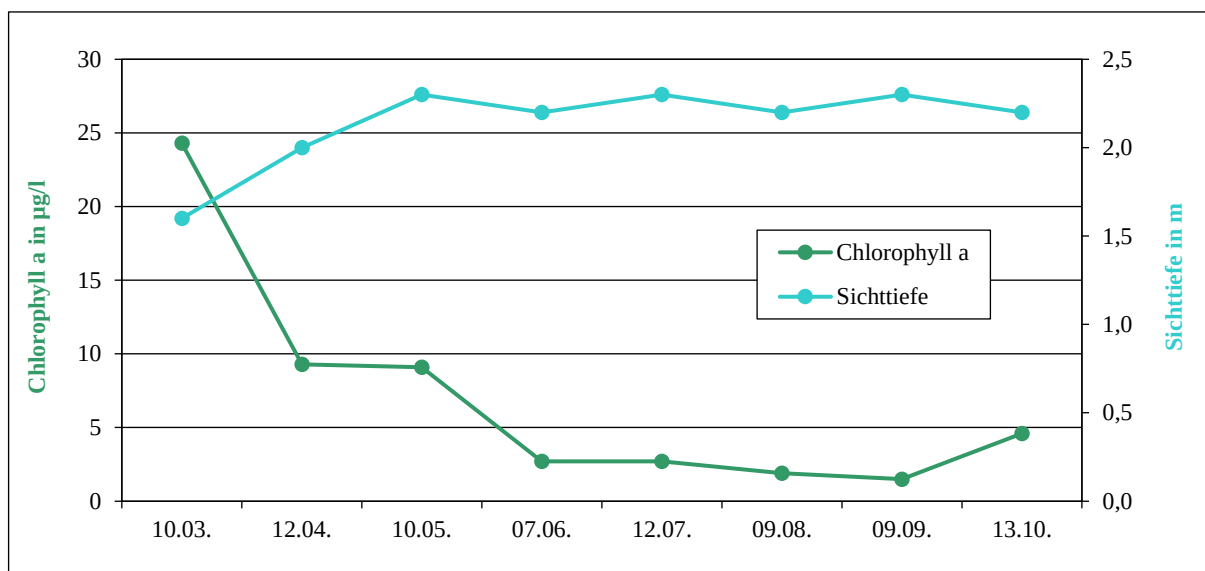


Abb.5.1-0-36: Chlorophyll a und Sichttiefe im Pinnower See 2021 an MST2(21)

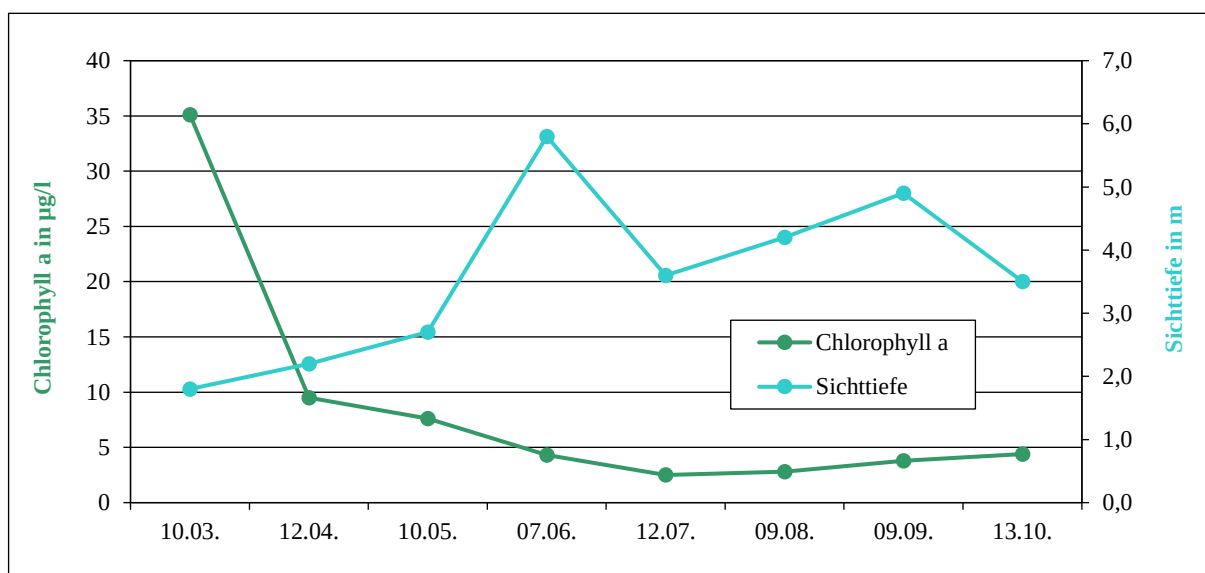


Abb.5.1-0-37: Chlorophyll a und Sichttiefe im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Phosphor: Die im Jahresverlauf 2021 im Pinnower See gemessenen Gesamtphosphor-Werte (TP) bewegten sich in der Mischprobe von MST1(21) zwischen 0,016 mg/l im August und 0,052 mg/l im Januar (Abb.5.1-38), in der Mischprobe von MST2(21) zwischen 0,016 mg/l im Mai und 0,060 mg/l im Januar (Abb.5.1-39) und in der Mischprobe von MST3(21) zwischen 0,012 mg/l im August und 0,054 mg/l im Januar (Abb.5.1-40). Der Mittelwert über den Untersuchungszeitraum lag in der Mischprobe von MST1(21) bei etwa 0,032 mg/l, in der Mischprobe von MST2(21) bei 0,033 mg/l und in der Mischprobe von MST3(21) bei etwa 0,031 mg/l. MST1(21) und MST3(21) wiesen einen deutlichen Anstieg der TP-Konzentration in den Tiefenproben > 10 m ab Juni bis Oktober auf maximal 0,51 mg/l auf (Abb.5.1-38 und Abb.5.1-40).

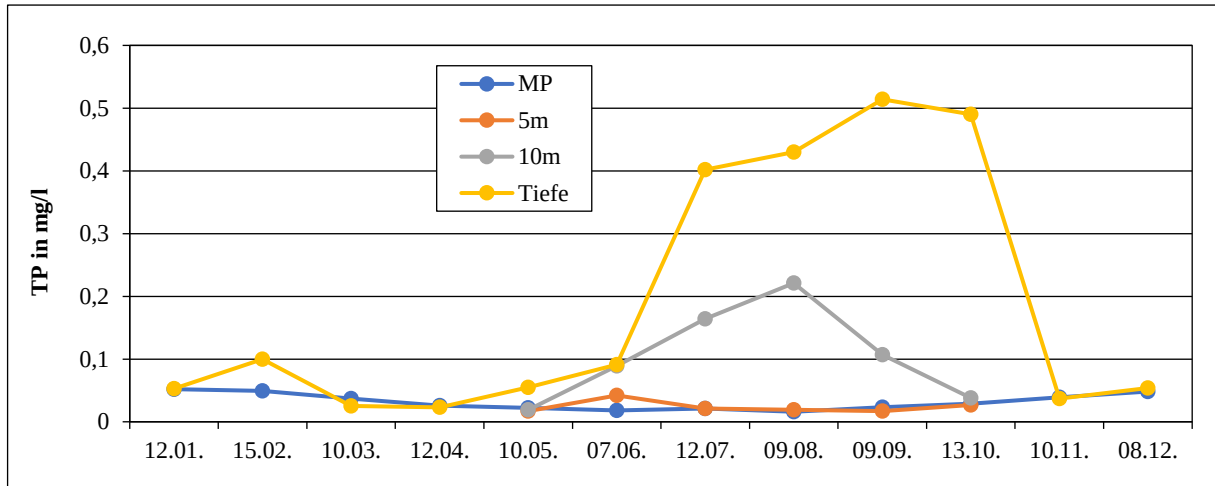


Abb.5.1-38: Gesamt-Phosphat-Phosphor (TP) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)

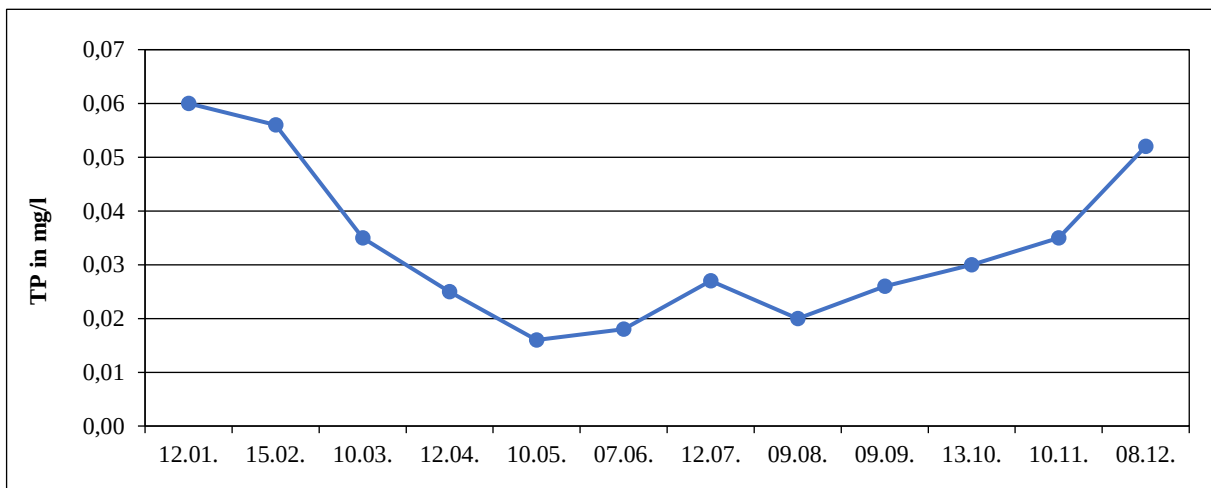


Abb.5.1-39: Gesamt-Phosphat-Phosphor (TP) in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21)

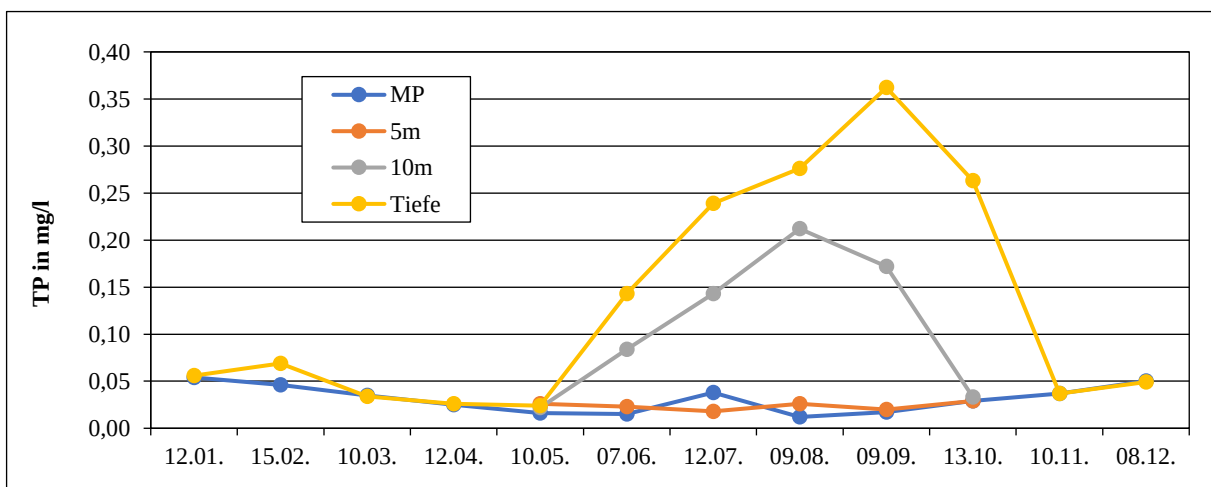


Abb.5.1-40: Gesamt-Phosphat-Phosphor (TP) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Die ortho-Phosphat-Konzentrationen (SRP) zeigten in der Mischprobe an den Messstellen einen ähnlichen Verlauf und sind mit einem Mittel von etwa 0,005-0,007 mg/l als sehr gering anzusehen (Abb.5.1-41 bis Abb.5.1-43). Auch hier ist in den Tiefenproben von MST1(21) und MST3(21) ein deutlicher Anstieg der P-Konzentration ab Juni zu erkennen (Abb.5.1-41 und Abb.5.1-43).

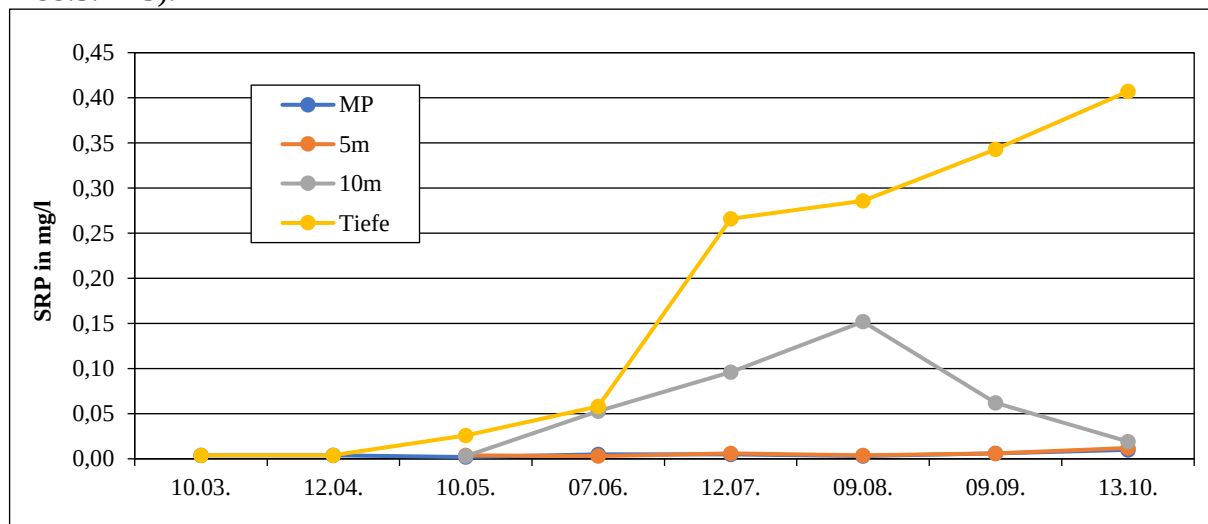


Abb.5.1-41: ortho-Phosphat-Phosphor (SRP) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)

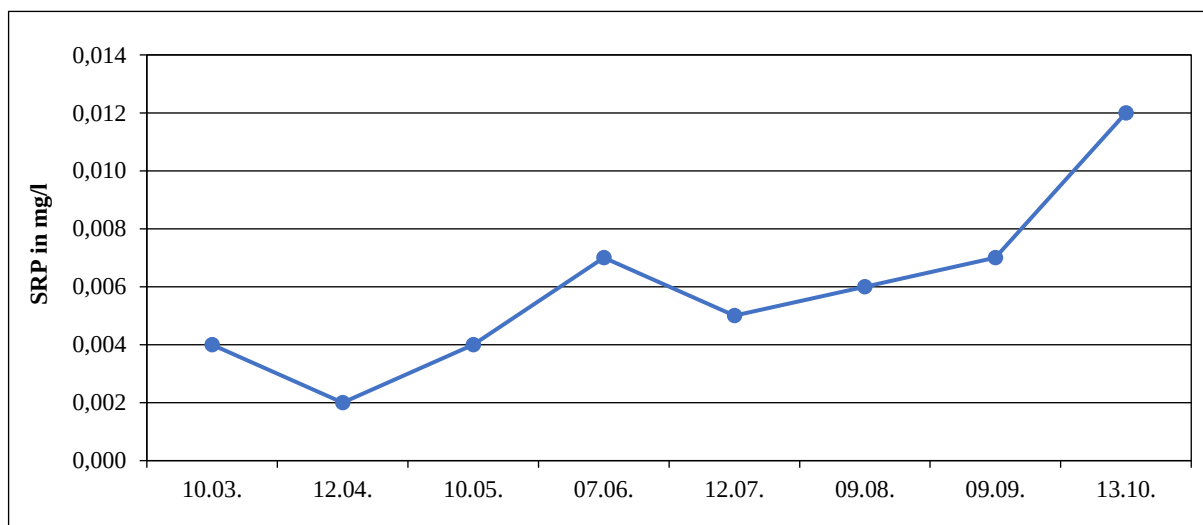


Abb.5.1-42: ortho-Phosphat-Phosphor (SRP) in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21)

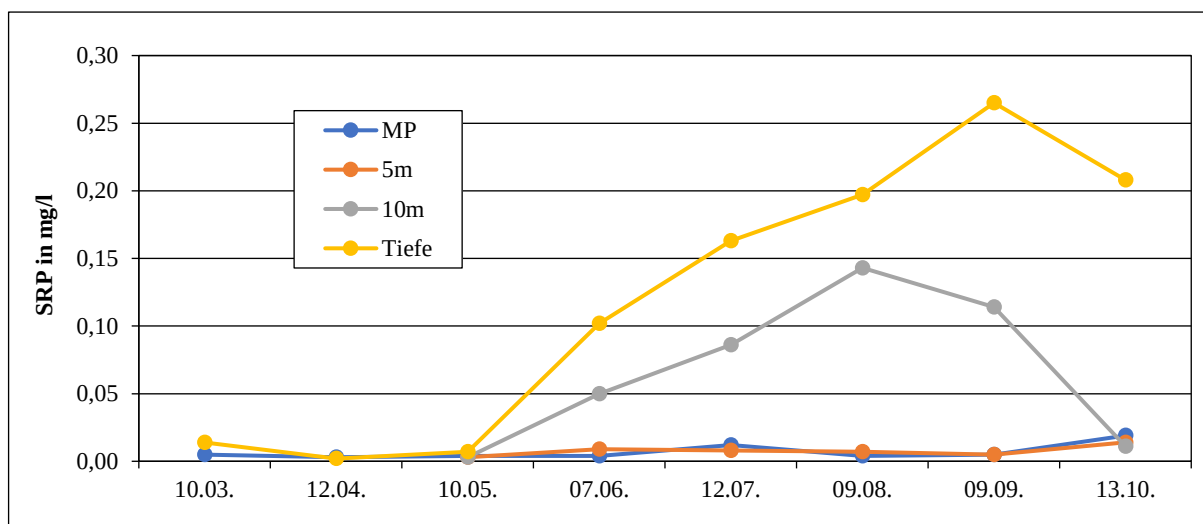


Abb.5.1-43: ortho-Phosphat-Phosphor (SRP) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Stickstoff: Die Gesamt-Stickstoffwerte (TN) lagen im Untersuchungszeitraum an MST1(21) zwischen 0,83 mg/l (Juli) und 1,30 mg/l (Mai) (Abb.5.1-44). An MST2(21) lag die Konzentration zwischen 0,68 mg/l (Mai) und 1,25 mg/l (Oktober) (Abb.5.1-45) und an MST3(21) zwischen 0,63 mg/l (Mai) und 1,27 mg/l (Oktober) (Abb.5.1-46). Das Jahresmittel der TN-Konzentration an den Messstellen lag zwischen 0,9 mg/l und 1,0 mg/l. Auffällig ist auch die deutliche und kontinuierliche Zunahme der Konzentration in der Tiefe an MST1(21) und MST3(21) ab Juni/Juli auf bis zu 4,89 mg/l (MST1(21)) im Oktober.

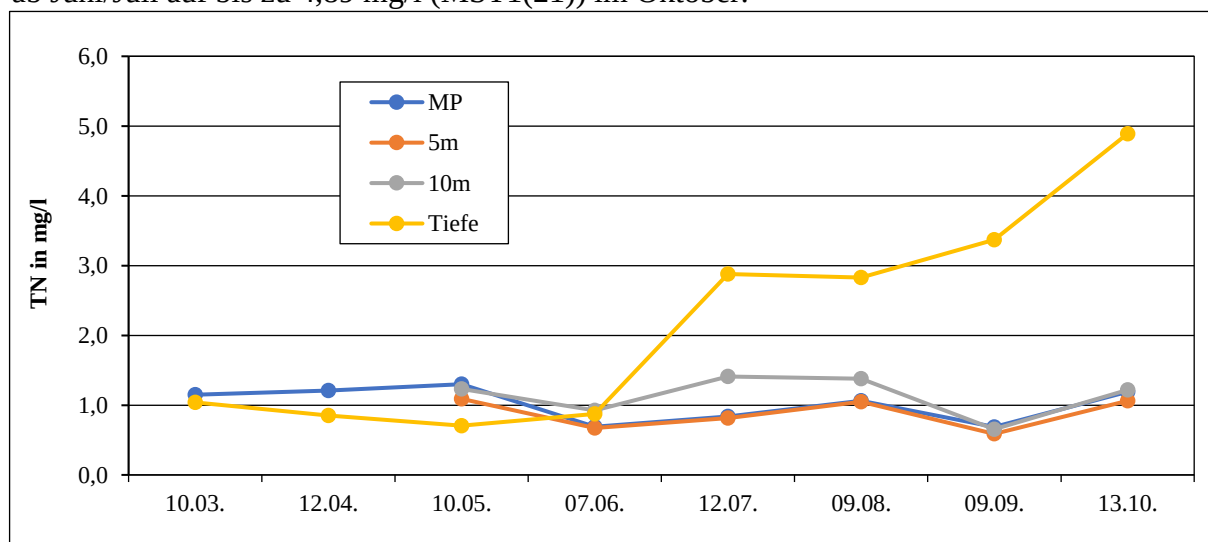


Abb.5.1-44: Gesamt-Stickstoff (TN) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)

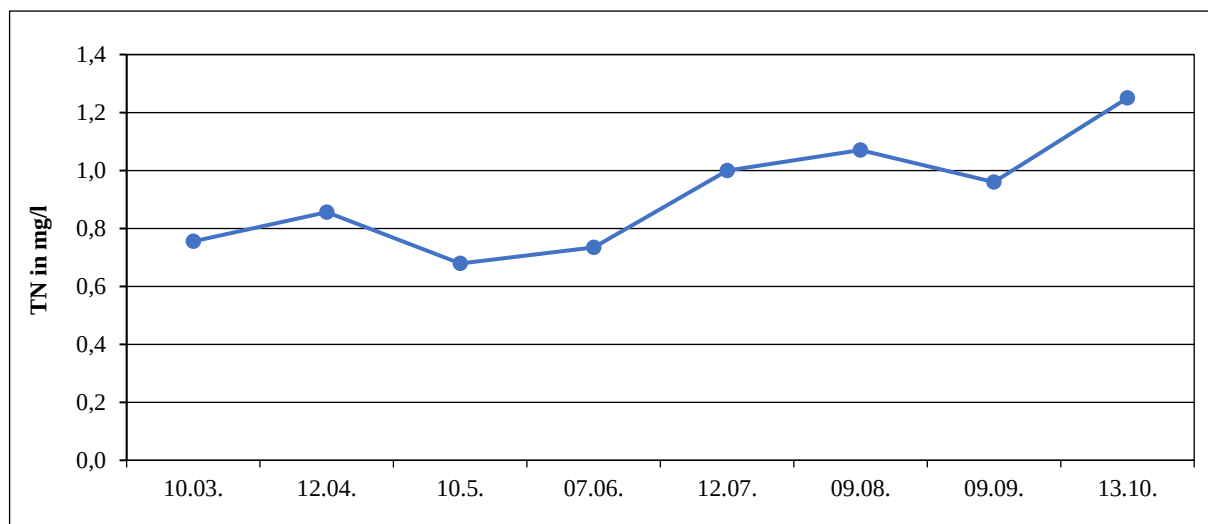


Abb.5.1-45: Gesamt-Stickstoff (TN) in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21)

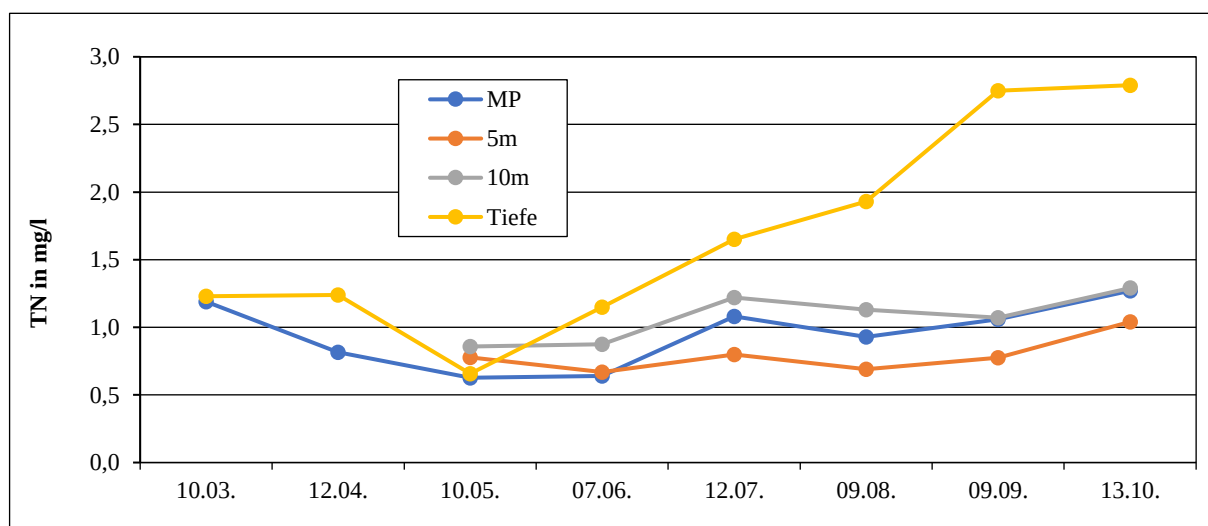


Abb.5.1-46: Gesamt-Stickstoff (TN) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Die Nitratwerte zeigten sowohl für die Oberflächenmischprobe als auch für die Tiefenproben an MST1(21) und MST3(21) einen fast kontinuierlichen Anstieg von Mai bis Oktober, bei sehr ähnlichen Konzentrationen zwischen rund 0,10 mg/l und 0,15 mg/l (Abb.5.1-47 bis Abb.5.1-49).

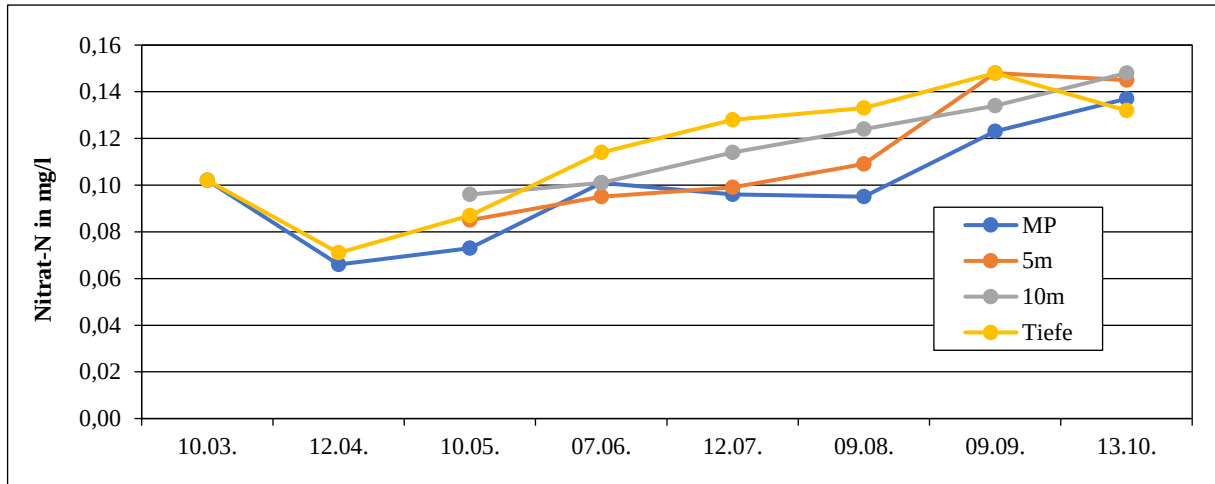


Abb.5.1-47: Nitrat-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)

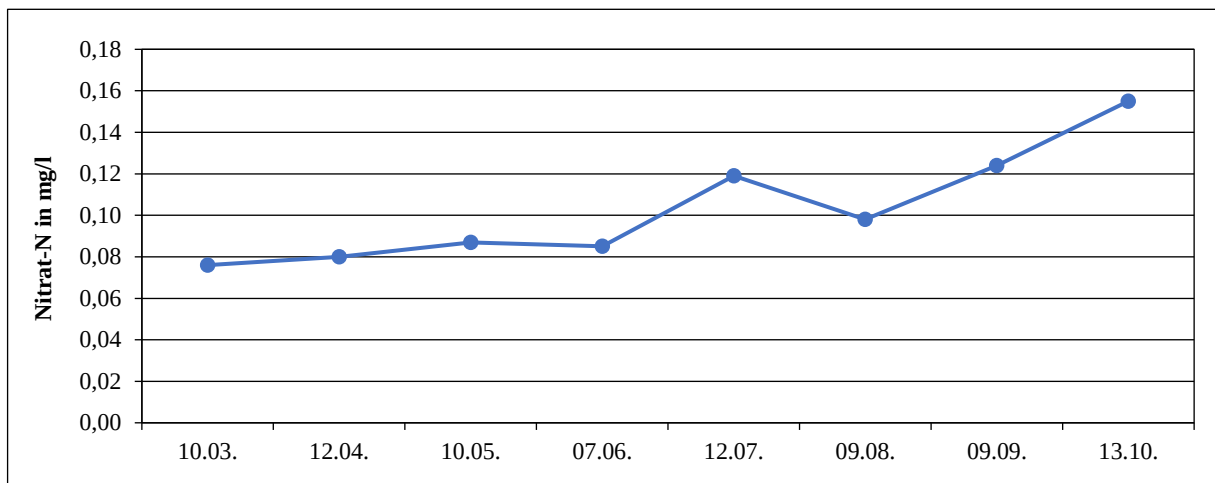


Abb.5.1-48: Nitrat-Konzentration in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21)

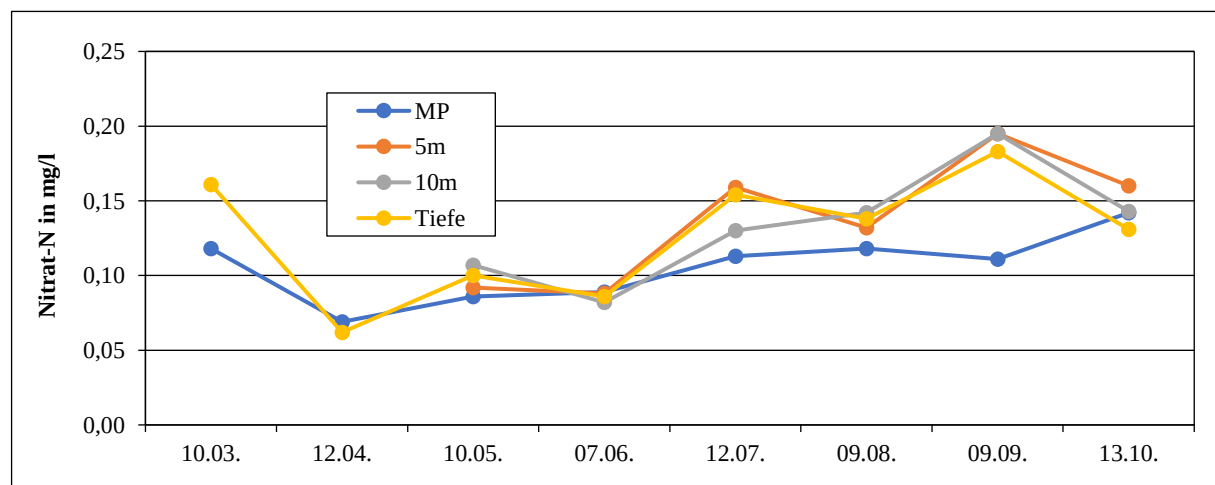


Abb.5.1-49: Nitrat-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Die Nitritwerte waren insgesamt unauffällig. Lediglich im März wurde an allen Messstellen eine erhöhte Konzentration von 0,006-0,009 mg/l festgestellt. Auch die Tiefenproben an MST1(21) und MST3(21) lagen in etwa auf diesem Niveau (Abb.5.1-50 bis Abb.5.1-52).

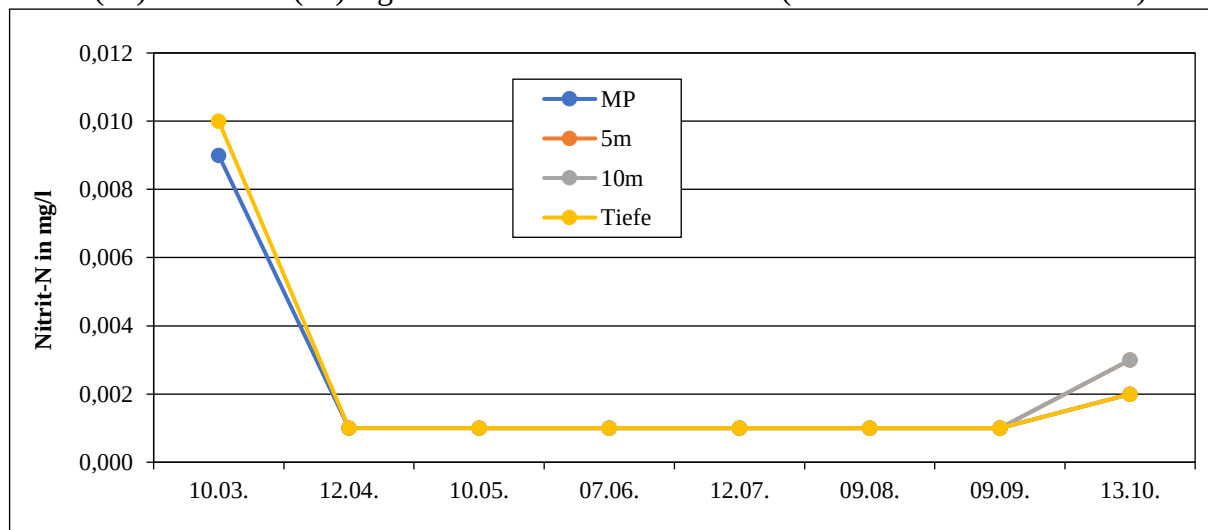


Abb.5.1-50: Nitrit-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)

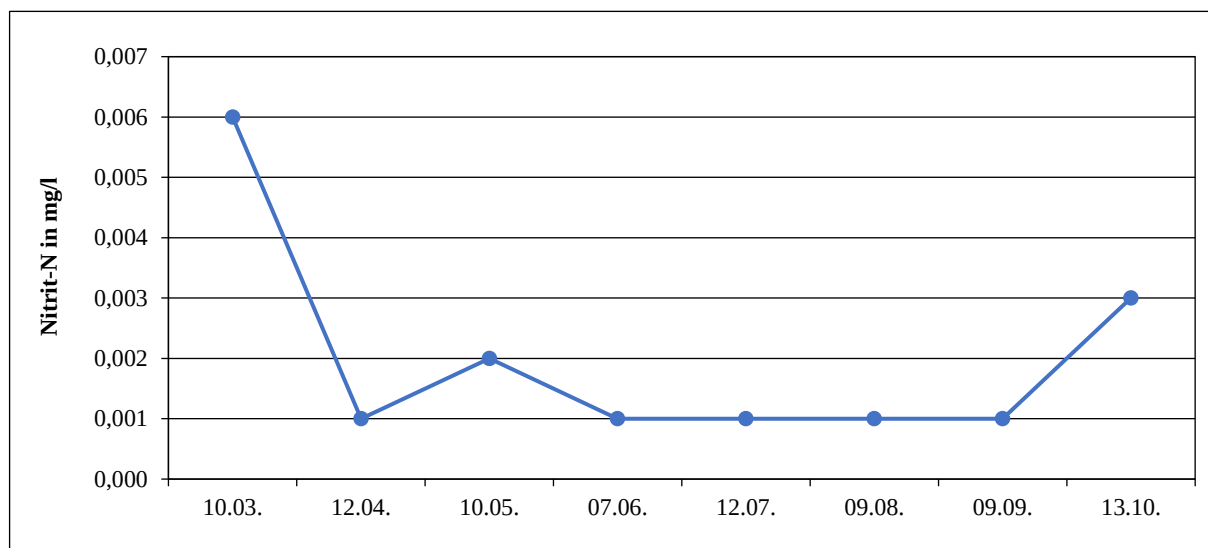


Abb.5.1-51: Nitrit-Konzentration in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21)

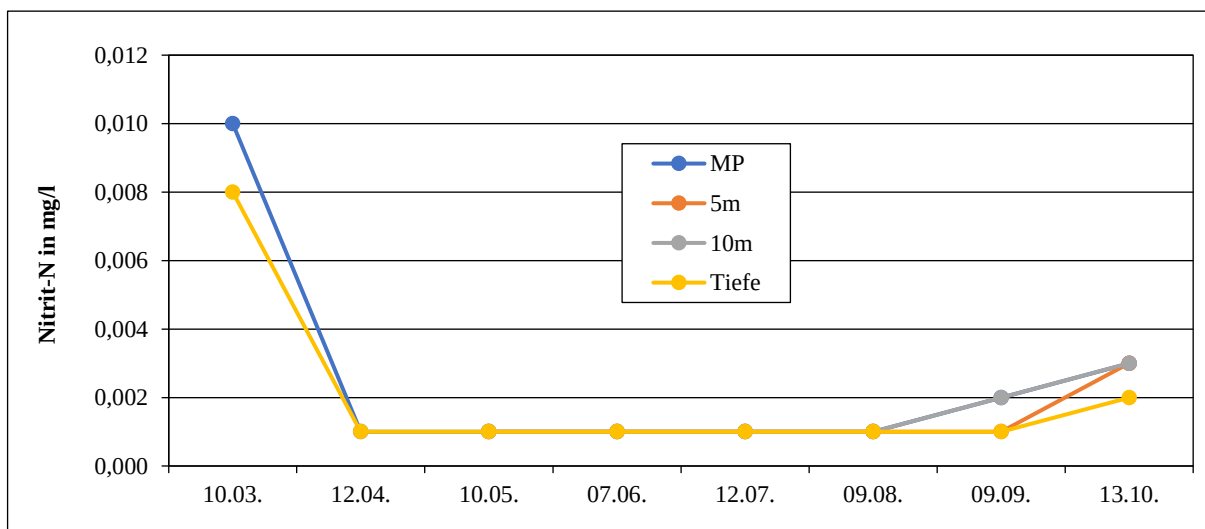


Abb.5.1-52: Nitrit-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)

Beim Ammonium zeigt sich in der Grafik (mit abnehmendem Sauerstoffgehalt) ein auffälliger Anstieg in der Tiefenprobe an MST1(21) und MST3(21) von Juni bis Oktober auf bis zu 3,36 mg/l (MST1(21)) (Abb.5.1-53 und Abb.5.1-55). Die Konzentrationen lagen in den Oberflächenmischproben und in den Tiefenproben des Nährstoffprofils im Untersuchungszeitraum ansonsten auf eher niedrigem Niveau von < 0,50 mg/l (Abb.5.1-53 bis Abb.5.1-55).

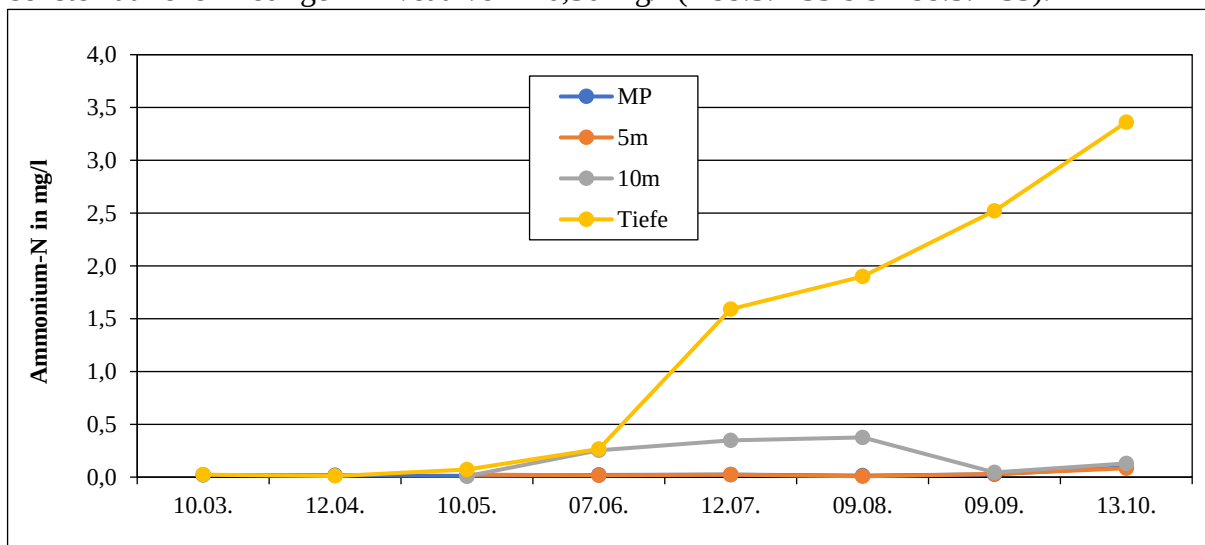


Abb.5.1-53: Ammonium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21)

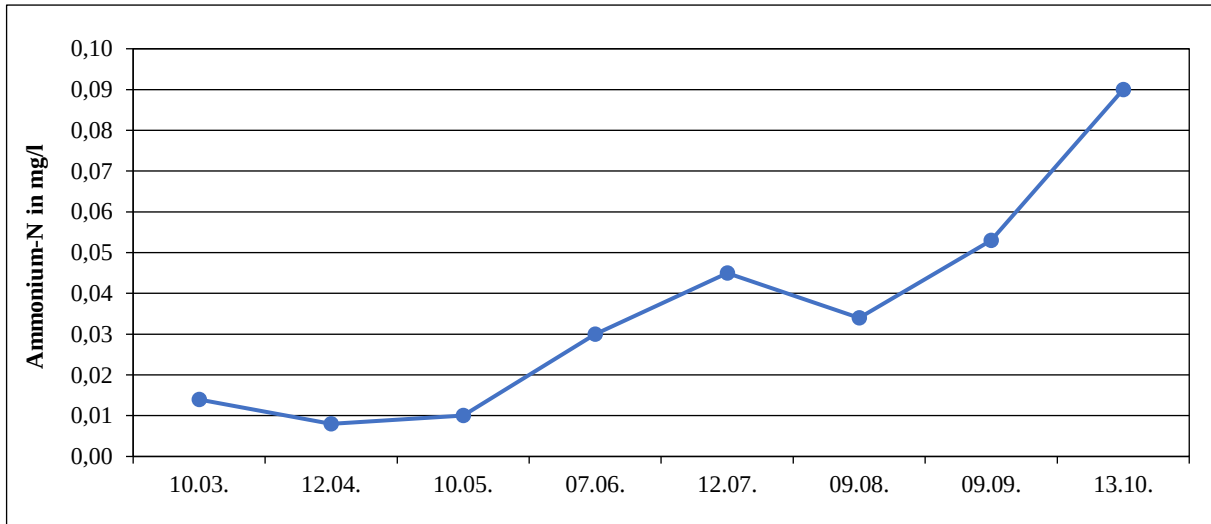


Abb.5.1-54: Ammonium-Konzentration in der Mischprobe (MP) im Pinnower See 2021 an MST2(21)

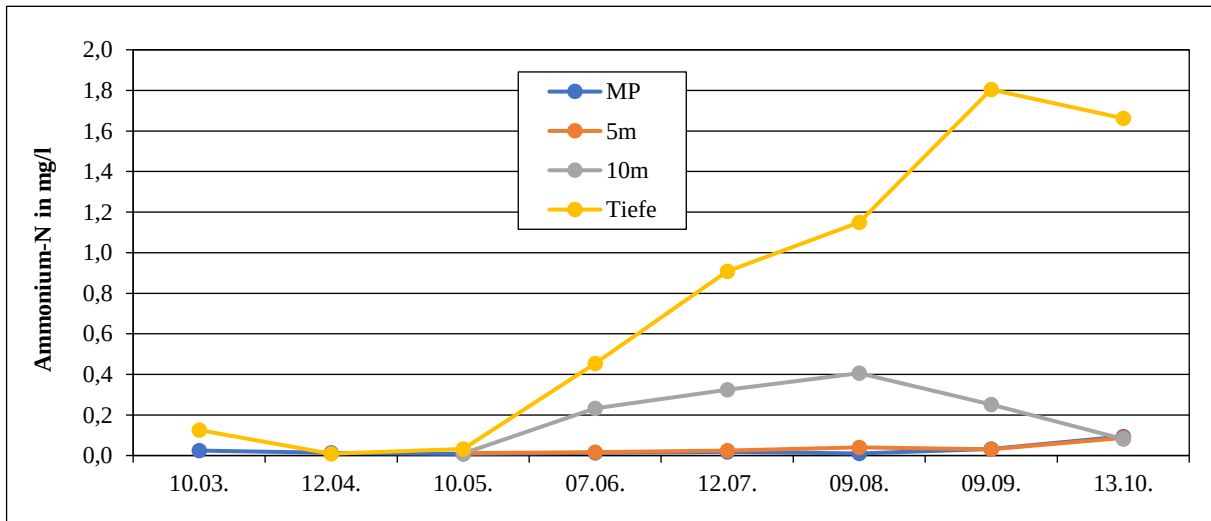


Abb.5.1-55: Ammonium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Die Calcium-Konzentrationen waren in den Tiefenproben mit maximal etwa 66 mg/l an MST3(21) und etwa 63 mg/l an MST1(21) nur geringfügig höher als in den Oberflächenmischproben (Abb.5.1-56). Im Frühjahr lagen die Konzentrationen höher als im Herbst.

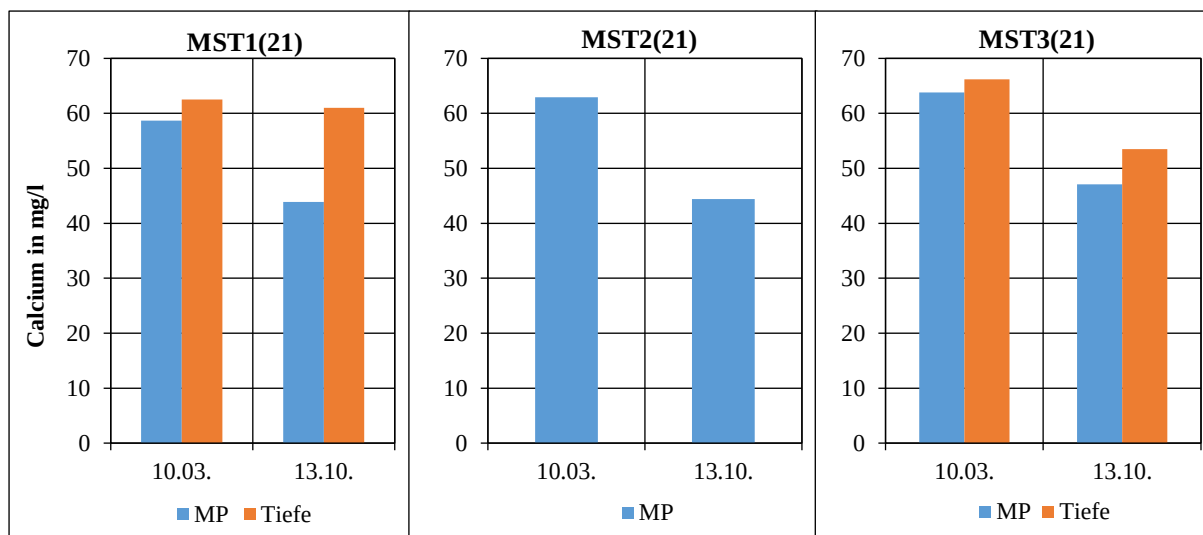


Abb.5.1-56: Calcium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)

Beim Magnesium zeigte die Tiefenprobe an MST1(21) im Herbst insgesamt das höchste Niveau von etwa 7,2 mg/l (Abb.5.1-57). Die Oberflächenmischproben an MST2(21) lagen bei etwa 5,5-5,9 mg/l, wobei das Niveau an allen Messstellen sehr ähnlich war.

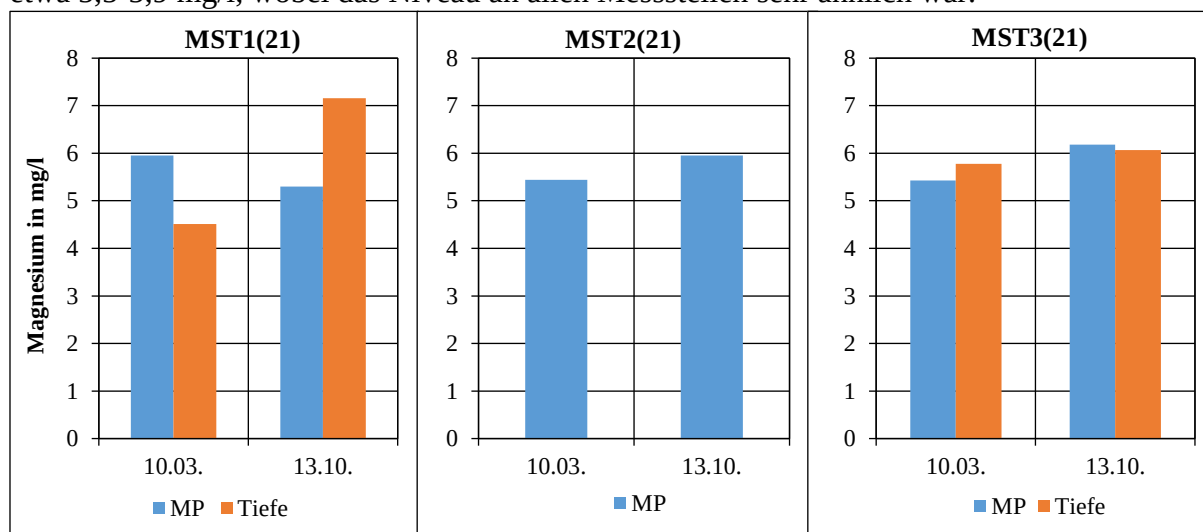


Abb.5.1-57: Magnesium-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)

Die ermittelten Chloridgehalte in den Oberflächenmischproben lagen bei etwa 50 mg/l, können, wie bereits im Jahr 2019, als Belastungsanzeiger interpretiert werden und weisen auf einen möglichen anthropogenen Einfluss (Abwasser, Düngemittel aus der Landwirtschaft, Straßenabläufe) hin (Abb.5.1-58). Lediglich der Herbstwert an MST1(21) war mit 40 mg/l etwas niedriger. Die Tiefenwerte hatten insgesamt ein ähnliches Niveau von ebenfalls etwa 50 mg/l.

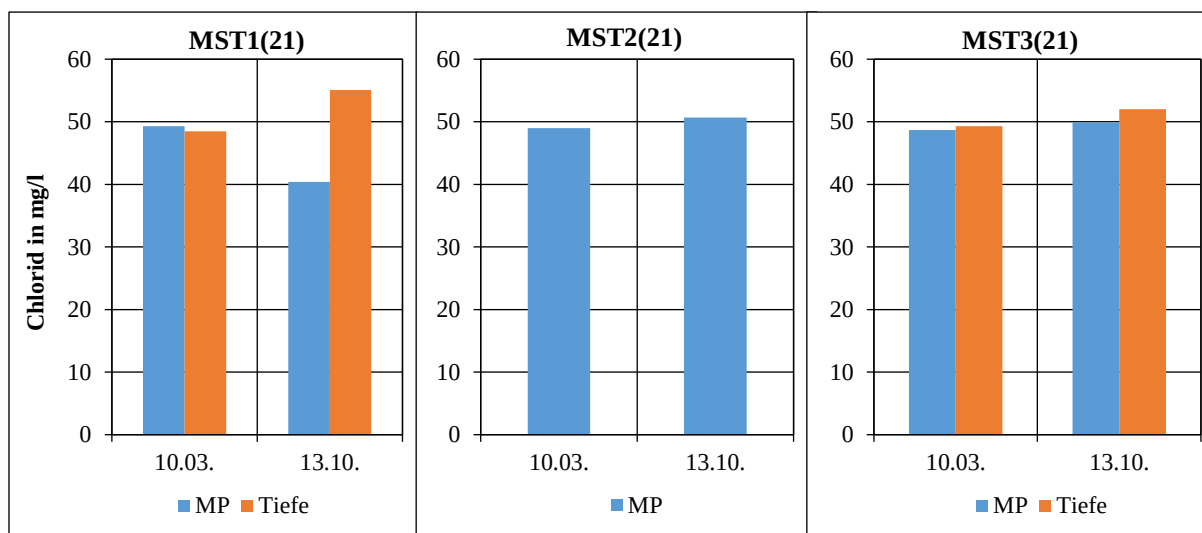


Abb.5.1-58: Chlorid-Konzentration in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)

Die Säurekapazität (KS4,3) lag in den Oberflächenmischproben über den Untersuchungszeitraum zwischen rund 1,50 und 2,00 mmol/l (Abb.5.1-59). Für die Tiefenproben wurden über den Gesamtzeitraum gesehen zumeist höhere Werte ermittelt. Sie lagen zwischen 1,92 und 2,84 mmol/l (MST1(21)) bzw. zwischen 2,08 und 2,10 mmol/l (MST3(21)). Damit bestätigt sich das Ergebnis von 2019, dass der See in Bezug auf eine mögliche Fällung mit sauren Fällmitteln als nur mäßig gepuffert einzuschätzen ist.

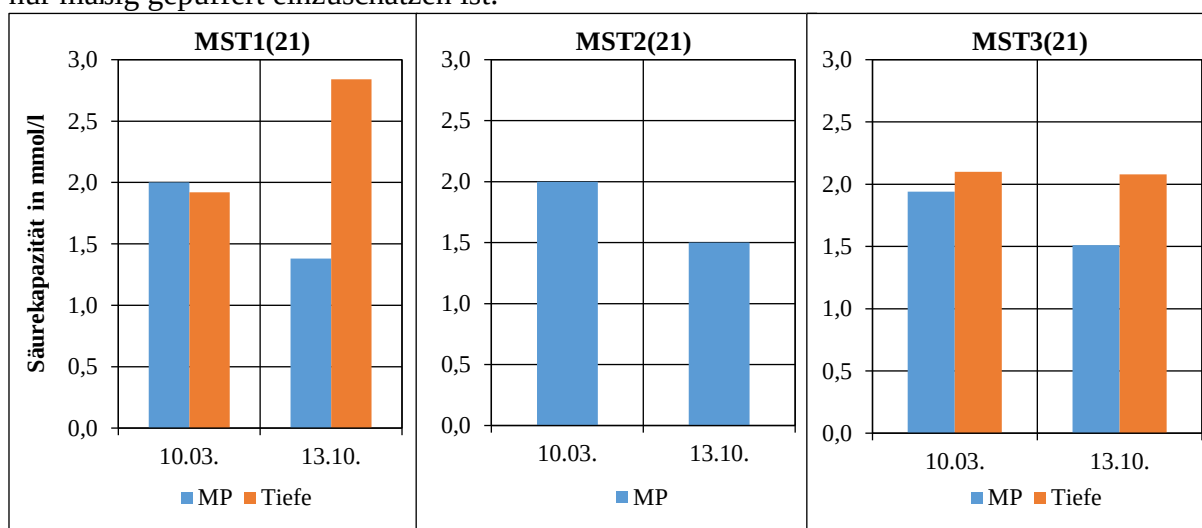


Abb.5.1-59: Säurekapazität (KS4,3) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)

Die Basekapazität (KB8,2) lag in den Tiefenproben im Untersuchungszeitraum ebenfalls höher als in den Oberflächenmischproben (Abb.5.1-60). Am Frühjahrstermin sind allerdings an MST1(21) und MST2(21) keine Werte ermittelt worden und an MST3(21) nur in der Tiefenprobe. In den Oberflächenmischproben (nur Herbsttermin) wurden Werte zwischen 0,05 (MST1(21)) und 0,10 mmol/l (MST2(21)) gemessen.

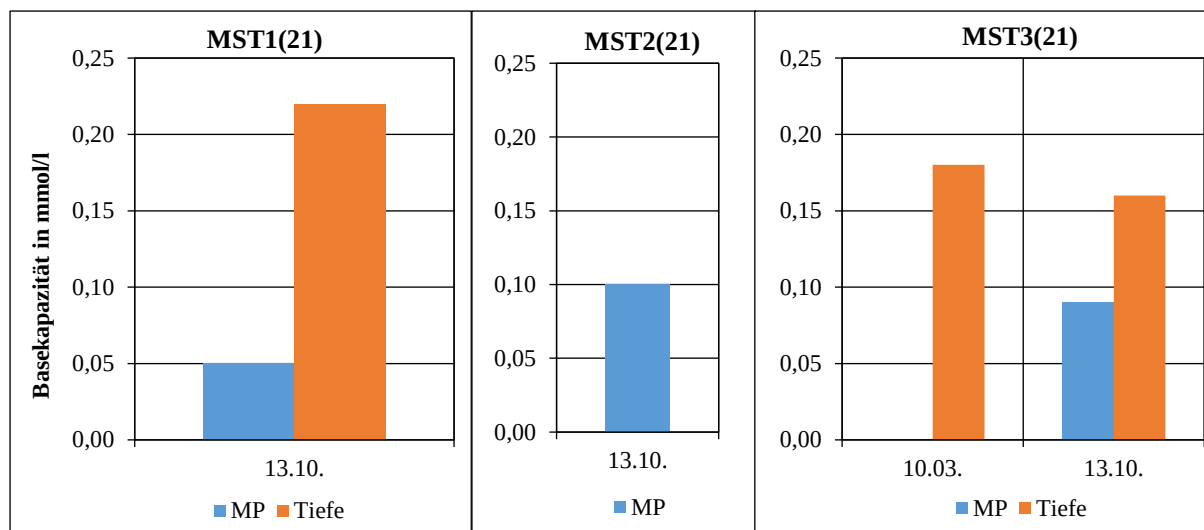


Abb.5.1-60: Basekapazität (KB8,2) in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)

Die Gesamthärte lag an MST1(21) und MST3(21) in den Oberflächenproben am Frühjahrstermin höher als am Herbsttermin (Abb.5.1-61). An MST2(21) zeigte sich hingegen ein entgegengesetztes Bild. Die Konzentration in den Tiefenproben lag zumeist höher als die der Oberflächenproben.

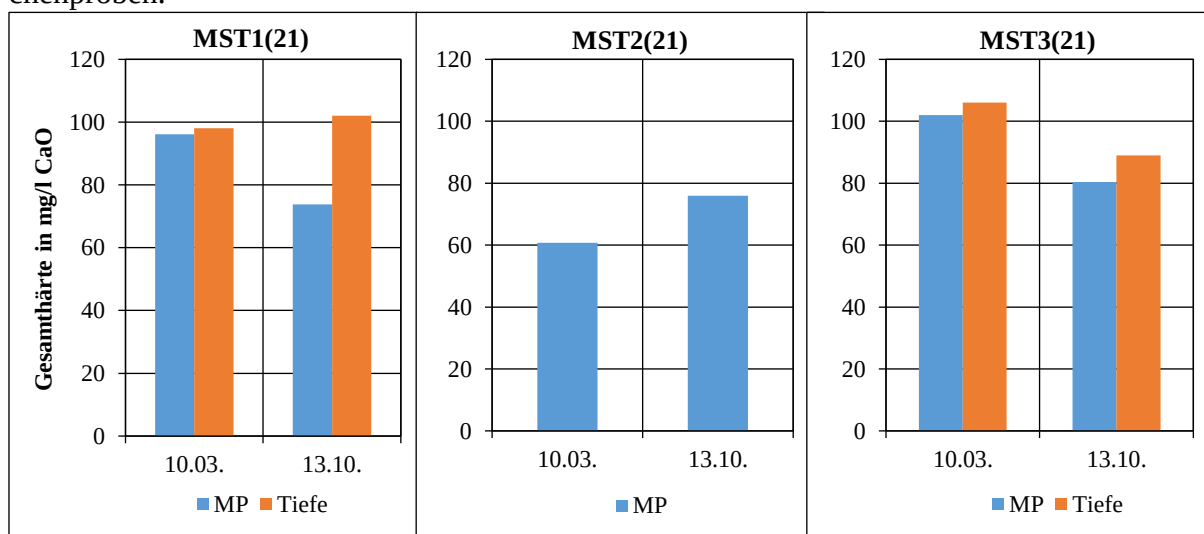


Abb.5.1-61: Gesamthärte in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)

Bei der Karbonathärte sind die Verhältnisse an MST1(21) und MST3(21) sowohl in der Oberflächenprobe als auch in der Tiefenprobe ähnlich wie bei der Gesamthärte. An MST2(21) ist es gerade andersrum, die Karbonathärte ist im Frühjahr deutlich höher als im Herbst (Abb.5.1-62).

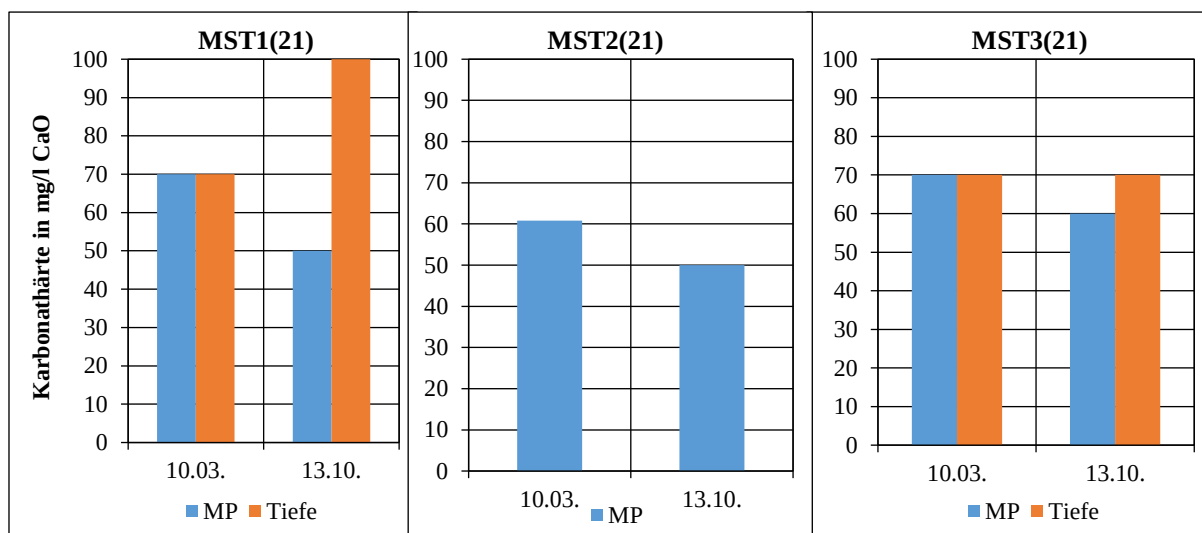


Abb.5.1-62: Karbonathärte in der Mischprobe (MP) und den Tiefenproben im Pinnower See 2021 an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)

Die Trophieberechnung ergibt für den Pinnower See im Jahr 2021 einen Trophieindex von 2,2 an MST1(21), 2,4 an MST2(21) und 2,2 an MST3(21). Damit ist an allen Messstellen ein mesotropher m2-Zustand ermittelt worden (Tab.5.1-4). Der See befand sich somit 2021 nahe seines natürlichen Referenzzustands von mesotroph m1. Er besitzt im Vergleich zum Jahr 2019 eine etwas höhere Trophie. Ursächlich dafür ist jedoch nicht die mittlere saisonale TP-Konzentration, diese ist sogar geringer und auf mesotroph m1-Niveau, sondern das Chlorophyll a und die damit verbundene etwas geringere mittlere Sichttiefe. Damit ist eine stärkere Planktonentwicklung im Jahr 2021 vermutlich die Hauptursache. Der See befindet sich aber nach wie vor in einem Bereich, der den Erhalt des „guten“ ökologischen Zustand des Sees ermöglicht, welcher als Ziel durch die OGewV (2016) vorgegeben wird.

Tab.5.1-4: Klassifizierung gemäß LAWA (2014) für den Pinnower See im Jahr 2021 (geschichteter See im Norddeutschen Tiefland > 5 ha) an MST1(21), MST2(21) und MST3(21)

MST1(21)

	Mrz	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	MW	Index	Wichtung	Produkt	Iges
Sichttiefe (m)	1,80	2,60	6,60	3,50	4,20	5,10	3,97	1,76	7	12,30	
Chlorophyll a (µg/l)	34,2	6,9	3,2	2,9	2,7	4,9	9,13	2,45	10	24,53	
Gesamt-PO ₄ -P (µg/l)	37	22	18	21	16	23	22,83	2,06	7	14,39	
Gesamt-PO ₄ -P (µg/l)	37						37	2,68	6	16,06	
Summe										67,28	2,2

natürlicher Zustand: mesotroph m1

mesotroph m2

Fortsetzung Tab.5.1-4

MST2(21)

	Mrz	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	MW	Index	Wichtung	Produkt	Iges
Sichttiefe (m)	1,60	2,30	2,20	2,30	2,20	2,30	2,15	2,70	7	18,93	
Chlorophyll a (µg/l)	24,3	9,1	2,7	2,7	1,9	1,5	7,03	2,23	10	22,30	
Gesamt-PO ₄ -P (µg/l)	35	16	18	27	20	26	23,67	2,10	7	14,67	
Gesamt-PO ₄ -P (µg/l)	35						35	2,61	6	15,65	
Summe										71,54	2,4

natürlicher Zustand: mesotroph m1

mesotroph m2

MST3(21)

	Mrz	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	MW	Index	Wichtung	Produkt	Iges
Sichttiefe (m)	1,80	2,70	5,80	3,60	4,20	4,90	3,83	1,81	7	12,67	
Chlorophyll a (µg/l)	35,1	7,6	4,3	2,5	2,8	3,8	9,35	2,47	10	24,73	
Gesamt-PO ₄ -P (µg/l)	35	16	15	38	12	17	22,17	2,02	7	14,17	
Gesamt-PO ₄ -P (µg/l)	35						35	2,61	6	15,65	
Summe										67,22	2,2

natürlicher Zustand: mesotroph m1

mesotroph m2

5.1.3 VERGLEICH MIT VERFÜGBAREN DATEN AUS DEN VORJAHREN/ENTWICKLUNG

Für eine Entscheidung über Handlungsbedarf und Handlungsoptionen hinsichtlich des Gütezustands eines Gewässers spielt auch dessen Langzeitentwicklung eine entscheidende Rolle, zumal dieser witterungsbedingt teilweise deutlichen jährlichen Schwankungen unterliegen kann und aus der Untersuchung einer Vegetationsperiode ohne Kenntnis der Langzeitentwicklung unter Umständen fehlerhafte Schlüsse gezogen werden könnten. Die Auswertung der vom Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt M-V (MKLLU, Seenprogramm M-V) zur Verfügung gestellten Messergebnisse (ab 1992) und der Vergleich mit den Messergebnissen aus den Jahren 2019 und 2021 ist im Folgenden dargestellt. Hinsichtlich der Messwerte kann nur Messstelle MST1 (2019 bzw. 2021; tiefste Stelle im See) mit der Hauptmessstelle des Seenprogramms M-V direkt verglichen werden, da die weiteren Messstellen des Seenprogramms M-V nicht immer beprobt wurden oder sich die Position der Messstellen (vgl. 2019 zu 2021) verändert hatte.

Legt man in die Grafik der Gesamt-Phosphor-Werte seit 1992 eine Trendlinie, lässt sich ein starker Trend zur Abnahme der TP-Konzentrationen erkennen (Abb.5.1-63). Allerdings wurden 2019 mit durchschnittlich 0,027 mg/l im Vergleich zu vorhergehenden Untersuchungen im Jahr 2015 mit durchschnittlich 0,022 mg/l und 2018 mit im Mittel 0,017 mg/l wieder leicht höhere TP-Konzentrationen ermittelt. Wichtig zu erwähnen ist jedoch, dass 2019 keine Frühjahrswerte

vorlagen. Im Jahr 2021 war das saisonale Mittel der TP-Konzentration (trophierelevanter Zeitraum von März-September) mit 0,023 mg/l jedoch wieder etwas niedriger als 2019. Auch erwähnenswert ist, dass die Grafik für 2021 die ermittelten Werte des Winterhalbjahrs beinhaltet. Für den Seetyp (und nach LAWA 2014) liegen die TP-Konzentrationen der Jahre 2015 und 2018 im Bereich des Referenzzustands mesotroph m1, für 2019 jedoch war der See, bezogen auf die TP-Konzentration, dem Bereich mesotroph m2 (LAWA 2014) zuzuordnen. Im Jahr 2021 lag der See, rein bezogen auf die mittlere saisonale TP-Konzentration, wieder im Bereich von mesotroph m1.

Bei den Gesamt-Stickstoff-Werten zeigt sich der Trend über die letzten Untersuchungsjahre nicht mehr rückläufig (Abb.5.1-64). 2019 wurden schon deutlich höhere TN-Konzentrationen (im Mittel 0,82 mg/l) als in den Jahren 2011 (im Mittel 0,52 mg/l), 2015 (im Mittel 0,61 mg/l) und 2018 (im Mittel 0,62 mg/l) festgestellt und dieser Trend hat sich im Jahr 2021 (im Mittel 1,06 mg/l) noch verstärkt. Es zeigt sich damit ein nun doch deutlicher Anstieg, fast kontinuierlich über die Untersuchungsjahre, vom Jahr 2006 bis zum Jahr 2021.

Bei den Chlorophyll a-Werten ist der Trend seit 1993 rückläufig (Abb.5.1-65). Seit 2015 sanken die Werte jedoch nur noch relativ schwach. 2019 wurde mit durchschnittlich 4,15 mg/l ein leicht höherer Wert als 2015 (im Mittel 4,10 mg/l) und 2018 (im Mittel 3,63 mg/l) verzeichnet. Leider ist aber für das Jahr 2019 kein Frühjahrswert verfügbar (Beginn des Monitorings erst ab Juni), was einen direkten Vergleich erschwert. Im Jahr 2021 ist mit im saisonalen Mittel 8,85 µg/l und bezogen auf den trophierelevanten Zeitraum März-September ein (im Vergleich zu Vorjahren doch deutlicher) Anstieg festzustellen. Es ist erstaunlich, dass der Pinnower See wieder starke Phytoplanktonblüten im Frühjahr ausbilden kann (vgl. März-Wert 2021), was seit 2009 nicht mehr in diesem Umfang vorkam. Dies ist für den Seetyp im Referenzzustand sehr ungewöhnlich und sollte nicht unbeachtet bleiben (vgl. dazu Anstieg der Stickstoffbelastung). Auf Grundlage der Referenzwerte, rein für Chlorophyll a (nach LAWA 2014), bewegt sich der See nun im oberen Bereich von mesotroph m2 und derzeit auf einen schwach eutrophen Zustand zu.

Die Sichttiefen zeigen seit 1992 einen Trend hin zu einer Verbesserung (Abb.5.1-66). Allerdings haben sich seit 1997 im Prinzip keine größeren Veränderungen ergeben und der See wies seither relativ hohe Sichttiefen um 4,0-5,0 m auf. Vergleicht man die Mittelwerte der letzten Untersuchungsjahre (im trophierelevanten Zeitraum; 2015: 4,10 m; 2018: 3,20 m, 2019: 4,30 m und 2021: 3,68 m) zeigt sich, dass sich der See, bezogen auf den Seetyp, bei den Sichttiefen weitestgehend in seinem Referenzzustand mesotroph m1 befand (LAWA 2014). Anzumerken ist allerdings, dass durch den späten Untersuchungsbeginn 2019 die naturgemäß etwas schwächeren Frühjahrsmonate fehlen und so ein etwas besserer Zustand „vorgetäuscht“ wird. Im Jahr 2021 zeigten die Wintermonate (November, Dezember, Januar) hohe Sichttiefen. Hingegen zeigte sich deutlich die Phytoplanktonblüte im März 2021, in dem nur 1,80 m Sichttiefe gemessen wurden.

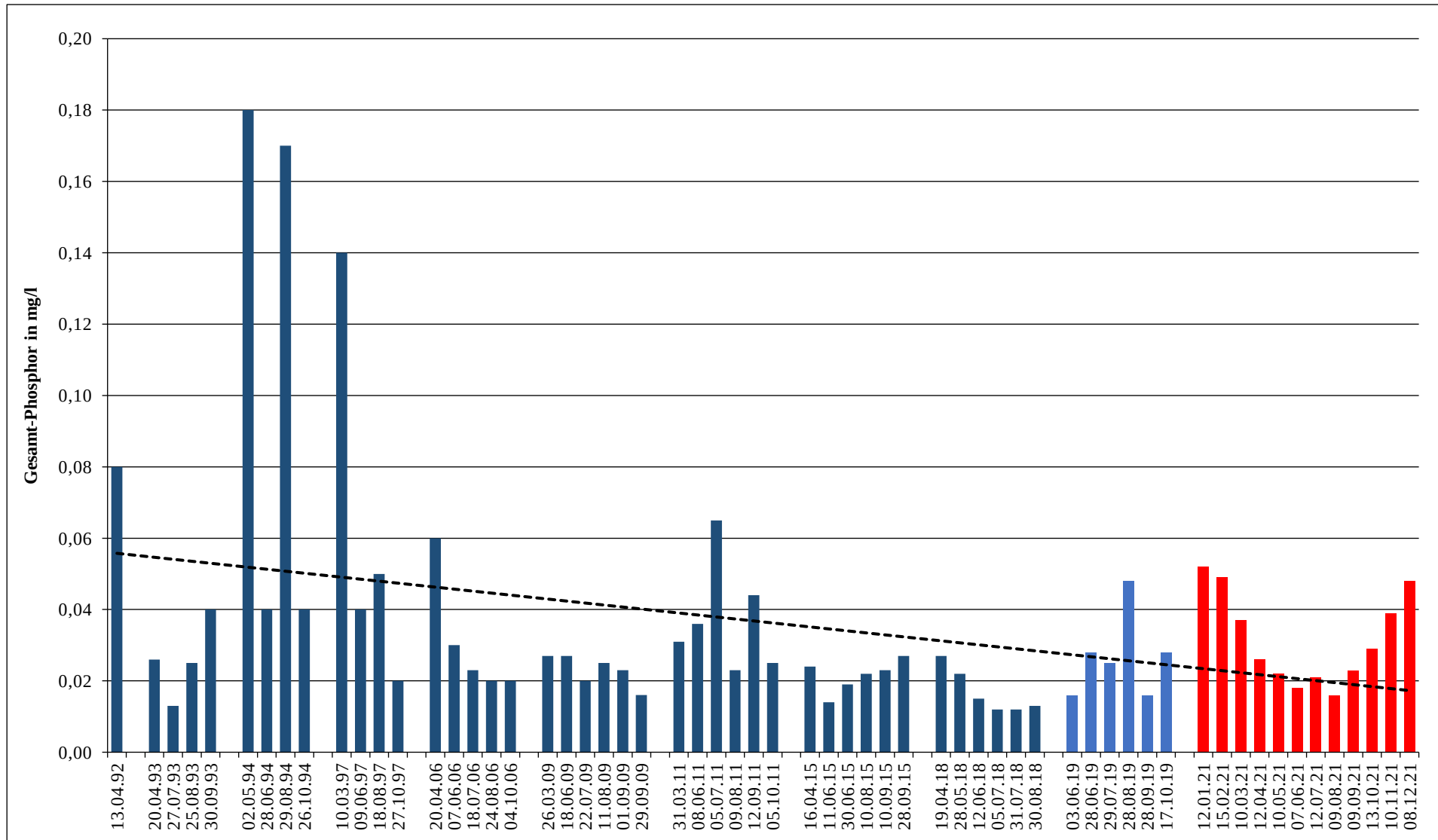


Abb.5.1-63: Entwicklung der Gesamt-Phosphorwerte im Pinnower See an MST1(21) seit 1992 (Werte aus 2019 sind hellblau, Werte aus 2021 sind rot dargestellt)

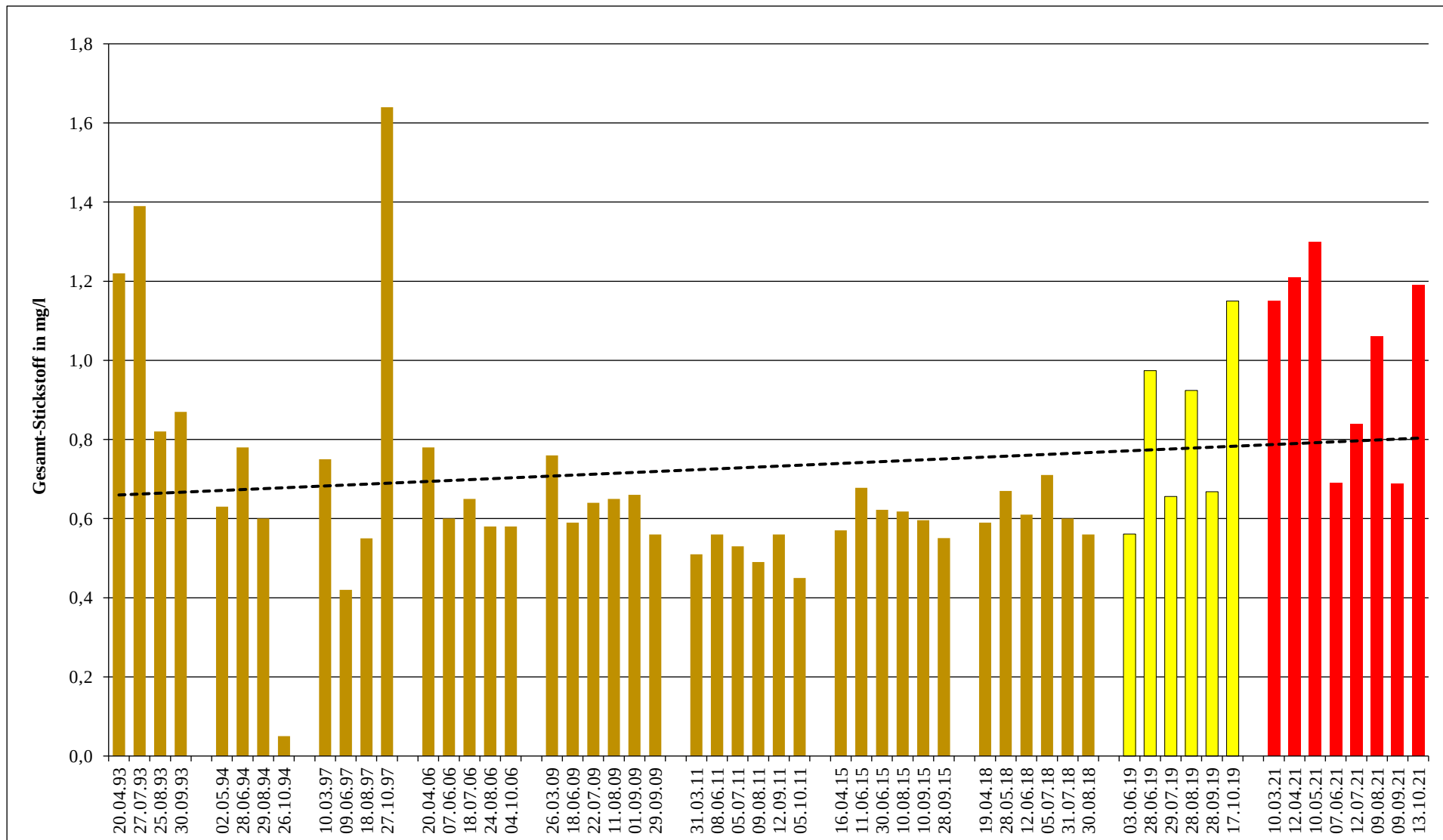


Abb.5.1-64: Entwicklung der Gesamt-Stickstoffwerte im Pinnower See an MST1(21) seit 1993 (Werte aus 2019 sind gelb, Werte aus 2021 sind rot dargestellt)

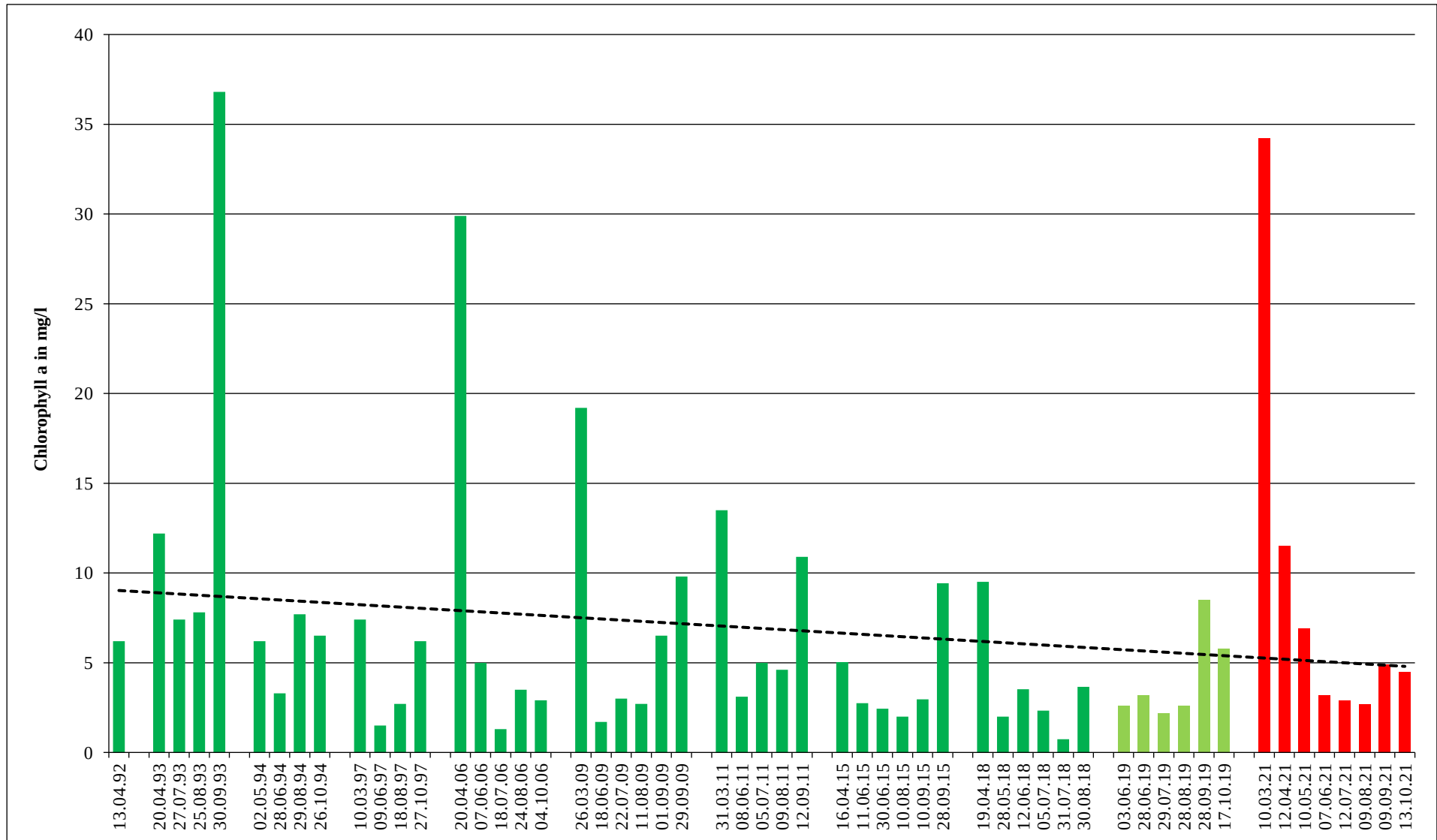


Abb.5.1-65: Entwicklung der Chlorophyll a-Werte im Pinnower See an MST1(21) seit 1992 (Werte aus 2019 sind hellgrün, Werte aus 2021 sind rot dargestellt)

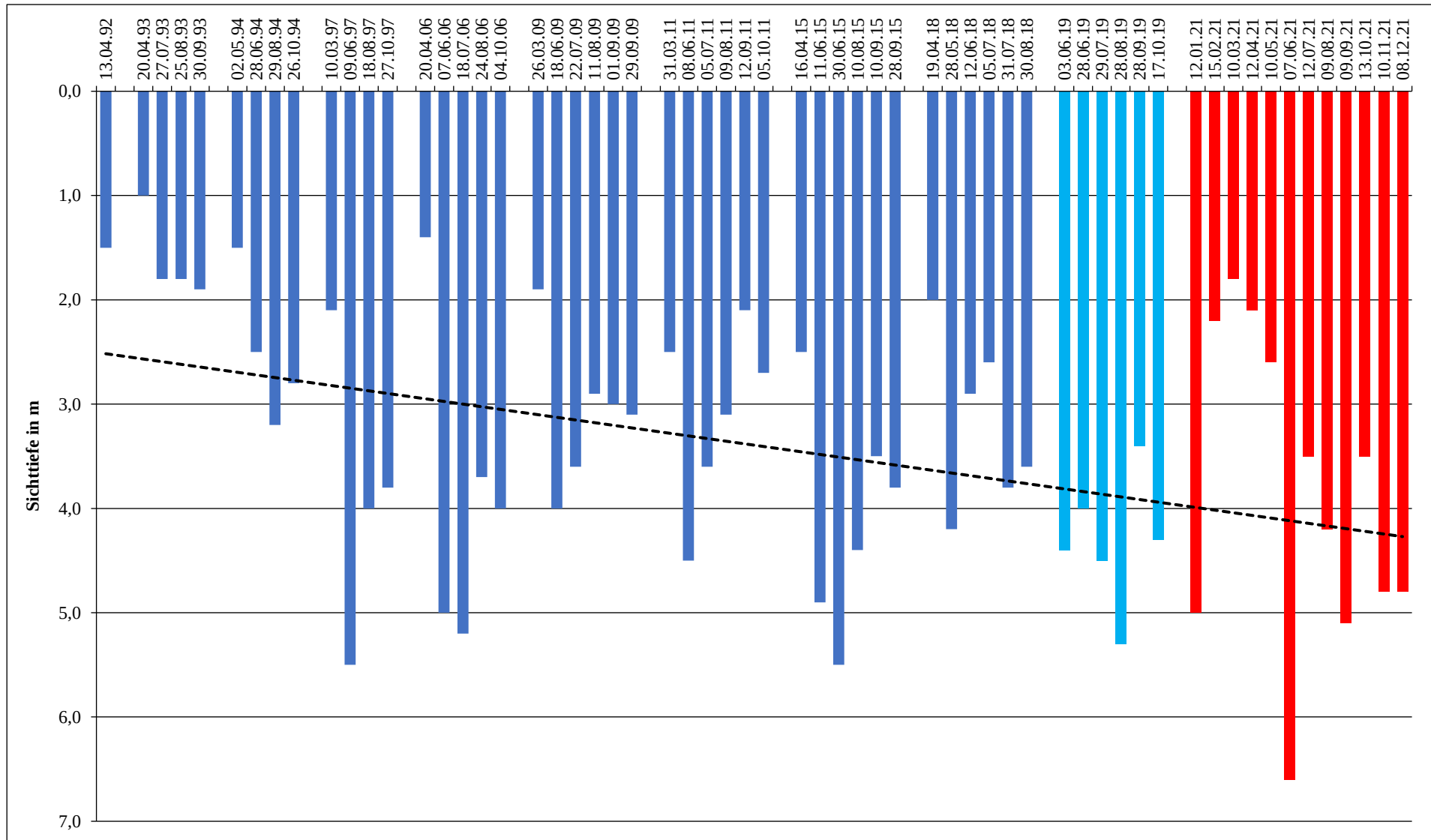


Abb.5.1-66: Entwicklung der Sichttiefe im Pinnower See an MST1(21) seit 1992 (Werte aus 2019 sind hellblau, Werte aus 2021 sind rot dargestellt)

5.2 QUALITÄT UND QUANTITÄT DES UNTERIRDISCH ZUFLIEßENDEN WASSERS IN DEN JAHREN 2019 UND 2021 (EXTERNE ERGEBNISSE)

Die Analyse des unterirdisch zuströmenden Wassers (Grundwasser und hypodermischer Zufluss) wurde für die Jahre 2019 und 2021 in je einem hydrologischen Gutachten der Firma Hydro-Geologie-Nord PartGmbH (HGNord 2020/2022) zusammengefasst. Die Ergebnisse werden im Folgenden für die beiden Untersuchungszeiträume gesondert dargestellt. Die untersuchten Messstellen sind in Abb.5.2-1 und Abb.5.2-2 (vergrößerte Darstellung) verzeichnet. Um die Nährstofffrachten zu ermitteln, wurde das unterirdische EZG in unterschiedliche Zustromflächen (Bilanzierungsgebiete) entsprechend der Landnutzung und entsprechend der Probenahmestellen (Quellen, Grundwassermessstellen, Brunnen) unterteilt (Abb.5.2-3). Die Unterteilung der Bilanzierungsgebiete nach Nummern, wie sie im Modell zur Ergebnisausgabe der Bilanzierung verwandt wurden, zeigt Abb.5.2-3. Für die genauen Angaben zum Modell und zur Bilanzrechnung, der Einträge sowie der detaillierten Untersuchungsergebnisse wird auf die beiden hydrologischen Gutachten der HGNord (2020/2022) verwiesen.

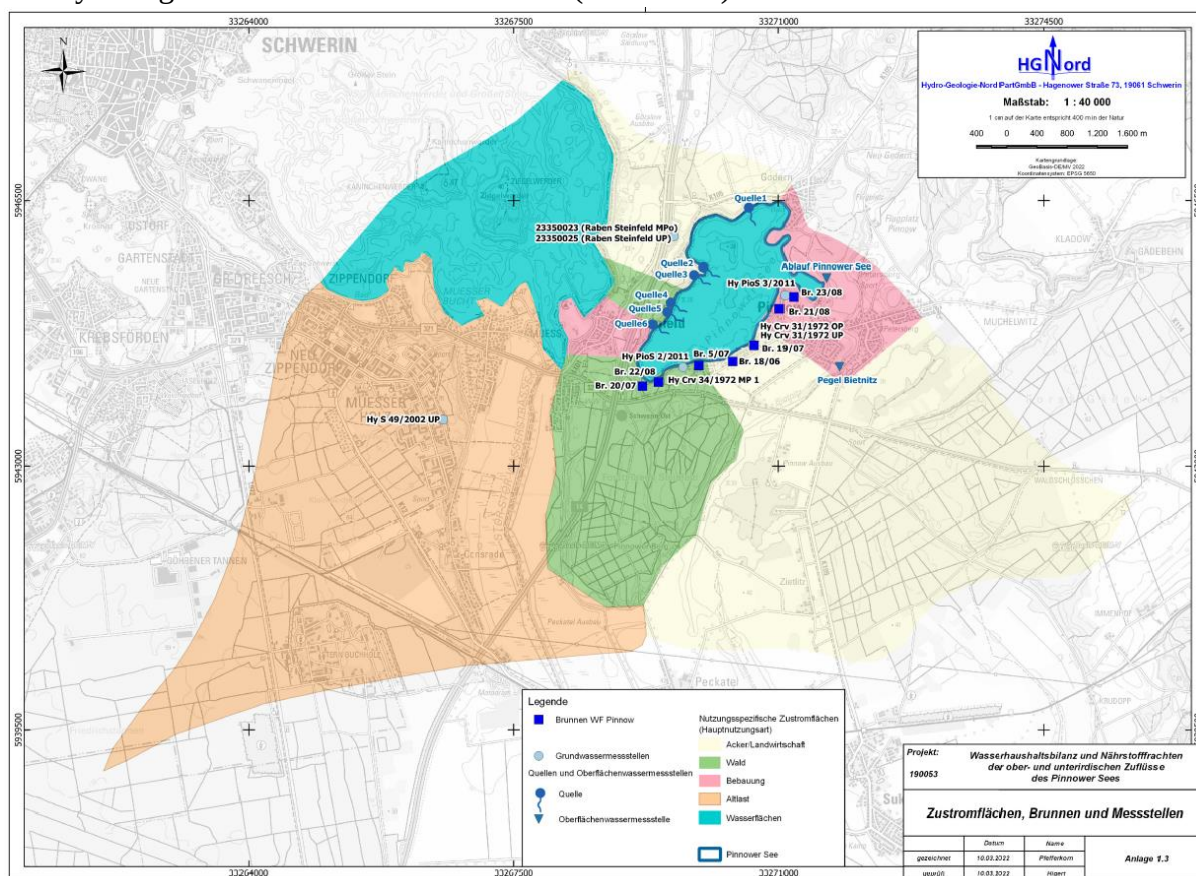


Abb.5.2-1: Modellierungsgebiet (farbig hinterlegt) und Lage der untersuchten GW-Messstellen, Brunnen und Quellaustritte am Pinnower See (HGNord 2020/2022)

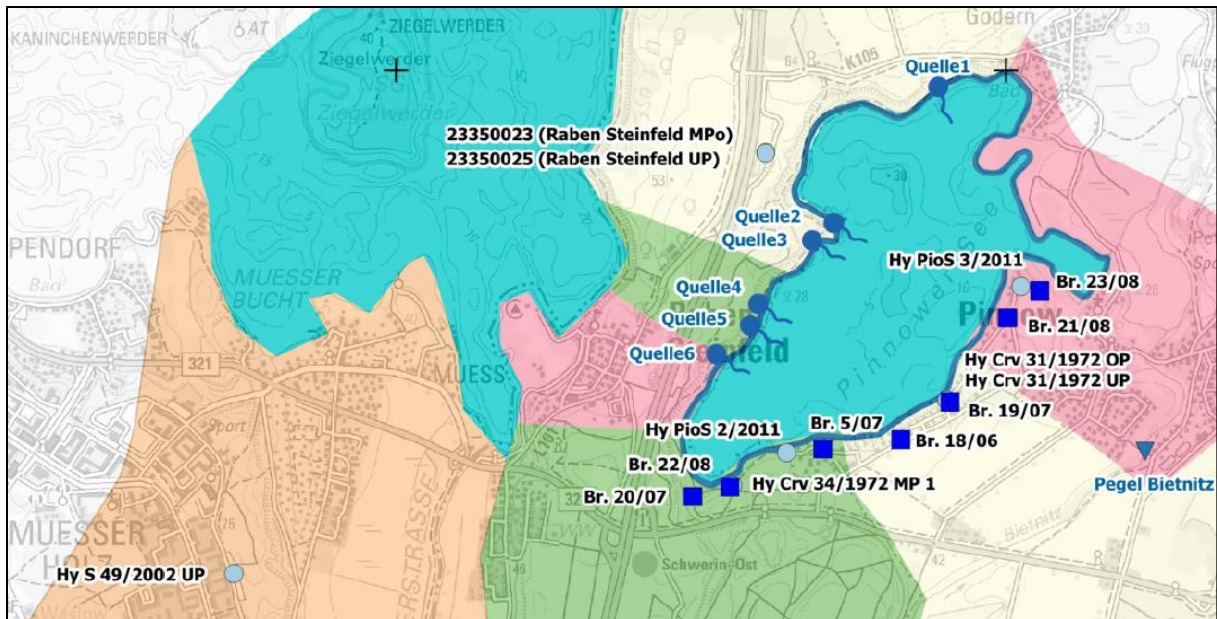


Abb.5.2-2: Vergrößerter Ausschnitt mit der Lage der beprobten GW-Messstellen, Brunnen und Quellaustritte am Pinnower See (HGNord 2022)

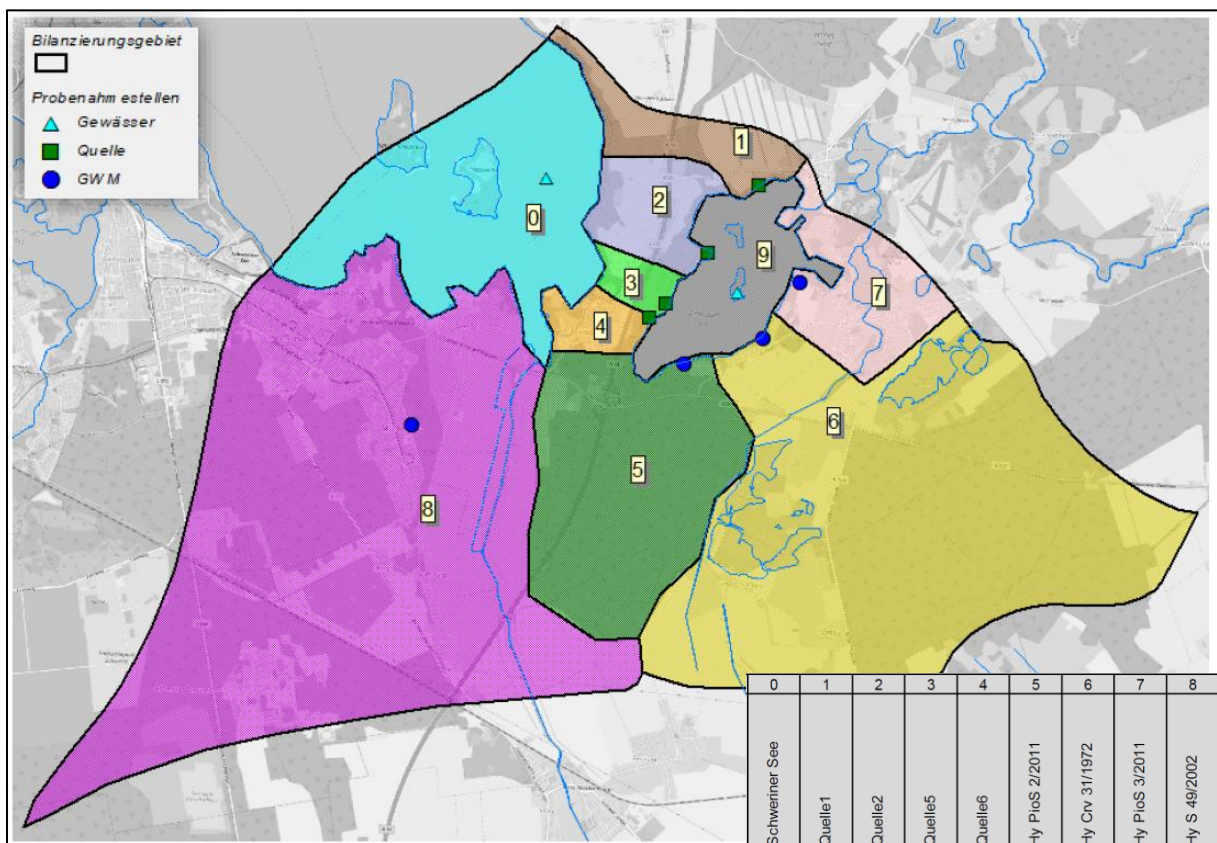


Abb.5.2-3: Bilanzierungsgebiete (Zustromflächen; farbig hinterlegt) im unterirdischen EZG des Pinnower Sees (HGNord 2020/2022) (Quelle 3 liegt im Gebiet 2; Quelle 4 im Gebiet 3)

5.2.1 JAHR 2019

Die hier präsentierten Ergebnisse beziehen sich auf diese Analysen und entsprechenden Modellierungsergebnisse aus dem Jahr 2019. Die Analyseergebnisse zu einzelnen Parametern der Grundwasserproben sowie der Proben aus den Quellaustritten sind in Tab.5.2-1 und Tab.5.2-2 dargestellt. Es wurden jeweils an 2 Terminen, im Sommer/Herbst und im Frühjahr, Messungen durchgeführt.

Insgesamt zeigten vor allem die Quellaustritte am nordwestlichen Ufer einen erhöhten Eintrag von Stickstoff, der z.T. mehr als 10 x höher war als der mittlere Seewert von etwa 0,8 mg/l (Tab.5.2-2). Die Phosphorwerte waren an den Quellaustritten im Vergleich zur mittleren Konzentration im See (etwa 0,026 mg/l) um meist mehr als das Zweifache erhöht. Dabei zeigten die Quellen 2 und 3, anströmend von den seenahen Ackerflächen, die höchsten P-Konzentrationen (bis 0,095 mg/l). Phosphor lag vor allem in Form von ortho-Phosphat vor (70-80 %), während im Seewasser der größere Anteil (über 50 %) als organischer Phosphor gebunden war. Die höchste Sulfatkonzentration wurde an Quelle 1 mit 140 mg/l nachgewiesen, jedoch zeigten sich auch an den Quellen 5 und 6 erhöhte Werte von etwa 70 mg/l (Tab.5.2-2), was auf eine Belastung aus den angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen hindeutet.

Tab.5.2-1: Nährstoffkonzentrationen in den Grundwasserproben in mg/l (HGNord 2020)

	Datum	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	N _{ges}	P _{ges}
23350023	30.10.2019	13	1,9	145	13	36	140	315	< 0,1	1,0	0,033
	27.03.2020	13	1,8	140	13	36	140	308	< 0,1	1,5	0,069
23350025	30.10.2019	15	2,0	154	14	42	140	321	< 0,1	< 1,0	0,028
	27.03.2020	14	1,9	150	13	41	150	308	< 0,1	1,5	0,055
Hy Crv 31/1972 OP	29.10.2019	14	3,7	143	8,2	27	220	182	5,6	6,3	0,03
	26.03.2020	13	3,6	140	7,9	24	210	186	0,89	1,7	< 0,02
Hy Crv 31/1972 UP	29.10.2019	16	2,2	143	7,3	24	190	220	< 0,1	< 1,0	0,08
	26.03.2020	11	2,7	140	7,0	23	210	198	0,14	1,2	0,043
Hy Crv 34/1972 MP1	29.10.2019	14	1,4	118	6,8	15	79	309	< 0,1	< 1,0	0,047
	27.03.2020	13	1,3	110	6,6	15	79	290	< 0,1	< 1,0	0,052
Hy PioS 2/2011	29.10.2019	16	2,3	113	8,8	22	71	287	< 0,1	1,3	0,092
	26.03.2020	15	2,1	110	8,4	21	74	278	< 0,1	1,8	0,045
Hy PioS 3/2001	29.10.2019	9,9	1,6	113	5,9	17	95	251	< 0,1	1,0	0,061
	26.03.2020	9	1,4	110	5,8	18	96	247	< 0,1	2,1	0,05
Hy S 49/2002 UP	30.10.2019	11	1,2	110	7,3	19	110	223	< 0,1	1,0	0,04
	26.03.2020	10	1,1	110	6,8	18	110	226	< 0,1	1,8	0,03

Tab.5.2-2: Nährstoffkonzentrationen in den Quellaustritten des oberflächennahen Grundwassers in mg/l (HGNord 2020)

	Datum	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	N _{ges}	P _{ges.}
Quelle 1	07.08.2019	13	1,9	140	13	40	140	305	8,0	4,3	0,055
	26.03.2020	12	1,9	140	13	38	140	272	< 0,1	< 1,0	0,055
Quelle 2	07.08.2019	37	1,8	89	7,0	58	23	305	8,0	5,3	0,095
	26.03.2020	31	1,6	91	6,9	50	28	268	< 0,1	2,2	0,061
Quelle 3	07.08.2019	23	1,6	89	6,1	37	28	281	12,0	6,1	0,09
	26.03.2020	29	1,7	88	6,4	51	28	265	0,2	3,7	0,066
Quelle 4	07.08.2019	17	1,7	98	6,7	33	37	289	11,1	7,4	0,05
	26.03.2020	18	1,8	96	6,6	34	42	265	0,18	3,4	0,054
Quelle 5	07.08.2019	16	2,3	120	7,6	31	65	316	15,5	10,8	0,053
	26.03.2020	17	2,3	120	7,8	32	70	296	0,41	2,5	0,049
Quelle 6	07.08.2019	22	2,4	140	9,0	56	71	372	13,3	10,5	0,058
	26.03.2020	21	2,4	130	8,5	56	70	323	0,16	1,3	0,050
Pegel Bietnitz	07.08.2019	13	2,2	130	8,4	24	26	406	33,2	15,7	0,089
	26.03.2020	10	4,1	140	8,4	15	180	241	1,2	2,2	0,038

In den Grundwasserproben zeigten sich in den Hauptelementen keine starken Veränderungen an den 2 Messterminen (Tab.5.2-1). Auch in den Quellen hatten sich die Konzentrationen an den Messzeitpunkten nicht stark verändert. Allerdings war bei der Pegelmessung an der Bietnitz ein Anstieg der Sulfatkonzentration zwischen der Probenahme im Sommer 2019 und im Frühjahr 2020 ersichtlich (Tab.5.2-2). Dies hatte unter anderem mit einem erhöhten Durchfluss im Frühjahr zu tun.

In den Grundwassermessstellen am südlichen und südöstlichen Uferbereich konnten ebenfalls erhöhte Sulfatwerte von z.T. > 100 mg/l nachgewiesen werden. Hier war zudem eine gewisse Belastung mit Pflanzenschutzmitteln vorhanden, was beides auf Austräge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen hindeutet. An der Grundwassermessstelle Hy Crv 31/1972 OP, die sich in direkter Nähe zu Ackerflächen befindet (Abb.5.2-2), wurde die höchste Stickstoffkonzentration mit 6,3 mg/l zum Herbsttermin festgestellt (Tab.5.2-1).

In Tab.5.2-3 sind die errechneten Eintragsbilanzen/Konzentrationen von TN und TP aus den jeweiligen Bilanzierungsgebieten dargestellt. Es zeigt sich, dass etwa 20 % des Grund- und Schichtenwasser-Zuflusses über bzw. mit einer Passage durch den Schweriner Innensee (Bilanzierungsgebiet 0) kamen (Tab.5.2-3).

Tab.5.2-3: Bilanz der Nährstoffeinträge über die entsprechenden Bilanzierungsgebiete für die Zeiträume Sommer/Herbst 2019 und Frühjahr 2020 (HGNord 2020)

Bilanzierungsgebiet		Sommer/Herbst 2019				Frühjahr 2020			
		Grundwasser(Quell-)Zufluss [m³/d]				Grundwasser(Quell-)Zufluss [m³/d]			
		4937				6925			
Nr	Zufluss-anteil	Nges		Pges		Nges		Pges	
		[mg/l]	[kg/d]	[mg/l]	[kg/d]	[mg/l]	[kg/d]	[mg/l]	[kg/d]
0	20.2%	0.783	0.783	0.096	0.096	0.783	1.098	0.096	0.135
1	9.1%	4.310	1.945	0.055	0.025	0.000	0.000	0.055	0.035
2	9.7%	5.340	2.559	0.095	0.046	2.190	1.472	0.061	0.041
3	3.3%	10.800	1.745	0.053	0.009	2.480	0.562	0.049	0.011
4	4.4%	10.500	2.292	0.058	0.013	1.250	0.383	0.050	0.015
5	11.6%	1.280	0.734	0.092	0.053	1.840	1.481	0.045	0.036
6	19.2%	6.330	5.985	0.030	0.028	1.650	2.188	0.000	0.000
7	4.0%	1.040	0.206	0.061	0.012	2.070	0.576	0.050	0.014
8	18.3%	1.040	0.940	0.040	0.036	1.840	2.333	0.030	0.038
9	0.1%	0.623	0.003	0.017	0.000	0.623	0.005	0.017	0.000
Mittelwert/Summe		3.483	17.193	0.064	0.317	1.458	10.098	0.047	0.325

Die TN- und TP-Fracht über die Grundwasser- bzw. Quellzuläufe, gerechnet über alle Bilanzierungsgebiete, betrug im Sommer/Herbst 2019 demnach etwa 17,2 kg N/d und 0,32 kg P/d. Im Frühjahr 2020 belief sie sich auf 10,1 kg N/d und 0,33 kg P/d. Abb.5.2-4 zeigt den modellierten Jahresverlauf der errechneten TN- und TP-Konzentrationen.

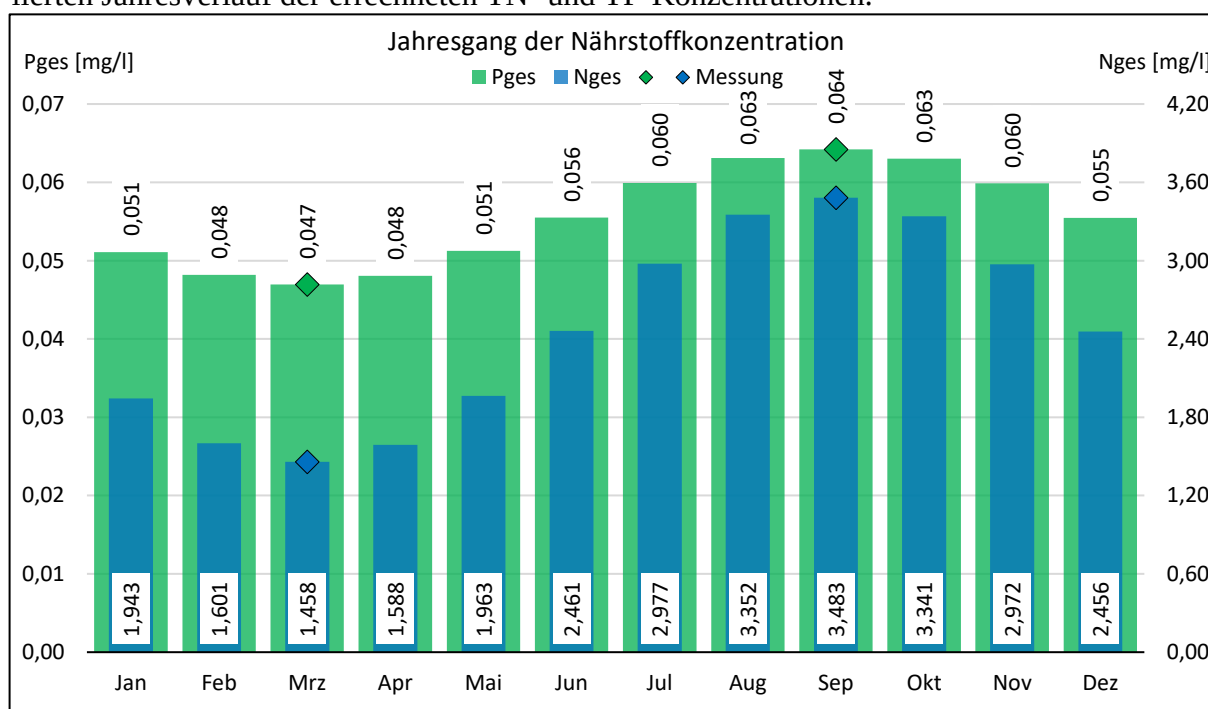


Abb.5.2-4: Jahresverlauf der Nährstoffkonzentrationen in den Grundwasser- und Quellzuflüssen zum Pinnower See im Jahr 2019 (HGNord 2020)

Aus den Nährstoffkonzentrationen und der zufließenden Wassermenge können über den Jahresverlauf die Gesamtfrachten errechnet werden. Abb.5.2-5 zeigt die errechneten Frachten für TN und TP. Es ist ersichtlich, dass die höchsten Einträge im Winterhalbjahr auftraten.

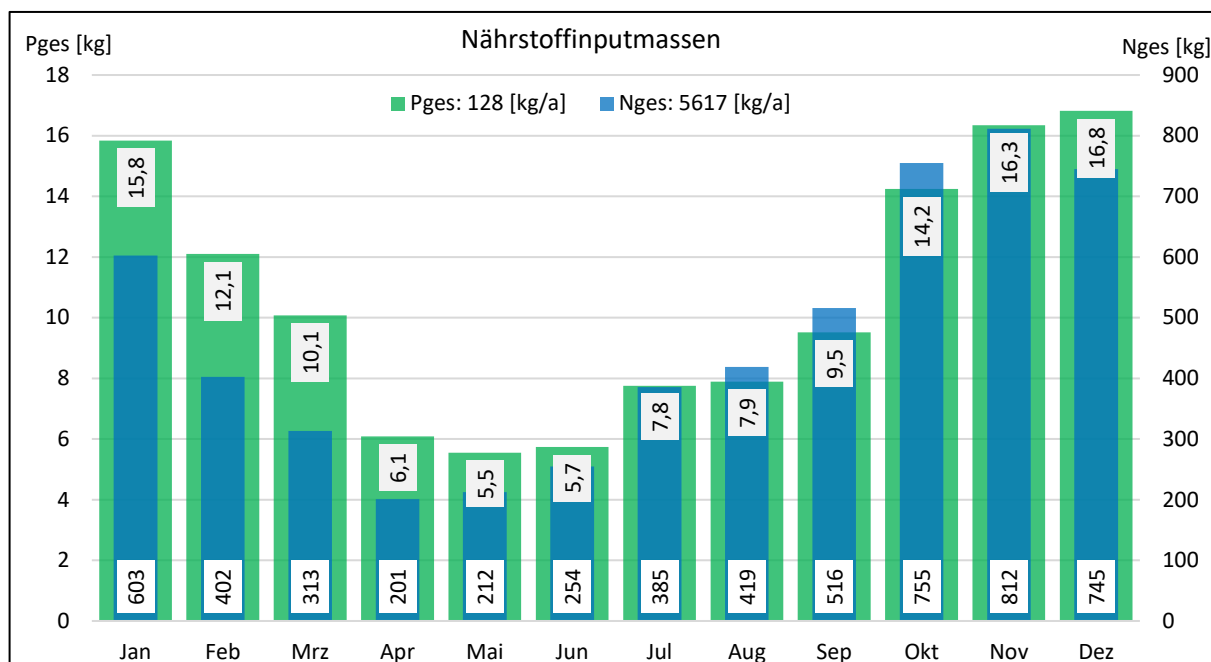


Abb.5.2-5: Jahresverlauf der Nährstofffrachten in den Grundwasser- und Quellszuflüssen zum Pinnower See im Jahr 2019 (HGNord 2020)

Die errechnete TN-Fracht über das Grund- und Schichtenwasser betrug demnach für das Gesamtjahr 5.617 kg. Für die TP-Fracht über das unterirdisch zufließende Wasser ergaben sich 128 kg/a.

5.2.2 JAHR 2021

Die nachfolgenden Grafiken und Tabellen beziehen sich auf die entsprechenden Analyse- und Modellierungsergebnisse des Gutachtens für das Jahr 2021 (HGNord 2022). Die untersuchten Messstellen sind identisch mit denen aus dem Jahr 2019 (vgl. Abb.5.2-1 und Abb.5.2-2). Auch die in Abb.5.2-3 ausgewiesenen Bilanzierungsgebiete der Modellierung sind dieselben.

Das Modell wurde 2021 nochmals etwas verfeinert und mehr Datenpunkte (aus externen Quellen) wurden integriert. Für die genauen Angaben zum Modell des Jahres 2021 und zur Bilanzrechnung der Einträge sowie der detaillierten Darstellung der Untersuchungsergebnisse sei hier nochmals auf das Gutachten der HGNord (2022) verwiesen.

Insgesamt wurden monatliche Messungen über den Zeitraum Oktober 2020 bis Dezember 2021 durchgeführt. Die Quellen 5 und 6 wurden jedoch nur vierteljährlich beprobt. Die Quellen 3 und 4 sind auf Grund unzureichender Wasserführung im Jahr 2021 nicht nochmals beprobt worden. Für die Bilanzierung 2021 wurden hier die Daten aus 2019 verwendet. Die Minimal- und Maximal-Werte der Analyseergebnisse aus dem Untersuchungszeitraum zu den einzelnen Parametern der Grundwasserproben sowie der Proben aus den Quellaustritten sind in Tab.5.2-4 und Tab.5.2-5 dargestellt.

Wichtig für die Trophie des Pinnower Sees sind die Nährstoffkonzentrationen N_{ges} (TN) und P_{ges} (TP). Die höchsten Konzentrationen beim Phosphor zeigten die Quellaustritte am nördlichen Ufer. Die Quelle 2, nordwestlich gelegen, wies dabei die höchsten maximalen Werte ($> 0,1$ mg/l TP) auf (Tab.5.2-4). Die höheren Konzentrationen waren vermutlich, wie schon im Jahr 2019, auf die seenah gelegenen Ackerflächen zurückzuführen, die im Anstromgebiet der Quellen liegen (Bilanzierungsgebiete 1 und 2). Beim Stickstoff wurde dies noch stärker deutlich. Wie im Jahr 2019 zeigten praktisch alle Quellen zeitweise recht hohe Konzentrationen (Tab.5.2-4).

Die höchste Sulfatkonzentration lag mit 160 mg/l auch 2021 wieder an Quelle 1 vor (Tab.5.2-4). Dies bestätigt den Befund aus dem Jahr 2019, dass vermutlich eine Belastung der Quelle aus den angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen besteht.

Tab.5.2-4: Nährstoffkonzentrationen in den Quellaustritten des oberflächennahen Grundwassers in mg/l (HGNord 2022); Quelle 3 und 4 sowie der Pegel wurden nur an 2 Stichtagen der ersten Messkampagne beprobt (vgl. Gutachten HGNord 2020)

	Datum	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	N _{ges}	P _{ges}
Quelle 1	min.	11	1,6	127	13	38	140	251	<0,1	< Nwg	< Nwg
	max.	13	2,0	150	15	43	160	304	8,0	4,3	0,088
Quelle 2	min.	30	1,6	83	6,3	50	19	268	<0,1	< Nwg	0,023
	max.	38	1,9	95	8,1	60	29	304	8,0	5,3	0,115
Quelle 3	07.08.2019	23	1,6	89	6,1	37	28	281	12,0	6,1	0,09
	26.03.2020	29	1,7	88	6,4	51	28	265	0,2	3,7	0,066
Quelle 4	07.08.2019	17	1,7	98	6,7	33	37	289	11,1	7,4	0,05
	26.03.2020	18	1,8	96	6,6	34	42	265	0,18	3,4	0,054
Quelle 5	min.	14	2,1	110	7,1	28	56	283	<0,1	< Nwg	< Nwg
	max.	17	2,9	120	7,8	32	70	315	15	11	0,065
Quelle 6	min.	19	2,2	130	8,0	53	63	323	<0,1	< Nwg	< Nwg
	max.	22	3,0	140	9,0	56	71	371	13	11	0,058
Pegel Bietnitz	07.08.2019	13	2,2	130	8,4	24	26	406	33,2	15,7	0,089
	26.03.2020	10	4,1	140	8,4	15	180	241	1,2	2,2	0,038
Ablauf Pinnower See	min.	20	2,7	47	6,3	39	43	123	<1	< Nwg	0,028
	max.	25	4,4	68	9,4	52	56	162	0,67	2,8	0,203

In den Grundwasserproben zeigte die GW-Messstelle Hy PioS 2/2011 (am Südufer) mit 0,092 mg/l die höchsten Phosphorkonzentration (TP) (Tab.5.2-5). Auch 2019 wies diese Messstelle die höchsten TP-Konzentrationen auf. Ansonsten war nur die GW-Messstelle mit der Bezeichnung Hy Crv 31/1972 UP (Unterpegel) noch leicht auffällig mit maximal 0,08 mg/l. Auch dies ließ sich bereits 2019 feststellen. Bei den Sulfatwerten war ebenfalls diese Messstelle auffällig (> 200 mg/l), genauso wie der Oberpegel der GW-Messstelle Hy Crv 31/1972 OP. Dies könnte, wie schon 2019 festgestellt, an einem Eintrag (Fahne) von Düngemitteln, die hier in das Grund-

wasser gelangen, liegen. Auch die Stickstoffkonzentration war wieder auffällig. Die GW-Anströmung zum Pinnower See verläuft auch über die Ackerflächen am südlichen Seeteil (vgl. Abb.5.2-3; Bilanzierungsgebiete 5 und 6).

Tab.5.2-5: Nährstoffkonzentrationen in den Grundwasserproben in mg/l (HGNord 2022)

	Datum	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	N _{ges}	P _{ges}
23350023	min.	13	1,6	136	13	36	138	277	< 0,1	1,0	0,033
	max.	14	1,9	145	13	39	140	314	< 0,1	1,5	0,069
23350025	min.	14	1,7	140	13	41	140	292	< 0,1	< Nwg	0,028
	max.	15	2,0	154	14	44	150	320	< 0,1	1,5	0,055
Hy Crv 31/1972 OP	min.	10	2,3	129	7,0	19	192	154	<0,1	< Nwg	< Nwg
	max.	14	5,7	143	8,2	27	250	186	16,8	6,33	0,043
Hy Crv 31/1972 UP	min.	11	2,0	119	6,6	23	134	193	< 0,1	< Nwg	0,043
	max.	16	2,7	143	7,3	31	210	222	0,14	1,2	0,080
Hy Crv 34/1972 MP1	min.	13	1,1	106	6,3	15	77	269	< 0,1	< Nwg	0,047
	max.	14	1,4	118	6,8	18	79	309	< 0,1	< Nwg	0,052
Hy PioS 2/2011	min.	14	1,8	103	7,9	21	70	273	<0,1	< Nwg	0,045
	max.	16	2,3	113	8,8	24	82	301	<0,1	2,15	0,092
Hy PioS 3/2001	min.	9,0	1,1	100	5,5	17	93	214	<0,1	< Nwg	0,037
	max.	11	1,6	113	6,1	23	110	250	<0,1	2,07	0,061
Hy S 49/2002 UP	min.	10	0,9	110	6,7	18	100	217	<0,1	< Nwg	0,025
	max.	14	1,3	110	7,4	21	130	240	<0,1	1,84	0,052

In Tab.5.2-6 sind die errechneten Eintragsbilanzen/Konzentrationen von TN und TP für das Jahr 2021 aus den jeweiligen Bilanzierungsgebieten dargestellt. Abb.5.2-7 zeigt die errechneten Frachten für TP in den beprobten Monaten und den Fracht-Beitrag der unterschiedlichen Quellen/Messstellen. Es ist ersichtlich, dass auch 2021 die stärksten Einträge im Winterhalbjahr auftraten. Die Bedeutung des GW-Zustroms vom Schweriner Innensee (Bilanzierungsgebiet 0) wird auch in der Modellierung im Jahr 2021 deutlich. Nach den Modellergebnissen kommen etwa 32 % des dem Pinnower See unterirdisch zuströmenden Wassers über eine Passage des Schweriner Innensees. Für den Pinnower See stellt dies im Jahr 2021 in etwa 50 % der über das Grund- und Schichtenwasser eingetragenen P-Fracht pro Jahr dar (ca. 65 kg P/a). Das aktuelle Gutachten (HGNord 2022) bestätigt, dass die Wasserqualität im Schweriner Innensee damit langfristig entscheidend für die trophische Entwicklung des Pinnower Sees ist. Neben dem Hauptzustrom über den Schweriner Innensee sind die Quellen 1 und 2 (Bilanzierungsgebiete 1 und 2) zwar weniger bedeutsam, trugen jedoch den Modellergebnissen nach im Verhältnis zum Zustrom dennoch eine bedeutende P-Fracht (7 kg bzw. 10 kg P/a). Primär dürfte dies, wie auch 2019 festgestellt, an den ackerbaulich bewirtschafteten Flächen am nördlichen und nordwestlichen Ufer liegen. Das zuströmende Grund- und Schichtenwasser im direkten Umfeld (< 1 km) des Pinnower Sees ist weniger als 10 Jahre alt und spiegelt daher unmittelbar die Bewirtschaftungspraxis in den letzten Jahren wider (Abb.5.2-6). Interessant ist, dass die GW-Messtelle Hy S 49/2002 (Lage im Stadtgebiet Schwerin; Stadtteil Mueßer Holz; vgl. Abb.5.2-1 bzw. Abb.5.2-2) trotz geringerer TP-Konzentration von maximal 0,052 mg/l dennoch einen signifikanten P-

Eintrag von etwa 12 kg P/a liefert, was sich aus dem durch das Modell berechneten stärkeren GW-Zustrom (Wasservolumen) auf Grund der Größe des EZG (Bilanzierungsgebiet 8; Abb.5.2-3) zum Pinnower See ergibt.

Tab.5.2-6: Bilanz der Nährstoffeinträge über die entsprechenden Bilanzierungsgebiete für die Zeiträume Oktober 2020 und Dezember 2021 (HGNord 2022)

Bilanzgebiet	0	1	2	3	4	5	6	7	8		
[kg/Monat]	Schweriner See	Quelle1	Quelle2	Quelle5	Quelle6	Hy Pios 2/2011	Hy Crv 31/1972	Hy Pios 3/2011	Hy S 49/2002	Gesamtzufluss	Abfluss Pinnower See
Oktober 20	8.31	0.70	0.80	0.30	0.30	1.57	1.66	0.35	2.61	16.61	10.40
November 20	5.19	0.90	1.25	0.27	0.21	1.17	0.96	0.22	1.51	11.69	7.06
Dezember 20	9.66	0.89	1.22	0.36	0.33	2.23	1.75	0.42	2.69	19.54	11.96
Januar 21	10.42	0.76	1.05	0.35	0.26	3.20	1.70	0.53	2.70	20.97	9.90
Februar 21	7.01	0.38	0.38	0.20	0.21	1.70	1.22	0.33	1.78	13.21	5.38
März 21	6.51	1.42	0.61	0.29	0.24	1.61	1.11	0.32	1.58	13.68	5.52
April 21	3.53	0.37	0.95	0.19	0.13	0.79	0.56	0.14	0.73	7.39	2.83
Mai 21	5.05	0.25	0.48	0.16	0.16	1.31	0.83	0.26	1.10	9.60	8.15
Juni 21	1.28	0.17	0.26	0.06	0.05	0.34	0.21	0.07	0.26	2.70	0.00
Juli 21	2.21	0.19	0.38	0.09	0.09	0.55	0.37	0.11	0.48	4.48	0.00
August 21	2.83	0.31	0.28	0.10	0.09	0.78	0.44	0.16	0.52	5.51	1.64
September 21	4.17	0.54	0.73	0.18	0.15	1.17	0.63	0.24	0.71	8.53	4.54
Oktober 21	5.98	0.43	1.24	0.20	0.22	1.81	0.89	0.39	0.90	12.07	8.09
November 21	7.38	1.30	1.93	0.40	0.31	2.16	1.07	0.45	1.08	16.07	13.10
Dezember 21	8.28	0.84	2.07	0.40	0.32	2.47	1.17	0.52	1.11	17.19	17.79
Mittelwert (2021)	5.39	0.58	0.86	0.22	0.19	1.49	0.85	0.29	1.08	10.95	6.41

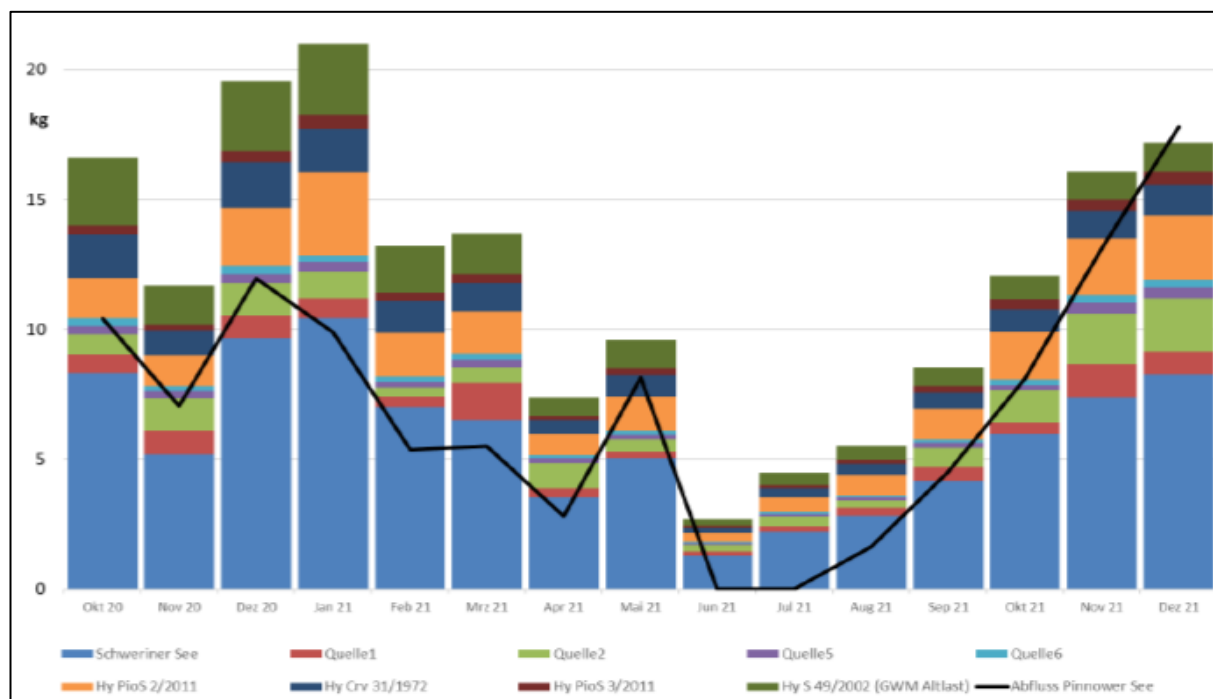


Abb.5.2-6: Zeitlicher Verlauf der P-Fracht in kg (Okt 2020 bis Dez 2021) (HGNord 2022)

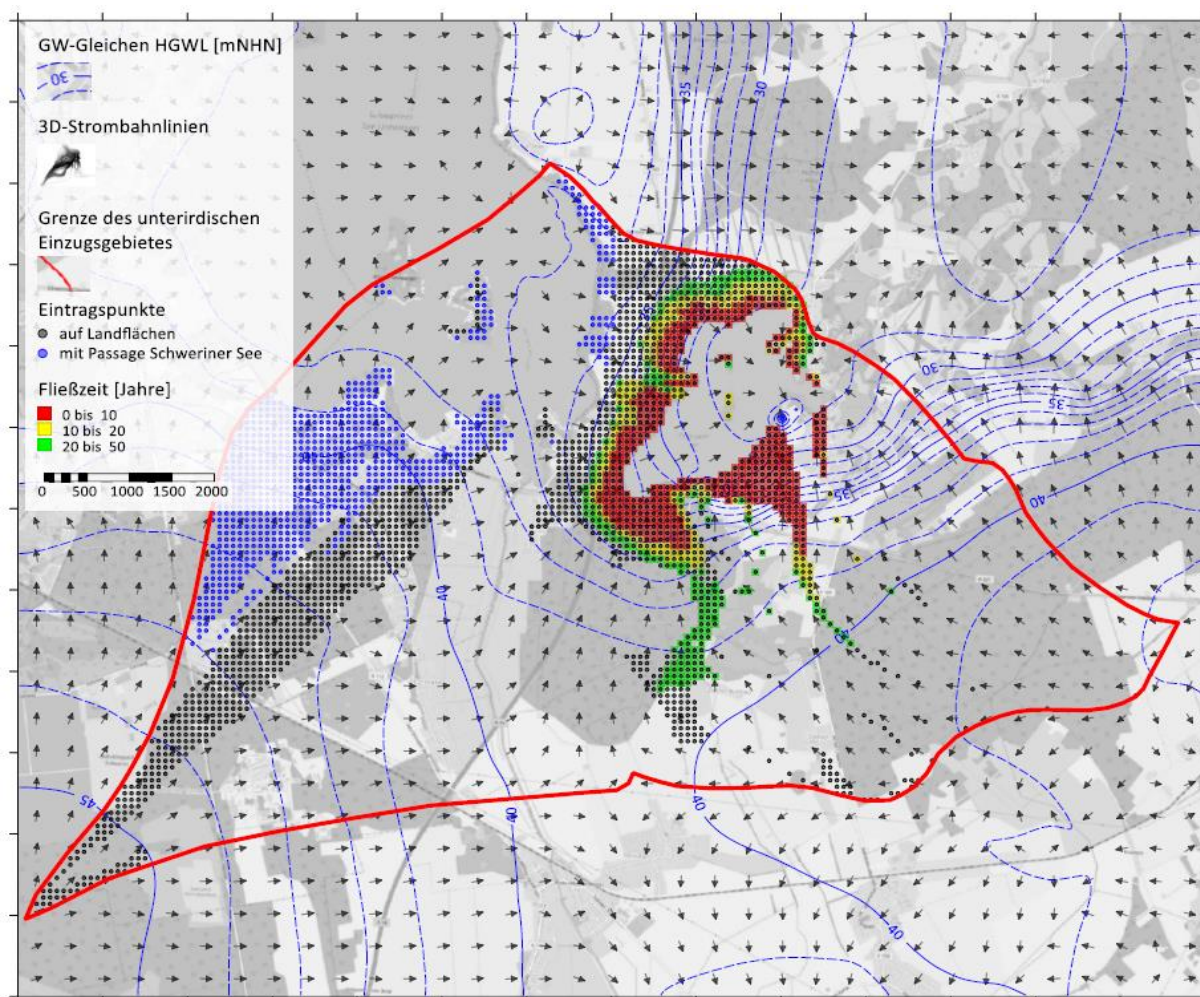


Abb.5.2-7: Modellierte Fließzeiten des Grundwassers im unterirdischen EZG des Pinnower Sees (HG Nord 2022); 16 % aller Zuflüsse sind jünger als 10 Jahre, 41 % aller Zuflüsse sind jünger als 100 Jahre

Die TN-Fracht über das unterirdisch zufließende Wasser wurde für das Jahr 2021 nicht modelliert, jedoch zeigte sich auch 2021, dass Messstellen, die in der Nähe von landwirtschaftlichen Flächen liegen, eine relativ hohe TN-Konzentration aufweisen. Für die modellierte TP-Fracht über das unterirdisch zufließende Wasser im Jahr 2021 ergaben sich insgesamt 131 kg/a, was in etwa der modellierten/errechneten Fracht des Jahres 2019 (128 kg/a) entspricht.

5.3 BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

5.3.1 PHYTOPLANKTON

5.3.1.1 METHODE

Aus dem Pinnower See sind von Juni bis Oktober 2019 an 2 Messstellen (MST1(19) und MST2(19)) und von März bis Oktober 2021 an 3 Messstellen (MST1(21), MST2(21) und

MST3(21)) insgesamt 36 Phytoplanktonproben entnommen und untersucht worden. Die Phytoplanktonproben wurden als Vollproben aus den Mischproben (euphotische Zone) entnommen, fixiert und im Labor qualitativ und quantitativ mikroskopisch ausgewertet.

5.3.1.2 ERGEBNISSE 2019 UND 2021

Die Zählprotokolle aller Einzelproben sowie die Artenlisten und die Zusammenstellungen der an den einzelnen Probenahmeterminen jeweils ermittelten Individuenzahlen und Biomassen sind im Anhang beigefügt. An dieser Stelle seien nur die wichtigsten Grundaussagen hervorgehoben.

Zusammensetzung des Phytoplanktons im Jahr 2019

Hinsichtlich der Abundanzen zeigten sich die Cyanophyceae sowohl an MST1(19) als auch an MST2(19) als individuenstärkste Gruppe, jedoch waren auch die Chlorophyceae über den Untersuchungszeitraum mit hohen Individuenzahlen vertreten. Im September und Oktober stiegen die Abundanzwerte der Crypto- und Chrysophyceae an MST1(19), während an MST2(19) im Oktober lediglich die Cryptophyceae in größerer Anzahl auftraten.

Bei der Biomasse waren es 2019 die Dinophyceae, die über den Untersuchungszeitraum an beiden Messstellen die höchsten Volumina mit 0,32 mm³/l im Saisonmittel (47 % des Gesamtbiovolumens; Hauptart *Ceratium hirundinella*) an MST1(19) und mit 0,43 mm³/l im Saisonmittel (49 % des Gesamtbiovolumens; Hauptart ebenfalls *Ceratium hirundinella*) an MST2(19) aufwiesen (Abb.5.3-1 und Abb.5.3-2).

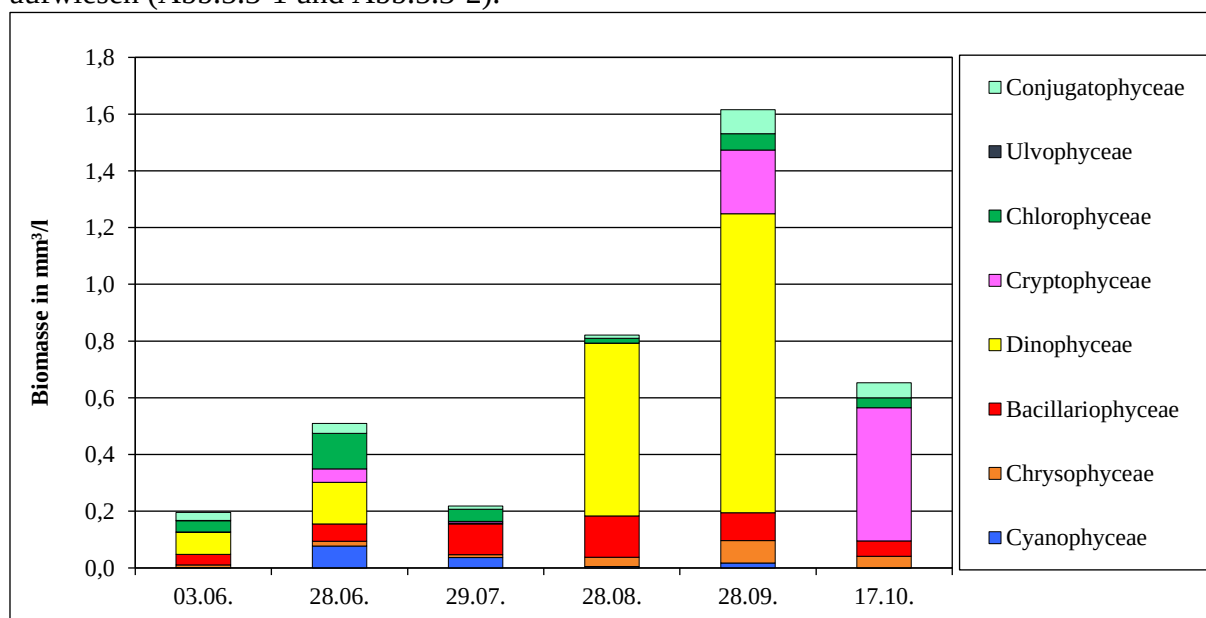


Abb.5.3-1: Phytoplanktonbiomassen im Pinnower See 2019 an MST1(19)

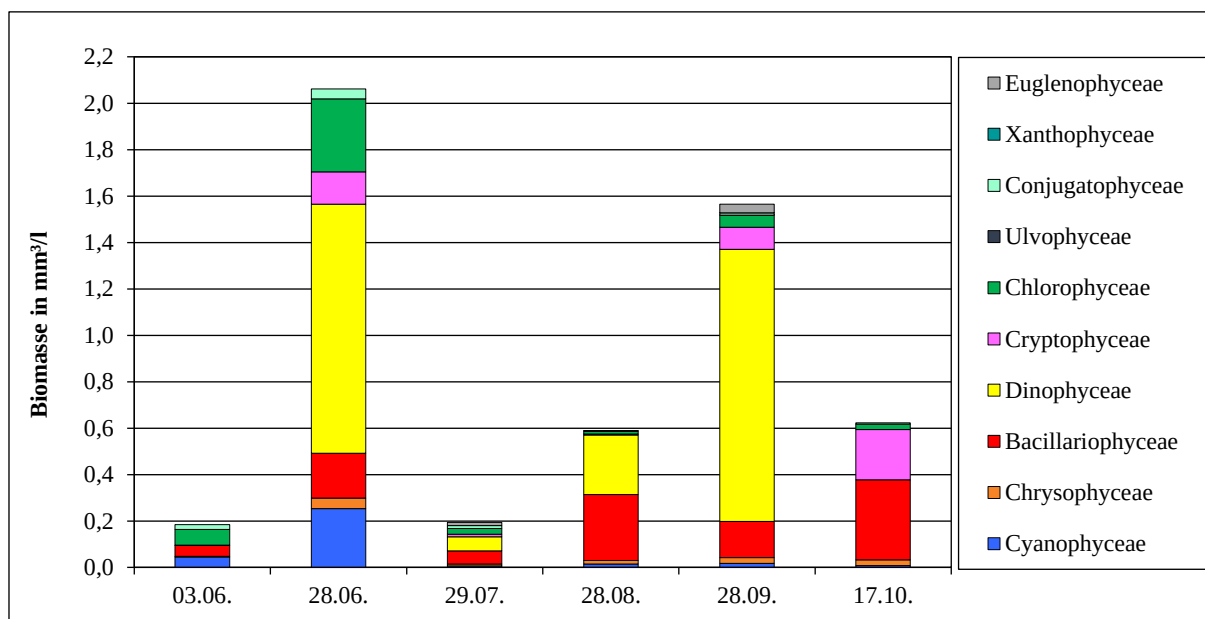


Abb.5.3-2: Phytoplanktonbiomassen im Pinnower See 2019 an MST2(19)

Auch die Cryptophyceae bzw. Diatomeen (Bacillariophyceae) waren 2019 an MST1(19) mit höheren Volumina von 0,125 mm³/l im Saisonmittel (18,7 % des Gesamtbiovolumens) bzw. 0,08 mm³/l im Saisonmittel (12,5 % des Gesamtbiovolumens) vorhanden. An MST2(19) stellten die Diatomeen mit 0,48 mm³/l im Saisonmittel (20,7 % des Gesamtbiovolumens) etwas höhere saisonale Biovolumina und Anteile am Gesamtbiovolumen. Das Biovolumen der Chlorophyceae betrug 0,053 mm³/l im Saisonmittel (7,9 % des Gesamtbiovolumens) an MST1(19) und 0,082 mm³/l im Saisonmittel (9,5 % des Gesamtbiovolumens) an MST2(19). Die Chrysophyceae waren an MST1(19) mit einem Saisonmittel von 0,031 mm³/l (4,7 % des Gesamtbiovolumens) und an MST2(19) mit einem Saisonmittel von 0,020 mm³/l (2,3 % des Gesamtbiovolumens) vertreten.

Das Vorkommen der Algenklassen, vor allem der Diatomeen, Dinophyceae, Chlorophyceae, Cryptophyceae und Cyanophyceae, mit mittleren saisonalen Biovolumina von zumeist < 0,3 mm³/l ist typisch für einen See des Typs 13. Damit entsprach die Zusammensetzung des Phytoplanktons im Jahr 2019 dem Referenzzustand. Lediglich die Dinophyceae an MST1(19) sowie die Diatomeen an MST2(19) zeigten etwas höhere mittlere saisonale Volumina. Die Chrysophyceae waren mit einem Anteil am saisonalen Gesamtbiovolumen von 4,7 % an MST1(19) und 2,3 % an MST2(19) hingegen unterrepräsentiert. Im Referenzzustand sind die Chrysophyceae mit 6-8 % am saisonalen Gesamtbiovolumen zu erwarten.

Das Saisonmittel des Biovolumens im Jahr 2019 von 0,67 mm³/l an MST1(19) und 0,87 mm³/l an MST2(19) lag für einen See des Typs 13 an beiden Messstellen im Bereich des Referenzzustands von < 1,1 mm³/l im Saisonmittel. Auch die saisonalen Gesamtbiomassen an MST1(19) mit rund 4,0 mm³/l und an MST2(19) mit etwa 5,2 mm³/l sind als relativ niedrig einzuschätzen. In der Summe war das Phytoplankton des Pinnower Sees im Jahr 2019 mit 61 Taxa an MST1(19) bzw. 68 Taxa an MST2(19) relativ artenreich.

Zusammensetzung des Phytoplanktons im Jahr 2021

Im Jahr 2021 stellten bei den Abundanzen die Cyanophyceae und im Frühjahr besonders auch die Diatomeen (Blüte) an allen Messstellen die individuenstärksten Gruppen dar. Zusätzlich erfasst wurde 2021 das Picoplankton, das im See besonders im Frühjahr ebenfalls individuenreich vertreten war. Die Cyanophyceae wurden hingegen generell im Spätsommer/Herbst häufiger.

Bei der Biomasse waren 2021 die Diatomeen im Frühjahr dominant (Abb.5.3-3 bis Abb.5.3-5). Über den Untersuchungszeitraum erreichten sie Volumina von etwa 0,7-0,9 mm³/l im Saisonmittel (70-80 % Anteil am saisonalen Gesamtbiovolumen!). Das individuenstarke Picoplankton trug hingegen nur geringfügig zur Biomasse bei, etwa 1,4 % (MST3(21)) bis 3,8 % (MST1(21)). Stärker vertreten waren je nach Messstelle im Frühjahr auch die Cryptophyceae (MST1(21) und MST2(21)) bzw. im Sommer die Dinophyceae (alle Messstellen) mit im Saisonmittel etwa 0,05 mm³/l (5-7 % Anteil an der Gesamtbiomasse) bzw. 0,05-0,09 mm³/l (5-9 % Anteil an der Gesamtbiomasse). Die Chrysophyceae zeigten mit etwa 0,12 mm³/l im Mai ein etwas stärkeres Vorkommen (MST1(21) und MST2(21)).

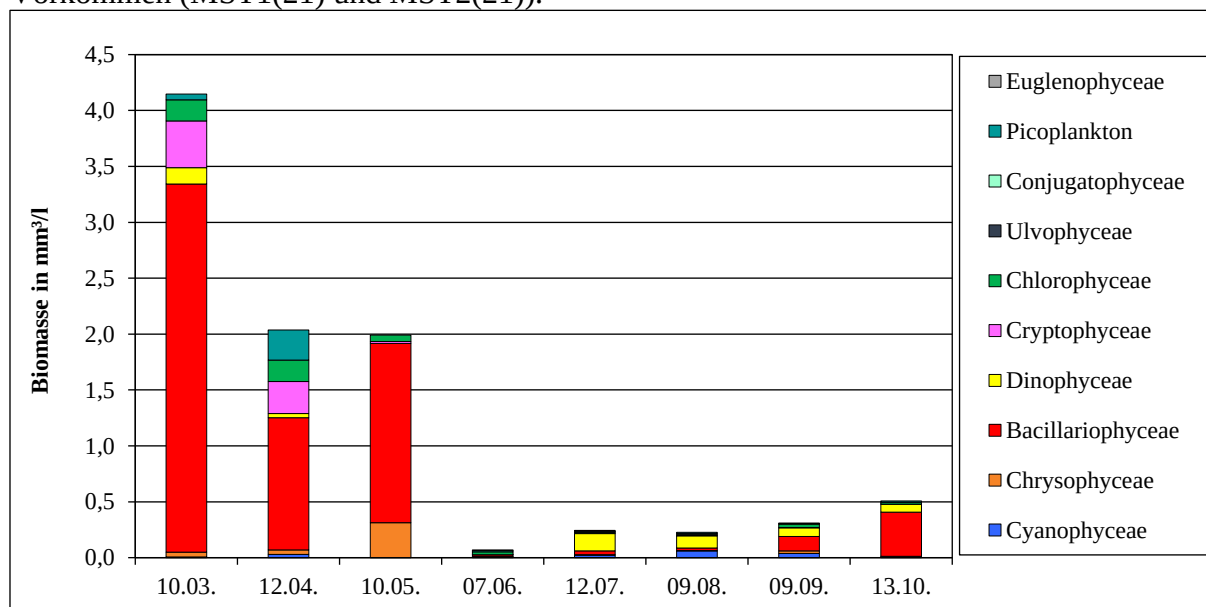


Abb.5.3-3: Phytoplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST1(21)

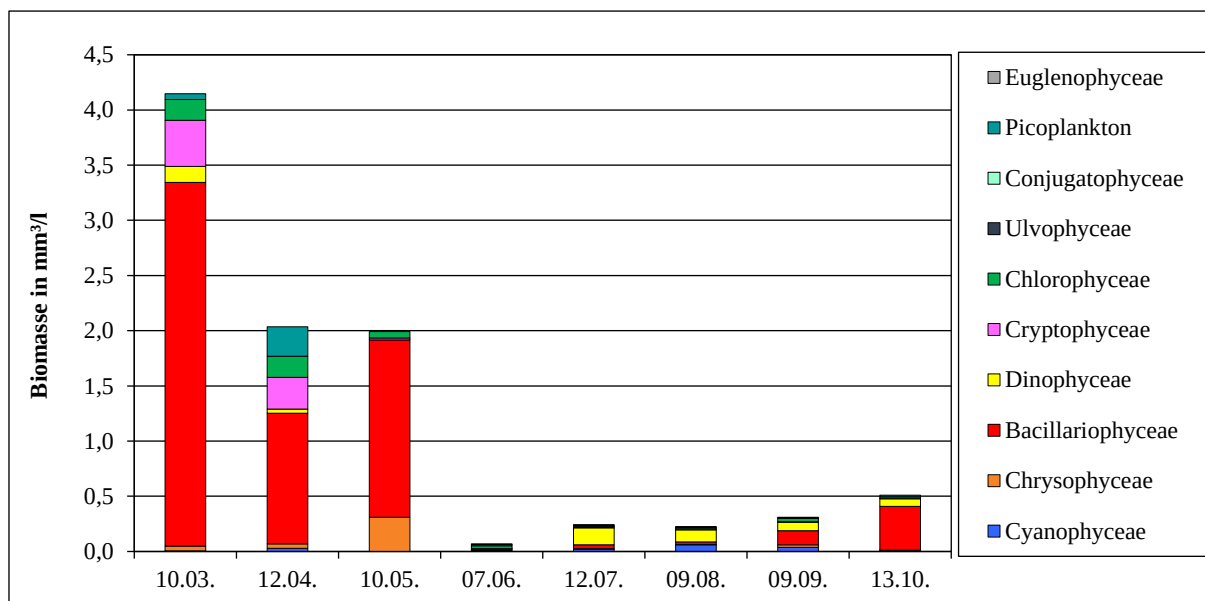


Abb.5.3-4: Phytoplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST2(21)

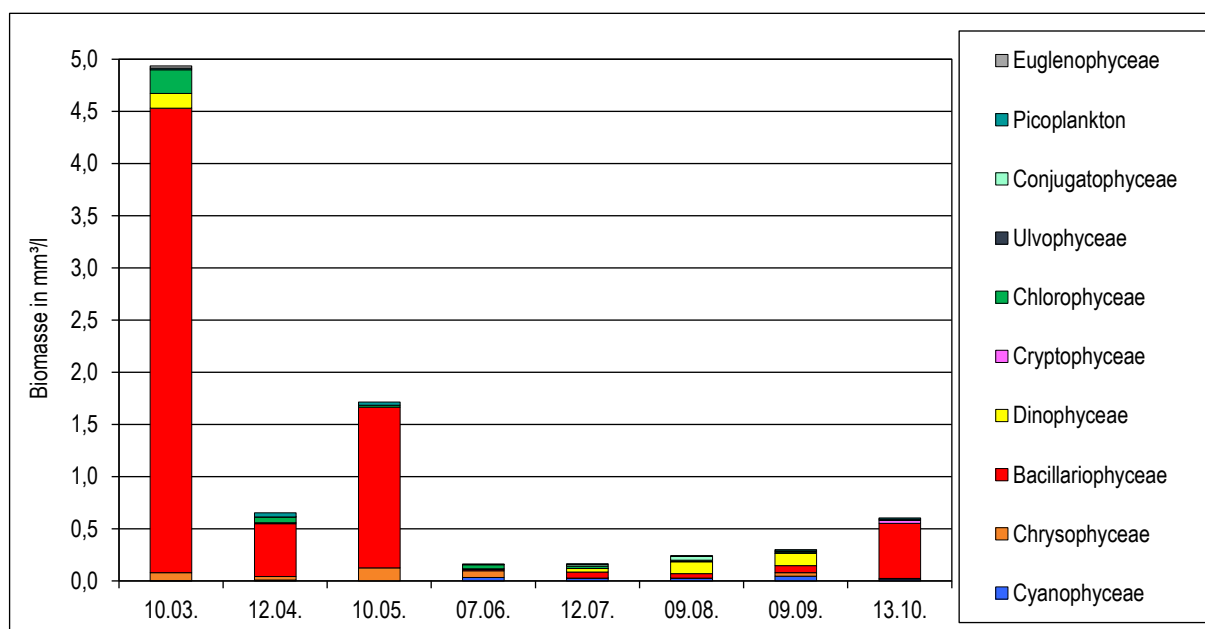


Abb.5.3-5: Phytoplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Das Biovolumen der einzelnen Algenklassen im Jahr 2021 lag mit mittleren saisonalen Biovolumina von $< 0,3 \text{ mm}^3/\text{l}$, außer bei den Diatomeen, für einen See des Typs 13 auf Referenzniveau. Hingegen befand sich die saisonale mittlere Gesamtbiovolume der Diatomeen je nach Messstelle mit $0,7\text{-}0,9 \text{ mm}^3/\text{l}$ deutlich über diesem Wert. Dies ist vor allem auf die für den Seetyp ungewöhnlich starke Blüte im Frühjahr zurückzuführen. An MST1(21) und MST2(21) waren daran auch die Cryptophyceae bedeutend beteiligt, was als Hinweis auf leicht eutrophe Verhältnisse gedeutet werden kann. Die Chrysophyceae waren auch 2021 mit einem Anteil am mittleren saisonalen Gesamtbiovolume von etwa 4 % insgesamt unterrepräsentiert. Im Referenzzustand sind die Chrysophyceae mit 6-8 % am saisonalen Gesamtbiovolume zu erwarten.

Das Saisonmittel des Biovolumens im Jahr 2021 von etwa 0,9-1,1 mm³/l an den Messstellen lag für einen See des Typs 13 knapp an der Grenze des Referenzzustands von < 1,1 mm³/l im Saisonmittel. Die 2021 ermittelten saisonalen Gesamtbiomassen an MST1(21) mit rund 9,5 mm³/l, an MST2(21) mit etwa 7,5 mm³/l und an MST3(21) mit fast 8,8 mm³/l sind, im Vergleich zu 2019 (~ 4,0 mm³/l), als recht hoch einzuschätzen. In der Summe war das Phytoplankton des Pinnower Sees im Jahr 2021, ähnlich wie 2019, mit etwa 70 Taxa als artenreich anzusehen.

Berechnung der Ergebnisse mit PhytoSee (7.1)

Die Berechnung mit dem EU WRRL-konformen Bewertungstool PhytoSee Vers.7.1 (MISCHKE, RIEDMÜLLER UND BÖHMER 2020) ergab für das Jahr 2019 an MST1(19) einen Indexwert von 1,71 und damit eine Bewertung als „gut“. An MST2(19) ergab die Berechnung mit PhytoSee Vers.7.1 einen Indexwert von 1,99 und damit ebenfalls eine Bewertung als „gut“. Im Jahr 2021 ist eine leichte „Verschlechterung“ festzustellen. MST1(21) erhielt einen Indexwert von 2,62 und wurde damit knapp als „mäßig“ bewertet. Auch der Indexwert an MST2(21) bzw. MST3(21) zeigte mit 2,35 bzw. 2,37 einen etwas höheren Indexwert als im Jahr 2019. MST3(21), beprobt im Jahr 2021, entspricht dabei in etwa der Position von MST2(19), beprobt im Jahr 2019. Mit der 2021 zusätzlich aufgenommenen Messstelle MST2(21) wurde im Jahr 2021 auch der flachere Kirchsee (Nebenbecken) miterfasst. Ein deutlicher Unterschied zu den Messstellen aus dem tieferen Seeteil ergab sich bei der Phytoplanktonbewertung des flacheren Seeteils im Jahr 2021 erwartungsgemäß nicht.

Tab.5.3-1: Indexwerte und Gesamtbewertungen des Phytoplanktons im Pinnower See 2019 und 2021 an den verschiedenen Messstellen

Version-Programm	LAWA See_Typ	Sub-Typ_Nr.	Gewässer-name	Jahr	PSI Phyto-See-Index	Gesamtbewertung verbal stufig
PhytoSee 7.1 (Juni 2020)	13	PP 13	Pinnower See MST1(19)	2019	1,71	gut
PhytoSee 7.1 (Juni 2020)	13	PP 13	Pinnower See MST2(19)	2019	1,99	gut
PhytoSee 7.1 (Juni 2020)	13	PP 13	Pinnower See MST1(21)	2021	2,62	mäßig
PhytoSee 7.1 (Juni 2020)	13	PP 13	Pinnower See MST2(21)	2021	2,35	gut
PhytoSee 7.1 (Juni 2020)	13	PP 13	Pinnower See MST3(21)	2021	2,37	gut

5.3.2 ZOOPLANKTON

5.3.2.1 METHODE

Die Zusammensetzung des Zooplanktons wurde nur im Jahr 2021 analysiert. Aus dem Pinnower See sind von März bis Oktober 2021 an den 3 Messstellen MST1(21), MST2(21) und MST3(21) insgesamt 24 Zooplanktonproben als Netzproben (30 l, verteilt über die Wassersäule, ggf. bis zur anoxischen Zone) entnommen, fixiert und im Labor qualitativ und quantitativ mikroskopisch ausgewertet.

5.3.2.2 ERGEBNISSE 2021

Grundsätzlich lässt sich zunächst feststellen, dass sich Messstelle MST2(21) im flachen Kirchsee von den beiden tieferen Messstellen MST1(21) und MST3(21) bezüglich der Abundanz und der Biomasseanteile etwas unterscheidet. Die Rotatorien stellten erwartungsgemäß an allen Messstellen die höchste Abundanz (Abb.5.3-6 bis Abb.5.3-8). Bei den Rotatorien erreichten die Arten *Ascomorpha ecaudis*, *Keratella cochlearis*, *Kellicottia longispina*, *Keratella quadrata*, *Conochilus unicornis*, *Synchaeta spec.*, *Polyarthra remata* und *Polyarthra dolichoptera* recht hohe Abundanzen. Der Anteil der Rotatorien an der mittleren saisonalen Gesamtbiomasse (mm³/l) betrug an MST1(21) etwa 17,1 %, an MST2(21) etwa 21,8 % und an MST3(21) etwa 18,8 %. Der Anteil der Rotatorien an der mittleren saisonalen Gesamtbiomasse war ungewöhnlich hoch. Im August stellten die Rotatorien gar den Hauptanteil an der Biomasse (Abb.5.3-9 bis Abb.5.3-11)! Bemerkenswert war zudem der, im Vergleich zu den anderen Messstellen, mit > 20 % höhere Biomasseanteil der Rotatorien an MST2(21) im flachen Kirchsee. Für den Seetyp 13 wären im Referenzzustand im Mittel nur etwa 10 % Rotatorien-Anteil zu erwarten.

Die Anteile der Copepoden an der mittleren saisonalen Biomasse lagen bei etwa 34,5 % an MST1(21), 51,8 % an MST2(21) und 47,7 % an MST3(21). Hier zeigte sich ebenfalls ein Unterschied zwischen den Messstellen; an MST2(21) (flacher Kirchsee) wurde der höchste Anteil ermittelt und der Anteil an MST1(21) (tiefste Stelle) fiel recht niedrig aus. Für einen See des Typs 13 sind diese Anteile insgesamt als niedrig zu werten, als Referenzwert gilt in etwa ein Biomasseanteil der Copepoden von 55 %. Die Zooplanktongemeinschaft an MST2(21) kam dem noch am nächsten. Die Hauptarten bei den Copepoden waren mit *Cryptocyclops bicolor*, *Paracyclops fimbriatus* sowie *Cyclops strenuus* vor allem, dem Seetyp entsprechend, cyclopoide Arten. Mit der Art *Eudiaptomus gracilis* waren aber auch die Calanoida vertreten.

Die Cladoceren waren im Frühling und Frühsommer stärker vertreten. Vor allem im Mai lagen die Abundanzen an allen Messstellen hoch. An MST2(21) zeigte sich hier ebenfalls eine Besonderheit. Die Abundanzen und die Biomasseanteile der Phyllopoden waren hier vergleichsweise niedrig. Die mittleren saisonalen Biomasseanteile der Phyllopoden lagen an MST1(21) bei etwa 48,4 %, an MST2(21) bei etwa 26,1 % und an MST3(21) bei etwa 33,4 %. Die Hauptarten waren *Bosmina longirostris*, *Daphnia longispina*, *Daphnia cucullata* sowie *Ceriodaphnia quadrangula*.

Das Auftreten von eher kleineren Daphnien-Arten (hier *Daphnia cucullata* und *Daphnia longispina*) kann als Hinweis auf einen hohen Prädationsdruck durch z.B. Fische gewertet werden, aber auch die Nahrungsqualität (Phytoplanktonzusammensetzung) kann eine entscheidende Rolle spielen. Auf die konkreten Ursachen wird nachfolgend noch bei der Bewertung mittels PhytoLoss detaillierter eingegangen.

Das Jahresmittel der saisonalen Zooplanktonbiomasse lag an MST1(21) bei etwa 3,19 mm³/l, an MST2(21) bei etwa 1,44 mm³/l und an MST3(21) bei etwa 2,42 mm³/l. Die Gesamtbiomasse betrug rund 25,5 mm³/l an MST1(21), 11,5 mm³/l an MST2(21) und 19,3 mm³/l an MST3(21). Damit zeigt sich auch hier ein Unterschied zwischen den Messstellen im tieferen Seeteil (MST1(21), MST3(21)) und der Messstelle im flachen Kirchsee (MST2(21)). Die Biomasse an MST2(21) kann als recht niedrig eingeschätzt werden. Die Artenanzahl lag mit etwa 40 Arten (davon etwa 20 Rotatorien-Arten) auf einem mittleren Niveau. Im Referenzzustand des Seetyps kann die Zooplanktongemeinschaft, vor allem die der Rotatorien (> 50 Taxa), sehr artenreich ausgebildet sein.

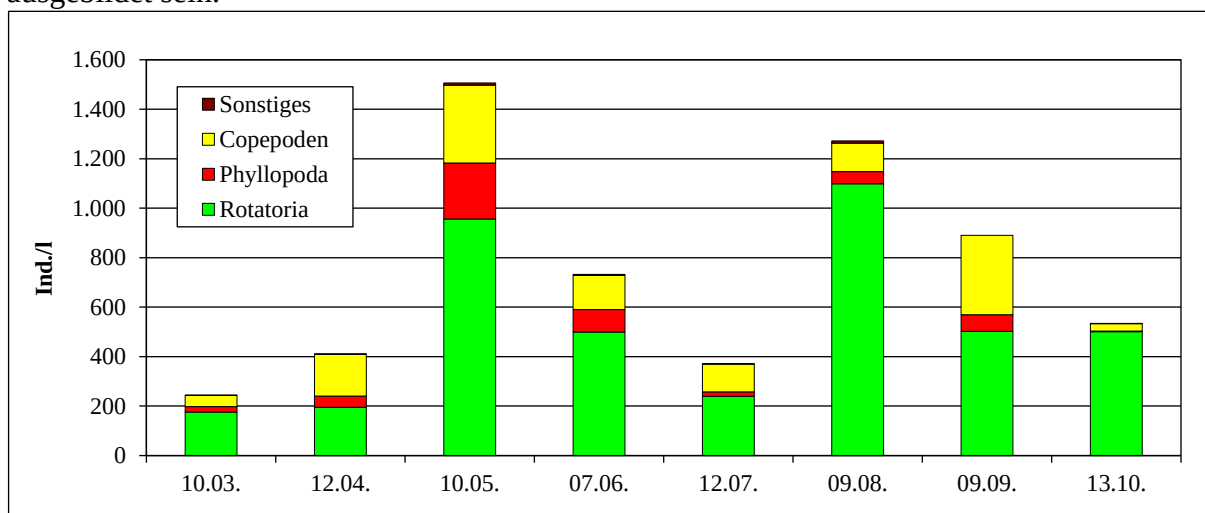


Abb.5.3-6: Zooplanktonabundanzen im Pinnower See 2021 an MST1(21)

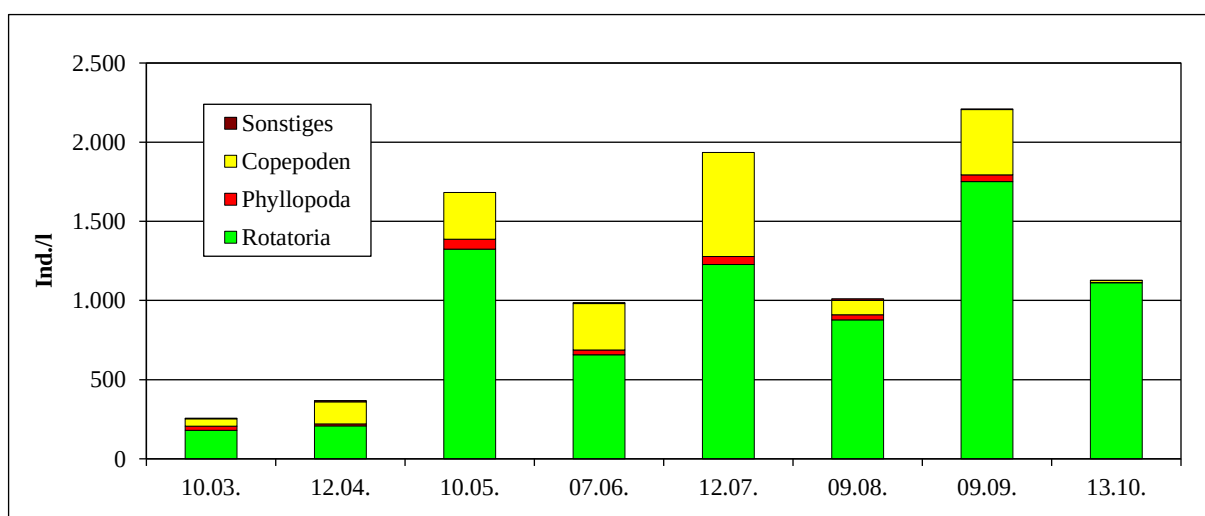


Abb.5.3-7: Zooplanktonabundanzen im Pinnower See 2021 an MST2(21)

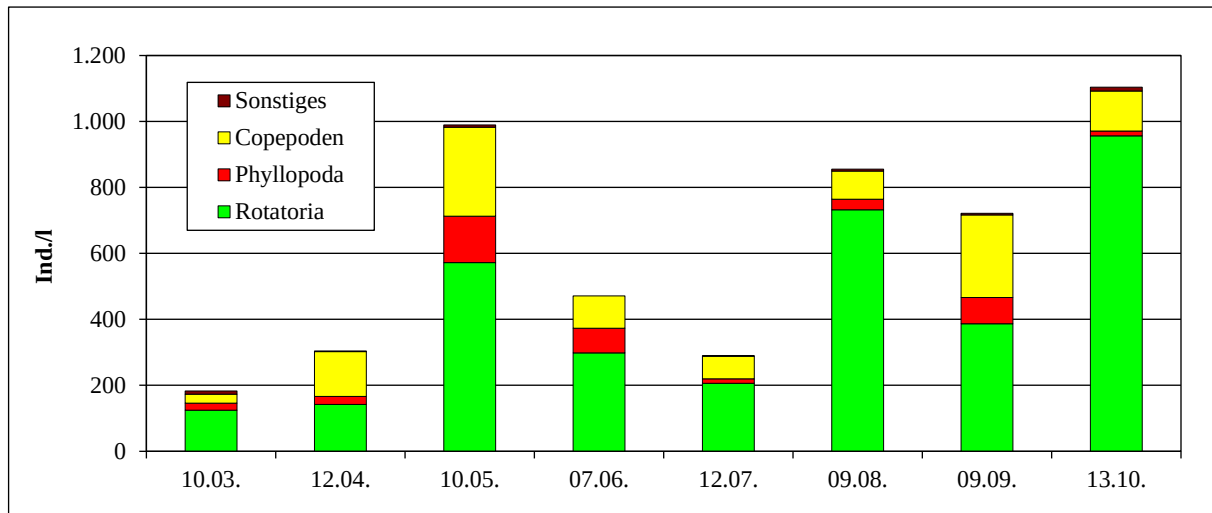


Abb.5.3-8: Zooplanktonabundanzen im Pinnower See 2021 an MST3(21)

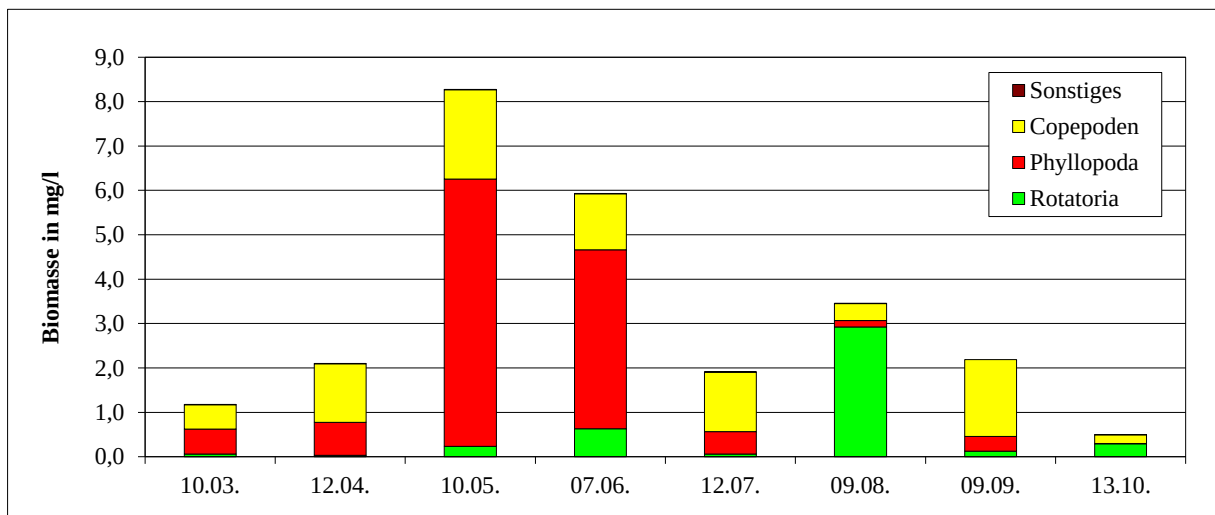


Abb.5.3-9: Zooplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST1(21)

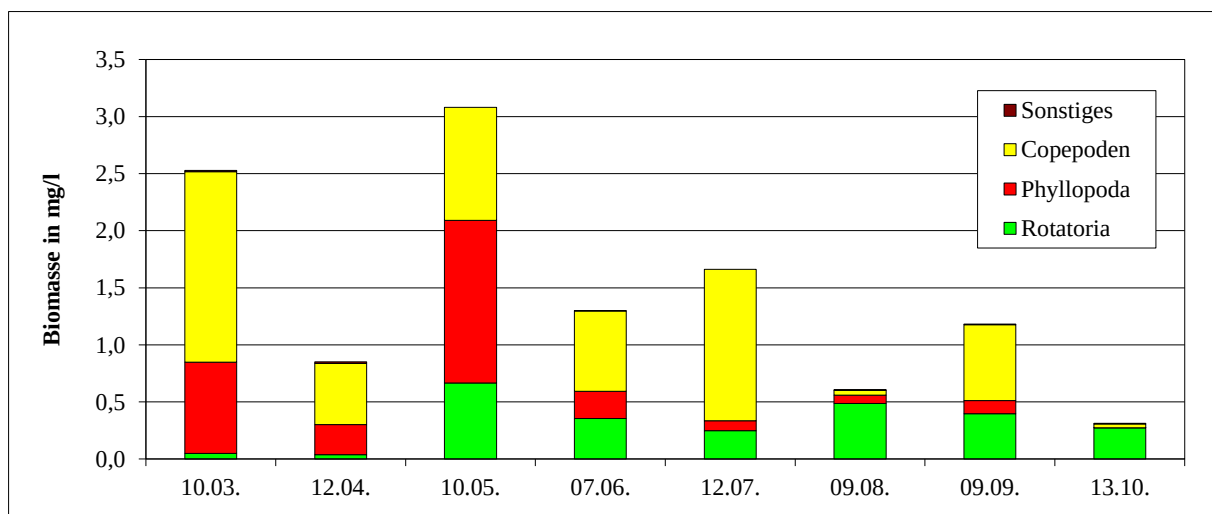


Abb.5.3-10: Zooplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST2(21)

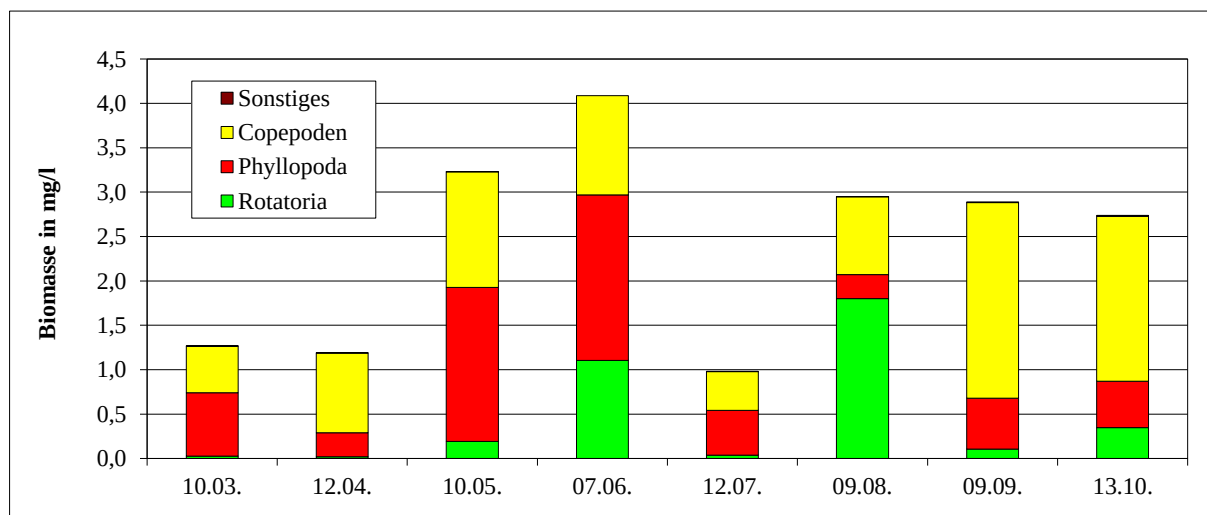


Abb.5.3-11: Zooplanktonbiomassen im Pinnower See 2021 an MST3(21)

Ergebnisse der PhytoLoss-Bewertung

Abb.5.3-12 bis Abb.5.3-17 zeigen die Ergebnisse der kombinierten Auswertung der Planktondaten (für die Vegetationsperiode Bewertungszeitraum April bis September) an den drei Messstellen mit dem Bewertungstool PhytoLoss 3.1 (2021).

Als Besonderheit muss zunächst das Klarwasserstadium des Sees (Phytoplanktonbiomasse!), vor allem im Juni aber auch noch partiell im Juli, genannt werden. Hier war es nötig, die Werte aus der Gesamt-Berechnung zu nehmen bzw. den Mittelwert über die Vegetationsperiode zu bilden, da ansonsten im Ergebnis unrealistisch hohe Grazing-Werte (Z/P, MGI, CGI) ausgegeben werden (gilt für alle Messstellen). Es werden deshalb hier ebenfalls die Radardiagramme für die einzelnen Monate aller Messstellen dargestellt, um die starke Dynamik der Zooplanktongemeinschaft über den Untersuchungszeitraum aufzuzeigen.

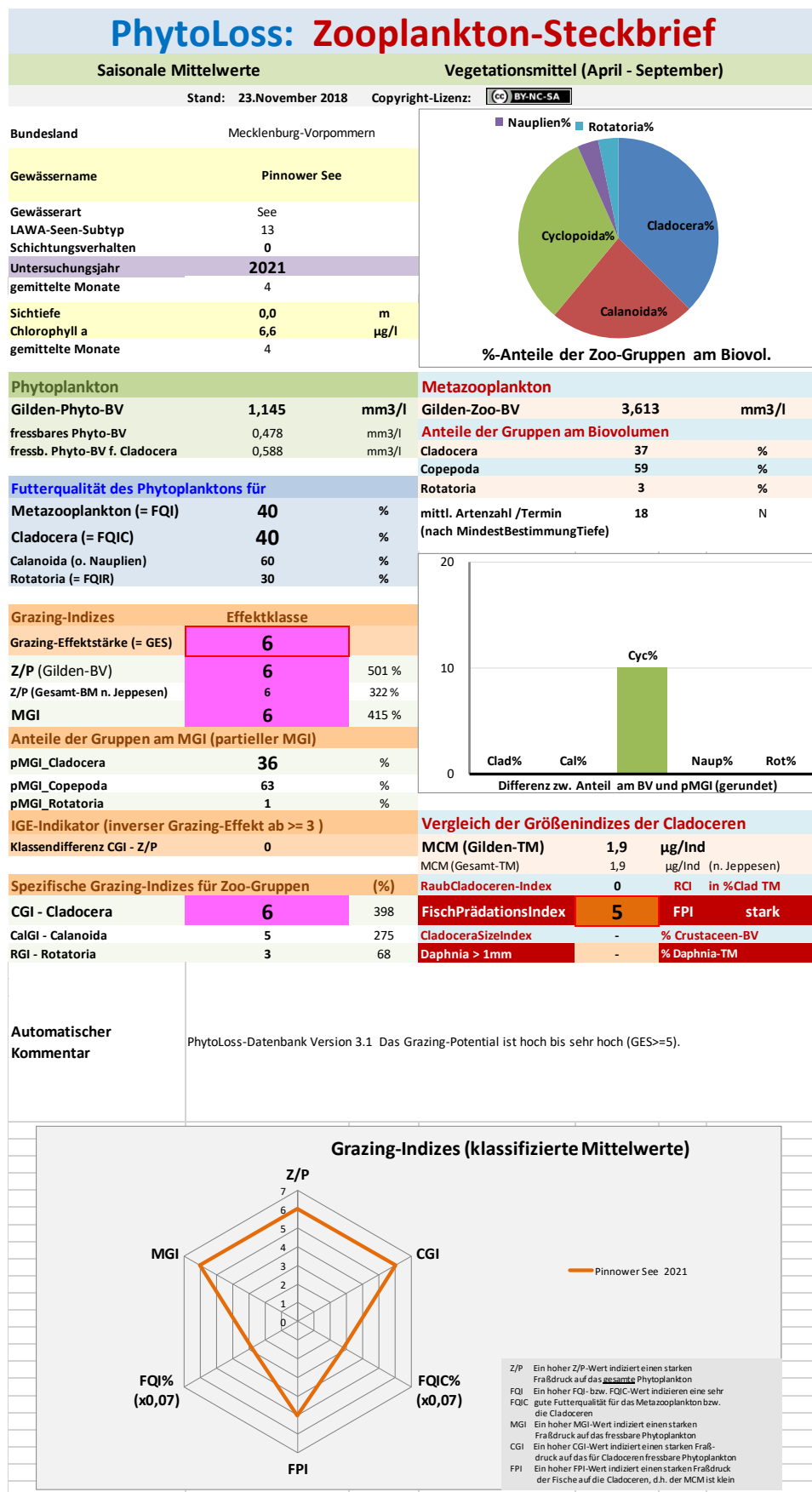


Abb.5.3-12: Steckbrief mit gemitteltem Radardiagramm des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 1 nach PhytoLoss 3.1 (2021)

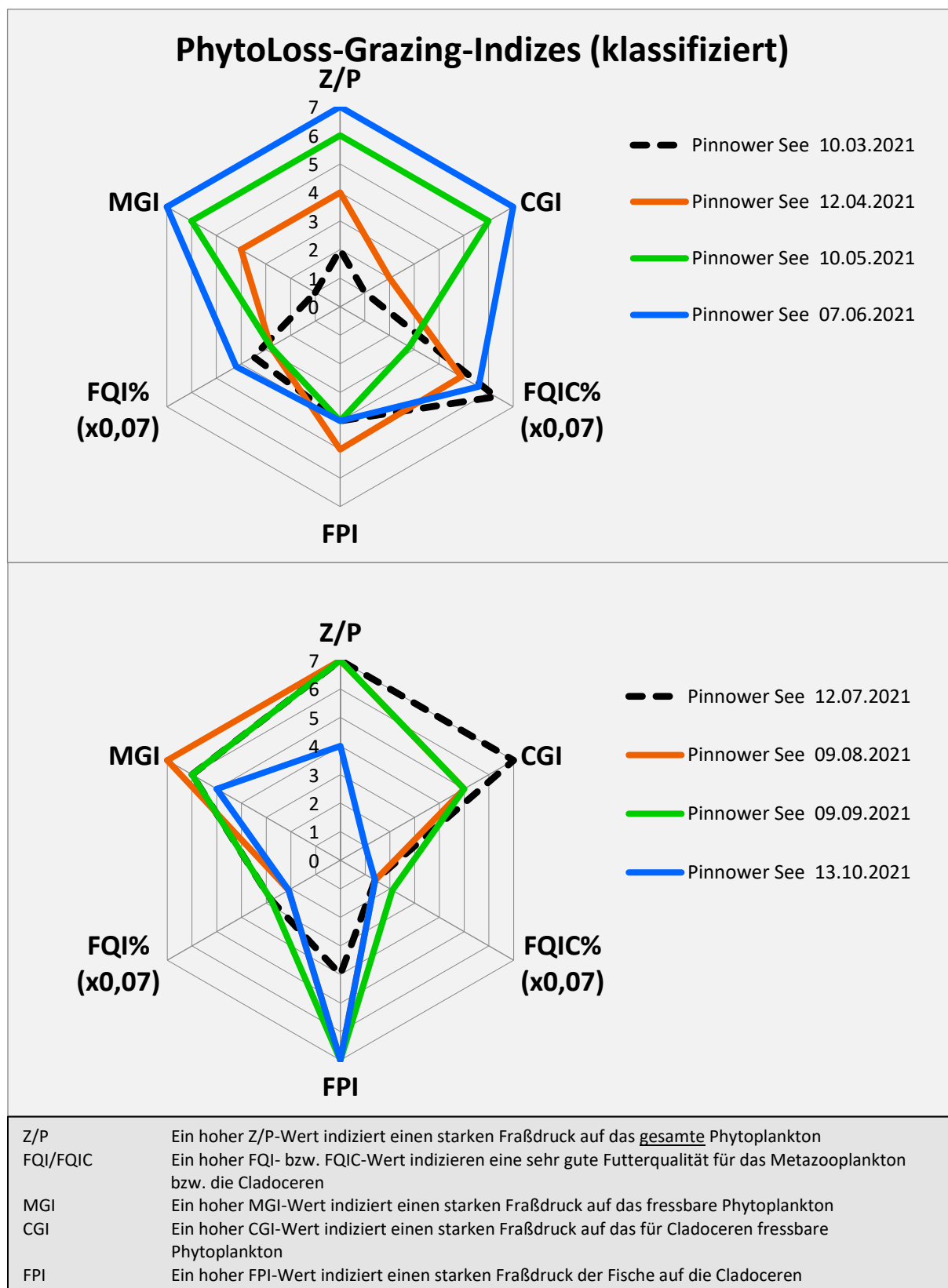


Abb.5.3-13: Einzelwerte der Radardiagramme des Zooplanktons im Pinnower See an Mess-stelle 1 nach PhytoLoss 3.1 (2021)

An Messstelle MST1 lag im März noch kein nennenswerter Fraßdruck, außer durch Rotatorien (Z/P), auf das gesamte Phytoplankton vor. Die Futterqualität (fressbares Phytoplankton für das Metazooplankton) für Copepoden (FQI) und vor allem für die Cladoceren (FQIC) war jedoch bereits hoch. Im April zeigte sich dann eine Entwicklung der Copepoden, der Fraßdruck auf das Phytoplankton (MGI) stieg, die Cladocerenentwicklung blieb hingegen noch zurück (niedriger CGI). Im Mai waren dann die Cladoceren bereits stark entwickelt und übten (hoher CGI), wie auch die Copepoden (hoher MGI) mit den Rotatorien, insgesamt einen hohen Fraßdruck auf das gesamte Phytoplankton (Z/P) aus. Die Futterqualität für die Copepoden (FQI), aber vor allem auch für die Cladoceren (FQIC), stieg im Juni nochmals deutlich an. Das Grazing-Potential (Z/P, MGI, CPI) erreichte einen Höchstwert und das gesamte fressbare Phytoplankton wurde im Prinzip komplett dezimiert (Klarwasserstadium!). Das zeigte sich dann dramatisch im Juni bei immer noch höchstem Grazing-Potential (Z/P) aber bereits völlig kollabierter Futterqualität (vor allem FQIC), es war schlicht kein fressbares Phytoplankton (für Cladoceren) mehr vorhanden. Der Bestand an Cladoceren kollabierte in Folge und auch die Copepoden wurden signifikant weniger. Im August wurde dann die Biomasse maßgeblich, äußerst ungewöhnlich, fast komplett von Rotatorien gestellt! Die Futterqualität (FQI) blieb niedrig, der Fraßdruck hoch. Das fressbare Phytoplankton wurde praktisch weiterhin sofort konsumiert. Im September erholte sich das Phytoplankton etwas und die Futterqualität stieg leicht. Auch die Biomasse der Cladoceren und Copepoden stieg wieder, der Fraßdruck (MGI bzw. CGI) blieb demzufolge hoch. Im Oktober sank die Futterqualität (FQI) allgemein, der Cladocerenbestand bzw. Fraßdruck der Cladoceren sank erneut (CGI=1), während die Copepoden und Rotatorien noch einen mittleren/hohen Fraßdruck (Z/P=4, MGI=5) ausübten.

Der Fisch-Prädations-Index (FPI) stieg von einem mäßigen Wert (4) bis zum Herbst (7) stark an. Das zeigte sich auch in der Zusammensetzung des Artspektrums der Cladoceren. Es existierten nur kleinere Arten (*Daphnia cucullata*, noch vor *Daphnia longispina*). Auf Grund der aufgezeigten Nahrungsdynamik ist die Fischprädation aber vermutlich nur im Herbst ein größerer Faktor für die Cladocerenentwicklung. Zudem können sich die Cladoceren an der tiefsten Messstelle tagsüber der Fischprädation gut entziehen.

Automatischer Kommentar des PhytoLoss Programms zur Berechnung:

Das Grazing Potential ist hoch bis sehr hoch (Grazing Effekt Stärke ≥ 5)

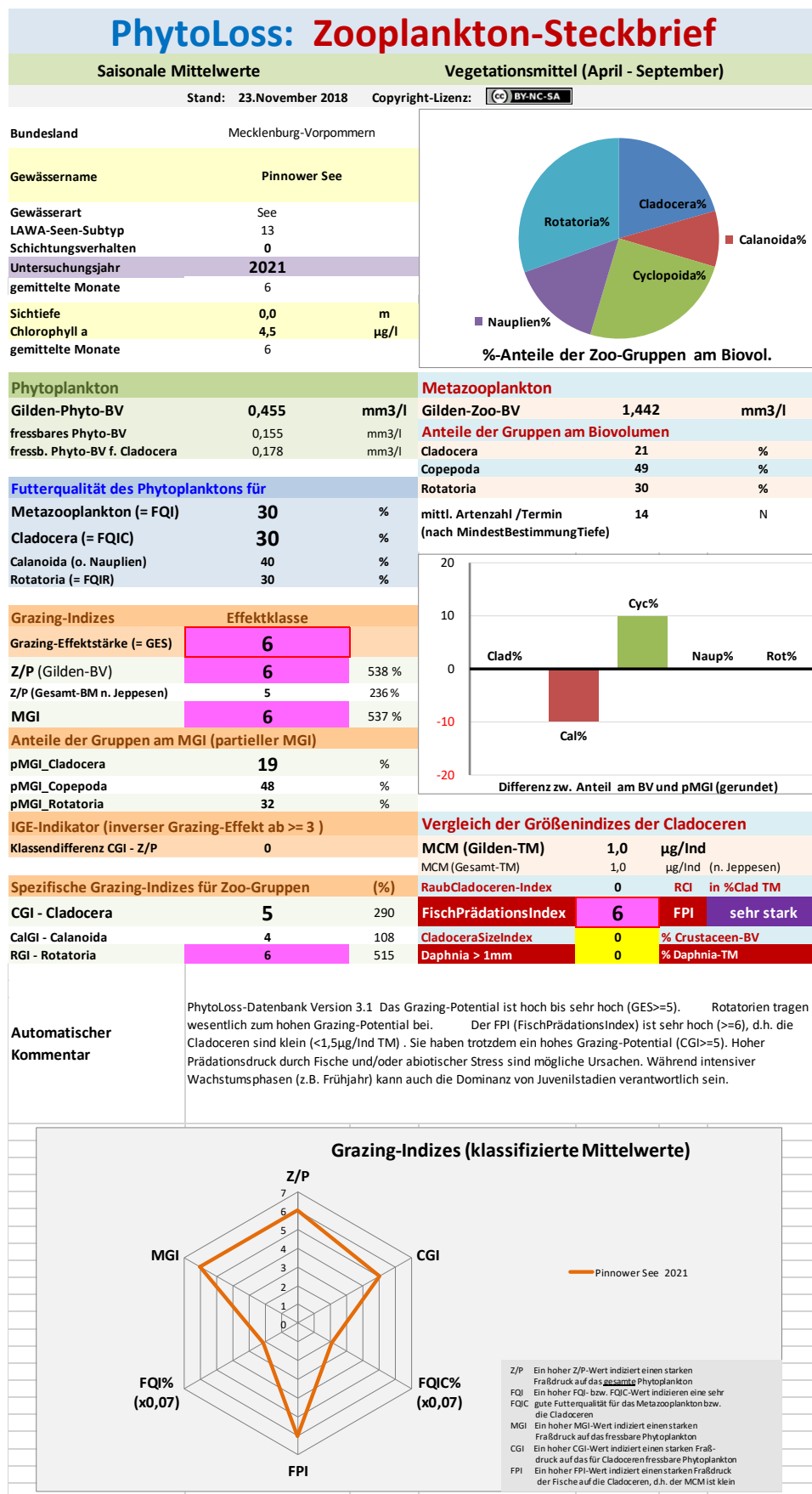


Abb.5.3-14: Steckbrief mit gemitteltem Radardiagramm des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 2 nach PhytoLoss 3.1 (2021)

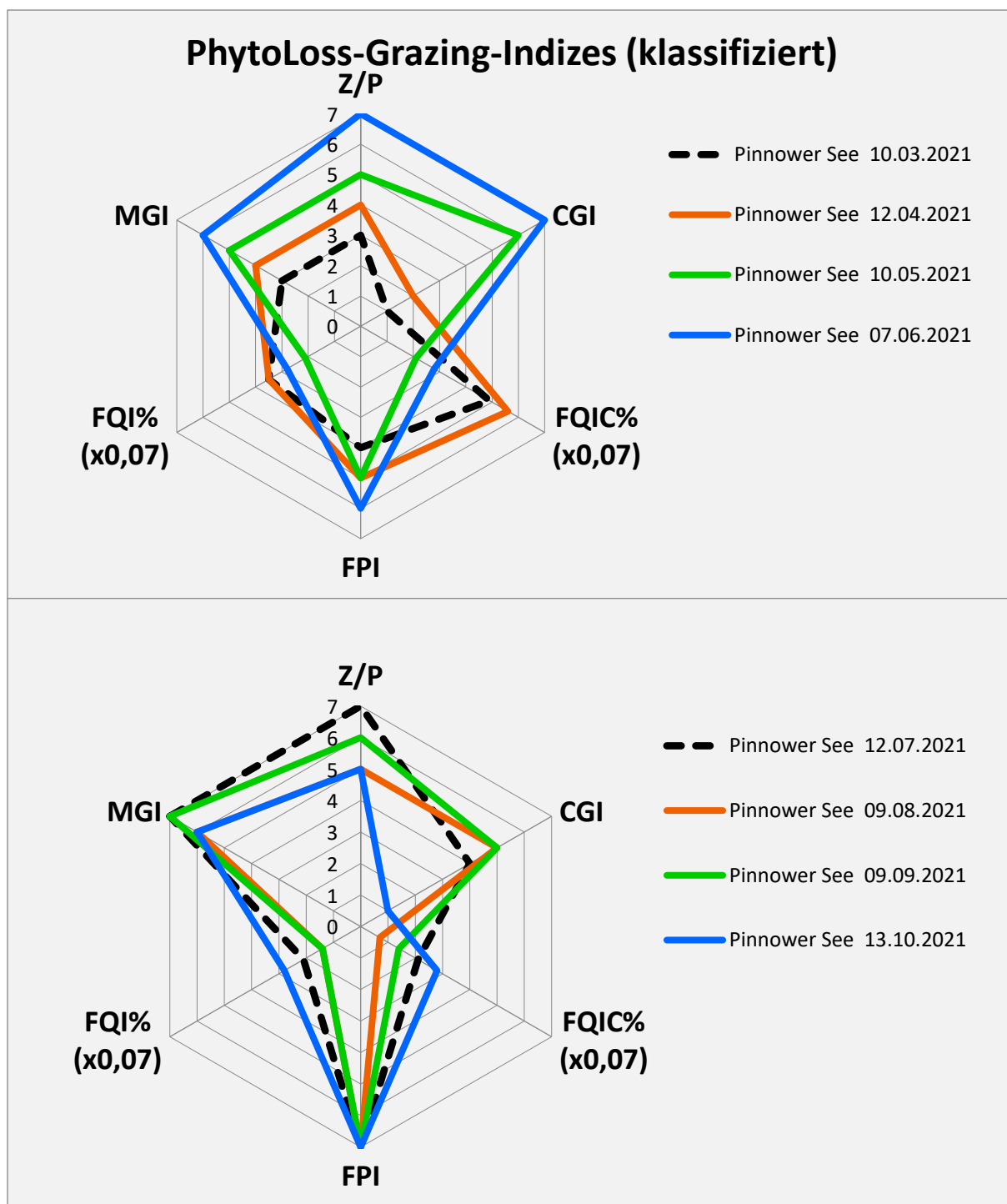


Abb.5.3-15: Einzelwerte der Radardiagramme des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 2 nach PhytoLoss 3.1 (2021)

Messstelle MST2 unterschied sich im Vergleich zu den anderen Messstellen insofern, dass es sich hier um ein flaches Nebenbecken (Kirchsee) handelt in dem eine etwas andere Plankton-dynamik vorherrschte. Im März war auch hier noch kein nennenswerter Fraßdruck auf das Phytoplankton durch die Cladoceren (CGI) erkennbar, die Nahrungsqualität war jedoch sehr gut (FQIC). Das Grazing-Potential (Z/P) bildeten vor allem die Rotatorien und Copepoden. Auch

im April hatte sich trotz noch höherer Futterqualität für die Cladoceren (FQIC) noch kein starker Fraßdruck (CGI) ausgebildet. Erst im Mai startete die Cladocerenentwicklung und der Fraßdruck (CGI) stieg, die Futterqualität (FQI/FQCI) sank ab (möglicherweise war das für das Metazooplankton fressbare Phytoplankton zur Zeit der Probennahme schon größtenteils konsumiert). Im Juni stieg die Futterqualität allerdings wieder leicht an (FQI/FQIC). Das Grazing-Potential (Z/P) erreichte einen Höhepunkt, der Fraßdruck der Cladoceren (CGI) ebenfalls und auch die Copepoden (MGI) trugen maßgeblich dazu bei. Im Juli gingen die Cladoceren (Biomasse) stark zurück und der Fraßdruck (CGI) sank entsprechend. Die Copepoden und Rotatorien übten jedoch noch einen hohen Fraßdruck aus (MGI, Z/P). Im August zeigte sich dann, dass das für Cladoceren fressbare Phytoplankton praktisch vollständig konsumiert wurde (FQIC=1). Auch die Futterqualität (FQI; fressbares Phytoplankton) für Copepoden und Rotatorien ging stark zurück, während folglich auch der Fraßdruck (Z/P, MGI) sank. Die Biomasse der Rotatorien stieg an MST2 im August nicht in vergleichbarem Maße wie an MST1. Im September blieb die Futterqualität (FQI/FQIC) niedrig, der Fraßdruck (Z/P, MGI, CPI) war jedoch recht hoch, so dass praktisch das verfügbare fressbare Phytoplankton sofort konsumiert wurde. Im Oktober brach der Cladocerenbestand dann fast vollständig zusammen und damit der Fraßdruck auf das für Cladoceren fressbare Phytoplankton (CGI=1). Die Futterqualität (FQI/FQIC) (Erholung des fressbaren Phytoplanktons) erhöhte sich infolge. Die Rotatorien trugen im Oktober maßgeblich zum weiter recht hohen Grazing-Potential (Z/P) bei.

Die Prädation durch Fische (FPI) war an MST2 recht hoch. Schon im Frühjahr wies der FPI einen hohen Wert von 4-5 (März-Mai) aus. Im Juni stieg der FP-Indexwert auf 6 und in den restlichen Monaten lag dieser auf dem höchsten Indexwert von 7. Damit war der FPI über den gesamten Zeitraum gesehen im flachen Seeteil höher als an MST1 und MST3. Die Artzusammensetzung bzw. das Auftreten von eher kleineren Arten war ähnlich wie an MST1. Ursache dafür ist sehr wahrscheinlich, dass die Phyllopoden hier nicht die Möglichkeit haben sich tagsüber im Tiefenwasser vor Fischen zu verstecken. Der zum Teil dichtere Bestand an submersen Makrophyten im flachen Seeteil (Kirchsee) scheint hier keine so große Wirkung als Rückzugsraum zu haben. Die beschriebene Dynamik des Nahrungsangebots vs. Cladocerenentwicklung wird hier im Gegensatz zu MST1 vermutlich auch stärker durch die Fischprädation beeinflusst.

Automatischer Kommentar der PhytoLoss Programms zur Berechnung:

Das Grazing-Potential ist hoch bis sehr hoch (Grazing Effekt Stärke ≥ 5). Rotatorien tragen wesentlich zum hohen Grazing-Potential bei. Der FPI (Fisch-Prädations-Index) ist sehr hoch (≥ 6), d.h. die Cladoceren sind klein ($< 1,5 \mu\text{g}/\text{Ind TM}$). Sie haben trotzdem ein hohes Grazing-Potential (CGI ≥ 5). Hoher Prädationsdruck durch Fische und/oder abiotischer Stress sind mögliche Ursachen. Während intensiver Wachstumsphasen (z.B. Frühjahr) kann auch die Dominanz von Juvenilstadien verantwortlich sein.

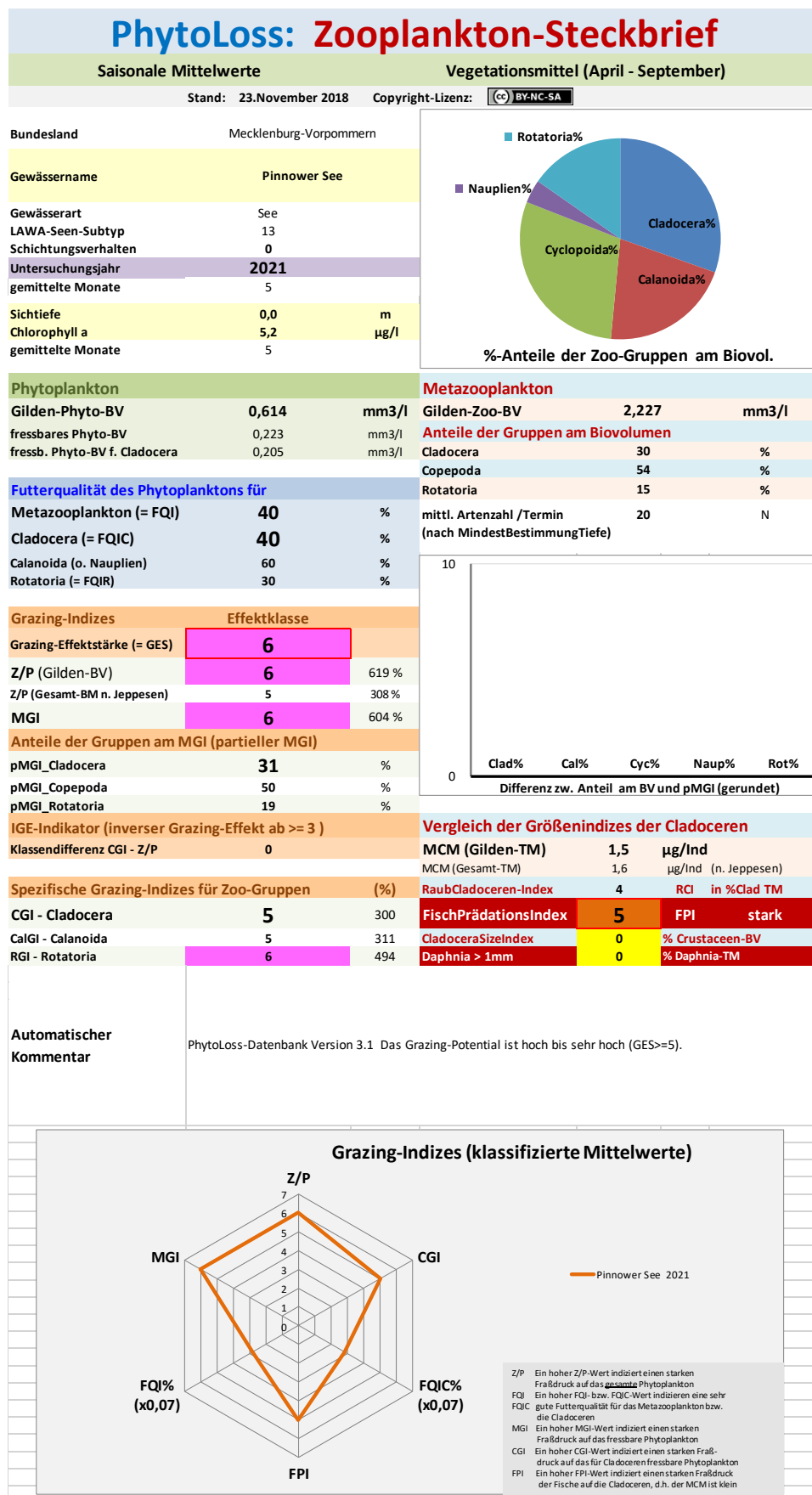


Abb.5.3-16: Steckbrief mit gemitteltem Radardiagramm des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 3 nach PhytoLoss 3.1 (2021)

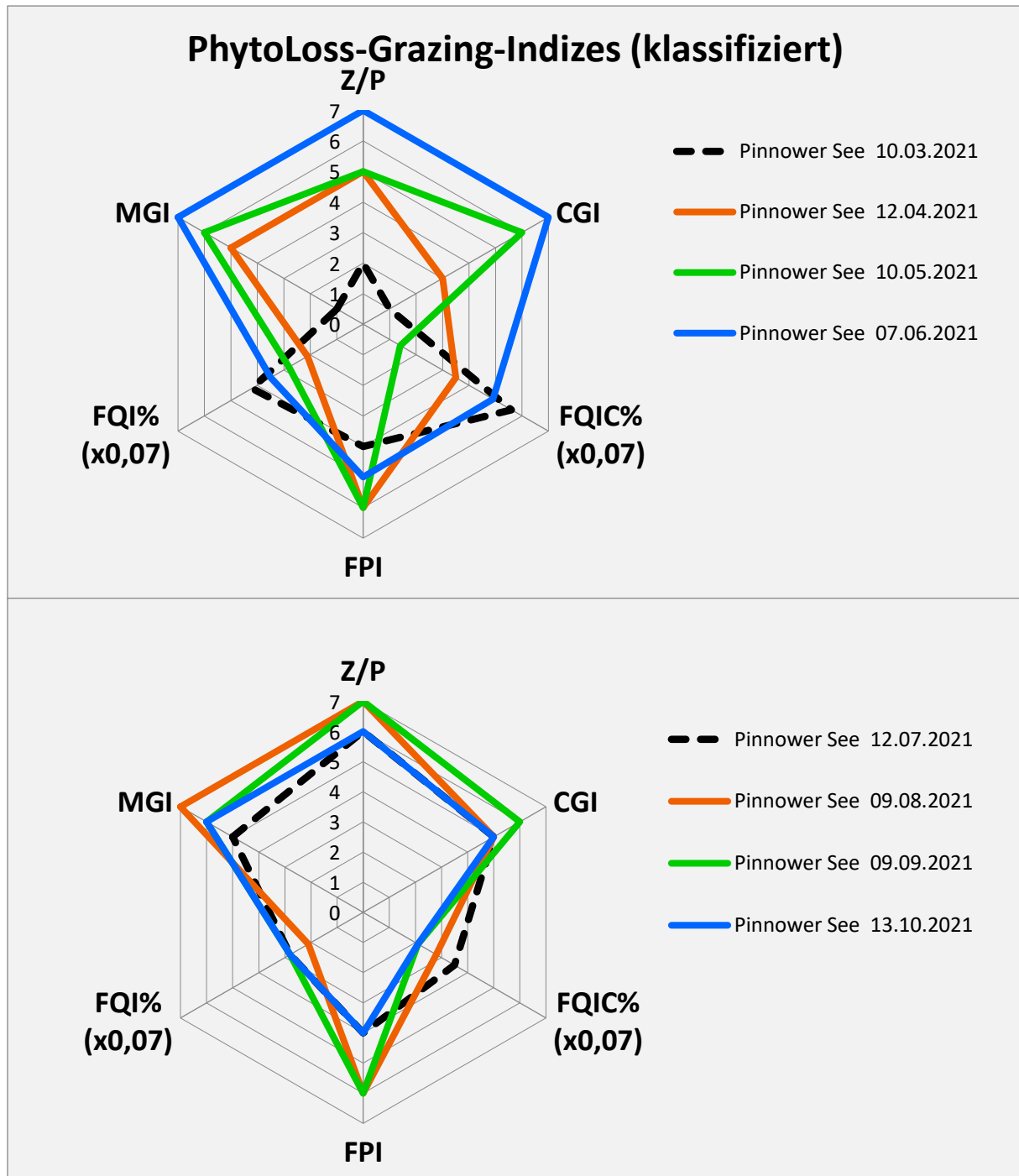


Abb.5.3-17: Einzelwerte der Radardiagramm des Zooplanktons im Pinnower See an Messstelle 3 nach PhytoLoss 3.1 (2021)

An Messstelle MST3 war im März die Futterqualität (FQI/FQIC) für das Metazooplankton bereits hoch. Das Grazing-Potential (Z/P) war jedoch noch niedrig, wobei die Rotatorien den höchsten Anteil daran hatten. Im April begann auch an MST3 die Entwicklung der Cladoceren und auch der Fraßdruck durch Copepoden (MPI) auf das Phytoplankton stieg. Im Mai setzte sich diese Entwicklung fort, der Fraßdruck auf das Phytoplankton durch die Cladoceren (CGI) und die Copepoden (MGI) stieg weiter an. Die Futterqualität (FQI/FQIC) bzw. das verfügbare

fressbare Phytoplankton nahm dabei ab. Im Juni erreichte das Grazing-Potential durch Rotatorien, Copepoden und Cladoceren (Z/P, CGI, MGI) einen Höhepunkt. Auch die Futterqualität war wieder hoch (FQI/FQIC), anders als an MST2 (flachste Messstelle, Kirchsee), aber ähnlich wie an MST1. Im Juli nahm das Grazing-Potential (Z/P, CGI; MGI) insgesamt wieder etwas ab und auch der Anteil des fressbaren Phytoplanktons (FQI/FQIC) ging etwas zurück. Im August stieg der Grazing-Anteil der Copepoden (MGI) und der Rotatorien, im Vergleich zu den Cladoceren (CGI) deutlicher, erneut auf einen Höchstwert. Die Futterqualität (FQI) sank, in Folge des starken Fraßdrucks, gleichzeitig weiter ab. An MST3 sank allerdings die Biomasse der Cladoceren und Copepoden im August nicht in gleicher Weise ab wie an MST2 (flachste Messstelle). Das Grazing-Potential der Cladoceren (CGI) stieg im September nochmals an, ansonsten blieb die Futterqualität (FQI/FQIC) gering. Anders als an MST1 und MST2 war an MST3 im Oktober kein deutlicher Einbruch der Cladocerenpopulation (CGI=5) zu verzeichnen und auch die Copepoden waren noch stark vertreten (MGI=6). Über den Untersuchungszeitraum gestaltete sich auch die Fischprädation (FPI) etwas anders als an den beiden anderen Messstellen. Der Fraßdruck durch Fische nahm zwar auch über den Frühling bis in den Sommer zu, erreichte aber keinen Höchstwert und nahm auch im Herbst wieder deutlicher ab (FPI=4). Auch hier gilt, dass sich die Cladoceren tagsüber im Tiefenwasser aufhalten können, um dem Fraßdruck zu entgehen (vgl. MST1). Über das Jahr war das Tiefenwasser im Pinnower See generell bis in etwa 9-10 m Wassertiefe immer ausreichend belüftet ($> 0,5 \text{ mg/l O}_2$).

Automatischer Kommentar des PhytoLoss-Programms zur Bewertung:

Das Grazing-Potential ist hoch bis sehr hoch (Grazing Effekt Stärke ≥ 5)

Entwicklung der Planktongemeinschaft

Zur Entwicklung des Phytoplanktons liegen Daten seit dem Jahr 1992 vor (MKLLU M-V, Seenprogramm). Da vor allem bei früheren Jahren weniger Probenahmeterminale vorliegen wurde jeweils der saisonale Mittelwert der Algenklassen dargestellt. Gut vergleichen lassen sich zudem nur die Hauptmessstelle MST1 (Hauptsee; Abb.5.3-18) und die Messstelle MST2 im flachen Kirchsee. Im Kirchsee liegen seit 1994 Daten vor (Abb.5.3-19). An MST1 ist zu erkennen, dass sich die mittlere saisonale Biomasse über die Jahre stetig verringert hat. Die höchste Biomasse wurde im Jahr 1997 erreicht, sowohl im Hauptsee ($> 4,5 \text{ mm}^3/\text{l}$) als auch im Kirchsee ($> 5 \text{ mm}^3/\text{l}$). Für den Seetyp (13) gilt eine mittlere saisonale Biomasse von $< 1,1 \text{ mm}^3/\text{l}$ als Referenzniveau. An der Messstelle MST1 im Hauptsee wurde dieses Niveau 2019 erstmals erreicht, im Jahr 2015 und 2021 lag die Biomasse nur geringfügig darüber. Im Kirchsee (MST2) lag die Biomasse bereits 2011 nahe am Referenzniveau. Dieses wurde dann 2015 erstmals und auch 2021 wieder unterschritten (die Daten aus 1994 sind hier auf Grund weniger Probenahmeterminale nicht repräsentativ). Erfreulich ist die Entwicklung bei der Zusammensetzung des Phytoplanktons. Der hohe Anteil an Blaualgen, noch bis ins Jahr 2006, ist merklich zurückgegangen. Auch die Cryptophyceae zeigen sinkende Anteile. Die Dinophyceae neigen wie in früheren Jahren teilweise noch zur Blütenbildung (vgl. 2019). Dasselbe gilt für die Diatomeen (vgl. 2021), wenngleich beide Algenklassen auf Grundlage der jeweiligen Biomassen doch

ebenfalls deutlich geringer vertreten waren. Die Chrysophyceae waren in den Jahren 2019 und 2021 wieder etwas unterrepräsentiert. Ihr Anteil lag in den Jahren 2009 und auch 2015 im See noch etwas höher. Insgesamt verläuft die Entwicklung positiv, die letzte Erhebung aus 2021 zeigt aber wieder erste Warnzeichen, z.B. Neigung zur Blütenbildung und leichtes Ansteigen der mittleren saisonalen Biomasse. So zeigte sich das Phytoplankton im Jahr 2021, wenn auch knapp, im Hauptsee als nur in einem „mäßigen“ Zustand.

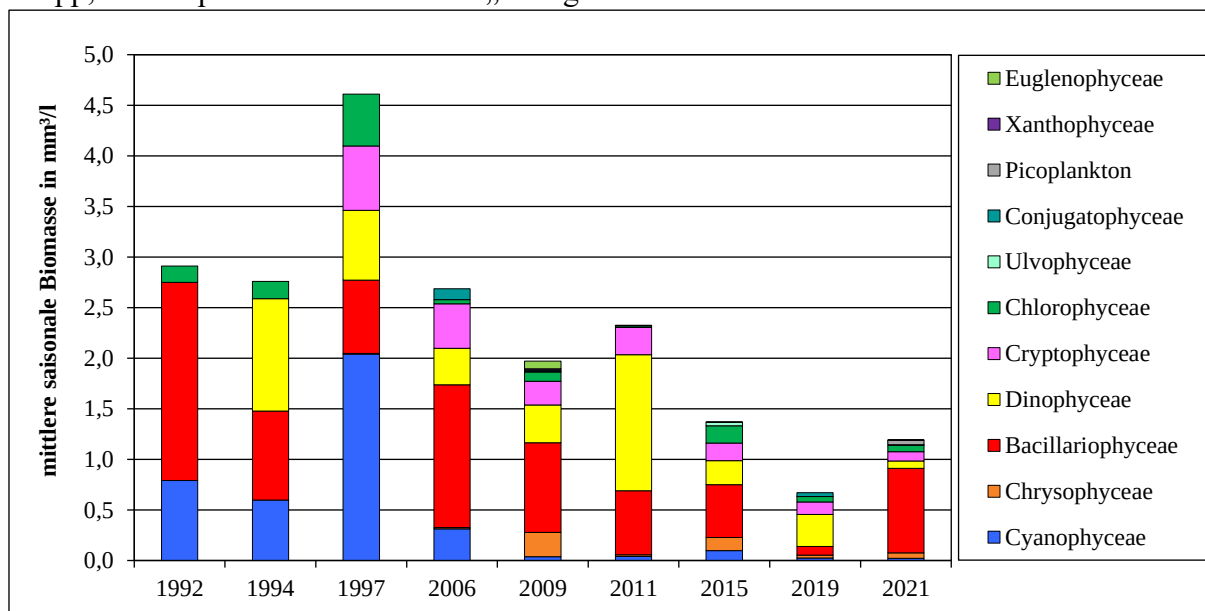


Abb.5.3-18: Entwicklung des Phytoplanktons (mittlere saisonale Biomasse) seit 1992 im Hauptsee (MST1)

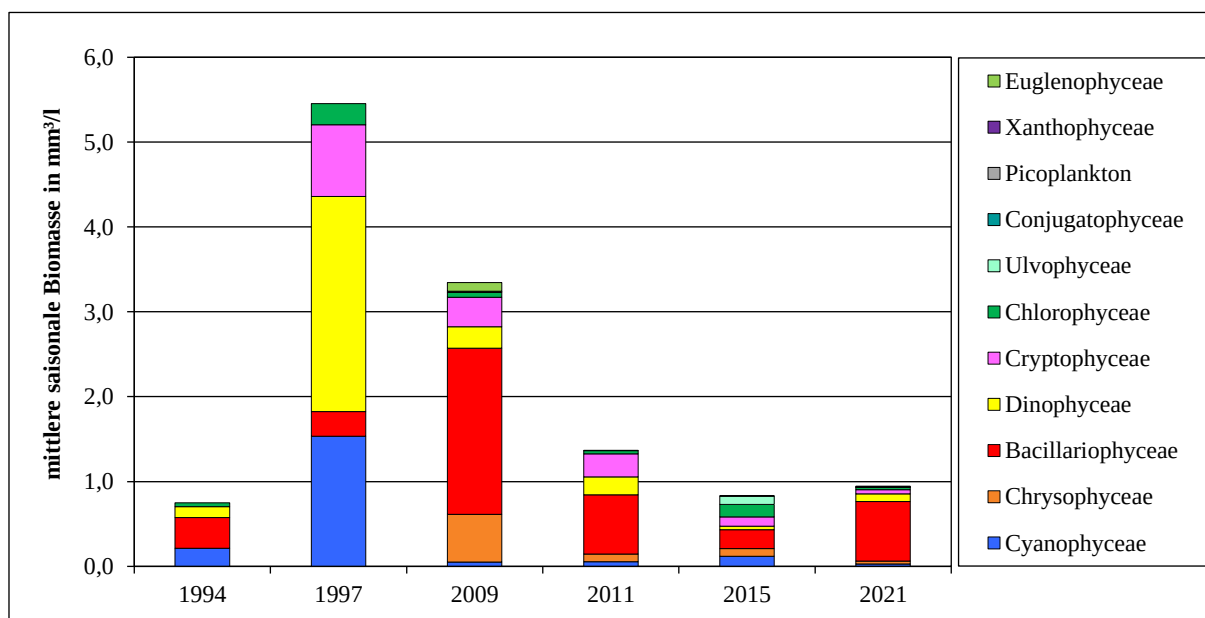


Abb.5.3-19: Entwicklung des Phytoplanktons (mittlere saisonale Biomasse) seit 1994 im Kirchsee (MST2)

Für das Zooplankton liegen Daten für den Hauptsee aus den Jahren 1992, 1994 und 1997 vor, für den Kirchsee von 1994 und 1997. Es wird auf Grund der Vergleichbarkeit (u.a. unterschiedliche Anzahl an Probenahmeterminen) hier die mittlere saisonale Biomasse an den Seemessstellen dargestellt (Abb.5.3-20). Es existiert eine große Datenlücke zu den aktuellen Erhebungen aus 2021, was den direkten Vergleich weiter erschwert. Auffällig ist die niedrige Biomasse an beiden Messstellen im Jahr 1997 ($< 1 \text{ mg/l}$), im Vergleich zeigte in diesem Jahr das Phytoplankton die höchsten Biomassen (Abb.5.3-18 und Abb.5.3-19). Die Biomasse war im Hauptsee im Jahr 2021 im Vergleich zu den Vorjahren deutlich höher, im Kirchsee hingegen lag sie niedriger als im Jahr 1994. Auffällig ist, dass der Anteil an Phyllopoden (Cladoceren) vor allem im Hauptsee stark zugenommen hat, lässt man die große Zeitspanne außer Acht. Die Copepoden sind hingegen gegenüber früheren Jahren (1992/1994) im Hauptsee nur geringfügig zurückgegangen und scheinen in ihrem Anteil recht stabil. Die Rotatorien stellten, wie für einen nährstoffarmen (oligo-mesotrophen) See typisch, in den Untersuchungsjahren nur geringe Biomasseanteile. Die unterschiedlich hohen Biomasseanteile der Phyllopoden im Jahr 2021 in den beiden Seeteilen weist vermutlich auf einen etwas höheren Fraßdruck durch Fische im Kirchsee als im Hauptsee hin.

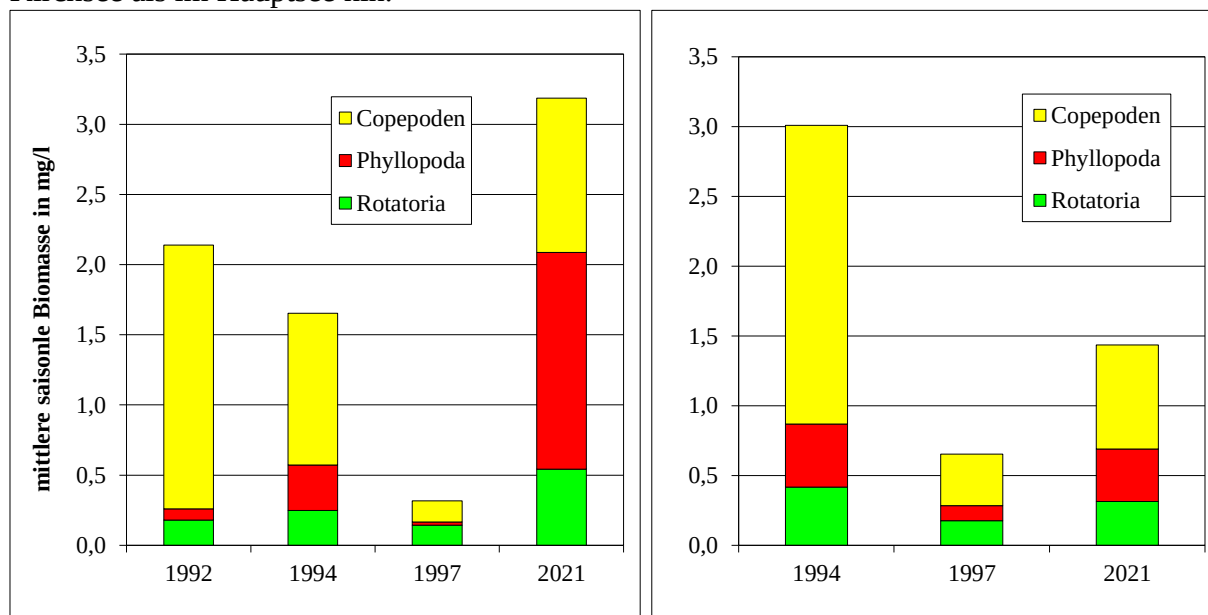


Abb.5.3-20: Entwicklung des Zooplanktons (mittlere saisonale Biomasse) seit 1992 im Hauptsee (MST1; links) bzw. seit 1994 im Kirchsee (MST2; rechts)

5.3.3 MAKROPHYTEN

5.3.3.1 METHODEN

Im Pinnower See wurde die Kartierung im Jahr 2019 im Gegensatz zu Voruntersuchungen aus den Jahren 2009, 2011, 2016 und 2018 nicht mittels Transekten, sondern, wie in der Leistungsbeschreibung vorgegeben, entsprechend dem Verfahren der Übersichtskartierung an ausgewählten Probestationen (Z1-Z31) durchgeführt.

Die Aufnahme der Makrophyten im Jahr 2019 erfolgte am 29.07. und 30.07. an 31 über den See verteilten, ufernahen Stationen (Abb.5.3-21) mittels Teleskopharke, Echolot, Krautanker und Sichtrohr; teilweise wurden Tauchgänge durchgeführt.



Abb.5.3-21: Lage der hinsichtlich der Makrophyten untersuchten Stationen im Pinnower See 2019 sowie Verteilung der Characeenrasen im See

Die taxonomische Ansprache der Arten erfolgte nach ROTHMALER et al. (2002) bzw. KRAUSCH (1996). Weiterhin wurde der Bestimmungsschlüssel von VAN DEN WEYER & SCHMIDT (2012) verwendet.

Als See des Typs 13 kann im natürlichen Zustand ein Bewuchs des Pinnower Sees mit submersen Wasserpflanzen bis in Tiefen von 10,0 m erwartet werden. Dabei sind insbesondere Characeenarten, welche häufig auch die untere Verbreitungsgrenze darstellen und großflächige Rasen ausbilden können, charakteristisch.

5.3.3.2 ERGEBNISSE 2019

Es wurden an fast allen Probestationen (Ausnahme bildet die Station Z6) submerse Makrophyten vorgefunden, wobei die untere Verbreitungsgrenze zwischen 5,20 m und 6,30 m Wassertiefe lag. Im südöstlichen Seeteil sowie an der Südspitze der südlichen Insel im See (Flakenwerder) und in der östlich gelegenen Bucht konnten großflächige Characeenrasen nachgewiesen werden (vgl. Abb.5.3-21).

Die Artenvielfalt der Characeen war mit 5 vorkommenden Arten relativ hoch. Auch insgesamt war der Bestand an submersen Wasserpflanzen und Schwimmblattpflanzen im Pinnower See mit 24 Arten sehr divers ausgebildet (Tab.5.3-2). Mit 11 Arten auf der Roten Liste M-V (Characeen: Stand 10/2015, Höhere Pflanzen: Stand 03/2005) lag auch der Anteil an besonders geschützten Arten sehr hoch. Hervorzuheben sind die Vorkommen der beiden vom Aussterben bedrohten Froschlöffelarten *Alisma gramineum* und *Alisma lanceolatum* (beide Rote Liste M-V: 1). In Tab.5.3-3 sind das Vorkommen der einzelnen Makrophytenarten und ihre relativen Häufigkeiten an den einzelnen Probestationen dargestellt.

Tab.5.3-2: Liste der im Pinnower See 2019 nachgewiesenen Makrophyten

Taxa	Habitus*	Rote Liste M-V (2005/2015)
<i>Alisma gramineum</i>	e	1
<i>Alisma lanceolatum</i>	e	1
<i>Callitriche hermaphrodita</i>	s	
<i>Carex riparia</i>	e	
<i>Ceratophyllum demersum</i>	s	
<i>Chara contraria</i>	s	
<i>Chara globularis</i>	s	
<i>Chara tomentosa</i>	s	3
<i>Chara virgata</i>	s	
<i>Chara vulgaris</i>	s	
<i>Elodea canadensis</i>	s	V
<i>Fontinalis antipyretica</i>	s	3
<i>Lemna trisulca</i>	s	
<i>Myriophyllum spicatum</i>	s	V
<i>Najas marina</i> spp. <i>intermedia</i>	s	2
<i>Nitellopsis obtusa</i>	s	3
<i>Nuphar lutea</i>	f-sb	
<i>Nymphaea alba</i>	f-sb	
<i>Phragmites australis</i>	e	
<i>Potamogeton friesii</i>	s	2
<i>Potamogeton lucens</i>	s	
<i>Potamogeton pectinatus</i>	s	
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	s	
<i>Potamogeton pusillus</i>	s	3
<i>Potamogeton x salicifolius</i>	s	
<i>Ranunculus circinatus</i>	s	
<i>Sagittaria latifolia</i>	e	
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	e	
<i>Sparganium erectum</i>	e	
<i>Utricularia vulgaris</i>	s	3
<i>Vaucheria</i> spp.	s	

* e = emers (aufgetaucht) – Wasserpflanzen, die ganz oder teilweise über die Wasseroberfläche hinauswachsen

s = submers (abgetaucht) – Wasserpflanzen, die ganz untergetaucht im Wasser wachsen

f-sb = Schwimmblattpflanzen

Tab.5.3-3: Relative Häufigkeit der vorgefundenen Makrophytenarten an den Probestationen Z1 bis Z31 im Pinnower See 2019

	Station																															
Art	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18	Z19	Z20	Z21	Z22	Z23	Z24	Z25	Z26	Z27	Z28	Z29	Z30	Z31	Präsenz
Alisma gramineum							2											2														4
Alisma lanceolatum												4																	2			6
Callitriche hermaphroditica												3																	2			5
Carex riparia	2																															2
Ceratophyllum demersum	2							2	2		3	2	2					2	3	2	3		4	2							4	33
Chara contraria																				2		2		3		4	4			4	2	21
Chara globularis			2										2			2				2		3					3		2		2	18
Chara tomentosa																														4		4
Chara virgata								3																							2	5
Chara vulgaris																				2												2
Elodea canadensis				2								3																				5
Fontinalis antipyretica			3						2				3																3			11
Lemna trisulca												2				2																4
Myriophyllum spicatum												2						2														4
Najas marina spp. intermedia													2				2		3	3		3			4	3	3	2				25
Nitellopsis obtusa								5												4	4	3	2	4								22
Nuphar lutea	3	2	3		3									3		3	3	3										2	4			29
Nymphaea alba	2													2		3			4													11
Phragmites australis					2					2				2																		6
Potamogeton friesii																2																2
Potamogeton lucens		4	3													4	3											4				18
Potamogeton pectinatus																2		2	3			2		2			2					13
Potamogeton perfoliatus	3								3	3		2	2		3		2	3	3													24
Potamogeton pusillus																													2			2
Potamogeton x salicifolius	3																															3

Fortsetzung Tab.5.3-3

	Station																																
Art	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18	Z19	Z20	Z21	Z22	Z23	Z24	Z25	Z26	Z27	Z28	Z29	Z30	Z31	Präsenz	
<i>Ranunculus circinatus</i>			2										2					3														7	
<i>Sagittaria latifolia</i>	2																	3														5	
<i>Schoenoplectus lacustris</i>						4								2					4													10	
<i>Sparganium erectum</i>	2																															2	
<i>Utricularia vulgaris</i>	2		2					3			2		2							2	4	2			4		2			3	2	30	
<i>Vaucheria</i> spp.							5				4				4								4								4	21	

1 – vereinzelt; 2 – selten; 3 – mäßig; 4 – häufig; 5 – massenhaft

Der Uferbewuchs und der Schilfgürtel waren ebenfalls artenreich ausgebildet. Zu den häufigsten Arten gehörten *Phragmites australis*, *Schoenoplectus lacustris*, *Sparganium erectum*, *Sagittaria latifolia* und *Carex riparia*. Die mosaikartig verteilten Schwimmblattzonen im See bestanden aus *Nymphaea alba* sowie *Nuphar lutea* (Abb.5.3-22).



Abb.5.3-22: Makrophyten im Pinnower See (links – Ufersegge mit vorgelagerter Schwimmblattzone (*Nymphaea alba*); rechts – Laichkräuter (*Potamogeton perfoliatus* und *Potamogeton lucens*) im Flachwasser)

Vor allem das großflächige Auftreten der Characeen zeigt einen guten ökologischen Zustand an, da viele Characeenarten nährstoffarme Gewässer bevorzugen, die hohe Sichttiefen aufweisen. Aber auch die Anzahl der submersen Makrophytenarten von insgesamt 22 weist beim Pinnower See auf einen guten Entwicklungszustand der Makrophytengemeinschaft hin. Als häufigste Vertreter der submersen Makrophyten sind hier vor allem die Gattungen und Arten *Vaucheria* spp., *Ceratophyllum demersum*, *Chara contraria*, *Utricularia vulgaris* (Rote Liste M-V: 3), *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton lucens*, *Nitellopsis obtusa* (Rote Liste M-V: 3) sowie *Najas marina* spp. *intermedia* (Rote Liste M-V: 2) zu nennen. Insbesondere die Laichkrautbestände waren beeindruckend (Abb.5.3-24). Abb.5.3-23 zeigt Fotos weiterer im Pinnower See vorkommender submerser Makrophyten.



Abb.5.3-24: Gut ausgebildeter Bestand des Leuchtenden Laichkrauts *Potamogeton lucens* am Nordostufer (Z28)



Abb.5.3-23: Auswahl einiger im Pinnower See vorkommender Makrophyten (oben links – Massenvorkommen von *Nitellopsis obtusa* an Z8; oben rechts – Raues Hornblatt *Ceratophyllum demersum* und Quellmoos *Fontinalis antipyretica*; unten links – Raues Hornblatt *Ceratophyllum demersum*, Armleuchteralge *Nitellopsis obtusa* und Gemeiner Wasserschlauch *Utricularia vulgaris*; unten rechts – submerse Blätter des Grasblättrigen Froschlöffel *Alisma gramineum* an Z18)

5.3.3.3 VERGLEICH MIT VORHERGEHENDEN UNTERSUCHUNGEN

Auffallend ist zunächst die Diversität der Characeen, die in den vorhergehenden Kartierungen 2009 bis 2018 noch nicht in dieser Vielfalt dokumentiert wurde. Neben *Chara globularis*, die auch 2011 und 2018 nachgewiesen wurde, *Chara tomentosa* mit Nachweis von 2009 und *Chara virgata* von 2018, konnten im Jahr 2019 zusätzlich Nachweise für die Arten *Chara contraria* und *Chara vulgaris* erbracht werden. Hingegen wurde die im Jahr 2016 vorgefundene Art *Chara delicatula* nicht angetroffen. Das größte Vorkommen der Characeen im See ist in den vorherigen Untersuchungen, wie auch im Jahr 2019, vor allem in der östlich gelegenen Bucht sowie um die Insel Flakenwerder festgestellt worden.

Bei den Laichkräutern wurde im Jahr 2019 mit 6 Arten eine deutlich höhere Artenvielfalt im Vergleich zu den vorhergehenden Untersuchungen festgestellt. Im Jahr 2018 wurden 3 Arten (*Potamogeton lucens*, *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton pectinatus*) vorgefunden, die auch bei der Kartierung 2019 angetroffen wurden. Die Art *Potamogeton friesii* (Rote Liste M-

V: 2) wurde 2019 erstmals seit 2011 wieder nachgewiesen. 2019 erstmals gefunden wurden *Potamogeton pusillus* (Rote Liste M-V: 3) sowie *Potamogeton x salicifolius*. Nicht angetroffen wurde hingegen das 2016 vorgefundene Flachstängelige Laichkraut *Potamogeton compressus*. Bei den Schwimmblattpflanzen konnten die Arten *Nuphar lutea* und *Nymphaea alba*, die auch bei den vorhergehenden Kartierungen nachgewiesen wurden, vorgefunden werden.

Die vom Aussterben bedrohte Froschlöffelart *Alisma gramineum* wurde letztmalig 2011 und nun 2019 erstmals wieder nachgewiesen. Für die Art *Alisma lanceolatum* lieferte die Kartierung 2019 den Erstnachweis des Vorkommens. Die in einer Untersuchung 2016 gefundene Art *Alisma plantago-aquatica* wurde hingegen nicht vorgefunden.

Die maximale untere Verbreitungsgrenze (UVG) wurde in der Untersuchung von 2018 bei Tiefen von 4,50 m festgestellt. Auch in den Jahren 2009, 2011 und 2016 lag die maximale UVG im Bereich von 5,00 m Wassertiefe, sofern an der jeweiligen Probestelle (Uferbereich, Flachwasser) keine durchgängige Besiedlung festgestellt wurde. Der Pinnower See kann an einigen Stellen großflächig von submersen Makrophyten besiedelt werden. Im Jahr 2019 konnte erstmals eine maximale UVG von über 6,00 m Wassertiefe festgestellt werden, was allerdings noch deutlich oberhalb einer maximal zu erwartenden UVG von 10,0 m im Referenzzustand liegt.

Im Vergleich zur letztmaligen Untersuchung im Jahr 2018 mittels Transekten mit insgesamt 14 nachgewiesenen submersen Makrophytenarten sind 2019 an den 31 Probestationen insgesamt 22 submerse Makrophytenarten und 2 Vertreter der Schwimmblattpflanzen vorgefunden worden.

Eine Berechnung mit dem WRRL-konformen Bewertungsprogramm PHYLIB war, wie bereits erwähnt, auf Grund der Erfassungsmethodik im Jahr 2019 nicht möglich. Die letztmalige Untersuchung im Jahr 2018 mittels 10 Transekten ließ hingegen eine Bewertung durch PHYLIB zu. Hierbei waren jedoch 7 der 10 Transekte nur mit einer ungesicherten Bewertung möglich, lediglich 3 Transekte konnten gesichert bewertet werden. Dies hatte zur Folge, dass eine Gesamtbewertung nicht möglich war. Dennoch wiesen die Transekte, die eine gesicherte Bewertung zuließen, eine Zustands-/Potenzialklasse von 2 und damit einen ökologisch „guten“ Zustand der Makrophyten für den Pinnower See aus.

Auch wenn hier auf Grund der Methodik die Ergebnisse nicht direkt vergleichbar sind, so zeigt sich doch die positive Entwicklung des Sees im Hinblick auf die Verbreitung und Diversität der Makrophytengemeinschaft. Somit spiegelt der artenreiche Makrophytenbestand den guten ökologischen Zustand des Sees im Jahre 2019 wider.

Alle Daten zur Artenzusammensetzung und Besiedlungsdichte an den einzelnen erfassten Stationen sind auch dem Anhang beigelegt.

5.3.4 MAKROZOOBENTHOS

5.3.4.1 METHODEN

Die Probenahme erfolgte an 3 Terminen (10.03., 07.06. und 09.09.2021) vom Boot aus mit einem Ekman-Birge-Kastengreifer an den in Abb.5.3-25 eingezeichneten 3 ufernahen Stationen (B1 bis B3). Die Wassertiefen lagen dort zwischen 1,8 und 2,4 m, so dass die Sauerstoffversorgung selbst im Hochsommer bodennah durchgängig gegeben war. Um die unteren Verbreitungsgrenzen der Großmuscheln einschätzen zu können wurden am 10.11.2021 an 4 Stellen senkrecht zum Ufer mit einer Leine zuvor gekennzeichnete Tauchtransekte abgeschwommen (M1 bis M4). Die Tiefe reichte jeweils deutlich über die Tiefe, bei der durch den Taucher Muscheln gesehen wurden, hinaus.

Station	RW	HW
B1	32667814	5942454
B2	32668218	5942895
B3	32667351	5943039
M1	32667806	5942379
M2	32666760	5942682
M3	32667358	5943080
M4	32667312	5943621

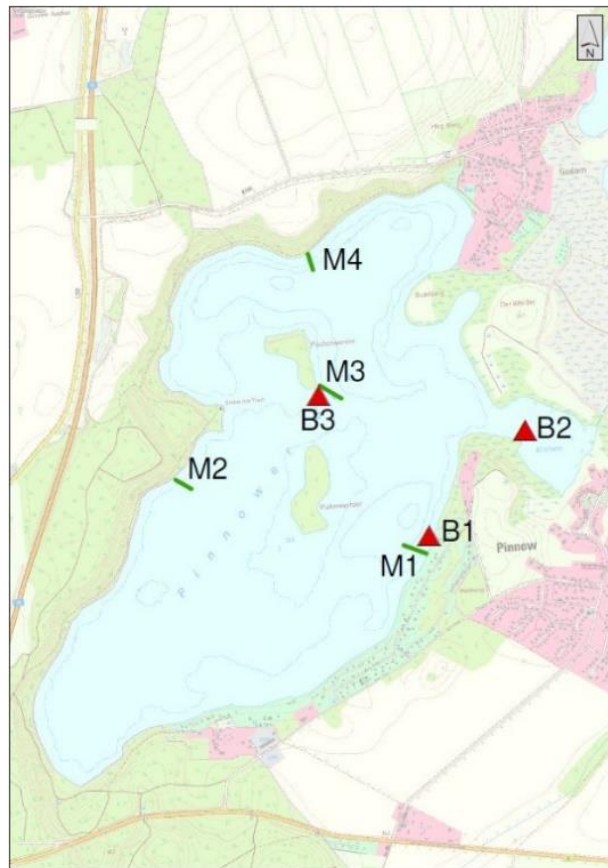


Abb.5.3-25: Probenahmestellen Benthos und Lage der Tauchschnitte (Koordinaten in Tabelle)

5.3.4.2 ERGEBNISSE 2021

Insgesamt wurden im Jahr 2021 in den Greiferproben 49 Taxa gefunden (Tab.5.3-4). Die ausführlichen Ergebnistabellen mit den dazugehörigen Abundanzzahlen befinden sich im Anhang. Auffallend und gleichzeitig auch lebensraumprägend ist das Vorkommen von dichten Beständen der Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*). Vor allem an B3 wurde die Art in Abundanz bis 5.333 Ind./m² gefunden. Bei den späteren Tauchgängen zeigte sich, dass die Muscheln

nahezu alle festen Oberflächen – Steine, Äste, Baumstubben – besiedeln. Als Begleitfauna waren 4 Kleinkrebsarten, darunter die „Einwanderer“ *Dikerogammarus haemobaphus* und *Dikerogammarus villosus*, in den Proben vorhanden. Lebende Großmuscheln (Gattungen *Unio* spp., *Anodonta* spp.) wurden hingegen weder in den Proben gefunden noch bei den Tauchgängen gesehen. Es gab lediglich eine leere Schale einer Flussmuschel (*Unio tumidus*) im Tauchschnitt M3, so dass die Art letztendlich nicht in der zusammenfassenden Taxaliste (Tab.5.3-4) steht. Die Anzahl der gefundenen Schneckenarten lag bei 10 und ist damit erfreulich hoch, darunter auch die Gemeine Kahnschnecke *Theodoxus fluviatilis*. Die Art wird in der Roten Liste MV in der Kategorie 3 (gefährdet) geführt. Mit hohen Artenzahlen waren auch die Larven von Köcherfliegen (11 Arten) und Eintagsfliegen (5 Arten) in den Proben vertreten.

Die Ergebnisse der Tauchuntersuchung sind in Tab.5.3-5 dargestellt. Die unteren Verbreitungsgrenzen der Dreikantmuscheln lagen zwischen 6,2 und 7,0 m. In den größeren Tiefen nimmt der Anteil von Muschelschill zu. Abb.5.3-26 zeigt Fotos von Muscheln auf einem Einzelstein und auf Holzresten.

Tab.5.3-4: Gesamtartenliste Makrozoobenthos des Pinnower See 2021

DV-Nr.	Taxa	B1	B2	B3	gesamt
	Mollusca - Weichtiere				
	Bivalvia (Muscheln)				
1097	<i>Dreissena polymorpha</i>	x	x	x	x
1073	<i>Pisidium henslowanum</i>	x			x
	Gastropoda (Schnecken)				
1398	<i>Bithynia leachii leachii</i>	x		x	x
1009	<i>Bithynia tentaculata</i>	x		x	x
1024	<i>Gyraulus albus</i>	x		x	x
1036	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	x	x	x	x
1084	<i>Radix auricularia</i>			x	x
1409	<i>Radix balthica</i>		x		x
1100	<i>Radix</i> sp.			x	x
1035	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	x		x	x
1985	<i>Valvata cristata</i>			x	x
1085	<i>Valvata piscinalis</i>	x	x	x	x
	Turbellaria (Strudelwürmer)				
1104	<i>Dugesia tigrina</i>	x	x	x	x
	Annelida - Ringelwürmer				
	Oligochaeta (Wenigborster)				
1578	Naididae Gen. sp.	x	x		x
5011	<i>Stylaria lacustris</i>			x	x
1013	Tubificidae Gen. spp.	x	x	x	x
	Hirudinea (Egel)				
1027	<i>Piscicola geometra</i>			x	x
	Crustacea - Krebse				
	Amphipoda (Krebse)				
1553	<i>Chelicorophium robustum</i>	x		x	x
1976	<i>Dikerogammarus haemobaphus</i>	x		x	x

Fortsetzung Tab.5.3-4

DV-Nr.	Taxa	B1	B2	B3	gesamt
1268	<i>Dikerogammarus villosus</i>	x		x	x
5077	Ostracoda (Muschelkrebse)	x		x	x
	Isopoda (Asseln)				
1004	<i>Asellus aquaticus</i>	x		x	x
	Insecta - Insekten				
	Ephemeroptera (Eintagsfliegen)				
156	<i>Caenis horaria</i>	x	x	x	x
847	<i>Caenis luctuosa</i>	x		x	x
177	<i>Caenis macrura</i>	x	x	x	x
711	<i>Caenis robusta</i>				
252	<i>Centroptilum luteolum</i>	x		x	x
	Trichoptera (Köcherfliegen)				
677	<i>Anabolia furcata</i>	x			x
211	<i>Athripsodes cinereus</i>	x		x	x
999	<i>Athripsodes</i> sp.	x			x
104	<i>Ecnomus tenellus</i>	x			x
442	<i>Leptocerus tineiformis</i>	x		x	x
974	<i>Lype</i> sp.	x			x
506	<i>Molanna angustata</i>	x			x
451	<i>Mystacides azurea</i>	x			x
20944	<i>Mystacides longicornis / nigra</i>	x		x	x
499	<i>Orthotrichia</i> sp.			x	x
525	<i>Oxyethira</i> sp.	x	x	x	x
	Coleoptera (Wasserkäfer)				
102	<i>Halipus</i> sp. Larve		x	x	x
	Odonata (Libellen)				
909	Coenagrionidae Gen. sp.			x	x
436	<i>Erythromma najas</i>	x		x	x
159	<i>Ischnura elegans</i>	x			x
10000	<i>Orthetrum cancellatum</i>			x	x
	Diptera (Zweiflügler)				
20916	Ceratopogoninae Gen. sp.	x	x	x	x
481	<i>Chaoborus</i> sp.		x		x
910	Chironomini Gen. spp.	x	x	x	x
10391	<i>Chironomus plumosus</i>	x	x	x	x
106	Orthocladiinae Gen. sp.			x	x
502	Tanypodinae Gen. spp.	x	x	x	x
605	Tanytarsini Gen. spp.	x	x	x	x
	Summe	37	17	38	49

Tab.5.3-5: Vorkommen von Muscheln in den Tauchschnitte M1-M4 im Pinnower See

Schnitt	Muschelarten	Verbreitungshorizont	Mittlerer Bedeckungsgrad	Untere Verbreitungsgrenze
M1	<i>D. polymorpha</i> *	2,0-6,5 m	vereinzelt	6,5 m
M2	<i>D. polymorpha</i>	1,0-6,2 m	50-60 %	6,2 m
M3	<i>D. polymorpha</i>	1,0-6,5 m	30-40 %	6,5 m
M4	<i>D. polymorpha</i>	0,5-7,0 m	40 %	7,0 m

**Dreissena polymorpha* - Dreikant- bzw. Zebrauschel



Abb.5.3-26: Muschelvorkommen im Pinnower See; im Tiefenbereich zwischen 0,5 und 6,5 m sind nahezu alle festen Oberflächen mit Dreikantmuscheln überwachsen

Insgesamt erwies sich das Makrozoobenthos des Pinnower Sees als ausgesprochen artenreich. Das starke Vorkommen der Dreikantmuschel trägt durch die hohe Filtrationswirkung zur Aufrechterhaltung des niedrigen Trophieniveaus des Sees bei.

5.3.5 PROBEBEFISCHUNG

5.3.5.1 METHODEN

Die Erfassung des Fischbestands am Pinnower See wurde im Jahr 2021 mittels Stellnetzfischerei durchgeführt. Dabei wurden im See 10 Multimaschennetze von je 30 m Länge am 23.11.2021 gestellt und am 24.11.2021, beginnend um 09:00 Uhr, eingeholt und ausgewertet. Die Standorte deckten den Tiefenbereich zwischen 1 und 12 m Wassertiefe ab (Tab.5.3-6). Mit dem Stellen und Aufholen der Netze wurde das Unternehmen Fisch & Umwelt GmbH (FIUM) beauftragt, das Vermessen der Fische an Land erfolgte gemeinsam durch FIUM und bioplan. Herr Thies, der fischereiliche Pächter, begleitete das Ausbringen und zeitweise auch die Auswertung des Fangs. Die kommerziell nutzbaren Fische wurden nach dem Vermessen Herrn Thies übergeben, kleinere Fische fanden im Schweriner Zoo Verwendung als Tierfutter.

Die Stellplätze der Multimaschennetze wurden so gewählt, dass ein Vergleich mit früheren Probebefischungen möglich ist (Abb.5.3-27). Es gab im Rahmen des von der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V geleiteten Projekts „Management Große Maräne in MV – Wiedereinbürgerung der Schaalseemaräne“ (LFA 2021) seit 2016 jährliche Kontrollbefischungen mit gleicher Methode. Auch in diesem Projekt war die FIUM GmbH die ausführende Firma.

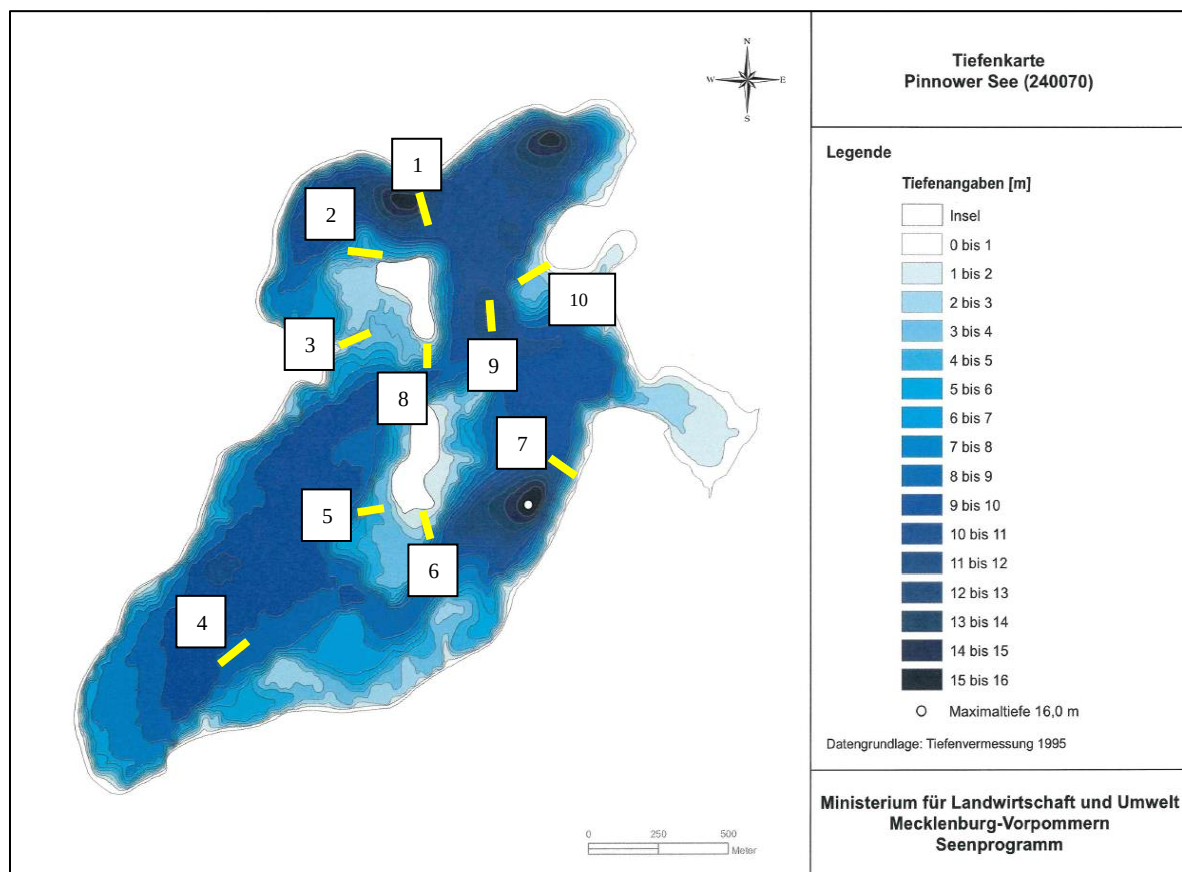


Abb.5.3-27: Positionen der 10 Stellnetzte (hellgelb) im Pinnower See

Tab.5.3-6: Tiefe der Stellnetzte im Pinnower See

Netz Nr.	Tiefe in m
1	10-12
2	3-6
3	1-4
4	7-8
5	2-7
6	1-3
7	7-12
8	6-8
9	11-12
10	2-4

5.3.5.2 ERGEBNISSE 2021

Insgesamt sind am 24.11.2021 etwa 44 kg Fisch gefangen worden (Tab.5.3-7). Der Fang setzte sich aus 8 Arten zusammen. Bezogen auf die Anzahl waren Flussbarsch (327 Stück), Plötze (70 Stück) und Kaulbarsch (32 Stück) die häufigsten Arten. Bezogen auf das Gewicht waren Flussbarsch mit rund 21,5 kg und Plötze mit insgesamt etwa 15 kg am stärksten vertreten. Im Verhältnis zur Anzahl trat, mit nur 2 großen Exemplaren von insgesamt 3 kg, Blei mit 6,8 % Anteil an der Biomasse hervor. Ebenfalls stellte die Große Maräne mit 5,9 % an der Biomasse, bei nur 5 gefangenen Exemplaren, einen bedeutenden Anteil.

Den höchsten Biomasseanteil am Gesamtfang besaß auf Grund der hohen Anzahl gefangener Exemplare mit 48,8 % der Flussbarsch, gefolgt von der Plötze. Die Einzelergebnisse sind in der Tabelle im Anhang aufgelistet. Abb.5.3-28 zeigt eine Übersicht zu den gewichtsbezogenen prozentualen Anteilen der gefangenen Arten. Abb.5.3-29 enthält Fotos von den wichtigsten gefangenen Fischarten.

Tab.5.3-7: Fangzusammensetzung Pinnower See 2021, geordnet nach Fanggewicht

	Biomasse in g	Anzahl	% Biomasse
Flussbarsch	21.486	327	48,8
Plötze	15.069	70	34,2
Blei	3.000	2	6,8
Große Maräne	2.617	5	5,9
Hecht	1.154	6	2,6
Kleine Maräne	446	3	1,0
Kaulbarsch	230	32	0,5
Schlei	1	1	0,0
Gesamt	44.003	446	100,0

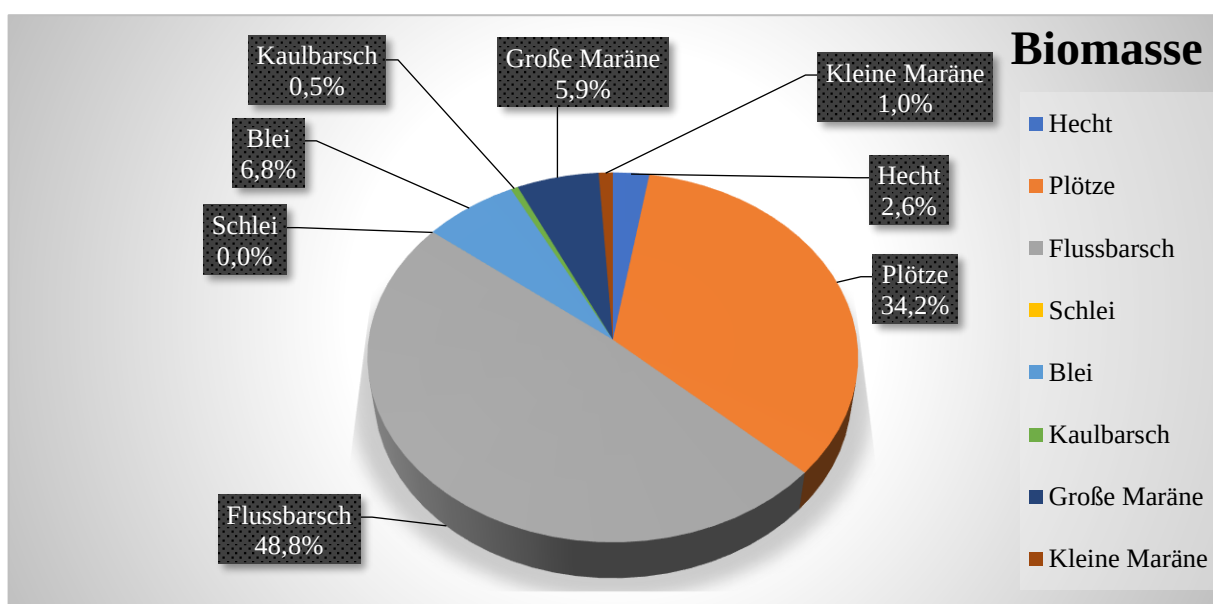


Abb.5.3-0-28: Prozentuale Anteile der Einzelarten an der Biomasse des Gesamtfangs im Pinnower See, November 2021



Abb.5.3-29: Fotos der in Bezug auf die Biomasse im Pinnower See am stärksten vertretenen Arten (von links oben nach rechts unten: Flussbarsch, Plötze, Blei, Große Maräne)

5.3.5.3 BEWERTUNG

Interessant am Fischbestand des Pinnower Sees ist in erster Linie das Vorkommen von Großer und Kleiner Maräne. Beide wurden bei der aktuellen Probestichfischung gefangen, der Anteil der Großen Maräne (*Coregonus* sp.) am Gesamtfang lag bei 5,9 %, der der Kleinen Maräne bei 1 %. Während die Kleine Maräne (*Coregonus albula*) natürlicherweise im See vorkommt, resultiert der Bestand der Großen Maränen zumindest überwiegend aus kontinuierlichen Besatzmaßnahmen (Abb.5.3-30). Die Ergebnisse spiegeln sich inzwischen in der Fangstatistik wider (Abb. 5.3-31). Zur Großen Maräne als Hauptzielart des fischereilichen Managements tragen Hecht, Plötze und Barsch Anteile an der fischereilichen Nutzung.

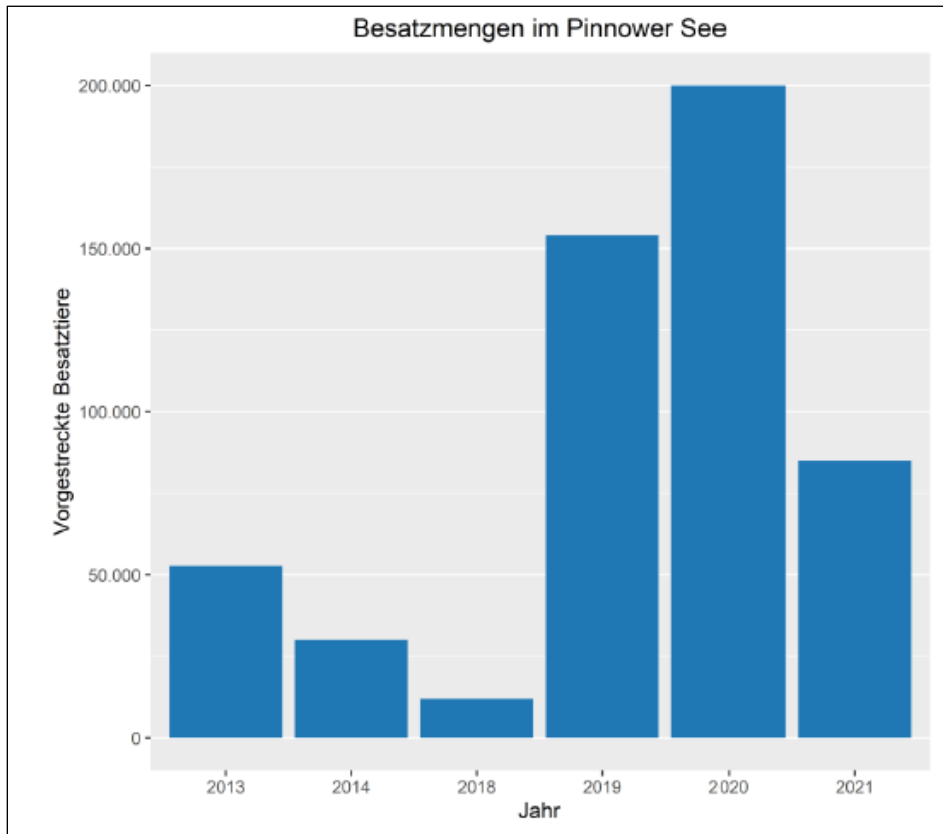


Abb.5.3-30: Besatzmengen Große Maräne (vorgestreckte Fische) seit 2013, Angaben LFA M-V (2021)

Der Anteil des Fangs Großer Maränen am Gesamtfang (catch per unit) wird für den Pinnower See in Auswertung der Jahre seit 2016 mit ca. 10 % eingeschätzt, was im Vergleich mit den anderen in der Studie (LFA 2021) untersuchten Seen als hoch eingeschätzt wird. Auf Grund der Nahrungssituation (u.a. Daphnienreichtum des Zooplanktons) und der Seebeckenmorphometrie ist der Pinnower See als Bestandsgewässer für Maränenarten sehr gut geeignet.

Mit lediglich 8 gefangenen Fischarten war die Ausbeute bei der Probefischung nicht sehr artenreich. Aus den vorhergehenden Stellnetzfangen (Abb.5.3-31) und e-DNA-Analysen (LFA 2021) ist aber bekannt, dass in die Artenliste auch beide Stichlingsarten, Quappe, Karpfen, Aal, Rotfeder und Aland gehören, so dass die Artenvielfalt in etwa den Erwartungen an einen geschichteten mesotrophen See entspricht. Das vorgefundene Mengenverhältnis der Arten erscheint zu stark in Richtung Barsch verschoben. Es wäre auf Grund der ausgedehnten Makrophytenrasen in den weitläufigen Flachwasserbereichen des Sees zumindest ein größerer Bestand an Hecht sowie eine gewisse Anzahl an Schleie und Rotfeder zu erwarten.

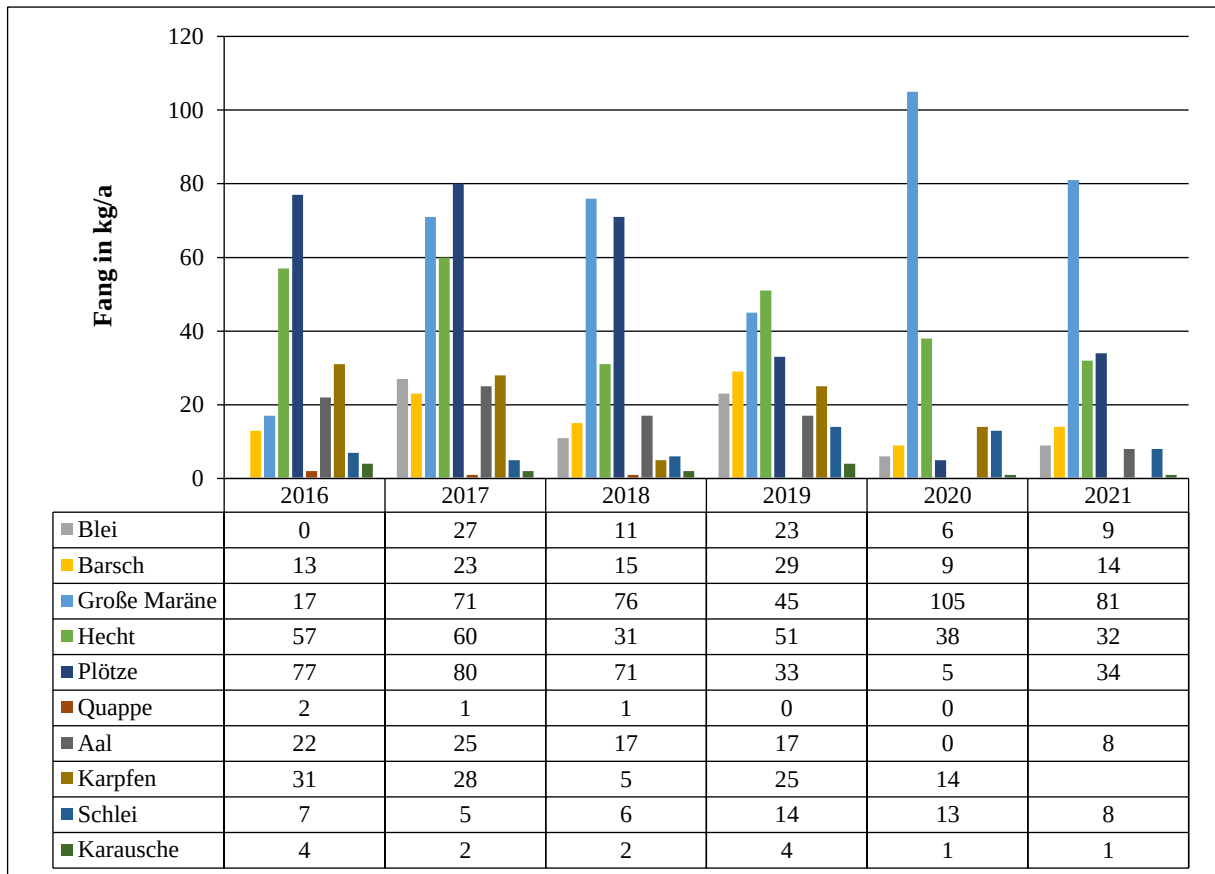


Abb.5.3-31: Fangstatistik Pinnower See (Quelle: LALLF M-V)

Der Anteil der Raubfische im Verhältnis zu den Friedfischen liegt gegenwärtig bei 49 % (Abb.5.3-32). Damit scheint ein ausreichend hoher Fraßdruck auf den Weißfischbestand gegeben. Neben dem Hecht als Hauptprädatör kommen im See auch ausgesprochen viele Barsche vor. Es wurden einige Barsche mit einer Länge von über 40 cm gefangen

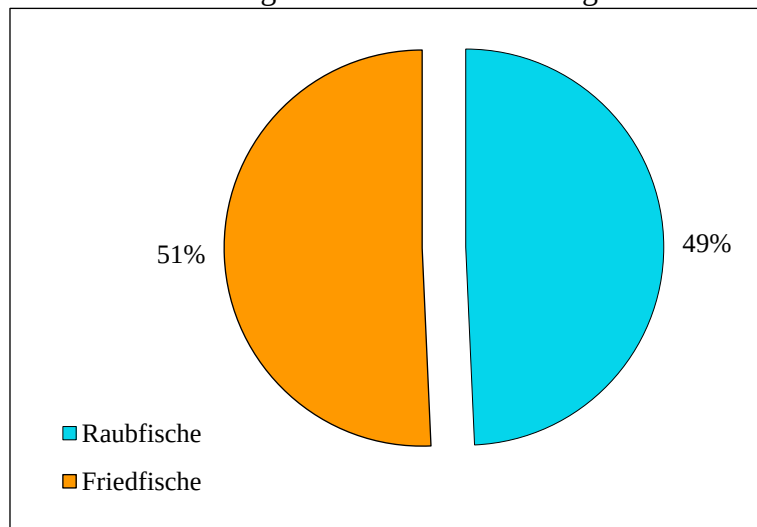


Abb.5.3-32: Gewichtsverhältnis zwischen Raub- und Friedfischen im Fang November 2021

Aus der Fischereistatistik des Landesamtes für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei (LALLF) M-V liegen für den Pinnower See neben den Fangdaten (vgl. Abb.5.3-31) auch Besatzdaten seit 2016 für andere Fischarten als die Große Maräne vor (Abb.5.3-33).

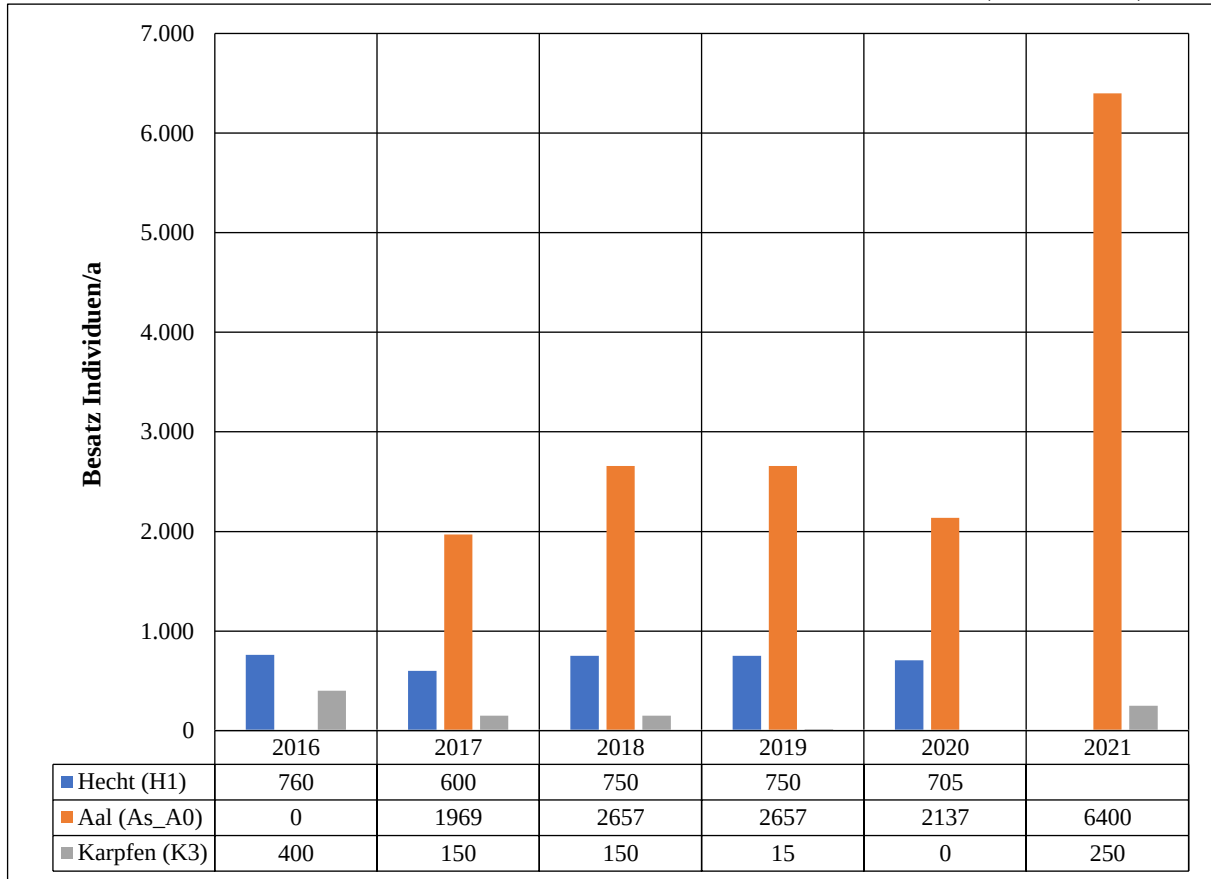


Abb.5.3-33: Besatz an Hecht, Aal und Karpfen in den Jahren 2016 bis 2020 (Individuen pro Jahr) (Quelle: Fangstatistik LALLF M-V)

Seit mehreren Jahren wurde sehr regelmäßig mit Aal, bis 2020 auch mit Hecht, besetzt. Karpfenbesatz (K3) fand mit abnehmender Menge bis 2019 statt, wurde 2020 ausgesetzt, 2021 aber mit 250 Stück K3 wieder aufgenommen, was tendenziell der im FFH-Managementplan für das Gewässer festgelegten Forderung „Keine über die bisherige Praxis hinausgehenden Maßnahmen mit Karpfen, eine Reduktion des Karpfenbestandes ist wünschenswert, um die Gewässerqualität des Pinnower Sees (LRT 3140) zu stabilisieren und mögliche Beeinträchtigungen der Unterwasservegetation zu vermeiden“ (StALU WM 2018) entgegenwirkt.

Unabhängig von der aus der Fangstatistik ablesbaren Entwicklung der kommerziellen Nutzung des Fischbestands lassen sich in diesem Fall auch aus den regelmäßigen Stellnetz-Befischungen mit Multimaschennetzen allgemeine Aussagen zur Entwicklung des Gesamtfischbestands ableiten (Abb.5.3-34). Barsch und Plötze bleiben, bezogen auf die Individuenzahl, stabil die Hauptarten. Die qualitative und quantitative Artenzusammensetzung zeigt allerdings keine als Tendenz bewertbaren Änderungen, so dass die Empfehlungen für die weitere fischereiliche Bewirtschaftung nicht über die schon im Managementplan festgehaltenen Forderungen hinausgehen.

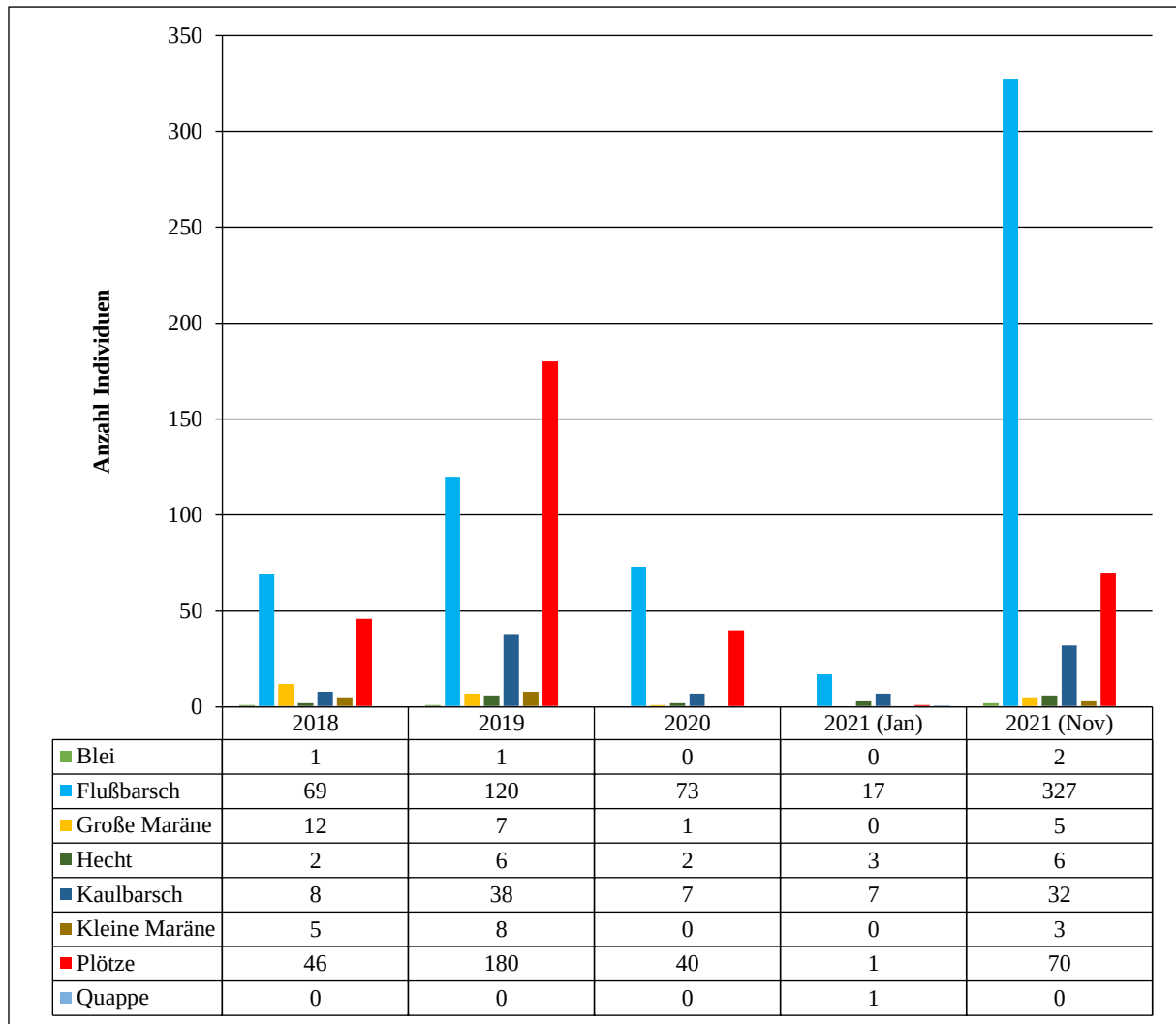


Abb.5.3-34: Auswertung der Multimaschennetzfänge seit 2018 (Quelle: LFA und eigene Daten)

5.4 QUALITÄT DES SEESSEDIMENTS UND UNTERSUCHUNGEN ZUR ROLLE DES SEDIMENTS ALS QUELLE FÜR EINE INTERNE P-BELASTUNG IN DEN JAHREN 2019 UND 2021

5.4.1 METHODEN

Zur Beschreibung der Qualität des Sediments im Pinnower See sind verschiedene spezielle Untersuchungen durchgeführt worden. Zur Erfassung der Sedimenteigenschaften wurden am 17.10.2019 an den 2 Messstellen MST1(19) und MST2(19) mit einem Limnos-Sedimentstechrohr in den Horizonten 0,0-0,3 m und 0,3-0,6 m Sedimentproben (je eine Mischprobe aus 4 Stechrohrproben; homogenisiert) entnommen (Abb.5.4-1 und Tab.5.4-1) und nachfolgend von der KIWA GmbH (Kessin) bezüglich der allgemeinen Sedimentparameter in der Gesamtfraktion und der Metalle/Metalloide im Feinkornanteil und weitergehend bezüglich ihres Gehalts an organischen Schadstoffen analysiert. Eine Entnahme im Horizont von 0,6-0,9 m war aufgrund der schnell dichter werdenden Konsistenz des Sediments in diesem Wassertiefenbereich nicht möglich.

Tab.5.4-1: Koordinaten der Sedimentprobenahmestellen im Pinnower See 2019

Messstelle	Koordinaten ETRS_1989_UTM		Wassertiefe (m)
MST1(19)	32667936	5942976	13,0
MST2(19)	32666849	5943394	10,0

Als allgemeine Sedimentparameter an den beiden 2019 beprobten Messstellen in je 0-30 cm und 30-60 cm Sedimenttiefe wurden bestimmt: Trockenmasse, Glühverlust, TOC, TIC, CaCO_3 , Metalle/Metalloide, TP, TN, Fe, Mn und KW. Die weitergehende Analytik beinhaltete die Untersuchung der organischen Schadstoffe AOX, PCB und PAK.

Die verwendeten Analysemethoden sind in den Analyseprotokollen im Anhang aufgeführt.

Des Weiteren wurde in den entnommenen Sedimentproben das Potenzial zur Rücklösung von Phosphaten bestimmt, d.h. im Sediment wurden die Anteile unterschiedlich stark löslicher Phosphorkomponenten bestimmt (Fraktionierte Phosphatanalyse nach PSENNER). Tab.5.4-2 enthält eine Übersicht zu den diesbezüglich verwendeten Analysemethoden.

Um die tatsächliche Rolle des Sediments hinsichtlich einer internen Düngung durch Phosphatrücklösung abschätzen zu können, wurden weiterhin 2019 an den 2 Messstellen (MST1(19)) und (MST2(19)) monatlich im Untersuchungszeitraum jeweils das Interstitialwasser der obersten 2 cm des Sediments sowie das unmittelbar überstehende Tiefenwasser auf $\text{o-PO}_4\text{-P}$ untersucht und aus der Differenz nach dem 1. Fickschen Diffusionsgesetz die Phosphatrücklösung errechnet (SINKE et al. 1990 bzw. LEWANDOWSKI et al. 2002). Im Jahr 2021 war das Untersuchungsprogramm umfangreicher und es wurden über das gesamte Jahr an 3 Messstellen (MST1(21), MST2(21) und MST3(21)) in den Tiefenbereichen 0-4 m, 4-10 m und 10-16 m Sedimentproben für die Analyse der P-Rücklösung genommen.

Zur Abschätzung der Gesamteintragsmenge an Phosphor über Rücklösungsvorgänge aus dem Sediment wurden die Messdaten jeweils auf den Monat und die anteilig für Rücklösungsvorgänge infrage kommenden Seeflächen (Tiefenstufen) hochgerechnet. Methodenbedingt ist dabei die Analyse für das Jahr 2021 deutlich aussagekräftiger und näher an der Realität als es mit der reduzierten Beprobung im Jahr 2019 möglich war und für welches weitreichendere Annahmen/Abschätzungen gemacht werden mussten.

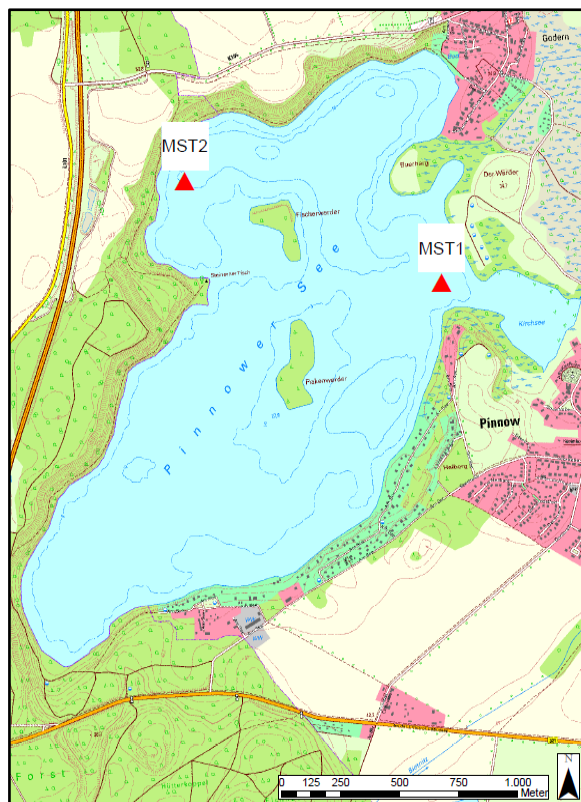


Abb.5.4-1: Lage der Sedimentprobenahmestellen im Pinnower See 2019

Tab.5.4-2: Methodenspektrum bei der P-Analyse nach PSENNER (Auszug Protokoll KIWA, Anhang)

Parameter	Methodennorm
NH ₄ Cl-P-Fraktion	DIN EN ISO 6878 (D 11): 2004-09
BD-P-Fraktion	DIN EN ISO 6878 (D 11): 2004-09
NaOH-SRP-Fraktion	DIN EN ISO 6878 (D 11): 2004-09
NaOH-NRP-Fraktion	DIN EN ISO 6878 (D 11): 2004-09
HCl-P-Fraktion	DIN EN ISO 6878 (D 11): 2004-09
Rest-P-Fraktion	DIN EN ISO 6878 (D 11): 2004-09

5.4.2 ERGEBNISSE

5.4.2.1 SEDIMENTQUALITÄT

Die Ergebnisse der allgemeinen Charakterisierung des Sediments des Pinnower Sees sind der Tab.5.4-3 zu entnehmen. Alle Analysenwerte sind vollständig im Anhang beigelegt.

Tab.5.4-3: Allgemeine Charakterisierung des Oberflächensediments des Pinnower Sees in 0-30 cm und in 30-60 cm Tiefe an MST1(19) und MST2(19)

Probe	TM (%)	Glühverlust (%)	CaCO ₃ (%)	TP (mg/kg TM)	TN (mg/kg TM)	Fe (mg/kg TM)	Mn (mg/kg TM)	KW (C10-40) (mg/kg TM)
MST1(19) (0-30 cm)	10,3	20,4	50	910	11.000	4.700	770	< 50
MST1(19) (30-60 cm)	17,7	16,6	55	660	8.900	5.700	640	< 50
MST2(19) (0-30 cm)	10,6	19,1	54	790	10.000	4.900	990	< 50
MST2(19) (30-60 cm)	16,1	18,2	47	650	9.500	6.600	570	61

Das Sediment erwies sich mit einem Feinkornanteil (< 63 µm) von über 98 % als sehr feinkörnig, weich, breiig und damit schlackig. Dabei gibt es keinen Unterschied zwischen MST1(19) und MST2(19). In den obersten 2 cm ist das Sediment etwas flockig, das äußere Erscheinungsbild ist ansonsten homogen, mit der Tiefe schnell dichter werdend und von mittelbrauner Farbe gekennzeichnet (Abb.5.4-2). Die Trockensubstanzgehalte lagen an MST1(19) und MST2(19) in den oberen 30 cm bei 10,3 % bzw. 10,6 %. Die organischen Gehalte lagen bei 20,4 % (MST1(19)) und 19,1 % (MST2(19)).

Die CaCO₃-Anteile waren an MST1(19) und MST2(19) bis 30 cm Tiefe mit Werten zwischen 50 und 54 % relativ hoch, so dass das Sediment als Kalkmudde einzuordnen ist.

Besonders interessant für die Rückwirkung des Sediments auf den Trophiezustand des Gewässers durch Rücklösungsprozesse ist der Phosphorgehalt des Sediments. Der P-Gehalt im Trockenrückstand der oberen 30 cm lag bei 910 mg/kg TS (MST1(19)) bzw. 790 mg/kg TS (MST2(19)). Die TN-Gehalte der oberen 30 cm des Sediments waren mit 10.000 mg N/kg TS (MST2(19)) bis 11.000 mg N/kg TS (MST1(19)) nicht übermäßig hoch.

Die Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen der Sedimente zeigen ein positives Bild. Bei einem Vergleich der Metalle mit den Vorgaben der Klärschlammverordnung (Tab.5.4-4) wird deutlich, dass alle Grenzwerte klar unterschritten werden. Ein Vergleich mit den gemittelten Schadstoffwerten aus den Sedimenten von 50 Seen aus M-V (TÜV 1999) zeigt ebenfalls keine Auffälligkeiten (Tab.5.4-5).



Abb.5.4-2: Sediment an MST1

Tab.5.4-4: Vergleich der im Sediment des Pinnower Sees an MST1(19) und MST2(19) gefundenen Metallgehalte mit den Grenzwerten der Klärschlammverordnung

		Blei	Cadmium	Chrom	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
GW-Abf-KlärV		900	10	900	800	200	8	2.500
EU bis 2025		200	2	600	600	100	2	1.500
Pinnower See	MST1(19) (0-30 cm)	29	0,54	3,2	9,9	2,8	< 0,1	62
	MST1(19) (30-60 cm)	51	1,0	3,5	11	3,6	< 0,1	94
	MST2(19) (0-30 cm)	36	0,69	3,1	11	3,2	< 0,1	72
	MST2(19) (30-60 cm)	66	1,5	4,2	12	4,2	< 0,1	120

Tab.5.4-5: Vergleich der im Sediment des Pinnower Sees gefundenen Schadstoffgehalte an MST1(19) und MST2(19) (in je 0-30 cm und 30-60 cm) mit verfügbaren Richtwerten aus der Literatur (alle Angaben in mg/kg TM)

	MST1(19) (0-30 cm)	MST1(19) (30-60 cm)	MST2(19) (0-30 cm)	MST2(19) (30-60 cm)	Mittelwert M-V TÜV NORD (1999)	Hinter- grundwerte nach BAUMANN et al. (1991)
Blei	29	51	36	66	58	15-34
Cadmium	0,54	1,0	0,69	1,5	1,0	0,15-0,50
Chrom	3,2	3,5	3,1	4,2	17	47-116
Kupfer	9,9	11	11	12	42	15,6-51
Nickel	2,8	3,6	3,2	4,2	13	21-68
Quecks.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,24	0,14-0,50
Zink	62	94	72	120	153	82-118
PAK ₁₆	0,99	2,8	1,3	3,5	2,46	
PCB ₆	0,013	0,019	0,012	0,016	0,086	

Etwas strengere Maßstäbe sind anzulegen, wenn es um eine landwirtschaftliche Verwertung des Materials geht. Generell gilt als Voraussetzung für eine landwirtschaftliche Nutzung von Baggergut neben der Forderung der Schadlosigkeit (Schadstoffparameter dürfen 70 % des entsprechenden Vorsorgewerts der Bodenschutzverordnung nicht überschreiten, vgl. Tab.5.4-6) die Forderung der Nützlichkeit. Diese gilt als erfüllt, wenn der Tongehalt > 10 %, die organische Substanz > 10 % TM oder der Calciumcarbonatgehalt > 5 % beträgt.

Mit einem Tongehalt > 10 %, einem organischen Gehalt > 15 % und einem Kalkanteil (CaCO₃) von rund 50 % erreicht das Oberflächensediment des Pinnower Sees in allen 3 Parametern die Kriterien der Nützlichkeit. Es liegen, vor allem in den Tiefenhorizonten unterhalb 30 cm, an beiden Messstellen jedoch etwas erhöhte Blei-, Cadmium- und Zinkwerte vor (Tab.5.4-6). Für die landwirtschaftliche Verwertung erfolgt auch eine Differenzierung nach der Beschaffenheit der Böden, auf denen das Material ausgebracht werden soll. Hinsichtlich der Metalle und organischen Schadstoffe wird die Aufbringungsmenge durch die Einstufung des Ackerbodens beeinflusst (Tab.5.4-6). Prinzipiell ist eine landwirtschaftliche Verwertung der Sedimente möglich, es ist bei der Ausbringung auf sandigen und auch lehmigen Böden aufgrund der erhöhten Cadmium- und Bleiwerte, die die Vorgaben der Bodenschutzverordnung überschreiten, mit mengenbezogenen Einschränkungen zu rechnen. In den Sedimenten im Tiefenbereich unterhalb 30 cm wurden an beiden Standorten zudem leicht erhöhte Konzentrationen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK₁₆) gefunden (Tab.5.4-6). Auch dies würde zu Einschränkungen bei der Ausbringungsmenge auf landwirtschaftlichen Flächen mit vergleichsweise geringen Humusgehalten führen.

Eine endgültige Bewertung und Festlegung der Ausbringungsmengen ist allerdings erst möglich, wenn:

1. Proben aus der gesamten geplanten Anschnitttiefe des Sediments entnommen und analysiert wurden.
2. Ergebnisse von Bodenuntersuchungen auf den für die Ausbringung vorgesehenen Ackerflächen vorliegen.

Tab.5.4-6: Vergleich der im Sediment des Pinnower Sees an MST1(19) und MST2(19) (in je 0-30 cm und 30-60 cm) ermittelten Schadstoffgehalte mit dem 70 % Vorsorgewert nach BBodSchV (alle Angaben in mg/kg TM)

Bodenart	Cad-mium	Blei	Chrom	Kupfer	Queck-silber	Nickel	Zink
Lehm/Schluff	0,70	49	42	28	0,35	35	105
Sand	0,28	28	21	14	0,07	10,5	42
Pinnower See							
MST1 (0-30 cm)	0,53	28	2,9	9,3	0,1	2,8	61
MST1 (30-60 cm)	1,00	51	3,5	11	< 0,1	3,6	94
MST2 (0-30 cm)	0,69	36	3,1	11	< 0,1	3,2	87
MST2 (30-60 cm)	1,50	66	4,2	12	< 0,1	4,2	100

Boden	Polychlorierte Biphenyle (PCB ₆)	Benzo(a)pyren	Polyzyklische Aromatische KW (PAK ₁₆)
Humusgehalt 8%	0,07	0,7	7
Humusgehalt < 8%	0,035	0,21	2,1
Pinnower See			
MST1 (0-30 cm)	0,013	0,078	1,2
MST1 (30-60 cm)	0,019	0,190	2,8
MST2 (0-30 cm)	0,012	0,095	1,4
MST2 (30-60 cm)	0,016	0,230	3,5

5.4.2.2 PHOSPHATRÜCKLÖSUNG AUS DEM SEDIMENT

Die Rücklösung von Nährstoffen aus den Sedimenten kann ein entscheidender Faktor im Eutrophierungsprozess von Seen sein. Über Jahre in den See eingetragene und im Sediment abgelagerte Nährstoffe können so selbst bei einer deutlichen Reduzierung externer Einträge eine Verbesserung der Wassergüte verhindern. Diese Rücklösungsprozesse sind an bestimmte Umgebungsbedingungen wie niedrige Gehalte an gelöstem Sauerstoff, hohe pH-Werte, hohe Tem-

peraturen und geringe Sorptionskapazität des Sediments bei nährstoffreichen Sedimenten gekoppelt (UHLMANN 1985, RIPL 1980 und 1982, KLEIN UND KÜHN 1982, TRESENOW 1979, HUPFER et al. 1997, LEWANDOWSKI, SCHAUSER UND HUPFER 2002 u.v.a.).

Tab.5.4-7 und Abb.5.4-3 zeigen die Ergebnisse der Analyse nach PSENNER et al. (1988) an den 2 im Jahr 2019 untersuchten Messstellen im Pinnower See.

Tab.5.4-7: P-Gehalt im Sediment in 0-30 cm und 30-60 cm Tiefe an MST1(19) und MST2(19) im Pinnower See in mg/kg in verschiedenen Bindungsformen

Fraktion	MST1 (0-30 cm)	MST1 (30-60 cm)	MST2 (0-30 cm)	MST2 (30-60 cm)	Verfügbarkeit
NH ₄ -Cl-P	55	38	52	39	
BD-P	160	110	130	100	
NaOH-SRP	110	85	97	91	
NaOH-NRP	400	220	350	340	
HCl-P	260	260	240	260	
refrakt. Rest	1,7	0,1	1,6	0,59	

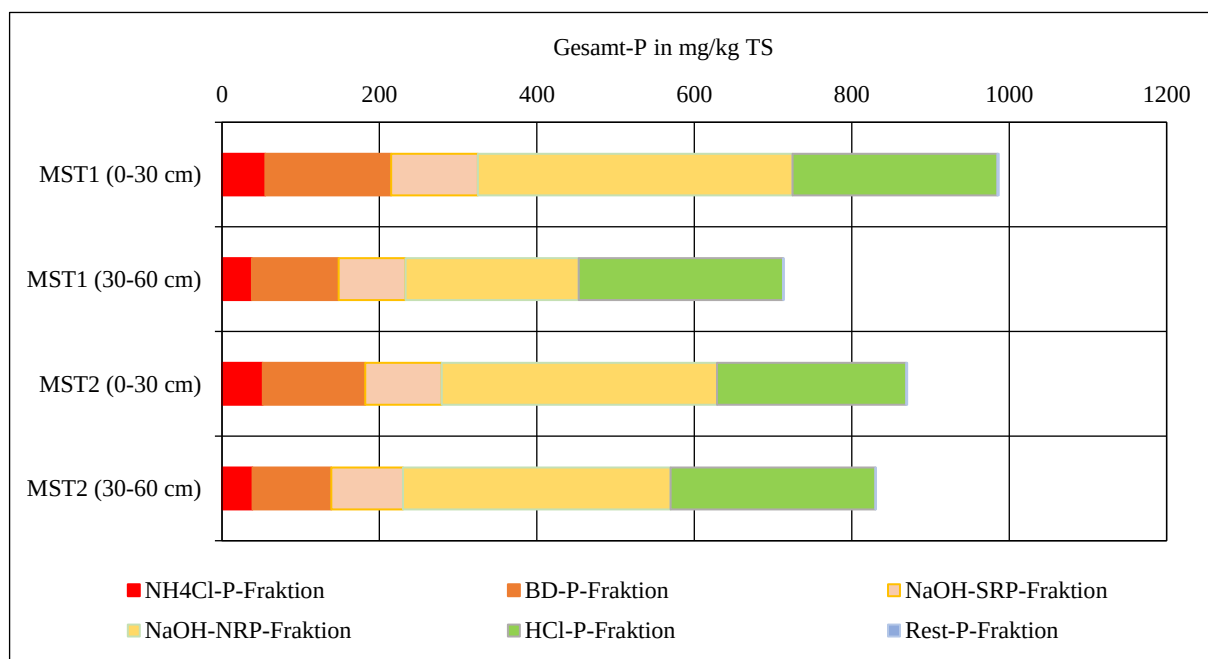


Abb.5.4-3: P-Gehalte im Sediment in 0-30 cm und 30-60 cm Tiefe an MST1(19) und MST2(19) im Pinnower See, aufgeschlüsselt nach der Verfügbarkeit (P-Fractionen nach PSENNER et al. 1988)

Es ist deutlich zu erkennen, dass der überwiegende Teil des Phosphors im Sediment des Pinnower Sees recht stabil gebunden ist und die leicht verfügbaren NH₄-Cl- und BD-P-Fractionen jeweils zusammen nur einen Anteil von etwa 15 % ausmachen. Für das P-Rücklösepotential des Sediments sind vor allem die P-Konzentrationen in den oberen Sedimentschichten (>30

cm) entscheidend. Der mobilisierbare P-Pool der oberen 30 cm des Sediments lässt sich bei Berücksichtigung der Tiefenflächen unter 7 m (Tiefenstufe unter der sommerlichen Sprungschicht) auf etwa 97 kg P beziffern. Damit steht nur ein kleiner Teil der gesamten Phosphorreserven des Sediments (bezogen auf die gesamte Seefläche), von insgesamt etwa 795 kg P, für P-Rücklöseprozesse zur Verfügung.

Rücklösungsprozesse im Jahr 2019

Die Untersuchungen zur konkreten Rücklösung von Phosphat aus dem Sediment im Jahr 2019, zeigen, dass diese im Pinnower Sees offenbar (zumindest im Sommerhalbjahr) eine bedeutende Rolle spielen kann. Vor allem im Juni, Juli und August ist an MST1(19) eine hohe Rücklösungsrate von bis zu 8,8 mg P/m²d ermittelt worden (Abb.5.4-4). Da an MST1(19) in 13 m Tiefe eine wesentlich höhere P-Rücklösungsrate als an MST2(19) in 10 m Tiefe ermittelt wurde (Abb. 5.4-4), ist ersichtlich, dass die Rücklösung mit zunehmender Tiefe stark ansteigt und deshalb eine gesonderte Berechnung für die Tiefenbereiche nötig ist. Für die Berechnung der Rücklösung im See wurden die Rücklösungsraten aller Flächen < 7 m (aktive Flächen; sauerstoffarme Zone im Sommer) von MST1(19) für die Tiefenbereiche unter 10 m (etwa 41 ha) und von MST 2(19) für die Tiefenbereiche von 7-10 m (etwa 106 ha) angesetzt. Die Tiefenbereiche < 7 m entsprechen hierbei etwa 55 % der Seefläche. In der Summe, hochgerechnet für den Untersuchungszeitraum 2019, ergibt sich damit eine Freisetzungsmenge aus den Sedimenten des Sees von etwa 386,6 kg TP für die Tiefenflächen bis 10 m und von etwa 153,4 kg TP für die Tiefenflächen von 7-10 m. Insgesamt beläuft sich die errechnete freigesetzte Phosphormenge auf etwa 540 kg. Nach neueren Ergebnissen aus 2021 ist diese Berechnung jedoch als überholt anzusehen (siehe auch den potenziellen P-Pool des Sediments im vorhergehenden Abschnitt).

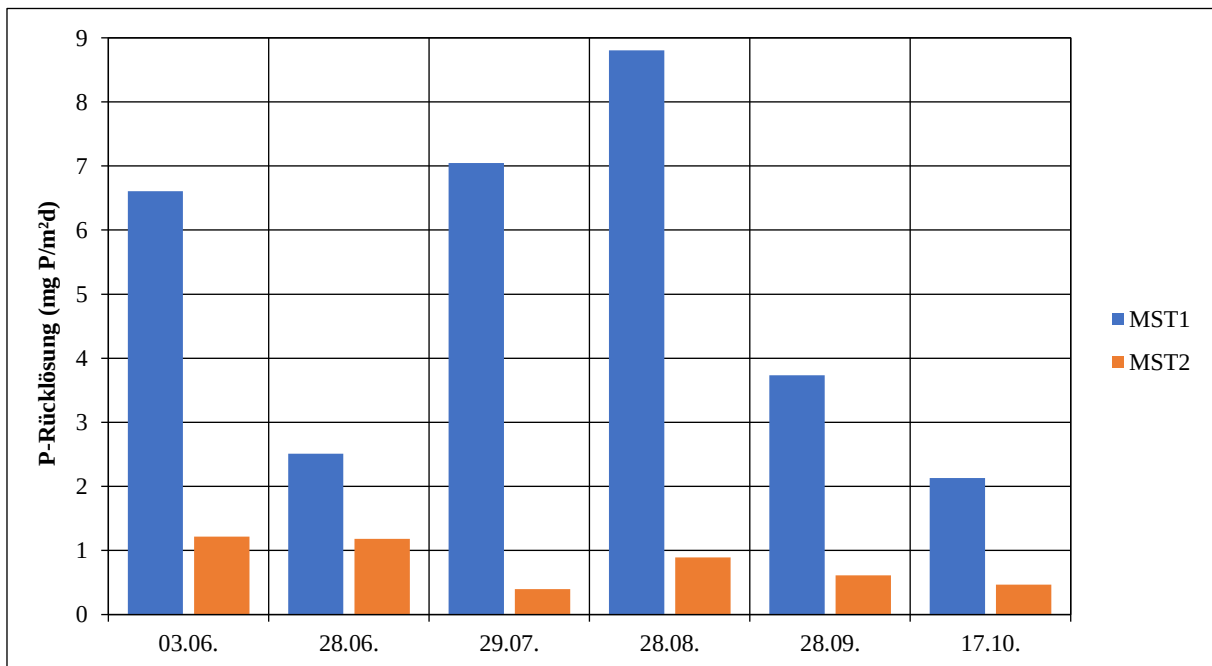


Abb.5.4-4: Rücklösungsrate von Phosphor aus dem Sediment im Pinnower Sees an MST1 und MST2 im Jahr 2019

Rücklösungsprozesse im Jahr 2021

Auf Grund der Ergebnisse zur P-Rücklösung des Sediments aus dem Jahr 2019 wurde im Jahr 2021 eine erweiterte Beprobung über das ganze Jahr (Januar bis Dezember) an 3 Messstellen für 3 verschiedene Tiefenstufen (> 10 m, 4-10 m, 0-4m) durchgeführt. Dies ermöglicht einen wesentlich genaueren Einblick in die Vorgänge und kann auch mögliche P-Festlegungsprozesse im Winterhalbjahr aufzeigen, die folglich in die Bilanzierung mit einfließen. MST1(21) entsprach 2021 dem Tiefenbereich 10-16 m, MST3(21) dem Tiefenbereich 4-10 m und MST2(21) dem Tiefenbereich 0-4 m. Die monatlich ermittelten P-Rücklöseraten an den Messstellen wurden auf die jeweilige Seefläche der entsprechenden Tiefenbereiche übertragen. Die Berechnung erfolgte für den Tiefenbereich 16-11 m für 39 ha Seefläche (etwa 15 %), für den Tiefenbereich 10-5 m für 163 ha Seefläche (etwa 63 %) und für den Tiefenbereich 4-0 m (Uferlinie) für 56 ha Seefläche (etwa 21 %). Abb.5.4-5 verdeutlicht bereits, dass die P-Rücklösung nur im Sommer eine wesentliche Rolle spielt, was ebenfalls in der Beprobung im Jahr 2019 festgestellt wurde. Der Tiefenbereich > 10 m zeigt erwartbar die höchsten P-Rücklöseraten. In Summe wurden im Jahr 2021 im Tiefenbereich > 10 m etwa 106 kg P in den See eingetragen, wobei jedoch ebenfalls eine bedeutende P-Festlegung im Winterhalbjahr (siehe Oktoberwert) stattfand. Messstelle MST3(21) im Tiefenbereich zwischen 10 und 5 m zeigte dagegen eine deutliche P-Festlegung in Summe von etwa (-)25 kg. Die stärkste P-Festlegung fand dabei 2021 überwiegend im Spätsommer statt. Die für MST2(21) im Tiefenbereich zwischen 4 und 0 m ermittelte P-Bilanz von in Summe etwa 15 kg Eintrag lässt sich als ausgeglichen werten. Die höchste Eintragsrate wurde im Dezember gemessen. Insgesamt entsprach die P-Bilanz im Jahr 2021 somit in etwa einem Eintrag von 96 kg über Rücklösungsvorgänge, was im Vergleich zur Erfassung der Rücklösevorgänge des Sommers im Jahr 2019 nur etwa einem Fünftel dessen entspricht. Ein direkter Vergleich der P-Bilanz ist jedoch nur bedingt aussagekräftig, da 2019 zwei Juniwerte mit einfließen und auch die Hochrechnung der P-Rücklösung nur auf Basis von 2 Messstellen und für 2 Tiefenbereiche erfolgte. Die Rücklöseraten ($\text{mg P/m}^2\text{d}$) zeigten jedoch ein ähnliches, wenn auch etwas geringeres, Niveau als 2019, was mit jährlichen veränderlichen Bedingungen im Tiefenwasser zusammenhängen kann. Die 2021 erfasste Bilanz ist zeitraum- und methodengemäß daher als deutlich genauer anzusehen.

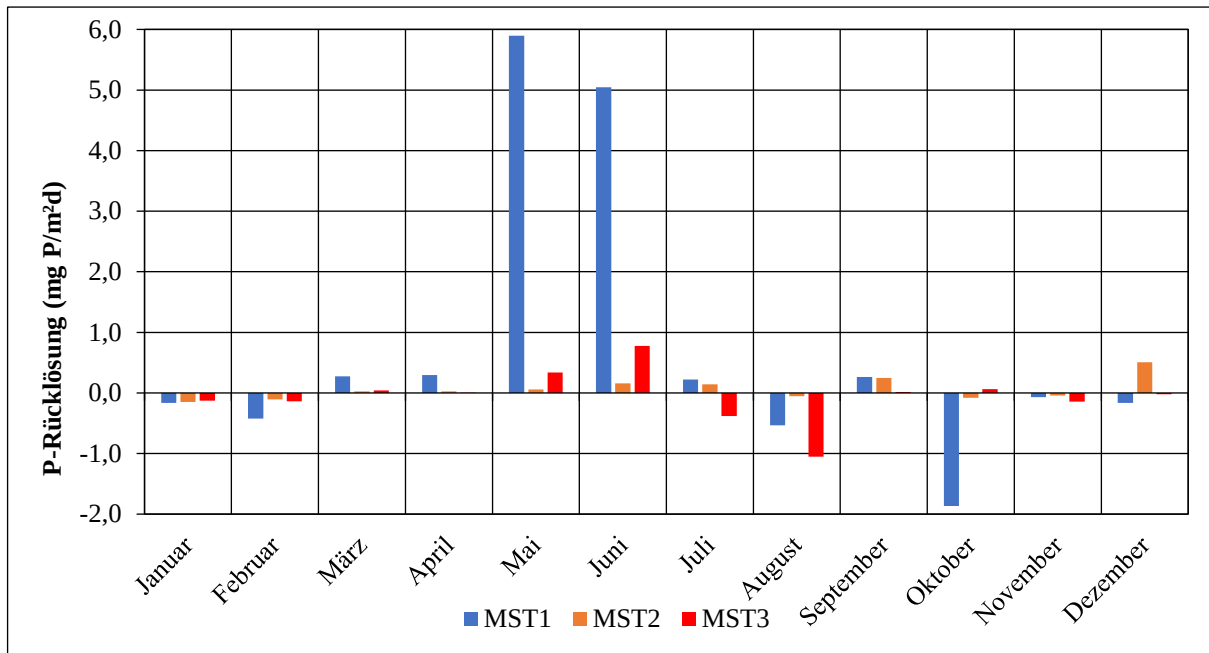


Abb.5.4-5: Rücklösungsrate von Phosphor aus dem Sediment im Pinnower Sees an MST1, MST2 und MST2 im Jahr 2021

5.5 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DES ISTZUSTANDS DES PINNOWER SEES FÜR DIE JAHRE 2019 UND 2021

Die Einschätzung der Trophiesituation, die im Wesentlichen auf der Bewertung der Gesamt-Phosphatwerte, der Chlorophyll a-Konzentrationen und der beobachteten Sichttiefen beruht, ergab für den Pinnower See im Jahr 2019 einen mesotrophen Zustand (m1) und damit eine Einstufung, die bei den morphologischen Gegebenheiten annähernd dem Seetyp 13 im Referenzzustand entspricht. Im Jahr 2021 lag der See hingegen im Bereich des mesotrophen m2-Zustands und somit etwas über seinem Referenzzustand.

Berücksichtigt man die „Hintergrund- & Orientierungswerte für Gesamtphosphor und Sichttiefe im Freiwasser von Seen“ (RAKON Teil B, Arbeitspapier II, 2015) lag der See 2019 fast auf Referenzniveau. Mit einem Gesamtphosphorgehalt (TP) von 27 µg/l im Saisonmittel an MST1(19) und von 26 µg/l im Saisonmittel an MST2(19) (Daten von Juni bis Oktober) war der als Typ 13 eingestufte See zwar noch dem Bereich „gut/mäßig“ zuzuordnen; er lag aber relativ knapp am Grenzwert von 22 µg/l TP für den „sehr gut/gut“-Bereich (OGewV 2016). Bezogen auf die Sichttiefe war der Grenzwert „gut/mäßig“ von 3,50 m im Jahr 2019 mit durchschnittlich gemessenen 4,31 m an MST1(19) und 4,38 m an MST2(19) deutlich unterschritten, der See war diesbezüglich dem Bereich „sehr gut“ zuzuordnen. Insgesamt befand sich der See 2019, mit Ausnahme der leicht erhöhten mittleren saisonalen Gesamt-Phosphorkonzentrationen, somit fast vollständig im trophischen Zielzustand.

Im Jahr 2021 zeigte der See mit einem mittleren saisonalen Gesamtphosphorgehalt von 22 µg/l an MST1(21) sogar einen noch niedrigeren Wert und erreichte den Grenzwert zum trophischen Referenzzustand, dem „sehr gut/gut“-Bereich, damit knapp (OGewV 2016). Auch die Sichttiefe war mit etwa 3,80 m im Saisonmittel im Bereich des Referenzzustands für den Seetyp, jedoch

wieder etwas geringer als noch 2019. In beiden trophierelevanten Parametern erreichte der Pinnower See auch 2021 den „sehr guten“ Zustand. Ursächlich dafür, dass der See insgesamt seinen Referenzzustand nicht vollständig erreichte, ist 2021 die Chlorophyll a-Konzentration und damit die Entwicklung des Phytoplanktons.

Im Vergleich zu den Daten der letztmaligen Untersuchungen aus den Jahren 2015 und 2018 war zwar bei den TP-Konzentrationen praktisch keine, bei den TN-Konzentrationen jedoch eine starke, Tendenz einer Zunahme zu erkennen. Mittlerweile ist der Stickstoffeintrag sehr deutlich hauptursächlich für das „Nicht-Erreichen“ des Referenzzustands (auch aus ökologischer Sicht) und der tendenziellen „Verschlechterung“ der Trophiestufe des Pinnower Sees.

Das Phytoplankton erwies sich 2019 mit 61 Taxa an MST1(19) bzw. 68 Taxa an MST2(19) als relativ artenreich. Die Bewertung mit dem EU WRRL-konformen Bewertungstool PhytoSee wies mit einem PSI von 1,71 an MST1(19) und 1,99 an MST2(19) in beiden Fällen eine Bewertung als „gut“ und damit einen guten ökologischen Zustand (Klasse 2) aus. Die mittleren saisonalen Biovolumina der einzelnen Algenklassen lagen weitestgehend im Bereich des für diesen Seetyp im Referenzzustand typischen Werts von $< 0,3 \text{ mm}^3/\text{l}$ und auch das mittlere saisonale Gesamtbiovolumen war mit $0,67 \text{ mm}^3/\text{l}$ an MST1(19) und $0,87 \text{ mm}^3/\text{l}$ an MST2(19) auf Referenzniveau (Referenzwert $< 1,1 \text{ mm}^3/\text{l}$). Die Chrysophyceae waren an MST1(19) mit 4,7 % und an MST2(19) mit 2,3 % Anteil am saisonalen Gesamtbiovolumen unterrepräsentiert, auf Referenzniveau wären 6-8 % Anteil am saisonalen Gesamtbiovolumen zu erwarten. Im Jahr 2021 wurde an den 3 Messstellen, mit im Schnitt etwa 70 Arten, eine ähnlich hohe Taxaanzahl wie 2019 angetroffen. Die Bewertung mittels PhytoSee ergab an allen Messstellen einen etwas höheren PSI von 2,62 (MST1(21)), 2,35 (MST2(21)) und 2,37 (MST3(21)). An MST2(21) und MST3(21) lag dieser noch im Bereich des „guten“ ökologischen Zustands, an MST1(21) hingegen befand sich der Wert bereits im Bereich des „mäßigen“ ökologischen Zustands (Klasse 3). Auffällig war im Jahr 2021 die starke Phytoplanktonblüte (Diatomeen) im Frühjahr. Für den Seetyp gelten solche starken Blüten als ungewöhnlich. Die mittleren saisonalen Biovolumina der meisten einzelnen Algenklassen waren auch 2021 im Bereich des für diesen Seetyp im Referenzzustand typischen Werts von $< 0,3 \text{ mm}^3/\text{l}$. Die Diatomeen lagen jedoch mit $0,7\text{-}0,9 \text{ mm}^3/\text{l}$ bedingt durch die Frühjahrsblüte deutlich darüber. Das mittlere saisonale Gesamtbiovolumen lag im Jahr 2021 bei $\sim 1,0 \text{ mm}^3/\text{l}$ und befand sich damit noch knapp an der Obergrenze zum Referenzniveau (Referenzwert $< 1,1 \text{ mm}^3/\text{l}$). Die Chrysophyceae waren an den Messstellen mit rund 4 % Anteil am saisonalen Gesamtbiovolumen unterrepräsentiert, auf Referenzniveau wären 6-8 % Anteil am saisonalen Gesamtbiovolumen zu erwarten.

Die Wasserpflanzen im engeren Sinne (submerse Makrophyten), die nur im Jahr 2019 beprobt wurden, waren mit 22 vorkommenden Arten sehr artenreich vertreten. Auch waren die für den Seetyp 13 im Referenzzustand charakteristischen Characeengemeinschaften vorhanden, die im See flächige Rasen ausbilden. Die untere Verbreitungsgrenze betrug 2019 zwischen 5,20 m und 6,30 m und hat sich nach unten verschoben, lag damit aber noch deutlich über dem für den Referenzzustand des Seetyps genannten 10,0 m. Insgesamt wies die Makrophytengemeinschaft

auch mit 11 besonders geschützten Arten nach der Roten Liste M-V (2005/2015) einen „guten“ ökologischen Zustand (Klasse 2) für den See im Jahr 2019 aus.

Das Makrozoobenthos wurde 2021 untersucht. Es erwies sich mit 49 Taxa als ausgesprochen artenreich. Auch wurden die Verbreitungstiefen der Dreikantmuscheln im See mittels Tauchkartierung ermittelt. Muschelbänke kommen hier in bis zu 7 m Wassertiefe vor. Die Dreikantmuscheln tragen durch die hohe Filtrationswirkung zur Aufrechterhaltung des niedrigen Trophieniveaus des Pinnower Sees bei.

Der Fischbestand wurde 2021 beprobt. Bemerkenswert und wirtschaftlich bedeutend ist in erster Linie der durch regelmäßige Besatzmaßnahmen gestützte Bestand der Großen Maräne. Sie findet im See offenbar einen geeigneten Lebensraum und auch die Kleine Maräne wurde bei der Probebefischung (Multimaschennetze) gefunden. Die höchsten Biomasseanteile am Gesamtbestand entfallen gegenwärtig auf Barsch und Plötze.

Bezüglich der weiteren fischereilichen Nutzung wird, wie schon im FFH-Managementplan festgeschrieben, darauf orientiert, dass der Karpfenbestand nicht durch Besatzmaßnahmen über das vorhandene Maß hinaus entwickelt wird. Bei der Probebefischung wurden keine Karpfen gefangen.

Das Sediment des Pinnower Sees ist sehr feinkörnig/breiig und aufgrund des relativ hohen Kalkanteils (50 %) als Kalkmudde einzustufen. Es weist leicht erhöhte Zink-, Blei- und Cadmiumwerte, besonders im Horizont ab 30 cm, auf und auch die Werte der PAK₁₆ sind im Tiefenhorizont leicht erhöht. Ansonsten zeigte sich aber keine verstärkte Belastung mit Schadstoffen. Der hohe Kalkgehalt von über 50 % legt, im Fall einer Sedimententnahme, eine landwirtschaftliche Verwertung als Kalkdünger nahe.

Die Analyse der Phosphorfraktionen im Sediment zeigte, dass mit der Tiefe der Anteil relativ leicht rücklösbarer Phosphorverbindungen nicht deutlich abnimmt, das Absaugen der oberflächlichen Sedimentschicht somit keine deutliche Verbesserung des P-Rücklösungspotenzials bewirken würde. Die Ergebnisse der ganzjährigen Beprobung zur P-Rücklösung im Jahr 2021 zeigen nun auch, dass dieser Eintragspfad nicht entscheidend für die trophische Entwicklung des Pinnower Sees ist.

In den Jahren 2019 und 2021 lässt sich der Pinnower See insgesamt als mesotrophes Gewässer charakterisieren, das sich im bzw. nahe am Referenzzustand befindet. Waren 2019 die Werte für Gesamt-Phosphor noch etwas erhöht, so befanden sich diese im Jahr 2021 auf Referenzniveau. Es ist jedoch zunehmend der Stickstoffeintrag, der sich stärker trophierelevant auswirkt. Das zeigte sich indirekt bei der Entwicklung der Chlorophyll a-Konzentration (vgl. Phytoplanktonentwicklung) und der Entwicklung der Sichttiefe. Die erhöhte Chlorophyll a-Konzentration führte für 2021 zu einer Abwertung in den Trophiebereich mesotroph m2.

Dieser Trend lässt sich durch die Analyse des Phytoplanktons belegen. Im Jahr 2019 zeigte die mittels PhytoSee bewertete biologische Komponente noch insgesamt einen „guten“ ökologischen Zustand (Klasse 2) an. Im Jahr 2021 lagen die Indexwerte bereits höher und an MST1(21) wurde nur noch ein „mäßiger“ ökologischer Zustand ermittelt. Damit verschiebt sich die Gesamtbewertung dieser ökologischen Komponente auf „mäßig“ (Klasse 3). Die ökologische Komponente der Makrophyten wies im Jahr 2019 noch einen „guten“ ökologischen Zustand aus (Klasse 2), wenngleich hier aufgrund der vorgegebenen Methode der Kartierung keine Bewertung mittels PHYLIB durchgeführt werden konnte. Der See kann aber, bedingt durch das Vorkommen der zu erwartenden Arten und der weitläufigen Ausbildung von Characeenbeständen, als dem Referenzzustand entsprechend bezeichnet werden. Im Jahr 2021 fand hingegen keine Erfassung und Bewertung der Makrophyten statt.

Gemäß EU WRRL lässt sich derzeit kein dringender Handlungsbedarf ableiten, um den Zustand des Sees zu verbessern. Jedoch zeigt sich ein leicht steigender Trend bei der Konzentration des Stickstoffs im See seit 2015 bzw. 2018. Deshalb wäre es wünschenswert, dass die Einträge über das Einzugsgebiet gemindert werden oder zumindest abgesichert wird, dass es zu keiner weiteren Erhöhung der Stickstoffwerte kommt.

5.6 NÄHRSTOFFBILANZIERUNG

Als Grundvoraussetzung für eine Erklärung des trophischen Zustands eines Standgewässers und gegebenenfalls die Ableitung von Maßnahmen, müssen die trophierelevanten Nährstoffe zumindest überschlägig bilanziert werden. Eine Zustandsverbesserung von mit Nährstoffen überbelasteten Seen ist nur über eine Reduzierung der im System verfügbaren Nährstoffe zu erreichen. Trotz neuerdings wieder verstärkter Forschungsaktivitäten zur steuernden Rolle von Stickstoff auf das Algenwachstum in Standgewässerökosystemen (Projekt NITROLIMIT) ist vor allem bei relativ nährstoffreichen Gewässern seit den grundlegenden Arbeiten von VOLLENWEIDER (1979) und FORSBERG (1979) nach wie vor die geltende Lehrmeinung und auch durch diverse praktische Beispiele belegt, dass es vor allem der Phosphor ist, über den eine Einflussnahme möglich ist, da Stickstoff für Cyanophyceae im Zweifelsfall aus der Luft aufgenommen werden kann. Zwar sind Stickstoff-Verbindungen im Gewässer für den Eutrophierungsprozess ebenfalls von großer Bedeutung, ihre Rolle ist vielfältig und indirekt (z.B. bei Fragen der Rücklösung aus den Sedimenten) auch wiederum mit dem P-Kreislauf des Gewässers gekoppelt, eine Steuerung der Produktivität eines Gewässers im Sinne einer Minimierung ist in der Regel über den Entzug oder die Reduzierung der Einträge dieses Nährstoffs aber nicht möglich.

Zur Ableitung von Maßnahmen für eine Verbesserung des ökologischen Zustands von Seen ist deshalb entscheidend, die jeweiligen Anteile der P-Eintragspfade zu kennen, um gegebenenfalls an den entscheidenden Stellen eingreifen zu können (Abb.5.6-1).

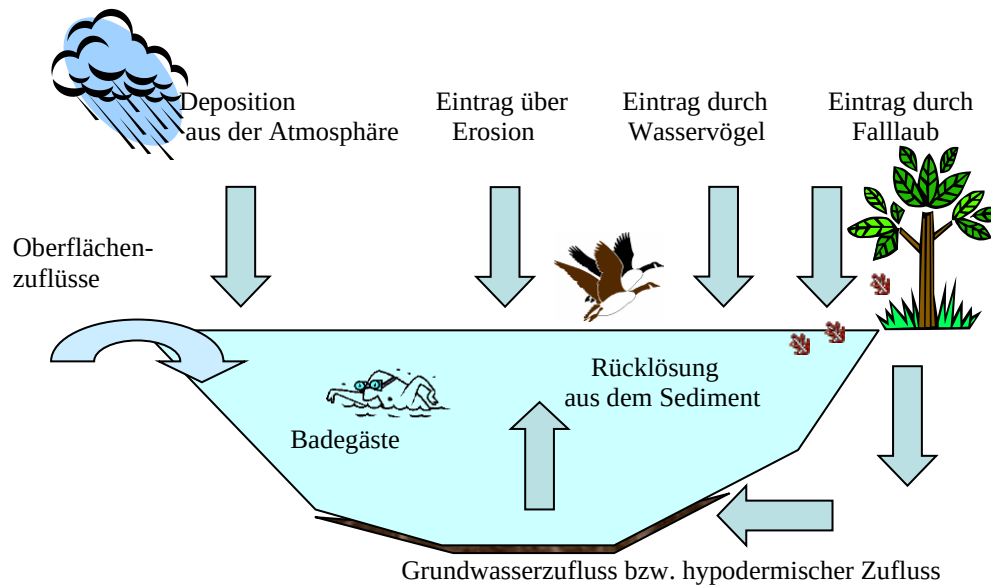


Abb.5.6-1: Prinzipielle P-Eintragspfade in ein Standgewässer

5.6.1 NÄHRSTOFFBILANZIERUNG FÜR DAS JAHR 2019

Die errechnete Bilanz der P-Rücklösung aus dem Sediment für den Pinnower See, ermittelt im Jahr 2019 über die Monate von Juni bis Oktober, belief sich auf etwa **540 kg**. Auf Grundlage des kurzen Untersuchungszeitraums (Juni-Oktober) kann keine exakte Jahressumme ermittelt werden. Die P-Rücklösung ist jedoch generell im Sommer in der Schichtungsphase deutlich ausgeprägter als in der Durchmischungsphase; die Winter- und Frühjahrsmonate wurden hier mit null angesetzt, der für den verkürzten Zeitraum errechnete Eintrag entspräche damit dem Jahreseintrag. Für eine exaktere, weil ganzjährige, Bilanzierung dieses Eintragspfads siehe Kap.5.6.2 für das Jahr 2021.

Der P-Eintrag durch Laubfall ist durch Vermessung der bewaldeten Uferabschnitte im Satellitenbild nach der Methode von LEWANDOWSKI, SCHAUSER UND HUPFER (2002) durchgeführt worden, die von einem herbstlichen Laubfall von 200 g TM/m² bei einer Streubreite von 5 m und einem durchschnittlichen P-Gehalt der Blätter von 2,4 g P/kg TM ausgehen. Es ergibt sich somit für den Pinnower See ein P-Eintrag durch Laubfall von **21,6 kg**.

Ein direkter oberflächlicher Zulauf ist am Pinnower See nicht vorhanden; der See ist primär durch Grundwasser gespeist. Daneben sind auch sechs Quellaustritte am nordwestlichen Ufer vorhanden. Der unterirdische P-Eintrag über Grundwasser sowie Quellaustritte wurde aus einem hydrologischen Gutachten der Firma HGNord (2020) abgeleitet. Dabei wurde ein jährlicher P-Eintrag von **128 kg** über das Grundwasser und die Quellaustritte in den See errechnet.

Bei den Badegästen wird von 3 Monaten Badebetrieb und im Durchschnitt täglich 600 Badegästen in der Hauptsaison ausgegangen. Die Badestelle in Godern ist in der Hauptsaison bei gutem Wetter sehr stark frequentiert, nach Berichten, geschätzt zu Hochzeiten, mit bis zu 800

Gästen am Tag. Leider konnten keine genaueren Angaben zur Anzahl der Gäste vom Betreiber erhalten werden. Die angenommenen Zahlen (Badegäste) sind deshalb möglicherweise eher zu konservativ angesetzt. Insbesondere das geschilderte Problem des vermehrten Auftretens von fädigen Grünalgen ist vermutlich auf eine hohe Nutzung des Uferbereichs und entsprechende Nährstoffeinträge zurückzuführen.

Pro Badegast beträgt der P-Eintrag nach SCHULZ (1981) 0,1 g P/Tag, was hier einen Gesamt-P-Eintrag in den Pinnower See, insbesondere aber lokal an der Badestelle in Godern, durch Badegäste von etwa **5,4 kg**, vor allem in der Hauptsaison, ergibt. Hierbei ist anzumerken, dass die Menge, bezogen auf den Absolutwert, zwar zunächst gering erscheint. Gebadet wird aber vor allem im Sommer und im ufernahen Flachwasserbereich (< 2 m), also dann und dort, wo der Nährstoff sehr schnell und effektiv von Makrophyten, fädigen Algen und Phytoplankton aufgenommen werden kann. Gleiches gilt natürlich auch für die Stickstoffverbindungen.

Als atmosphärischer Eintrag errechnen sich aus der Gewässeroberfläche und einem Richtwert von 0,3 kg P/ha*a (LAWA 1999) **78 kg**. Dies beinhaltet auch die Winderosion von anliegenden Ackerflächen.

Der Pinnower See ist im Kartenportal (LUNG M-V 2022b) als Rastsee für durchziehende oder übernachtende Gänse bzw. als Gebiet, in dem regelmäßig die quantitativen Kriterien für international bedeutsame Vogelkonzentrationen erreicht oder überschritten werden, ausgewiesen. Der P-Eintrag durch Wasservögel wird nach neueren Erkenntnissen bei Enten und Gänsen mit etwa 0,15 g P/d angesetzt (RITTERBUSCH 2013). Auf dem Gebiet des Schweriner Innensees wird nach der letzten Zählstatistik (Saison 2019/2020) im Jahresdurchschnitt von etwa 730 Wasservögeln pro Tag während des Vogelzugs ausgegangen. Das Gesamtgebiet umfasst neben dem Pinnower See noch drei weitere Raststellen (Rastgebietsprofil: 4.2.3 - Südteil des Schweriner Sees (Innensee); Kartenportal LUNG M-V 2022b). Eine gesonderte Zählstatistik für den Pinnower See existiert nach Rückfrage beim LUNG M-V nicht. Für die Berechnung wird eine Rastzeit von 3 Monaten im Jahr bei einem Viertel der rastenden Wasservögel (v.a. Enten und Gänse) für das Gesamtgebiet ausgegangen. Demzufolge werden für den See für 3 Monate pro Tag 90 Gänse und 90 Enten in Ansatz gebracht was in einem P-Eintrag von etwa **2,43 kg** resultiert.

Hinsichtlich des Nährstoffeintrags in einen See spielt, bedingt durch die Bodenqualität und die Topographie des Einzugsgebiets, die Erosion oft eine große Rolle. Im derzeit sich im Druck befindenden Merkblatt 606 der DWA (2022) wird für verschiedene Bodenarten ein P-Austragswert in kg/ha*a angeführt. Am Pinnower See ist für die ackerbaulich bewirtschafteten Flächen am nördlichen bis nordwestlichen Ufer die Bodenart „lehmige terrestrische Mineralböden“ zutreffend. Für die südlich bis südwestlich gelegenen ackerbaulich bewirtschafteten Flächen die Bodenart „tonige Sandböden“ anzunehmen.

Nach TETZLAFF et al. (2015) ist dabei mit etwa 0,05-0,15 kg P/ha*a Austrag durch die Hintergrunderosion bei tonigen, lehmigen Böden zu rechnen, bei sandig-tonigen Böden mit einem Austrag von 0,06-0,3 kg P/ha*a. Bei intensiverer Nutzung kann zudem ein Nutzungsfaktor von

1,6 für tonig-lehmige Böden bzw. 3,6 für sandig-tonige Böden angesetzt werden. Im Umfeld des Pinnower See lässt sich daraus ein maximaler Austragswert durch Erosion für tonig-lehmige Böden von etwa 0,24 kg P/ha*a ansetzen, für sandig-tonige Böden von etwa 1 kg P/ha*a errechnen.

Als für den direkten Eintrag von Phosphor durch Erosion in den Pinnower See relevante Flächen sind alle die Flächen zugrunde gelegt worden, die in teils hängiger Lage im Einzugsgebiet des Sees ackerbaulich bewirtschaftet werden (Abb.5.6-2). Dies ist insbesondere in der nördlichen bis nordwestlichen Umgebung auf Ackerflächen von 83,7 ha der Fall, wo durch ein größeres Gefälle eine hohe Gefahr durch Wassererosion besteht. Da diese Flächen nicht unmittelbar an den See grenzen und hier auch am Seeufer ein breiter Baumbestand und Gehölzgürtel von in weiten Teilen > 80 m existiert wird eine Minderung der Einträge aus den nördlich gelegenen Ackerflächen über die Erosion von 70 % angenommen. Die sich südlich des Sees befindenden 37,7 ha großen Ackerflächen sind durch Bebauung vom Seeufer abgegrenzt. Auch hier kann deshalb von einer Minderung des Eintrags ausgegangen werden, die hier um 60 % eingeschätzt wird. Die starke Minderung der oberflächigen Einträge vor allem durch die Vegetation wird auch durch das Gutachten von HG Nord (2020) mit Monitoring eines Starkregenereignisses bestätigt. Demnach konnten in diesem Fall keine direkten oberflächlichen Abflüsse in den See ermittelt werden. Da die Uferbereiche jedoch sehr steil einfallen und ein sehr hohes Erosionspotenzial aufweisen (vgl. Abb.3.1-3 und Abb.3.6-3), wird dennoch ein 10 m breiter, überwiegend bewaldeter, Uferrandstreifen (etwa 1,1 ha) um den See als P-Eintragsquelle gesondert berücksichtigt. Dafür wird von einem durchschnittlichen Phosphorgehalt für die Bodenart sandiger Lehm und Waldland von 850 mg/kg TP (0-0,5 m Tiefe) ausgegangen (JULICH et al. 2017).



Abb.5.6-2: Erosionsgefährdete und teils hängige Ackerflächen im Umland des Pinnower Sees

Für die Ackerflächen wird nach DWA M606 (2022) von einem mittleren Austragswert von 0,24 kg P/ha*a für die nördlichen Flächen bzw. 1 kg P/ha*a für die südlichen Flächen der erosionsrelevanten Gesamtfläche ausgegangen. Dabei werden als Eintragsminderung der Gehölzgürtel (-70 %) für die nördlichen Ackerflächen und die Bebauung (-60 %) für die südliche Ackerfläche berücksichtigt. Der erosionsbedingte P-Eintrag über die Ackerflächen errechnet sich daher wie folgt:

nördliche Ackerflächen:

$$83,66 \text{ ha} * 0,24 \text{ kg P/ha*a} = 20,08 \text{ kg P/a} - 70 \% (\text{Vegetation}) \\ = \underline{6,0 \text{ kg P/a}}$$

südliche Ackerfläche:

$$37,67 \text{ ha} * 1 \text{ kg P/ha*a} = 37,67 \text{ kg P/a} - 60 \% (\text{Bebauung}) \\ = \underline{15,1 \text{ kg P/a}}$$

Der gesondert zu berücksichtigende P-Eintrag über die stark einfallenden Uferbereiche in einem etwa 10 m breiten Streifen (mit überwiegender Bewaldung) wird hier nach der Formel für Phosphorabtrag nach AUERSWALD (1989, 1993) errechnet. Der Bodenabtragswert fließt durch die Erosions-Gefährdungsklasse „sehr hoch“ mit in die Berechnung ein (vgl. Abb.3.6-3; FREDE UND DABBERT 1999):

$$8 \text{ (t/ha*a)} * 1,1 \text{ ha/a} * 0,0085 (\%) * (2,53 * 8 * 1,1 \text{ ha/a}^{-0,21}) * 10 \\ = \underline{13,5 \text{ kg P/a}}$$

Die Jahreseintragsbilanz durch Erosion in den Pinnower See lässt sich somit insgesamt auf etwa **34,6 kg P** beziffern.

Die Gesamt-TP-Eintragsbilanz für den Pinnower See im Jahr 2019 stellt sich damit wie folgt dar (vgl. Tab.5.6-1 und Abb.5.6-3):

Tab.5.6-1: P-Einträge in den Pinnower See, kalkuliert aus Messdaten der Jahres 2019. Messdaten für den hypodermischen Zufluss, das Grundwasser und die Quellaustritte sind aus dem hydrologischen Gutachten der Firma HGNord (2020) entnommen. Die P-Rücklösung ist auf Grund des kurzen Beprobungszeitraums (Juni-Oktober) deutlich überschätzt.

Eintragspfad	TP-Eintrag in kg/a	%
hypodermischer + Grundwasser-Zufluss	128,0	15,8
Wasservögel	2,4	0,3
Badegäste	5,4	0,7
atmosphärischer Eintrag	78,0	9,6
Laubfall	21,6	2,7
Erosion	34,6	4,3
P-Freisetzung Sediment	540,0	66,7
Summe	810,1	100,0

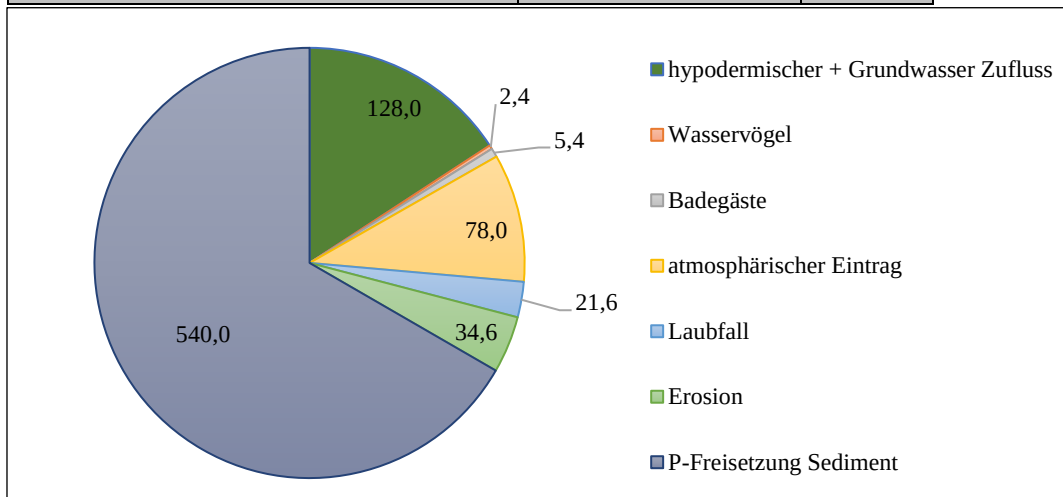


Abb.5.6-3: Verteilung der P-Einträge (TP in kg) in den Pinnower See im Jahr 2019

5.6.2 NÄHRSTOFFBILANZIERUNG FÜR DAS JAHR 2021

Die P-Bilanzierung für das Jahr 2021 bezieht sich auf alle Monate des Jahres, da ein deutlich längerer Untersuchungszeitraum gewählt wurde. Die ermittelten Bilanzen sind somit nur in Teilgebieten (z.B. atmosphärischer Eintrag, Laubeintrag, Badegäste) mit denen des Jahres 2019 vergleichbar, auf Grund der Vollerfassung des Gesamtjahres jedoch als weitaus realistischer einzuschätzen. Die Berechnung des Eintrags über Erosion und Wasservögel wurde für beide Jahre nach neueren wissenschaftlichen Erkenntnissen durchgeführt.

Die errechnete Bilanz der P-Rücklösung aus dem Sediment für den Pinnower See, ermittelt im Jahr 2021 über das ganze Jahr (Januar bis Dezember) an 3 Messstellen und über 3 Tiefenstufen, belief sich auf etwa **96,4 kg**. Dieser Wert liegt weitaus niedriger als in der Bilanzierung 2019, da im ebenfalls beprobten Winterhalbjahr 2021 keine Rücklösung, sondern eine P-Festlegung stattfand. Die Einträge in den Sommermonaten durch P-Rücklösung waren dagegen weiterhin

vorhanden (v.a. an der tiefsten Stelle; MST1), wenngleich im Jahr 2021 die absolute Rücklösungsrate (max. 5-6 mg P/m²d) nicht so stark ausgeprägt war wie 2019 (max. 8-9 mg P/m²d). Wird nur das Sommerhalbjahr erfasst, kommt es somit unweigerlich zu einer Überschätzung des P-Eintrags über diesen Pfad.

Der P-Eintrag durch Laubfall ist nach der Methode von LEWANDOWSKI, SCHAUSER UND HUPFER (2002) auch im Jahr 2021 identisch wie 2019. Es ergibt sich für den Pinnower See ein P-Eintrag durch Laubfall von **21,6 kg**.

Der unterirdische P-Eintrag über Grundwasser sowie Quellaustritte ist auch 2021 durch ein hydrologisches Gutachten der Firma HGNord (2022) erfasst worden. Dabei wurde ein jährlicher P-Eintrag von **131 kg** über das Grundwasser und die Quellaustritte in den See errechnet. Der auf Grundlage der Messwerte modellierte Eintrag lag somit in ähnlicher Höhe wie 2019.

Auch bei den Badegästen bleibt 2021 die gleiche Situation bestehen. Pro Badegast wird der P-Eintrag nach SCHULZ (1981) mit 0,1 g P/Tag angesetzt, was einen Gesamt-P-Eintrag in den Pinnower See durch Badegäste von etwa **5,4 kg** ergibt.

Der atmosphärische Eintrag ist für 2021 derselbe, errechnet sich aus der Gewässeroberfläche und einem Richtwert von 0,3 kg P/ha*a (LAWA 1999) mit **78 kg** und beinhaltet auch hier die Winderosion.

Der Pinnower See ist wie bereits beschrieben als Rastsee im Vogelzug (u.a. für Gänse) ausgewiesen (Zugvogelgebiet Schweriner Seen). Der P-Eintrag durch Wasservögel ist nach neueren Erkenntnissen für Gänse und Enten mit etwa 0,15 g P/d anzusetzen (RITTERBUSCH 2013). Auf dem Gebiet des Schweriner Innensees wird nach der letzten Zählstatistik (Saison 2019/2020) im Jahresdurchschnitt von etwa 730 Wasservögeln pro Tag während des Vogelzugs ausgegangen. Wie im Jahr 2019 wird für die Berechnung von einer Rastzeit von 3 Monaten im Jahr bei einem Viertel der rastenden Wasservögel (v.a. Enten und Gänse) für das Gesamtgebiet ausgegangen. Demzufolge werden für den See für 3 Monate pro Tag 90 Gänse und 90 Enten in Ansatz gebracht, was abermals in einem P-Eintrag von etwa **2,43 kg** resultiert.

Im Jahr 2021 sind am See Brutkolonien von Silberreiher aufgefunden. Da diese vermutlich überwiegend Fisch aus dem Pinnower See entnehmen, wird kein Eintrag angesetzt. Ebenfalls aufgefunden sind Bäume mit Spuren typischer Kormoranbesiedlung. Es wurde jedoch keine große Anzahl am oder auf dem See beobachtet. Deshalb kann hier derzeit kein Eintrag angesetzt werden, wenngleich im Falle der Etablierung einer Kolonie (zukünftig) durchaus ein hoher Eintrag entstehen kann. Dies sollte bei weitergehendem Monitoring des Sees mit beachtet werden.

Auch 2021 sind die schon 2019 identifizierten, als für den direkten Eintrag von Phosphor durch Erosion in den Pinnower See relevante, Flächen zugrunde gelegt worden, die in teils hängiger Lage im Einzugsgebiet des Sees ackerbaulich bewirtschaftet werden (vgl. Abb.5.6-2). Insbesondere am nördlichen Seeteil befinden sich Ackerflächen in einer Größenordnung von 83,7 ha

(Wassererosionsgefahr). Der breite Baumbestand und Gehölzgürtel von in weiten Teilen > 80 m wird weiterhin als eine Minderung der Einträge über die Erosion von 70 % angenommen. Ebenfalls bleibt die durch Bebauung vom Seeufer abgegrenzte, sich am südlichen Ufer befindende 37,7 ha große Ackerfläche mit einer Minderung des Eintrags um 60 % in der Berechnung. Die steilen Uferbereiche (vgl. Abb.3.6-3) mit sehr hohem Erosionspotenzial werden weiterhin als 10 m breiter Uferrandstreifen (etwa 1,1 ha) als P-Eintragsquelle gesondert berücksichtigt. Der durchschnittlichen Phosphorgehalt für die Bodenart sandiger Lehm und Waldland wird mit 850 mg/kg TP (0-0,5 m Tiefe) angesetzt (JULICH et al. 2017).

Wie für das Jahr 2019 wird für die Ackerflächen nach DWA M606 (2022) von einem mittleren Austragswert von 0,24 kg P/ha*a für die nördlichen Flächen bzw. 1 kg P/ha*a für die südlichen Flächen der erosionsrelevanten Gesamtfläche ausgegangen. Dabei werden als Eintragsminderung der Gehölzgürtel (- 70 %) für die nördlichen Ackerflächen und die Bebauung (- 60 %) für die südliche Ackerfläche berücksichtigt. Da sich an der Bewirtschaftungssituation nichts geändert hat, errechnet sich der erosionsbedingte P-Eintrag über die Ackerflächen nach wie vor wie folgt:

nördliche Ackerflächen:

$$83,66 \text{ ha} * 0,24 \text{ kg P/ha*a} = 20,08 \text{ kg P/a} - 70 \% (\text{Vegetation}) \\ = \underline{6,0 \text{ kg P/a}}$$

südliche Ackerflächen:

$$37,67 \text{ ha} * 1 \text{ kg P/ha*a} = 37,67 \text{ kg P/a} - 60 \% (\text{Bebauung}) \\ = \underline{15,1 \text{ kg P/a}}$$

Der gesondert zu berücksichtigende P-Eintrag über die stark einfallenden Uferbereiche in einem etwa 10 m breiten Streifen (mit überwiegender Bewaldung) wird ebenfalls nach exakt derselben Methodik wie für die Bilanzierung des Jahres 2019 berechnet:

$$8 \text{ (t/ha*a)} * 1,1 \text{ ha/a} * 0,0085 \% * (2,53 * 8 * 1,1 \text{ ha/a}^{-0,21}) * 10 \\ = \underline{13,5 \text{ kg P/a}}$$

Die Jahreseintragsbilanz durch Erosion in den Pinnower See lässt sich somit auch 2021 insgesamt auf etwa **34,6 kg P** beziffern.

Die Gesamt-TP-Eintragsbilanz für den Pinnower See im Jahr 2021 stellt sich damit wie folgt dar (vgl. Tab.5.6-2 und Abb.5.6-4):

Tab.5.6-2: P-Einträge in den Pinnower See, kalkuliert aus Messdaten der Jahres 2021. Messdaten für den hypodermischen Zufluss, das Grundwasser und die Quellaustritte sind aus einem hydrologischen Gutachten der Firma HGNord (2022) entnommen.

Eintragspfad	TP-Eintrag in kg/a	%
hypodermischer + Grundwasser Zufluss	131,0	35,5
Wasservögel	2,4	0,7
Badegäste	5,4	1,5
atmosphärischer Eintrag	78,0	21,1
Laubfall	21,6	5,8
Erosion	34,6	9,4
P-Freisetzung Sediment	96,4	26,1
Summe	369,5	100,0

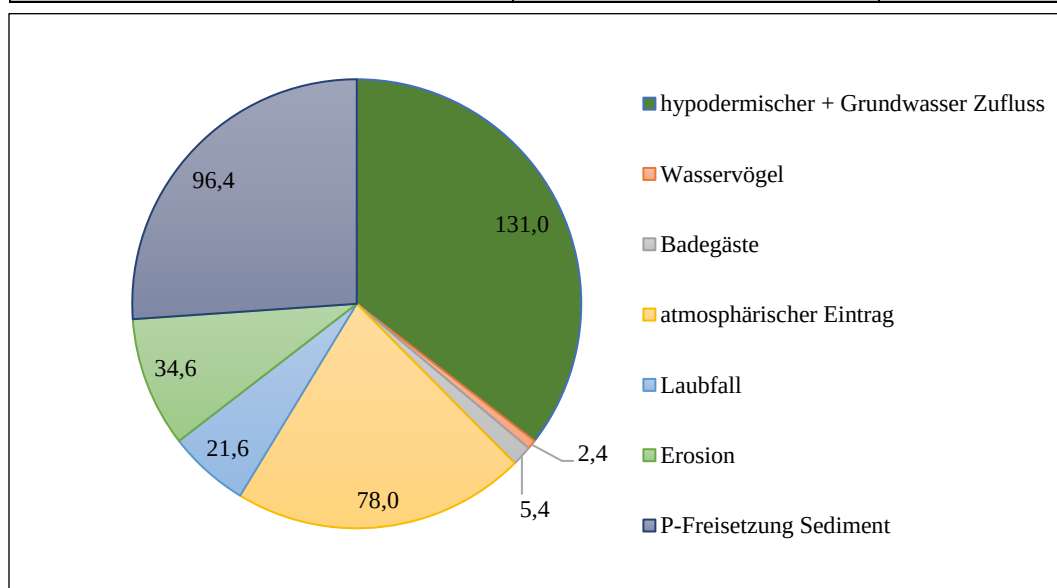


Abb.5.6-4: Verteilung der P-Einträge (TP in kg) in den Pinnower See im Jahr 2021

Der gesamt P-Eintrag in einen See kann auch als Flächenbelastung ($\text{g P} / \text{m}^2 \text{a}^{-1}$) angegeben werden, der das Wirkverhältnis des Jahreseintrags in Bezug zur Seegröße veranschaulicht (DWA M606, 2022). Dadurch lassen sich verschiedene Seen desselben Seetyps gut vergleichen. In Tab. 5.6-3 sind einige Flächenbelastungsraten von Seen des Seetyps 13 dargestellt. Der Pinnower See besitzt mit einer jährlichen Gesamtbelastung (2021) von etwa 369 kg bei einer Fläche von etwa 258 ha einen Flächeneintrag von rund $0,14 \text{ g P} / \text{m}^2 \text{a}^{-1}$. Dies stellt im Vergleich mit anderen Seen einen recht niedrigen Wert dar.

Tab.5.6-3: Flächenbelastung ($\text{g P} / \text{m}^2 \text{a}^{-1}$) verschiedener Seen vom Typ 13

See (Typ 13)	Seefläche (ha)	$\text{g P} / \text{m}^2 \text{a}^{-1}$
Pinnower See (2021)	258	0,14
Neumühler See (2021)	188	0,30
Scharteissensee (2019)	11	1,31
Pulower See (2018)	11	2,04

6 ABLEITUNG VON MÖGLICHEN RESTAURIERUNGS-/SANIERUNGSMAßNAHMEN

Der See befand sich im Jahr 2019 in seinem trophischen Referenzzustand (m1) und auch die ökologischen Komponenten, das Phytoplankton und die Makrophyten, zeigten einen „guten“ bis „sehr guten“ Zustand an. Dennoch war in Bezug auf die Entwicklung der saisonalen P-Konzentration im See anzumerken, dass der Trend mit den Ergebnissen aus dem Jahr 2019 wieder leicht anstieg. Dies zeigte sich noch deutlicher bei den Stickstoffkonzentrationen (vgl. Abb.5.1-10, Kap.5.1.1). Auch im Jahr 2021 war dieser „leicht negative“ Trend weiter intakt (vgl. Abb.5.1-44, Kap.5.1.2). Die Trophie stieg auf mesotroph m2; etwas über dem Referenzniveau für den Seetyp, aber noch im Bereich des „guten Zustands“ nach der OGewV (2016). Die biologische Qualitätskomponente Phytoplankton war 2021 erstmals wieder knapp nicht gut, sondern (an MST1) mit „mäßig“ (Klasse 3) zu bewerten. Dies kann als ein erstes Warnsignal gelesen werden.

Die Analyse der Phosphoreintragspfade war für das Jahr 2021 deutlich präziser als 2019 darstellbar, deshalb werden die zudem umfangreicheren und aktuelleren Werte aus dem Jahr 2021 als Maßgabe für die Ableitung von Restaurierungs-/Sanierungsoptionen herangezogen. Die Haupteintragsquellen stellen nach der Bilanzberechnung 2021 der hypodermische Zufluss (Quellen) und der Grundwasserzufluss (35 %) sowie die P-Rücklösung (26 %) dar. Daneben ist auch der atmosphärische Eintrag (21 %) bedeutend, der zusammen mit der Oberflächenerosion (10 %) gut ein Drittel des P-Eintrags umfasst (Erosion durch Wind und Wasser). Der dichte Baum- und Gehölzbestand mit zumeist > 80 m Breite bietet jedoch einen relativ starken Erosionsschutz, z.B. bei Starkregenereignissen. Dies gilt jedoch nicht für den direkten Eintrag über die 6 Quellaustritte am nordwestlichen Ufer. Die Ackerflächen am See sind, den Ergebnissen der Modellierung aus den Jahren 2019 und 2021 (HGNord 2020/2022) zu urteilen, tatsächlich eine gewisse Belastungsquelle für das oberflächennahe Grundwasser, welches dem See zuströmt. Auch die Brunnen (GW-Messtellen) am südlichen Ufer zeigten eine Belastung mit Nährstoffen, die aus der ackerbaulichen Nutzung der angrenzenden Flächen herrührt.

Für das GGB (ehemals FFH-Gebiet) „Pinnower See“ existiert ein Managementplan (StALU WM 2018), dessen Maßnahmen Tab.6-1 zusammenfassend auflistet. Zuvorderst ist der Erhalt der Lebensraumtypen gefordert, jedoch auch die Reduktion von Belastungsquellen wie sie z.B. aus der landwirtschaftlichen Nutzung um den See entstehen. Darauf zielt ebenfalls die allgemein formulierte Maßnahme zum Grundwasserschutz (DEMV_GW03; FIS WRRL) ab, eine Verminderung der Nährstoffbelastung aus der Landwirtschaft über das Grundwasser bis 2021 zu realisieren.

Im FIS WRRL ist zudem als Maßnahme, die bis zum Jahr 2027 realisiert werden soll, der weitgehende Verzicht auf eine Intensivierung der fischereilichen Nutzung festgeschrieben (2400700_M_1). Diese Maßnahme (001_01-S) findet sich ebenfalls im Managementplan wieder.

Tab.6-1: Übersicht der Maßnahmen aus dem Managementplan (StALU WM 2018) für das FFH-Gebiet (DE 2335-301) „Pinnower See“

Nr.	Maßnahmenbeschreibung	Schutzobjekt
001_01-S*	Erhalt des oligo- bis mesotrophen kalkhaltigen Gewässers mit benthischer Vegetation aus Armleuchteralgen durch: - Erhalt der Gewässerflächen mit ihrer natürlichen Trophie und des extensiv genutzten Einzugsgebiets - Erhalt naturnaher Uferstrukturen – keine Eingriffe in den Uferbereich durch Baumaßnahmen - Erhalt störungsarmer Bereiche – Verzicht auf weitere touristische Erschließung - keine Intensivierung der derzeitigen fischereilichen Nutzung	LRT 3140 Fischotter Biber
001_02-wE**	Stabilisierung und Verbesserung der Lebensraum- und Habitatqualität durch: - Erstellung eines detaillierten limnologischen Gutachtens - technologische Verbesserung der Fischerei (Umstellung der Aalreusen auf ottersichere Geräte)	LRT 3140 Fischotter
002_01-S	Schutz der Übergangs- und Schwingrasenmoore durch: - Erhalt des offenen oder halboffenen Charakters – keine Aufforstung - Erhalt des vorhandenen Wasserstands – keine Entwässerungsmaßnahmen	LRT 7140
002_02-wE	Stabilisierung und Verbesserung der Lebensraumqualität durch: - Untersuchung hinsichtlich ggf. wirksamer Entwässerungseinrichtungen und Verbesserung des Wasserrückhalts durch Rückbau von ggf. vorhandenen und wirksamen Entwässerungseinrichtungen - Beseitigung von Gehölzen	LRT 7140
	Erarbeitung von Informationsmaterial	LRT 3140 Fischotter

*S - Schutz

**wE - wünschenswerte Entwicklungsmaßnahme

Im Folgenden werden, abgeleitet aus den Ergebnissen der aktuellen Untersuchungen, zusätzliche Maßnahmen bzw. die Präzisierung der Umsetzung der Maßnahmen für das Einzugsgebiet und für den See selbst dargestellt.

Maßnahmen im Einzugsgebiet

Der Pinnower See ist primär durch Grundwasser gespeist. Die Quellaustritte sowie die Hauptanströmungsrichtung befinden sich vorwiegend im nordwestlichen Uferbereich, wobei ein großer Anteil des Grundwassers, das in den Pinnower See eintritt, aus dem Schweriner Innensee stammt (HGNord 2020/2022). Der ermittelte unterirdische Zufluss durch Grundwasser bzw. Quellaustritte wurde 2021 insgesamt mit einer Fracht von 131 kg TP/a als eine Haupteintragsquelle für Phosphor im unterirdischen EZG eingeschätzt. Durch die Einteilung in Bilanzierungsgebiete im Gutachten der HGNord (2022) lässt sich der nordwestliche und westliche Teil mit den Bilanzierungsgebieten 0, 1 und 2 (inkl. Schweriner Innensee) mit etwa 40 % Zuflussanteil am unterirdischen Gesamtzufluss als Hauptanströmungsgebiet einschätzen (vgl. Kap.5.2).

Im direkten Umland des Sees befinden sich zum Teil größere Ackerflächen, die insbesondere im nördlichen Teil auch eine Hangneigung zum See aufweisen (Abb.3.1-3). Die hier bestehenden Ackerflächen liegen in den Bilanzierungsgebieten 1 und 2 (HGNord 2020/2022; vgl. Kap.5.2) und somit in direkter Anströmungsrichtung des Sees. Die Fließzeiten des oberflächennah zuströmenden Grundwassers werden hier mit < 10 Jahren (Steilufer) eingeschätzt. Der Grundwassereintritt aus dem unmittelbaren Uferbereich stellt damit, zusammen mit den Quellaustritten der Quellen 1 und 2, einen relativ zeitnahen direkten Eintragspfad in den See dar. Die ermittelten Konzentrationen weisen darauf hin, dass ein nicht unerheblicher Anteil der Gesamtfracht aus diesen Bilanzierungsgebieten (1 und 2) dem See zufließt. Hochgerechnet, auf Grundlage der im Jahr 2021 ermittelten Konzentrationswerte, beläuft sich der Eintrag der Quellen 1 und 2 auf etwa 17 kg TP/a (HGNord 2022). Als Maßnahme wird daher empfohlen, auf den an den uferbegleitenden Baum- und Gehölzgürtel direkt angrenzenden Ackerflächen eine Düngung mit Flüssigdünger aller Art zu unterlassen, um einerseits einen Eintrag durch wasserbedingte Erosion (Steilufer) sowie andererseits das Einsickern in das oberflächennahe Grundwasser und die Belastung der oberflächlichen Quellaustritte zu reduzieren. Dies beträfe anliegende hängige Ackerflächen im nördlichen und nordwestlichen Uferbereich (Abb.6-1) mit insgesamt etwa 83 ha.

Auf der südlichen Seeseite befindet sich ebenfalls eine erosionsgefährdete Ackerfläche mit einer ausgeprägten Hangneigung zum See hin (Abb.6-1). Die nur 2020 modellierten N-Frachten über das Grundwasser in den Bilanzierungsgebieten 5 und 6 weisen auf einen recht hohen Eintrag von Stickstoff mit hochgerechnet etwa 1.500 kg/a (HGNord 2020) hin. Der potenzielle Phosphor-Eintrag über das von Süden anströmende Grundwasser lag nach den neuesten, im Jahr 2021, ermittelten Konzentrationen bei insgesamt etwa 30 kg/a (HGNord 2022). Auf Grund des hohen Stickstoffeintrags und auch der P-Belastung aus diesem Gebiet sollte, da es sich um

sandige und somit eher wasserdurchlässige Bodenschichten handelt, ein kompletter Düngeverzicht für dieses Gebiet in Betracht gezogen werden. Dies auch vor allem vor dem Hintergrund, dass die Stickstoffkonzentration im Pinnower See schon seit 2015 einen Anstieg zeigt. Ein kompletter Düngeverzicht beträfe direkt an den See angrenzende Ackerflächen von etwa 37 ha (Abb.6-1), welche sich insgesamt aus etwa 15 Flurstücken ergeben. Eine solche Maßnahme stünde auch im Einklang mit der im FIS WRRL hinterlegten Forderung zum Grundwasserschutz (DEMV_GW03).

Prinzipiell sind 3 in der Konsequenz der Zielverfolgung unterschiedliche Varianten denkbar, um den Nährstoffeintrag über diese Flächen in das Grundwasser und somit auch in den Pinnower See deutlich zu minimieren.

Variante 1 steht für eine generelle Entnahme der Flächen aus der landwirtschaftlichen Nutzung, um langfristig Waldland zu erhalten. Die Flächen wären der natürlichen Sukzession zu überlassen, alternativ könnten auch Initialpflanzungen erfolgen. Diese Variante würde zudem einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Weniger konsequent, dafür aber auch kostengünstiger, wäre die in Variante 2 vorgesehene Umwandlung der 37 ha in extensives Dauergrünland mit Mahd oder extensiver Beweidung mit Schafen. Der geforderte Grundwasserschutz wäre dennoch gewährleistet.

Variante 3 stellt einen Kompromissvorschlag zwischen Aufrechterhaltung der Ackernutzung und Grundwasserschutz dar. Die Flächen wären auf ökologischen Landbau umzustellen, bei dem nur die für die Nutzpflanzen unbedingt erforderliche Menge an Düngemitteln (im Idealfall nur Gründüngung) ausgebracht werden. Die Zugabe von Düngemittel sollte sich darüber hinaus auf die Wachstumsperiode beschränken, um einer Versickerung in das Grundwasser vorzubeugen.

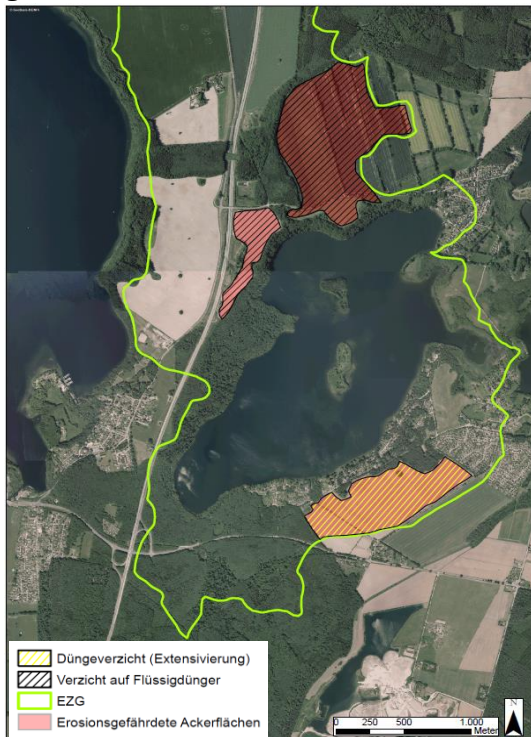


Abb.6-1: Verzicht auf Flüssigdüngung auf nördlich und nordwestlich des Pinnower Sees gelegenen Ackerflächen mit Hangneigung zum See, auf südlichen Ackerflächen kompletter Düngeverzicht (anzustreben: Extensivierung)

Als eine bedeutende Eintragsquelle ist der Zufluss von Grund- und Schichtenwasser aus dem Schweriner Innensee zu nennen. Der direkte Eintrag aus dem Schweriner Innensee (Bilanzierungsgebiet 0) beläuft sich nach Berechnungen für das Jahr 2021 (HGNord 2022) für Gesamt-Phosphor auf etwa 64,6 kg/a und stellt damit den TP-Haupteintrag über das Grundwasser dar. Eine direkte Einflussnahme ist schwierig bzw. nur über den Schweriner Innensee möglich, da hierfür vor allem die Wasserqualität des Schweriner Innensees entscheidend ist. Durch den relativ großen Höhenunterschied zwischen dem Schweriner Innensee und dem Pinnower See ist es theoretisch durchaus möglich, dass nährstoffreicheres Tiefenwasser des Schweriner Innensees in das Grundwasser übergeht und über die Bilanzierungsgebiete 0, 1 und 2 dem Pinnower See zufließt (Abb.6-2; HGNord 2020/2022).

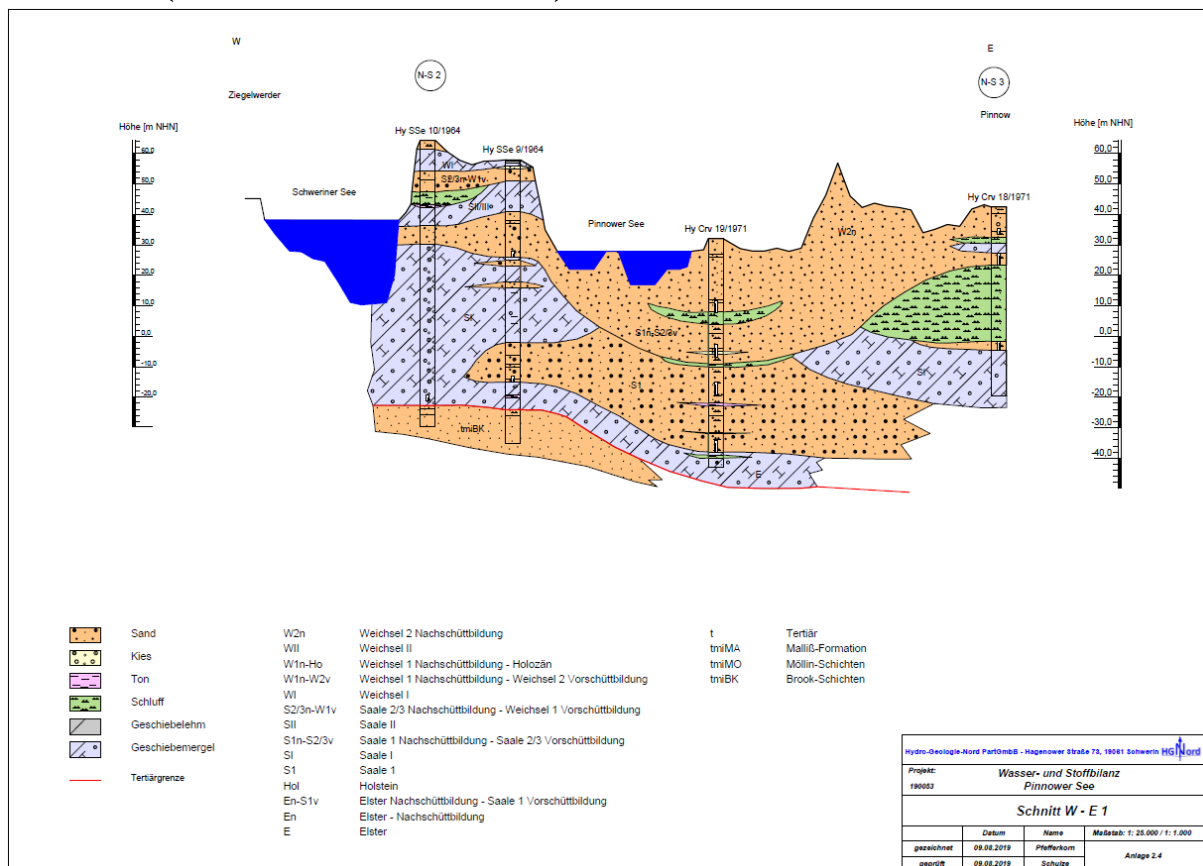


Abb.6-2: West-Ost-Schnitt zwischen dem Schweriner Innensee und dem Pinnower See; verdeutlicht den Höhenunterschied (etwa 10 m) und die geologischen Formationen (HGNord 2020/2022)

Die sandigen wasserdurchlässigen Schichten zwischen dem Schweriner Innensee (bis etwa 10 m Wassertiefe) und dem Pinnower See erlauben zudem recht geringe Fließzeiten, so dass davon auszugehen ist, dass das dem Pinnower See zuströmende Grund- und Schichtenwasser über den Schweriner Innensee die relativ kleine Distanz zwischen den Seen durchaus in weniger als 20 Jahren zurücklegen kann. Derzeit noch erhöhte Nährstoffwerte im zuströmenden unterirdischen Wasser, vor allem auf Grund der Phosphorkonzentration des Schweriner Innensees über die letzten 20 Jahre (bis 2008 noch > 0,2 mg/l; StALU WM) und auch derzeit mit etwa 0,096 mg/l (Stand 2021; HGNord 2022), sind deutlich höher als die saisonale Phosphorkonzentration des

Pinnower Sees im Jahr 2021 (etwa 0,031 mg/l). Die bisher positive Entwicklung des Schweriner Innensees in Bezug auf die Nährstoffwerte der letzten Jahre lässt allerdings auch bei der zukünftigen Entwicklung des Pinnower Sees eine Reduktion der über das Grund- und Schichtenwasser zulaufenden Nährstofffracht in den nächsten Jahren erwarten. Damit sollte sich der noch vorhandene, relativ hohe P-Eintrag, zusammen $> 65 \text{ kg P/a}$, über das Grundwasser und die Quellaustritte am nördlichen und nordwestlichen Ufer langfristig/tendenziell reduzieren.

Seeinterne Maßnahmen

Das auch im FFH-Managementplan benannte, verstärkte Vorkommen von fädigen Grünalgen im Uferbereich bei Godern spiegelt sich in den Gesamtergebnissen (Nährstoffwerte und ökologischer Zustand) für den See sowohl für 2019 als auch in den neuesten Daten von 2021 insgesamt nicht direkt wider. Möglich und wahrscheinlich ist eine lokale Entwicklung vor allem im Bereich der verstärkt genutzten Uferbereiche an und in der Umgebung der Badestelle in Godern (Abb.6-3). Dies würde dann unmittelbar mit der saisonalen Anzahl an Badegästen zusammenhängen, hat aber in Bezug auf die allgemeine Wasserqualität in dem relativ großen See nur begrenzten Einfluss.



Abb.6-3: Uferbereich an der Bucht der Badestelle in Godern (August 2020)

Es wurde zunächst versucht, Angaben zur ungefähren Anzahl der Badegäste in der Hauptsaison zu erhalten, jedoch wollte der Betreiber der Badestelle (Herr Thalmann) hier keine Zahlen nennen. Die Badestelle ist aber nach Anwohnerberichten zur Hauptsaison, je nach Wetterlage, generell sehr gut besucht (> 600 Besucher/d). Ein Badegast kann dabei $0,1 \text{ g P}$ pro Tag in den See einbringen (SCHULZ 1981). Eine hohe Besucherzahl in der Hauptsaison könnte für das verstärkte Auftreten fädiger Grünalgen mit ursächlich sein. Um diese Überlegungen mit konkreten

Messwerten zu untersetzen, wurde am 01.08.2020 (Sommersaison) eine Wasserprobe an der Badestelle im Flachwasserbereich um 1,0 m sowie zum Vergleich eine Wasserprobe im Flachwasser ($< 1,0$ m) des Uferbereichs an der östlichen Seeseite genommen (Abb.6-4). Es wurde an der Badestelle für den 01.08.2020 eine TP-Konzentration von $0,054 \text{ mg/l}$ analysiert, die rein bezogen auf die TP-Konzentration nach LAWA (2014) bereits im schwach eutrophen Bereich liegt. Zeitgleich am Ostufer wurde hingegen eine TP-Konzentration von $0,024 \text{ mg/l}$ ermittelt, die auf dem Niveau des saisonalen Mittelwerts von 2019 bzw. 2021 (etwa $0,026 \text{ µg/l TP}$ bzw. $0,023 \text{ µg/l TP}$) des Sees lag. Die gemessene leicht erhöhte TP-Konzentration könnte somit im Bereich der Badestelle für das vermehrte Auftreten von Grünalgen ursächlich sein und verdeutlicht, dass an Tagen, an denen die Badestelle gut besucht ist, durchaus höhere P-Konzentrationen auftreten können. Zusätzlich zu berücksichtigen wäre hier auch noch der Stickstoffeintrag, der pro Badegast und Tag bei etwa $1,8 \text{ g}$ liegen kann (LFUBW 2014).

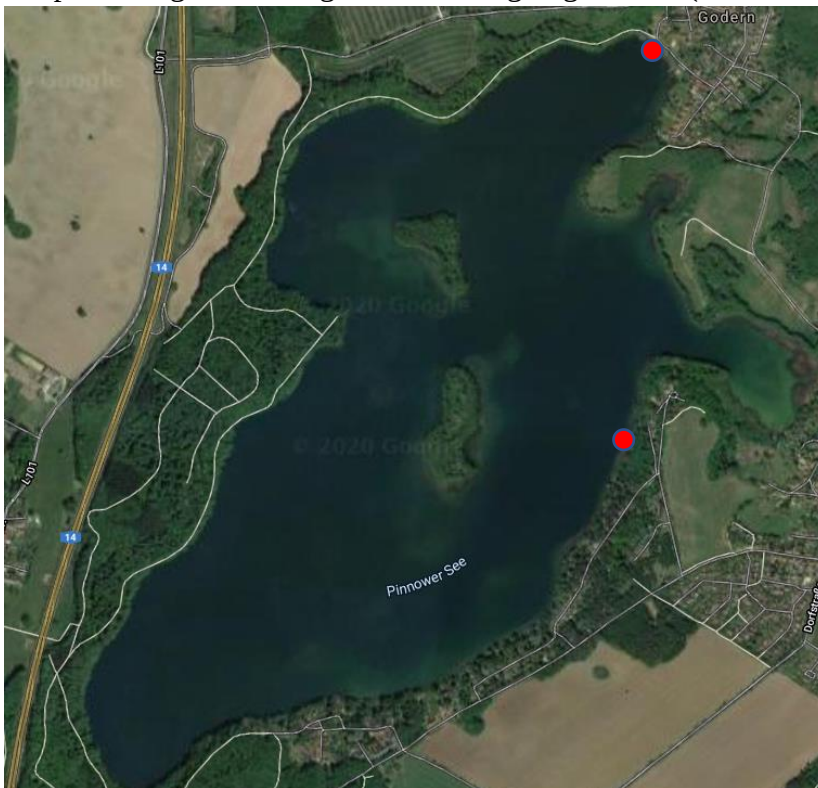


Abb.6-4: Lage der Probenahmestellen der nachträglich am 01.08.2020 genommenen Wasserproben

Die ermittelten Werte sind in Bezug auf den begrenzten Zeitraum (Hauptsaison) für den Gesamtsee relativ unproblematisch. In diesem Gutachten wird daher keine konkrete Handlungsempfehlung oder Maßnahme diesbezüglich vorgeschlagen. Ist eine Reduktion der für das Auftreten der Grünalgen wahrscheinlich ursächlichen Nährstoffkonzentration gewünscht, wäre eine gesonderte Bewertung der Situation vorzunehmen. Die auf einen Eintrag der Nährstoffe durch die landwirtschaftliche Nutzung aus dem Einzugsgebiet vorgeschlagenen Maßnahmen dürften sich auch in Bezug auf fädige Grünalgen positiv bemerkbar machen.

Die im FIS WRRL und im FFH-Managementplan für den See vorgesehenen Beschränkungen für einen Besatz mit Karpfen sind auf Grund der vorhandenen artenreichen Vegetation an submersen Makrophyten und auch im Hinblick auf den Schutz bzw. Erhalt des Lebensraumtyps (LRT 3140) zu befürworten. Karpfen wühlen bei der Nahrungssuche im Sediment, was nicht nur zur Wassertrübung (Lichtmangel) beiträgt, sondern auch die bereits vorhandenen Makrophytenbestände schädigt (KNÖSCHE 2002).

Für konkrete Empfehlungen zum Bestandsmanagement (Biomasse) von Karpfen in unterschiedlichen Gewässertypen wird auf eine Metastudie von WATERSTRAAT et al. (2017) verwiesen. Die Studie gibt einen Überblick über existierende Forschungsarbeiten, die sowohl die negative Auswirkung von Karpfen auf den Makrophytenbestand aufzeigen als auch Empfehlungen zur maximalen Bestandsdichte geben. Hier werden nach den WRRL-Vorgaben für den Erhalt der guten Gewässerqualität in Gewässern im ländlichen Raum $< 30 \text{ kg/ha}$ (Biomasse/ha) als Obergrenze genannt (WATERSTRAAT et al. 2017). Nach KNÖSCHE (2002) ist als Basis zur Ermittlung der maximal noch tolerablen Bestandsdichte ($< 30 \text{ kg/ha}$) jedoch nur die jeweilige Litoralfläche des Sees zu betrachten. Für sensible Gewässer, in denen der Erhalt der Artenvielfalt ein wichtiges Ziel ist, wird empfohlen grundsätzlich keine Karpfen zu besetzen. In oligo- bis mesotrophen Gewässern, wie dem Pinnower See, wird zudem der Besatz von Karpfen, im Sinne der „Guten Fachlichen Praxis“, als nicht wirtschaftlich erachtet (LEWIN 2011).

Im Pinnower See lassen sich aus der Besatzstatistik ($K3 = \text{etwa } 600 \text{ g/Ind.}$) für die Jahre von 2016 bis 2021 in Summe etwa 579 kg (besetzte Biomasse) ermitteln (LALLF M-V). Dem gegenüber steht eine Fangmenge (Fangstatistik LALLF M-V) von 2016 bis 2021 von etwa 103 kg. Eine Angelstatistik liegt nicht vor.

Bei weiterem jährlichem Besatz mit Karpfen ist im Hinblick auf die Diskrepanz zwischen der Besatz- und Entnahmemenge eine Zunahme der Population zu erwarten, was den Makrophytenbestand nachhaltig schädigen kann. Deshalb wird auf dieser Grundlage perspektivisch auf den Abschluss eines neuen Pachtvertrags, der einen Verzicht auf Karpfenbesatz beinhaltet (Neubonitierung/Pachthöhe, die einen Verzicht einschließt) orientiert. Die Frage der Wirtschaftlichkeit ist angesichts der Zahlen sicherlich ebenfalls zu stellen. Es liegt für Mecklenburg-Vorpommern jedoch kein Beschluss bzw. keine Richtlinie vor, die einen Verzicht auf Karpfenbesatz aus naturschutzfachlichen Gründen explizit fordert.

Die P-Rücklösung aus dem Sediment wurde im Jahr 2021 als eine Eintragsquelle (mit etwa 26 %) identifiziert. Die zuvor für das Jahr 2019 errechneten deutlich höheren Werte können als überholt gelten, da 2019 nur das halbe Jahr (Sommerhalbjahr) beprobt wurde. Die neuesten Berechnungen auf Grundlage der erfassten Werte über das gesamte Jahr 2021 und für 3 verschiedene Tiefenstufen ($>10 \text{ m}$, $10\text{-}4 \text{ m}$, $4\text{-}0 \text{ m}$) zeigt nun ein anderes Bild. Die sommerliche Rücklösung in der Tiefe $>10 \text{ m}$ war zwar dennoch hoch, jedoch ließ sich für die Tiefenstufen oberhalb 10 m keine nennenswerte Rücklösung ermitteln. Abb.6-5 vermittelt einen Eindruck, welche Flächen (Tiefenbereiche) im See in welchem Monat P-Rücklösung bzw. P-Festlegung zeigen. Es ist ersichtlich, dass eine starke P-Rücklösung nur in den Frühsommermonaten und nur in der Tiefenstufe $>10 \text{ m}$ auftritt. Die Gesamtbilanz für 2021 stellt mit knapp 100 kg P/a nur ein Fünftel des für 2019 hochgerechneten P-Eintrags über die Rücklösung dar. Insgesamt

korreliert diese Zahl recht gut mit dem aus der P-Fraktionierung für die oberen Sedimentschichten (>30 cm) hochgerechneten mobilisierbaren P-Pool (NH_4Cl -P Fraktion, BD-P Fraktion) des Sediments von etwa 97 kg P.

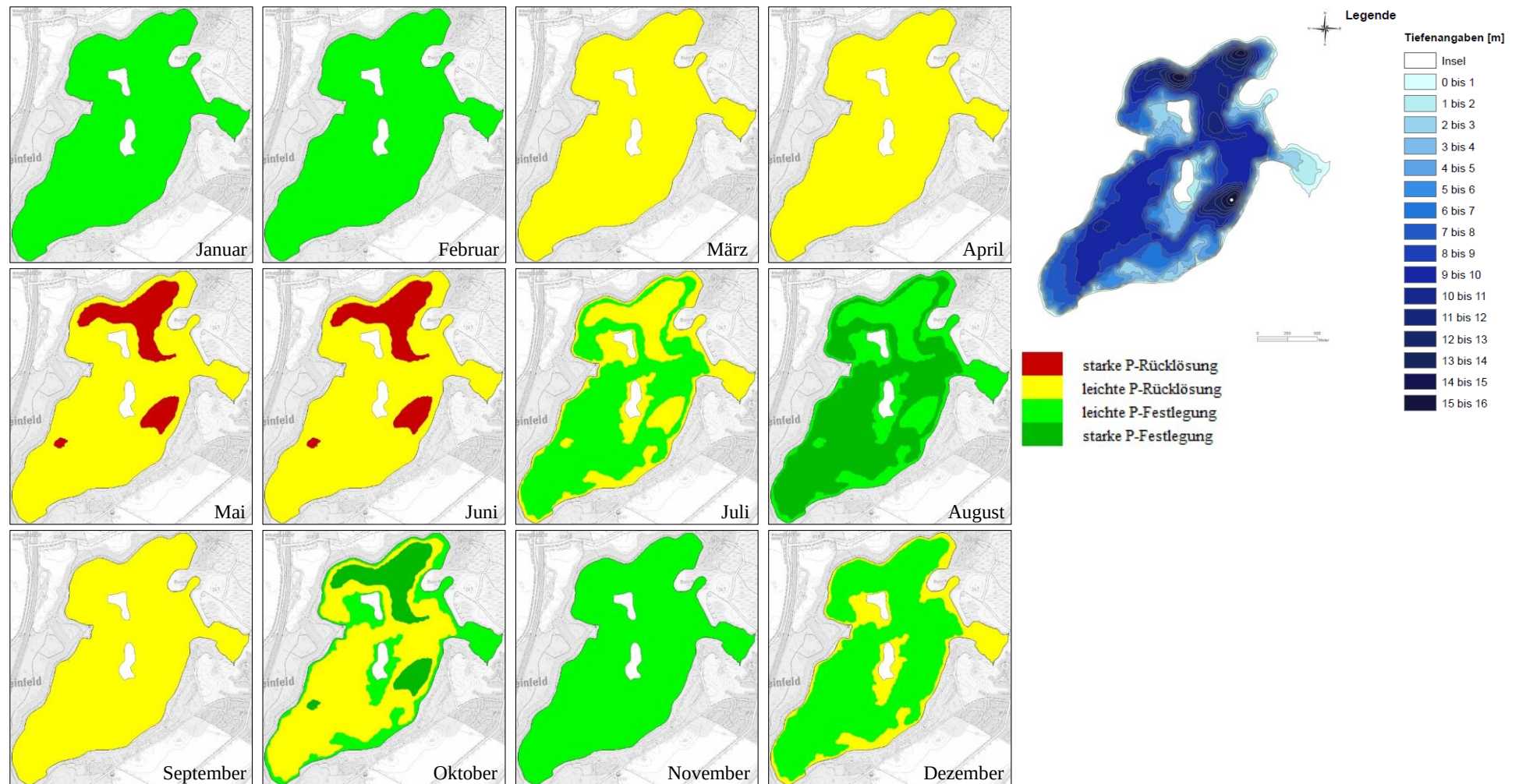


Abb.6-5: Verlauf der P-Rücklösung über das Jahr 2021 (rechts Tiefenkarte zum Vergleich). Deutlich zeigt sich die Rücklösung nur im Mai und Juni >10 m. Im Winter und Frühjahr überwiegt die P-Festlegung. Im August ist die P-Festlegung besonders ausgeprägt, was an einem nur schwachen Zustrom von Grundwasser liegen kann (vgl. HGNord 2022)

Der Trend der TP-Konzentration zeigt im Vergleich zu 2019 kaum eine Tendenz. Auffällig wird nur, da das ganze Jahr beprobt wurde, die Nährstoffbelastung vor allem im Frühjahr und Winter. Die Nährstoffe akkumulieren sich über das Sommerhalbjahr in den Tiefenbereichen >10 m. Um den See in einem guten ökologischen Zustand zu halten und damit der Maßnahme 001_01 des FFH-Managementplans Rechnung zu tragen, wäre zu überlegen, ob hier vorbeugend oder im Fall einer weiteren Verschlechterung doch ein gezielter, aber relativ begrenzter Eingriff sinnvoll wäre. Dazu wäre als mögliche Maßnahme eine Fällung mit Metallsalzen wie Polyaluminiumchlorid (PAC), ausschließlich über den mehr als 10 m tiefen Bereichen des Sees (auf Grund der Muschelbänke und submersen Makrophyten), zu erwägen. In den Monaten mit den höchsten Rücklösungsraten (Sommermonate 2019 und 2021) tendierte die Sauerstoffsättigung etwa ab dieser Wassertiefe gegen null, mit der Tiefe nahm die Rücklösung zu und auch die ermittelten TP-Konzentrationen des Tiefenwassers erwiesen sich als relativ hoch. Dies betrifft eine Seefläche von etwa 15 % (etwa 39 ha) mit einem Volumen von etwa 810.000 m³ (Seevolumen unter 10 m Wassertiefe). Diese Flächen liegen vor allem im nördlichen Seeteil und in einem Bereich um die tiefste Stelle herum. Bei einer mit Überschuss kalkulierten Anwendungsmenge von 6 g Al³⁺/m³ und einer handelsüblichen Wirkstoffkonzentration in der Lösung von 8,9 % ergäbe dies eine Aufwandsmenge von ca. 54,6 t PAC. In jedem Fall müsste die Planung mit Laborversuchen zur Feststellung der optimalen Anwendungsmenge präzisiert werden. Im Ergebnis wäre damit zu rechnen, dass sich der aktuelle TP-Gehalt im See (im Tiefenwasser) um etwa 20 % reduziert und die P-Rücklösung während der ersten 3 bis 4 Jahre auf nahezu 0 zurückgeht.

In Tab.6-2 sind alle aufgeführten Maßnahmenvorschläge noch einmal zusammengefasst.

Tab.6-2: Vorgeschlagene Maßnahmen für eine Sanierung/Restaurierung des Pinnower Sees

Nr.	Maßnahme	Bemerkungen
1	Verzicht auf Flüssigdüngung auf nördlich angrenzenden Ackerflächen mit Hangneigung (ca. 83 ha) (FFH-MP 001_01-S)	Belastung und Eintrag durch Grundwasser bzw. Quellaustritte vermindern Schutz LRT 3140
2	Umwandlung südliche Ackerfläche (ca. 37 ha) Maßnahme Grundwasserschutz (DEMV_GW03) <u>Variante 1:</u> natürliche Sukzession bzw. Waldland <u>Variante 2:</u> Umwidmung in Extensivgrünland <u>Variante 3:</u> Düngemittelreduzierter ökologischer Landbau	Nährstoffbelastung durch das Einsickern in das Grundwasser vermindern (v.a. Stickstoff) Bestmöglicher Grundwasser- und Klimaschutz Weidewirtschaft noch möglich Angepasste Düngung, nur während Wachstumsperiode

Fortsetzung Tab.6-2

Nr.	Maßnahme	Bemerkungen
3	keine Intensivierung der fischereilichen Nutzung Maßnahme 001_01-S (FFH-MP) und 2400700_M_1 (FIS) langfristig Verzicht auf Karpfenbesatz	Schutz der Makrophyten
4	<u>optional</u> : bei Verschlechterung der Situation Nährstofffällung über Bereichen mit Wassertiefe > 10,0 m (15 % Seefläche)	PAC-Lösung 54,6 t für ein Volumen von etwa 810.000 m ³ Vorversuch (Labor) erforderlich!

7 KOSTENSCHÄTZUNG

Nachfolgend werden die zu erwartenden Kosten für die oben beschriebenen Maßnahmen aufgelistet (Tab.7-1). In diesem Planungsstadium handelt es sich um grobe Schätzungen bzw. Erfahrungswerte. Die Kosten werden primär durch die Möglichkeit der Herausnahme einer ca. 37 ha großen in Privatbesitz befindlichen Fläche aus der Ackernutzung bestimmt.

Tab.7-1: Kostenschätzung Restaurierungsmaßnahmen Pinnower See

Nr.	Maßnahme	Kosten in €
1	Verzicht auf Flüssigdüngung auf nördlich angrenzenden Ackerflächen mit Hangneigung (ca. 83 ha)	kostenneutral
2	Umwandlung südliche Ackerfläche ca. 37 ha (Ackerzahl 22) Bodenrichtwert Stand 2022 = 1,6 €/m ² <u>Variante 1</u> : natürliche Sukzession bzw. Waldland	bei Flächenkauf/-tausch gesamt = ca. 650.000,00 € (einschl. Vermessung und Nebenkosten) (Antrag auf Förderung Landesforst M-V möglich)
	<u>Variante 2</u> : Umwidmung in Extensivgrünland (z.B. Schafweide)	Umstellung der Nutzungsart (Förderung: Extensivierungsrichtlinie M-V)
	<u>Variante 3</u> : Düngereduzierter ökologischer Landbau	betriebswirtschaftliche Umstellung (Förderung: Extensivierungsrichtlinie M-V)

Fortsetzung Tab.7-1

Nr.	Maßnahme	Kosten in €	
3	keine Intensivierung fischereilicher Nutzung, langfristig Erneuerung Pachtvertrag mit Verzicht auf Karpfenbesatz	kostenneutral nach Ablauf der Gültigkeitsfrist Änderung des Pachtvertrags	
4	<u>optional:</u> Nährstofffällung über Bereichen mit mehr als 10,0 m Wassertiefe (15 % Seefläche) mit 54,6 t PAC-Lösung Monitoring Erfolgskontrolle (1 Jahr)	Vorversuch und Bau- betreuung Fällmittel: 250,- €/t Lagerung, Umfüllen und Ausbringen	6.000,00 13.650,00 38.000,00 3.000,00
Gesamtsumme (netto) Variante 1		ca. 650.000,00	
Gesamtsumme (netto) Varianten 2 und 3		kostenneutral	
Gesamtsumme (netto) optionale Kosten		ca. 60.650,00	

8 ZUSAMMENFASSUNG

Der Pinnower See (See Nr. 240070) ist mit einer Fläche von etwa 260 ha gemäß Europäischer Wasserrahmenrichtlinie ein berichtspflichtiges Gewässer. Mit dem Erlass des Europäischen Parlaments und des Rats vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik sind die Mitgliedstaaten der Europäischen Union verpflichtet, die Binnenoberflächengewässer, die Übergangsgewässer, die Küstengewässer und das Grundwasser bis 2015, spätestens bis 2027, in einen „guten Zustand“ zu überführen bzw. den „guten Zustand“ zu erhalten, welcher nur gering vom gewässerspezifischen, natürlichen Zustand abweicht.

Inhalt der vorgelegten Machbarkeitsstudie ist eine konkrete Beschreibung des aktuellen Istzustands des Pinnower Sees im Jahr 2019 und 2021, die Quantifizierung der relevanten Nährstoffeinträge sowie die Erfassung konkreter weiterer Daten zur Fauna und Flora sowie zur Beschaffenheit und Rolle der Sedimente.

Es wurde geprüft, inwieweit es möglich ist, durch gezielte Maßnahmen im bzw. am See nach Einschätzung der Trophie eine Erhaltung oder Verbesserung des Zustands des Sees zu erreichen. Auch der Zustand der ökologischen Komponenten Phytoplankton, Makrophyten, Makrozoobenthos und der Fische im See wurde untersucht. Neben der Ableitung prinzipiell sinnvoller Maßnahmen wurde die Machbarkeit in Bezug auf die gegebenen, konkreten Randbedingungen geprüft und mit einer Kostenschätzung untersetzt.

Das Phytoplankton erwies sich 2019 mit 61 Taxa an MST1(19) und 68 Taxa an MST2(19) als relativ artenreich. Die Bewertung mit dem EU WRRL-konformen Bewertungstool PhytoSee

ergab an MST1(19) einen PSI von 1,71 und an MST2(19) einen PSI von 1,99 und damit an beiden Messstellen einen „guten“ ökologischen Zustand (Klasse 2). Im Jahr 2021 war die Phytoplanktongemeinschaft mit etwa 70 Arten ähnlich artenreich ausgeprägt. Der berechnete PSI lag 2021 an MST1(21) bei 2,62, an MST2(21) bei 2,35 und an MST3(21) bei 2,37. Damit ist 2021 an MST2(21) und MST3(21) noch knapp ein „guter“ ökologischer Zustand gegeben. Die Bewertung an MST1(21) entspricht hingegen nur noch einem „mäßigen“ ökologischen Zustand (Klasse 3), was demzufolge dann der Gesamtbewertung entspricht.

Die Wasserpflanzen im engeren Sinne (submerse Makrophyten) wurden nur 2019 erfasst und sind mit 22 vorkommenden Arten, darunter 11 Arten der Roten Liste M-V (2005/2015), sehr artenreich vertreten. Armleuchteralgen/Characeen, die für den Seetyp charakteristisch sind, sind mit 5 Arten vertreten und bilden im See großflächige Rasen. Auch die untere Verbreitungsgrenze von bis zu 6,30 m entspricht dem Typ eines makrophytendominierten Sees. Eine Berechnung mit dem WRRL-konformen Bewertungstool PHYLIB war auf Grund der Untersuchungsmethode nicht möglich (keine Transektkartierung), jedoch zeigt allein die hohe Diversität und das verbreitete Vorkommen der submersen Makrophyten im See einen „guten“ ökologischen Zustand (Klasse 2) an.

Das im Jahr 2021 untersuchte Makrozoobenthos erwies sich mit 49 Taxa als ausgesprochen artenreich. Die lebensraumbildende Art ist die Dreikantmuschel. Die untere Verbreitungsgrenze liegt bei ca. 7 m Wassertiefe.

Der Fischbestand wurde 2021 beprobt. Bemerkenswert und wirtschaftlich bedeutend ist in erster Linie der durch regelmäßige Besatzmaßnahmen gestützte Bestand der Großen Maräne. Sie findet im See offenbar einen geeigneten Lebensraum und auch die Kleine Maräne wurde bei der Probefischung (Multimaschennetze) gefunden. Die höchsten Biomasseanteile am Gesamtbestand entfallen gegenwärtig auf Barsch und Plötze.

Das ebenfalls nur im Jahr 2019 untersuchte Sediment im Pinnower See ist von einer feinpartikulären/breiigen Konsistenz. Die CaCO_3 -Gehalte lagen an den beiden Stationen mit Werten um 50 % relativ hoch. Das Sediment besitzt, vor allem in tieferen Horizonten, etwas erhöhte Konzentrationen an Zink, Blei und Cadmium und auch die PAK_{16} zeigten hier leichte erhöhte Werte. Ansonsten ist aber keine verstärkte Belastung mit Schadstoffen ermittelt worden.

Die im Jahr 2019 und 2021 ermittelten P-Rücklösungsprozesse des Sediments zeigen eine mit der Tiefe zunehmende Phosphorrücklösungsrate und eine gewisse interne P-Belastung des Sees an. Durch die genauere Ermittlung im Jahr 2021 (im Jahr 2019 wurde nur das Sommerhalbjahr beprobt) konnte die P-Rücklösung genauer eingeschätzt werden und nimmt nun nach dem Grundwasserpfad (131 kg/a) mit ca. 96,4 kg/a „nur noch“ den 2. Platz in der P-Eintragsbilanz ein.

Insgesamt erwies sich der Pinnower See in den Jahren 2019 und 2021 als ein mesotrophes Gewässer, das sich 2019 noch nahe seinem Referenzzustand (m1) befand. Im Jahr 2021 wurde der See mit leicht höherer Trophie im Bereich mesotroph (m2) eingeschätzt. Als geringe P-Belastungsquellen wurden neben den im Sediment lagernden Phosphorreserven 2019 und 2021 auch der hypodermische Zufluss und der Grundwasserzufluss des über den Schweriner Innensee zuströmenden Wassers (mit Quellaustritten am nordwestlichen Ufer) ermittelt. Die wasserbedingte Erosion aus an den See grenzenden Ackerflächen im nordwestlichen Teil des oberirdischen Einzugsgebiets stellt ebenfalls einen gewissen Anteil des P-Eintrags. Es ist anzumerken, dass der See in Bezug auf seine mittlere saisonale TP-Konzentration von 2019 bis 2021 wieder seinen Referenzzustand erreicht und derzeit (2021) im Bereich des m1-Niveaus liegt (LAWA 2014). Die mit einem Index bewertete biologische Komponente des Phytoplanktons weist jedoch im Jahr 2021 nur einen „mäßigen“ ökologischen Zustand (Klasse 3) aus. Die Diversität und die Verbreitung der submersen Makrophyten deuten (2019) hingegen auf einen „guten“ ökologischen Zustand (Klasse 2) hin. Es besteht damit gemäß EU WRRL kein unmittelbarer Handlungsbedarf, den Zustand des Sees zu verbessern, jedoch sind vorbeugende Maßnahmen, die zu einer Minderung des Nährstoffeintrags (auch Stickstoff) führen, durchaus zu befürworten (FFH-Managementplan 001_01-S; LRT 3140).

Die Phosphoreintragsbilanz weist als nennenswerte Eintragsquellen für Phosphor auch die Erosion aus Ackerflächen im EZG aus (etwa 10 %). Die Badesituation in Godern am nördlichen Seeufer ist mit einem Anteil am gesamten P-Eintrag von nur etwa 0,6 % eine lokale Belastungsquelle und wahrscheinlich für das lokal verstärkte Auftreten fädiger Grünalgen im Uferbereich dort mit verantwortlich. Maßgeblich zugenommen hat hingegen der Stickstoffeintrag, der mittlerweile auch erhebliche Bedeutung für die Trophie des Sees (Phytoplankton = Chlorophyll a, Sichttiefe) erlangt hat. Dieser lässt sich auch über die GW-Messstellen am südlichen Ufer feststellen.

Zur Verbesserung und zum Erhalt der ökologischen Qualität des Sees werden deshalb folgende Maßnahmen empfohlen:

- Verzicht auf Flüssigdüngung auf anliegenden erosionsgefährdeten Ackerflächen im nordwestlichen Teil des Einzugsgebiets, um wasserbedingte Erosion sowie P-Belastung des Grundwassers bzw. der oberflächlichen Quellaustritte zu verringern (ca. 83 ha)
- für südliche Ackerflächen (ca. 37 ha):
 - Variante 1: Entnahme aus der Nutzung, Überlassen der natürlichen Sukzession, perspektivisch Waldland
 - Variante 2: Umwidmung in Extensivgrünland, Weidewirtschaft möglich
 - Variante 3: Düngereduzierter ökologischer Landbau
- keine Intensivierung der fischereilichen Nutzung, insbesondere des Karpfenbesatzes (ist bereits als Maßnahme im FIS WRRL bzw. FFH-MP ausgewiesen), langfristig Erneuerung des Pachtvertrags mit Neubonitierung, einschließlich Verzicht auf Karpfenbesatz
- optional: Nährstofffällung im Tiefenbereich unter 10 m, um die P-Rücklösung aus dem Sediment zu vermindern.

Die Kosten werden durch die Möglichkeit der Herausnahme einer ca. 37 ha großen, in Privatbesitz befindlichen Fläche aus der Ackernutzung bestimmt.

9 QUELLENVERZEICHNIS

AUERSWALD, K. (1989)

Predicting nutrient enrichment from long-term average soil loss.

Soil Technology. Vol. 2, S. 271 – 277.

AUERSWALD, K. (1993)

Gewässerschutz durch Bodenschutz – Schriftenreihe agraspectrum.

Band 21: Belastungen der Oberflächengewässer aus der Landwirtschaft – gemeinsame Lösungsansätze zum Gewässerschutz, S. 150-160

DWA Merkblatt 606/2022

Grundlagen und Maßnahmen der Seentherapie
in Druck

DWD / DEUTSCHER WETTERDIENST (2020/2022)

CDC - Climate Data Center, frei verfügbare Daten zum Niederschlag und zur Lufttemperatur

FORSBERG, C. (1979)

Die physiologischen Grundlagen der Gewässer-Eutrophierung

FREDE, H.-G., DABBERT, S. (1999)

Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft

2. korrigierte Auflage, ecomed-Verlag, Landsberg

HUPFER, M., GELBRECHT, J., SCHARF, B., STEINBERG, C. (1997)

Konzeptionelle Ansätze zur Steuerung des Phosphat-Haushaltes von Seen durch interne Maßnahmen

Wasser & Boden, 49. Jahrgang., 12/1997, 8-13

HYDRO-GEOLOGIE-NORD PARTGMBB (2020)

Wasserhaushaltsbilanz und Nährstofffrachten der ober- und unterirdischen Zuflüsse des Pinnower Sees, i.A. des Wasser- und Bodenverbands „Obere Warnow“

Hydrologisches Gutachten

HYDRO-GEOLOGIE-NORD PARTGMBB (2022)

Wasserhaushaltsbilanz und Nährstofffrachten der ober- und unterirdischen Zuflüsse des Pinnower Sees, i.A. des Wasser- und Bodenverbands „Obere Warnow“

Hydrologisches Gutachten

JULICH, D., JULICH, S., FEGER, K. H. (2017)

Phosphorus in preferential flow pathways of forest soils in Germany.
Forests, 8(1), 19.

KLEIN, G., KÜHN, R. (1982)

Bewertung des Erfolges von Nährstoffeliminierungsmaßnahmen an stark belasteten
Gewässern, Z. Wasser Abwasser Forsch. 15 (1982) Nr. 3, S. 136-143

KNÖSCHE, R. (2002)

Karpfenbesatz in freien Gewässern - pro und contra.
Fischer & Teichwirt 10: 376- 378

KRAUSCH, H.-D. (1996)

Farbatlas Wasser- und Uferpflanzen.
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 315 S.

LAGUS / LANDESAMT FÜR GESUNDHEIT UND SOZIALES (2020)

Badegewässerprofile

<https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/wm/gesundheits/Badewasserqualitaet/badewasserkarte/badestelle/badebadebadegewaess?gaia.badewasserprofil.id=109>

<https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/wm/gesundheits/Badewasserqualitaet/badewasserkarte/badestelle/badebadebadegewaesserpr?gaia.badewasserprofil.id=110>

LAiV M-V / LANDESAMT FÜR INNERE VERWALTUNG MECKLENBURG-VORPOMMERN – STATISTISCHES AMT (2019)

Bevölkerungsstand der Kreise, Ämter und Gemeinden (A123)

Stand 30. Juni 2019

<https://www.laiv-mv.de/Statistik/Zahlen-und-Fakten/Gesellschaft-&-Staat/Bevoelkerung>

LAWA BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (2014)

Trophieklassifikation von Seen, Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen
Kulturbuchverlag Berlin, Kiel 2014

LEWANDOWSKI, J., SCHAUSER, I., HUPFER, M. (2002)

Die Bedeutung von Sedimentuntersuchungen bei der Auswahl geeigneter Sanierungs- und Restaurierungsmaßnahmen
HW46, H.1, p.2-13

LEWIN, W. C., BISCHOFF, A., MEHNER, T. (2011)

Die "Gute fachlichen Praxis" in der Binnenfischerei - Naturschutzfachliche Konkretisierung einer "Guten fachlichen Praxis" in der Binnenfischerei.

Berlin, Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei

LfUBW / LANDESAMT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (2014)

Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft, Karlsruhe

LUNG / LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN (2008)

Gutachterlicher Landschaftsrahmenplan Westmecklenburg

Erste Fortschreibung, Güstrow

LUNG / LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN (2013)

Anleitung für die Kartierung von Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen in Mecklenburg-Vorpommern, 3. erg., überarb. Aufl. – Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Heft 2/2013

LUNG / LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN (2022a)

FIS Wasser MV – Fachinformationsschale Wasser

LUNG / LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN (2022b)

Kartenportal M-V

<https://www.umweltkarten.mv-regierung.de/atlas/script/index.php>.

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT MECKLENBURG-VORPOMMERN (2022)

Seenprogramm M-V

MISCHKE, U., RIEDMÜLLER, U., BÖHMER, J. (2020)

Bewertungstool PhytoSee, Vers.7.1

PSENNER, R., BOSTRÖM, B., DINKA, M., PETTERSSON, K., PUCSKO, R., SAGER, M. (1988)

Fractionation of phosphorus in suspended matter and sediment.

Arch. f. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 30: 98-103.

RIEDMÜLLER, U., MISCHKE, U., POTTGIESSER, T., BÖHMER, J., DENEKE, R., RITTERBUSCH, D., STELZER, D., HOEHN, E. (2013)

Steckbriefe der deutschen Seetypen. Begleittext und Steckbriefe, 11.

RITTERBUSCH, D. (2013)

Nährstoffeintrag durch Gänse in Seen und mögliche Folgen für Gewässertrophie und Fischbestand. Institut für Binnenfischerei e.V. (IfB)

RIPL, W. (1980)

Ökologische Steuermechanismen und ihr Einsatz in geschädigten See-Ökosystemen
Verh. Dtsch. Zool. Ges. 1980, S. 48-56
Gustav Fischer Verlag Stuttgart

RIPL, W. (1982)

Flankierende Maßnahmen zur Sicherung des Sanierungserfolges an flachen Gewässern
Z. Wasser Abwasser Forsch. 15 (1982) Nr.3, S. 131-135

ROTHMALER, W., JÄGER, E., WERNER, K. (2002)

Exkursionsflora für Deutschland, Bd. 3: Gefäßpflanzen, Atlasband.- Heidelberg, Berlin: Spektrum. 758 S. (10. Auflage).

SCHULZ, L. (1981)

Nährstoffeintrag in Seen durch Badegäste
Zentralblatt Bact. Hyg. J., Abt. B, Bd. 173, S. 528-548

SINKE, A., CORNELESE, A., KEIZER, P., VAN TONGEREN, O., CAPPENBERG, T. (1990)

Mineralization, pore water chemistry and phosphorus release from peaty sediments in the eutrophic Loosdrecht lakes, The Netherlands
Freshwater Biology (1990) 23, 587-599

STAATLICHES AMT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT WEST-MECKLENBURG (2018)

Managementplan für das Gebiet von gemeinschaftlicher Bedeutung DE 2335-301
Pinnower See

TRESENOW, U. (1979)

Die Wechselwirkungen zwischen Sediment und Wasser in ihrer Bedeutung für den Nährstoffhaushalt von Seen
Z. Wasser, Abwasser Forschung 12 (1979) Nr.2

TÜV Nord (1999)

Schadstoffe in Sedimenten der Binnen- und Küstengewässer M-V 1994-99, Datenbewertung, unveröff., LUNG M-V

UHLMANN, D. (1985)

Die anthropogene Eutrophierung der Gewässer – ein umkehrbarer Prozess?
Sitzungsberichte der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig,
Math.-nat. Klasse, Akademie-Verlag Berlin, Band 118, Heft 5

VAN DE WEYER, K., SCHMIDT, C. (2012)

Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten
Unveröffentlichte Vorabversion, Herausgeber Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg

VOLLENWEIDER, R. A. (1979)

Das Nährstoffbelastungskonzept als Grundlage für den externen Eingriff in den Eutrophierungsprozeß stehender Gewässer und Talsperren

WATERSTRAAT, A., KRAPPE, M., MÖBIUS, F., & TSCHAKERT, M. (2017)

Einfluss benthivorer und phytophager Fischarten auf die Erreichung der Ziele der EG-Wasser-
rahmenrichtlinie bei Seen mit empfindlicher Unterwasservegetation.
Endbericht zum LAWA-Projekt O4.16

10 GLOSSAR UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abundanz	Mengengrad, der die Häufigkeit bzw. Individuenzahl innerhalb einer Aufnahme­fläche kennzeichnet
AOX	Adsorbierbare Organisch gebundene Halogene
Bacillariophyceae	Kieselalgen (gleichzusetzen mit Diatomeen)
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BD-P	in gepufferter Dithionlösung lösliches Phosphat
CaCO ₃	Calciumcarbonat
Characeen	Armleuchteralgen
Chironomiden	Zuckmücken
Chlorophyceae	Grünalgen
Chrysophyceae	Goldalgen
Conjugatophyceae	Schmuckalgen
Copepoden	Ruderfußkrebse, kleine Krebse
Cryptophyceae	Schlundgeißler
Cyanophyceae	Blaualgen
Daphnien	Wasserflöhe
Diatomeen	Kieselalgen (gleichzusetzen mit Bacillariophyceae)
DIN	Deutsches Institut für Normung
Dinophyceae	Panzerflagellaten
DWD	Deutscher Wetterdienst
EN	Europäische Norm

Ephemeroptera	Eintagsfliegen
EU	Europäische Union
Euglenophyceae	Augenflagellaten/-tierchen
Eulitoral	Uferbereich eines Gewässers, der innerhalb des höchsten und niedrigsten Wasserstandes liegt
EU WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
EZG	Einzugsgebiet
FIS	Fachinformationssystem des LUNG M-V
GGB	Gebiet von gemeinschaftlicher Bedeutung (ehemals FFH)
GW	Grundwasser
GWN	Grundwasserneubildung
HGNord	Hydro-Geologie-Nord PartGmbH
Ind.	Individuen
Interstitialwasser	Wasser, mit dem die Hohlräume im Bodensediment von Gewässern gefüllt sind
KW	Kohlenwasserstoff
LAiV M-V	Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LK	Landkreis
LUNG M-V	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V
LUP	Ludwigslust-Parchim
m1	mesotroph
Makrophyten	alle mit bloßem Auge erkennbaren pflanzlichen Organismen (in diesem Fall Wasserpflanzen)
Makrozoobenthos	alle mit bloßem Auge erkennbaren tierischen Organismen, die im oder am Boden von Gewässern leben
mesotraphent	Bezeichnung für Organismen, die mesotrophe Standorte besiedeln
mesotroph	Bezeichnung für Gewässer mit mittlerem Gehalt an gelösten Nährstoffen und organischer Substanz
Morphometrie	Oberflächengestalt, Form und Struktur
MP	Mischprobe
MST	Messstelle
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
MW	Mittelwert
N	Stickstoff
NHN	Normalhöhennull
Odonata	Libellen
OF	Oberfläche
OGewV	Oberflächengewässerverordnung (Bundesgesetzblatt)
oligotraphent	Bezeichnung für Organismen, die oligotrophe Standorte besiedeln
oligotroph	Bezeichnung für Gewässer, die aufgrund ihres geringen Nährstoffangebots eine geringe organische Produktion aufweisen

o-PO ₄ -P	Ortho-Phosphat
P	Phosphor
PAC	Polyaluminiumchlorid
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PHYLIB	Verfahren zur Bewertung des ökologischen Zustands von Fließgewässern und Seen über die Komponenten Makrophyten und Phytobenthos
Phytoplankton	im Wasser freischwebende kleine Pflanzen wie Blaualgen, Grünalgen, die vom Wasser verfrachtet werden können
PSI	PhytoSee-Index (Berechnung Gütezustand anhand des Phytoplanktons)
RaKon	Rahmenkonzeption Monitoring, Teil B, Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen, Arbeitspapier II, Hintergrund und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL
SPA	Special Protection Area, englische Bezeichnung für ein Europäisches Vogelschutzgebiet nach der Vogelschutzrichtlinie
StALU WM	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg
SRP	lösliches Phosphat (soluble reaktive phosphorus)
SSI	Sauerstoffsättigungsindex
submers	untergetaucht, hier völlig untergetaucht lebende Wasserpflanze
TOC	Gesamtorganischer Kohlenstoff (total organic carbon)
TM	Trockenmasse
TN	Gesamtstickstoff (total nitrogen)
TP	Gesamtphosphor (total phosphorus)
Trichoptera	Köcherfliegen
Trophie	Intensität der organischen photoautotrophen Produktion
TS	Trockensubstanz
UVG	Untere Verbreitungsgrenze
uWB	untere Wasserbehörde
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG)
Xanthophyceae	Gelbgrünalgen
Zooplankton	im Wasser schwebende tierische Lebewesen, die fast keine Eigenbewegung haben