



Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Im Auftrag des Wasser- und Bodenverbandes „Schweriner See/Obere Sude“ | 2024

## Konzeptstudie Dümmer See

LIMNOLOGISCHES GUTACHTEN, WASSER- UND STOFFHAUSHALT UND PROG-  
NOSEN HINSICHTLICH POTENZIELLER KLIMAWANDELFOLGEN



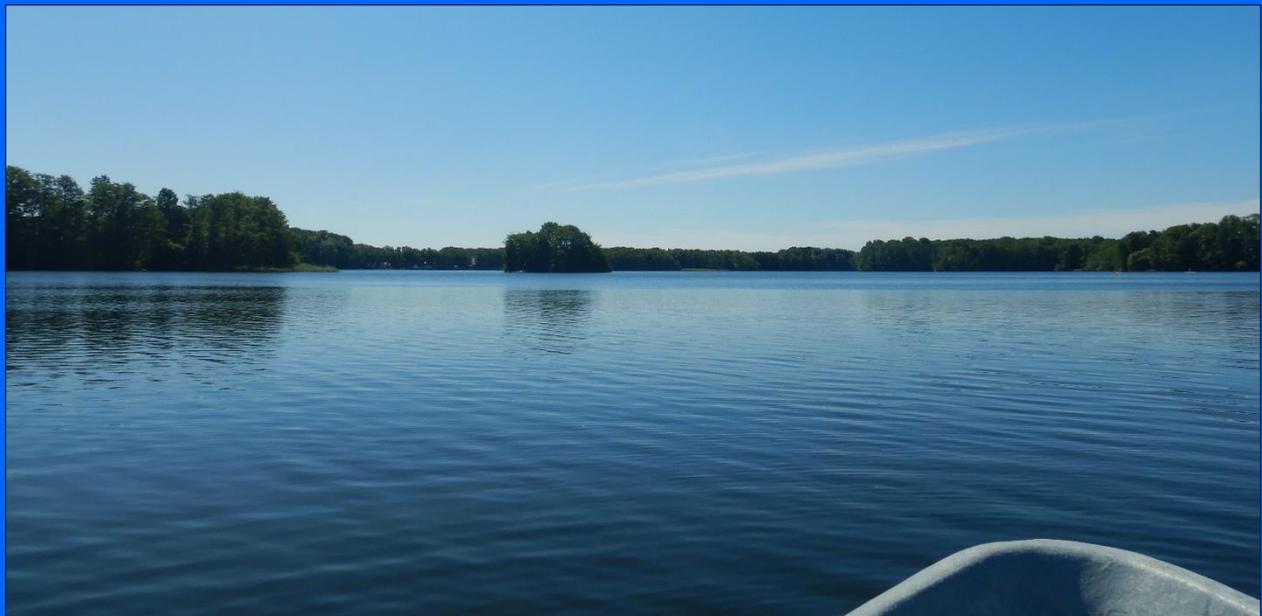
Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

Mecklenburg  
Vorpommern   
*MV tut gut.*



Europäische Fonds EFRE, ESF und ELER  
in Mecklenburg-Vorpommern 2014-2020

Europäischer Landwirtschaftsfonds  
für die Entwicklung des ländlichen Raums  
**Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete**



**Titelfoto: Blick über den Dümmer See während einer Messkampagne**



**biota** – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH

Kontakt:  
Nebelring 15  
D-18246 Bützow  
Tel.: 038461/9167-0  
Fax: 038461/9167-55

Internet:  
[www.institut-biota.de](http://www.institut-biota.de)  
[postmaster@institut-biota.de](mailto:postmaster@institut-biota.de)  
Handelsregister:  
Amtsgericht Rostock | HRB 5562

Geschäftsführung:  
Dr. Dr. Dietmar Mehl (Vorsitz)  
Dr. Tim G. Hoffmann  
M. Sc. Conny Mehl

## AUFTRAGNEHMER & BEARBEITUNG:

Dr. rer. nat. Tim G. Hoffmann  
Dr. rer. nat. Franziska Bitschofsky  
Assessor Bodo Degen  
M. Sc. Christian Behnke  
Dipl.-Biol. Angela Berlin  
M. Sc. Peggy Lommatzsch  
M. Sc. Lara Moldenhauer  
M. Sc. Alexander Kost  
M. Sc. Anne Breznikar  
M. Sc. Julia Gehrke

biota – Institut für ökologische Forschung  
und Planung GmbH

Nebelring 15  
18246 Bützow  
Telefon: 038461/9167-0  
Telefax: 038461/9167-50  
E-Mail: [postmaster@institut-biota.de](mailto:postmaster@institut-biota.de)  
Internet: [www.institut-biota.de](http://www.institut-biota.de)

## AUFTRAGGEBER:

Mark Sierks  
Geschäftsführer

Wasser- und Bodenverband „Schweriner  
See/Obere Sude“

Rogahner Straße 96  
19061 Schwerin  
Telefon: 0385/67171385  
Telefax: 0385/67171387  
E-Mail: [kontakt@wbv-sn.de](mailto:kontakt@wbv-sn.de)  
Internet: [www.wbv-sn.de](http://www.wbv-sn.de)

**Vertragliche Grundlage:** Vertrag vom 25.04.2022

Bützow, den 12.04.2024

Dr. rer. nat. Tim G. Hoffmann

*Geschäftsführung*

## INHALT

1	Veranlassung und Zielstellung (AP10_7) .....	7
2	Planungsgrundlagen (AP10_10, AP10_20, AP10_22) .....	9
2.1	Datengrundlagen .....	9
2.2	Charakteristika des Dümmer Sees.....	10
2.2.1	Allgemeine Beschreibung .....	10
2.2.2	Ökologischer Zustand .....	12
2.3	Messprogramm .....	14
2.3.1	See-Messstellen .....	15
2.3.2	Zu- und Abläufe .....	16
2.3.3	Sediment.....	18
2.3.4	Makrozoobenthos .....	19
2.3.5	Makrophyten .....	19
3	Ergebnisse/limnologisches Gutachten .....	21
3.1	Einordnung meteorologisches Jahr .....	21
3.2	Tiefenprofile (Wassertemperatur, Sauerstoff).....	23
3.3	Jahresgang der wasserchemischen Parameter.....	24
3.3.1	Nährstoffe und Chlorophyll-a im Oberflächenwasser .....	24
3.3.2	Sauerstoff und gelöstes Phosphat (DRP) im Tiefenwasser .....	26
3.3.3	DRP/TP-Konzentrationen in den Zu- und Abflüssen .....	28
3.4	Trophie .....	29
3.4.1	Aktueller Zustand und Vergleich zum Referenzzustand.....	29
3.4.2	Phytoplankton .....	31
3.4.3	Zooplankton .....	32
3.5	Sedimente.....	33
3.6	Makrozoobenthos .....	34
3.7	Makrophyten .....	38
4	Wasser- und Phosphorhaushaltsmodellierung des IST-Zustands (AP10_24) ...	41
4.1	Methodik .....	41
4.1.1	Wasserhaushalt .....	41
4.1.2	Phosphorhaushalt .....	43
4.2	Ergebnisse Wasserhaushalt.....	46
4.2.1	Oberirdisches Einzugsgebiet .....	46
4.2.2	Unterirdisches Einzugsgebiet .....	47

4.2.3	Dümmer See (freie Wasserfläche) .....	47
4.2.4	Wasserhaushaltsbilanz .....	48
4.3	Ergebnisse Phosphorhaushalt .....	50
4.3.1	P-Einträge / Immissionen .....	50
4.3.1.1	Oberirdische Zuflüsse .....	50
4.3.1.2	Unterirdische Zuflüsse .....	50
4.3.1.3	Atmosphärische Deposition .....	50
4.3.1.4	Laubeintrag .....	50
4.3.1.5	Interne P-Fracht .....	51
4.3.2	P-Austräge / Emissionen .....	55
4.3.2.1	Oberirdische Abflüsse .....	55
4.3.2.2	Unterirdische Abflüsse .....	55
4.3.3	P-Bilanz .....	55
5	Trendanalysen und Zukunftsprognosen (AP10_24) .....	60
5.1	Wasserhaushalt .....	60
5.1.1	Klimaeinfluss (Lufttemperatur und Niederschlag) .....	60
5.1.2	Wasserstände im Dümmer See .....	60
5.1.3	Oberirdisches Einzugsgebiet .....	62
5.1.4	Dümmer See (freie Wasserfläche) .....	63
5.1.5	Wasserhaushaltsbilanz .....	65
5.2	Phosphorhaushalt .....	67
6	Synthese und Maßnahmenentwicklung (AP10_23, AP10_25, AP10_26) .....	69
6.1	Zielstellung .....	69
6.2	Maßnahmen zum Wasser- und Nährstoffrückhalt im Einzugsgebiet .....	71
6.3	Weitere Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffkonzentration im See .....	74
6.4	Konzeption zur Gestaltung des Auslaufbauwerks .....	75
6.4.1	Beschreibung des IST-Zustands .....	75
6.4.2	Zielstellung für eine Neugestaltung des Auslaufes .....	77
6.4.3	Variantenuntersuchung zur Gestaltung des Seeauslaufes .....	78
6.4.4	Vorzugsvariante .....	83
7	Zusammenfassung – Kurzcharakteristik der Ergebnisse (AP10_8) .....	84
	Quellen .....	86

## ANLAGEN

### Anhang\_A – Rohdaten und Auswertung allgemein physikalisch-chemische Parameter

A-01 – Dümmer See, allgemeine Daten/Feldprotokolle 2022/2023 (xlsx)

A-02 – Dümmer See, Chemiedaten 2022/2023 (xlsx)

A-03 – Dümmer See, Sondendaten 2022/2023 (xlsx)

A-04 – Tiefenprofile im Jahresgang an den See-Messstellen (pdf)

### Anhang\_B – Rohdaten und Auswertung Makrophyten

B-01 – Dümmer See, Transekte 2022 (xlsx)

B-02 – Export PHYLIB 2022 (xlsx)

B-03 – Bericht Makrophyten 2022 (pdf)

B-04 – Beschreibung Transekte (pdf)

B-05 – Ergebnisse Überblickskartierung (pdf)

### Anhang\_C – Rohdaten und Auswertung Makrozoobenthos (MZB)

C-01 – MZB Dümmer See 2022 (xlsx)

### Anhang\_D – Rohdaten und Auswertung Plankton

D-01 – Ergebnisse Zooplankton 2022/2023 (xlsx)

D-02 – Ergebnisse Phytoplankton 2022/2023 (xlsx)

# 1 Veranlassung und Zielstellung (AP10\_7)

Die gegenwärtig beobachtbaren und zukünftig prognostizierten klimatischen Veränderungen stellen große Herausforderungen an die Gewässerbewirtschaftung. Um Grundlagen für notwendige Anpassungen zu schaffen, müssen Maßnahmen für die Gewässerunterhaltung entwickelt werden, die zur Erhöhung der Resilienz der Gewässer gegenüber den zu erwartenden Klimaveränderungen beitragen. Dies umfasst beispielsweise die Optimierung des Landschaftswasserhaushaltes zur Förderung des Wasser- und Nährstoffrückhaltes, die Schaffung von Grundlagen für eine regionale, gewässer- und feuchtgebietschonende Neuausrichtung der Landwirtschaft, die Entwicklung eines vorsorgenden Gewässer- und Hochwasserschutzes, sowie die Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden für die Obere Sude bereits konzeptionelle Maßnahmen unter Berücksichtigung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erarbeitet und in einem Zwischenbericht (BIOTA 2022) vorgestellt. Zur Abschätzung der Klimawandelfolgen auf den Wasserhaushalt, das Abflussgeschehen und die Wirksamkeit bereits geplanter Maßnahmen wurde die Machbarkeitsstudie um entsprechende Untersuchungen (Zukunftsstudie) erweitert und weitere Maßnahmen zur Erhöhung der Resilienz der Gewässer abgeleitet (BIOTA 2024). Diese zielten vor allem darauf ab, eine ausreichende Wasserverfügbarkeit in der Sude zu gewährleisten (Abbildung 1-1).

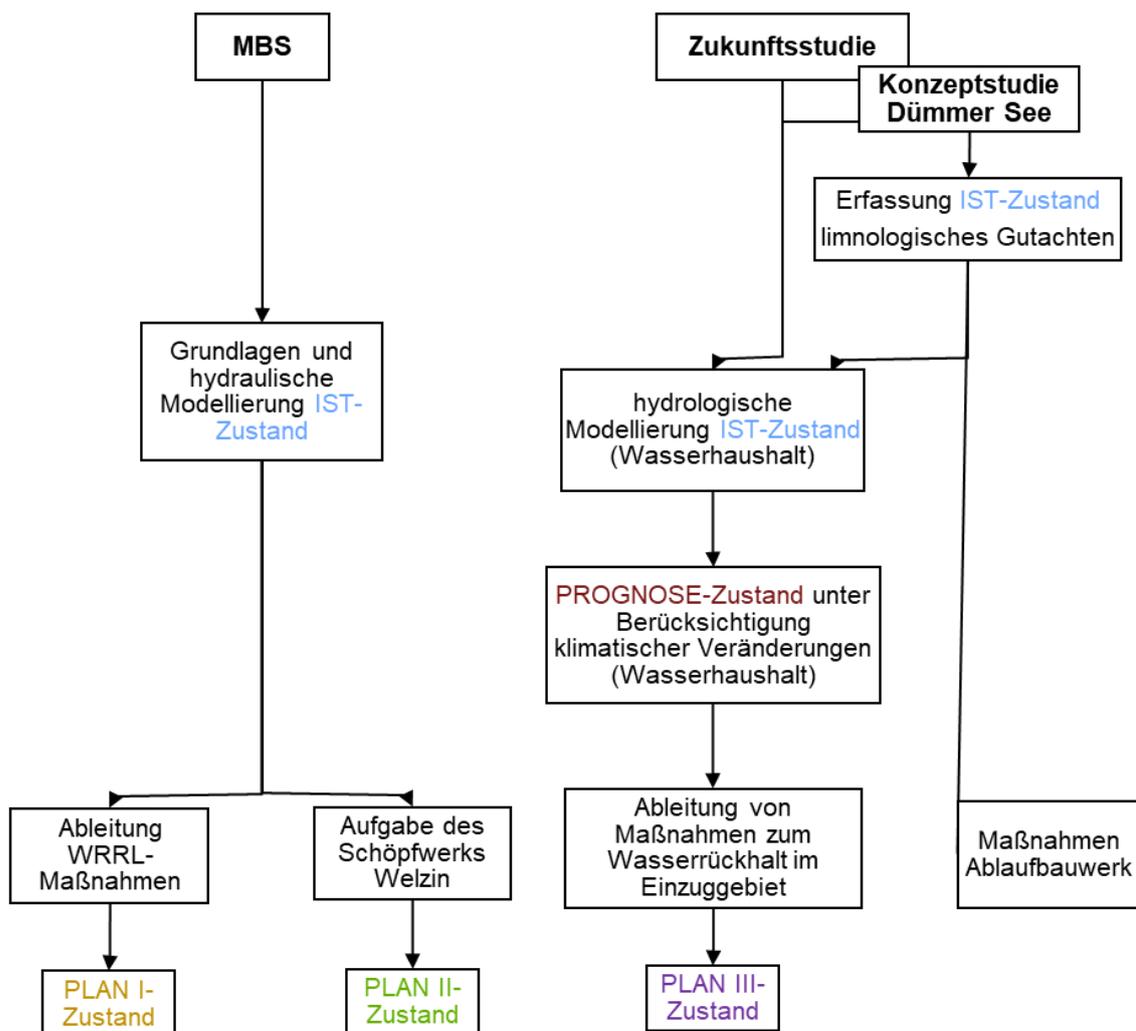


Abbildung 1-1: Verlaufsschema der Untersuchungs- und Entwicklungsschritte und Einordnung der Konzeptstudie Dümmer See

Der Dümmer See ist als großes Standgewässer und maßgebliches Wasserreservoir im Einzugsgebiet der Oberen Sude ein wesentliches Element des Wasserhaushaltes. Daher soll in einer detaillierten Konzeptstudie der Dümmer See betrachtet werden. Hierzu ist mit einem umfangreichen Messprogramm zunächst der gegenwärtige ökologische Zustand des Dümmer Sees zu erfassen und der Wasser- und Phosphorhaushalt abzuleiten. Ebenso wie für die Obere Sude werden für den Dümmer See die Auswirkungen prognostizierter Klimawandelfolgen auf den Wasser- und Stoffhaushalt abgeleitet und daran angepasste Maßnahmen zur Erreichung des guten ökologischen Zustands entwickelt. Die folgenden konkreten Zielstellungen der vorliegenden Studie sind eng mit den Zielen der Zukunftsstudie für die Obere Sude verwoben:

1. Bestimmung der aktuellen Wasser- und Phosphorbilanz des Dümmer Sees
2. Schaffung von Grundlagen für die Steuerung der Wasserstände und des Wasserrückhalts im Dümmer See unter Berücksichtigung klimatisch bedingter Veränderungen
3. Etablierung einer intelligenten Wehrsteuerung am Auslass des Dümmer Sees
4. Optimierung des Landschaftswasserhaushaltes zur Förderung des Wasser- und Nährstoffrückhalts und zur Reduzierung des Treibhausgasausstoßes durch Einmessen und Stauzielbestimmung von 10 Kulturstauen im Einzugsgebiet und Umgebung
5. Schaffung von Grundlagen für eine regionale, gewässer- und feuchtgebietsschonende Neuausrichtung der Landwirtschaft im Einzugsgebiet
6. Entwicklung eines vorsorgenden Gewässer-/und Hochwasserschutzes und Förderung nachhaltiger Wassernutzung für den Dümmer See
7. Berücksichtigung des aktuellen Maßnahmenprogramms der BWP

Im folgenden Bericht sind alle konkret auf den Dümmer See bezogenen Ergebnisse (limnologisches Gutachten) sowie Ableitungen hinsichtlich des Wasser- und Stoffhaushaltes dargestellt. Ergebnisse und Maßnahmenempfehlungen, welche sich auf das Einzugsgebiet des Dümmer Sees und der Oberen Sude beziehen, werden umfassend im Endbericht der Machbarkeitsstudie (MBS) Obere Sude inklusive der Zukunftsstudie (BIOTA 2024) behandelt.

## 2 Planungsgrundlagen (AP10\_10, AP10\_20, AP10\_22)

### 2.1 Datengrundlagen

Für die Untersuchung wurden zahlreiche Daten recherchiert, überprüft und übernommen. Dabei wurde in hohem Maße auf Daten des Landes Mecklenburg-Vorpommern oder auf Daten der regionalen Verwaltungen zurückgegriffen. Tabelle 2-1 listet die verwendeten Daten auf. Datengrundlagen zur Modellierung des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet der Oberen Sude sind detailliert im Endbericht der MBS (BIOTA 2024) dargestellt.

**Tabelle 2-1: Relevante und verwendete Daten**

Daten	Datentyp	Datenquelle
<b>Gewässerdaten</b>		
Einzugsgebiete (EZG) DLM 25W	Polygon	FIS Gewässer, LUNG M-V
Standgewässer	Polygon	FIS Gewässer, LUNG M-V
Bathymetrie	Linie	FIS Gewässer, LUNG M-V
Fließgewässer DLM 25W	Linie	FIS Gewässer, LUNG M-V
Fließgewässer-Wasserkörper	Linie	FIS Gewässer, LUNG M-V
Daten der Gewässerüberwachung		StALU WM
<b>Hydrologie und Grundwasser</b>		
Regionalisierung der mittleren Abflüsse und Hochwasserscheitelabflüsse	Polygon	BIOTA
Mittlere Grundwasserisohypsen	Linie	LUNG M-V
hydrologische Pegel	Punkt	LUNG M-V
<b>Topographische Karten/Luftbilder</b>		
Digitale topografische Karte (GDI-MV (TK10 bis 50))	Raster (WMS)	LAiV M-V
Digitale Orthophotos (DOP20/40)	Raster (WMS)	LAiV M-V
Historische Luftbilder	Raster (WMS)	LAiV M-V
Historische Karten (z.B. Preußisches Urmesstischblatt)	Raster (WMS)	LAiV M-V
<b>Klima- und Wetterdaten</b>		
Niederschlag, Temperatur, Sonnenscheindauer, Einstrahlung, Wind		Deutscher Wetterdienst (DWD)
<b>Digitale Geländemodelle (DGM)</b>		
DGM 1	Raster (WMS)	LAiV M-V

## 2.2 Charakteristika des Dümmer Sees

### 2.2.1 Allgemeine Beschreibung

Das Untersuchungsgebiet dieser Konzeptstudie ist der Dümmer See und sein Einzugsgebiet (EZG) als Teil des gesamten EZG der Oberen Sude. Der Dümmer See ist ein typischer Rinnensee im Westen Mecklenburg-Vorpommerns, der aus mehreren hintereinander liegenden Becken und zwei flachen westlichen Ausbuchtungen besteht (Abbildung 2-1). Die Kenndaten des Sees sind in Tabelle 2-2 aufgeführt.

Der See ist Teil des Landschaftsschutzgebietes (LSG) „Dümmer See“ und wird hinsichtlich seiner Uferstruktur als relativ naturnah eingestuft. Die verhältnismäßig steilen Ufer zeigen eine abwechslungsreiche Struktur mit einem landseitigem Gehölz- und einem wasserseitigen Schilfsaum.

Über den Oberflächenabfluss, den Bach aus Perlin sowie einem nördlich gelegenen Niedermoorgebiet (Quellgebiet der Sude) fließt dem Dümmer See das Wasser aus dem relativ kleinen oberirdischen EZG zu (Abbildung 2-2). Zusätzlich erhält der See Wasser durch den Grundwasserzustrom. Die Sude durchströmt somit den See von Norden nach Osten und bildet den einzigen Abfluss des Sees. Das EZG des Dümmer Sees wird überwiegend landwirtschaftlich genutzt (53 % Ackerfläche).

Der Dümmer See wird vielfach als Erholungsgebiet genutzt (Angeln, Campingplatz, Baden) und verfügt im Norden über eine EU-Badestelle (Nr. 145: Dümmer See, Perlin). Durch Belastung aus der Landwirtschaft sowie ehemalige intensive Fischwirtschaft (Forellenproduktion in Netzkäfigen, Besatz mit Silberkarpfen) kam es in der Vergangenheit wiederholt zu Badeverboten (NIXDORF et al. 2004). Der See wird gegenwärtig noch durch den ansässigen Fischer (BF Fischerei und Imbiss Prignitz GbR) fischereilich genutzt.

**Tabelle 2-2: Allgemeine Kenndaten des Dümmer Sees, \*gemäß Badegewässerprofil ([www.regierung-mv.de](http://www.regierung-mv.de))**

Bezeichnung	Wert
Volumen	12,81 Mio. m <sup>3</sup>
Fläche	1,63 km <sup>2</sup>
Maximale Tiefe	21,3 m
Mittlere Tiefe	7,9 m
Oberirdisches Einzugsgebiet (ohne Seefläche)	22,97 km <sup>2</sup>
Unterirdisches Einzugsgebiet (ohne Seefläche)	31,60 km <sup>2</sup>
Mittlere Wasserspiegelhöhe	45,6 m über NHN (DHHN2016)
Länge (Nord-Süd)	ca. 2,6 km
Breite (West-Ost)	max. 710 m
Theoretische Wasser-Aufenthaltszeit	3,89 Jahre*
LAWA-Typ	10 (Geschichteter Tieflandsee mit relativ großem Einzugsgebiet)
Seetyp (Plankton)	Typ THg10 (nach PHYLIB) Plankton-Subtyp 10.1 (nach PhytoSee)

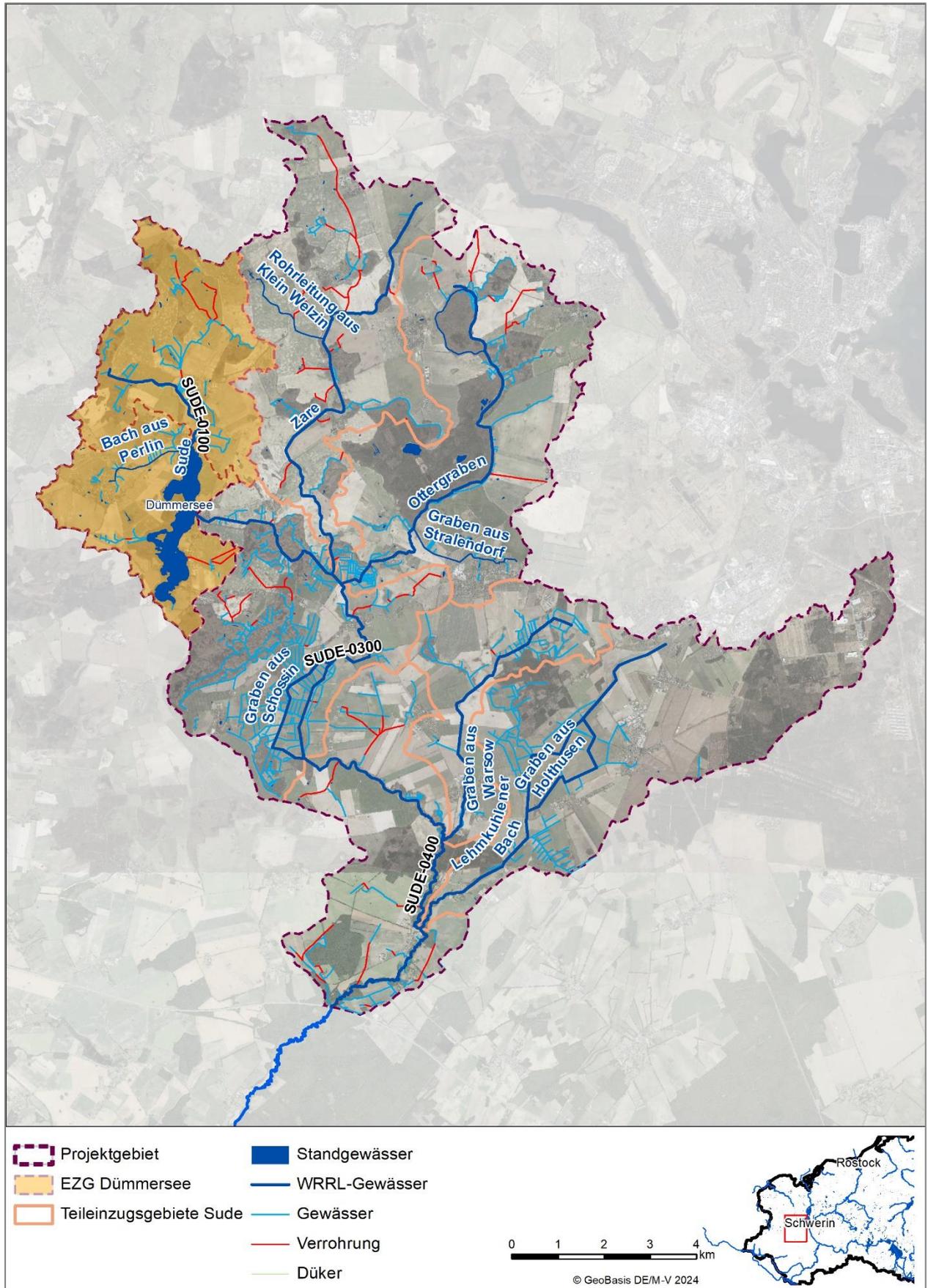


Abbildung 2-1: Gesamtes oberirdisches Einzugsgebiet der Oberen Sude („Projektgebiet“) mit Abgrenzung der Teileinzugsgebiete, sowie das oberirdische Einzugsgebiet des Dümmer Sees

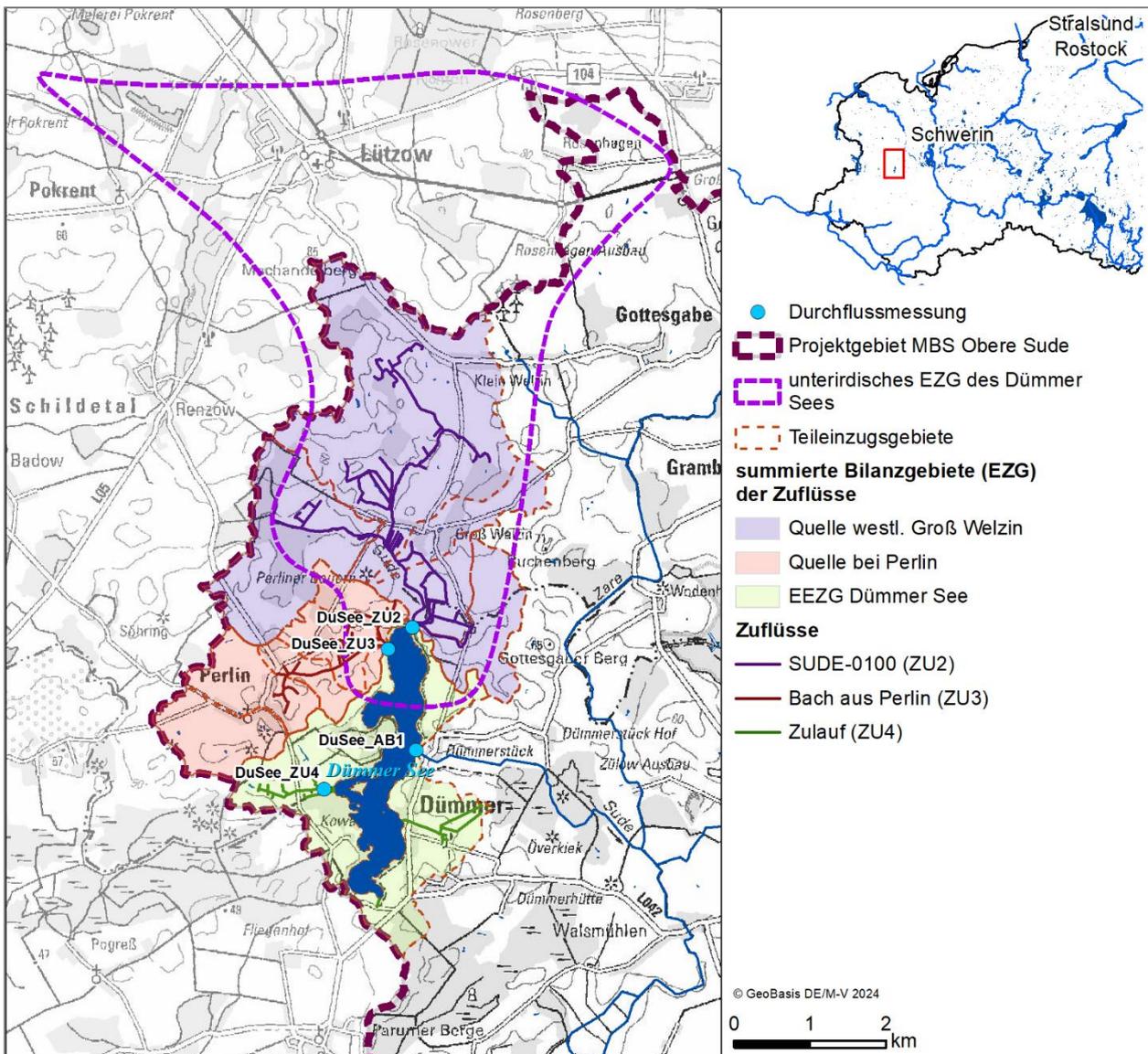


Abbildung 2-2: Unterirdisches Einzugsgebiet und oberirdische Teileinzugsgebiete des Dümmer Sees

## 2.2.2 Ökologischer Zustand

Der Dümmer See ist im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) berichtspflichtig (WRRL Wasserkörper-Nr. DELW\_DEMV\_2300200). Er gehört dem LAWA-Typ 10 an (Geschichteter Tieflandsee mit relativ großem Einzugsgebiet) und ist als natürlicher Wasserkörper eingestuft.

Das Bewirtschaftungsziel des Dümmer Sees ist gemäß der aktualisierten Bewirtschaftungsplanung (FGG Elbe) die Erreichung des guten ökologischen Zustands. Dieses Ziel wird jedoch bisher verfehlt und der ökologische Zustand wird gegenwärtig als mäßig eingestuft (Tabelle 2-3). Maßgebend dafür ist die mäßige Bewertung der Makrophytenbestände. Als Ursache wird die Belastung aus diffusen Quellen aufgrund landwirtschaftlicher Aktivitäten und die im See betriebene Fischzucht angegeben.

Tabelle 2-3: Aktuelle Bewertung des ökologischen Zustands des Dümmer Sees im 3. Bewirtschaftungszeitraum (2022-2027)

<b>Gesamtbewertung</b>	<b>Mäßig</b>
<b>Biologische Qualitätskomponenten</b>	
Phytoplankton	Gut
Makrophyten/Phytobenthos	Mäßig
Benthische wirbellose Fauna (Makrozoobenthos)	Nicht bewertet
Fischfauna	Nicht bewertet
<b>Unterstützende Qualitätskomponenten</b>	
Wasserhaushalt	Gut
Morphologie	Gut
<b>Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten</b>	
Sichttiefe	Gut
Temperaturverhältnisse	Nicht bewertet
Sauerstoffhaushalt	Nicht bewertet
Salzgehalt	Nicht bewertet
Versauerungszustand	Nicht bewertet
Stickstoffverbindung	Nicht bewertet
Phosphorverbindungen	Gut

## 2.3 Messprogramm

Mit der Beauftragung der Konzeptstudie im Frühjahr 2022 wurde mit einem umfassenden Messprogramm zur Erfassung des IST-Zustandes des Dümmer Sees begonnen. Dieses umfasste die

- Untersuchung und Bewertung des trophischen und ökologischen Zustandes nach Vorgaben des Seeprogramms Mecklenburg-Vorpommern,
- Die Bestimmung des Phosphor-Gehaltes im Wasserkörper und
- Sedimentuntersuchungen zur Ermittlung der Phosphor-Rücklösung und Erstellung einer Phosphor-Bilanz.

Eine Gesamtübersicht über alle in den Jahren 2022 und 2023 durchgeführten Probenahmen ist in Tabelle 2-4 dargestellt. Abbildung 2-3 zeigt alle Messstationen für die untersuchten Parameter. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Probenahmen und ihre Durchführung näher erläutert.

**Tabelle 2-4: Übersicht über alle Kenndaten des durchgeführten Messprogramms im See, in den Zuläufen und im Ablauf**

Ort	Anzahl Stationen	Beprobung	2022										2023		
			04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	
See	2	Wasser, Oberfläche													
		Chemie/Nährstoffe													
		Phytoplankton													
		Zooplankton													
		Nährstoffprofil		X	X	X	X	X	X						
		Wasser, Grundnähe													
		Sediment													
	3	Makrozoobenthos													
	10 Transekte, 20 Stationen	Makrophyten													
	Zuläufe, Ablauf	3 Zuläufe, 1 Ablauf	Wasser/Durchfluss												

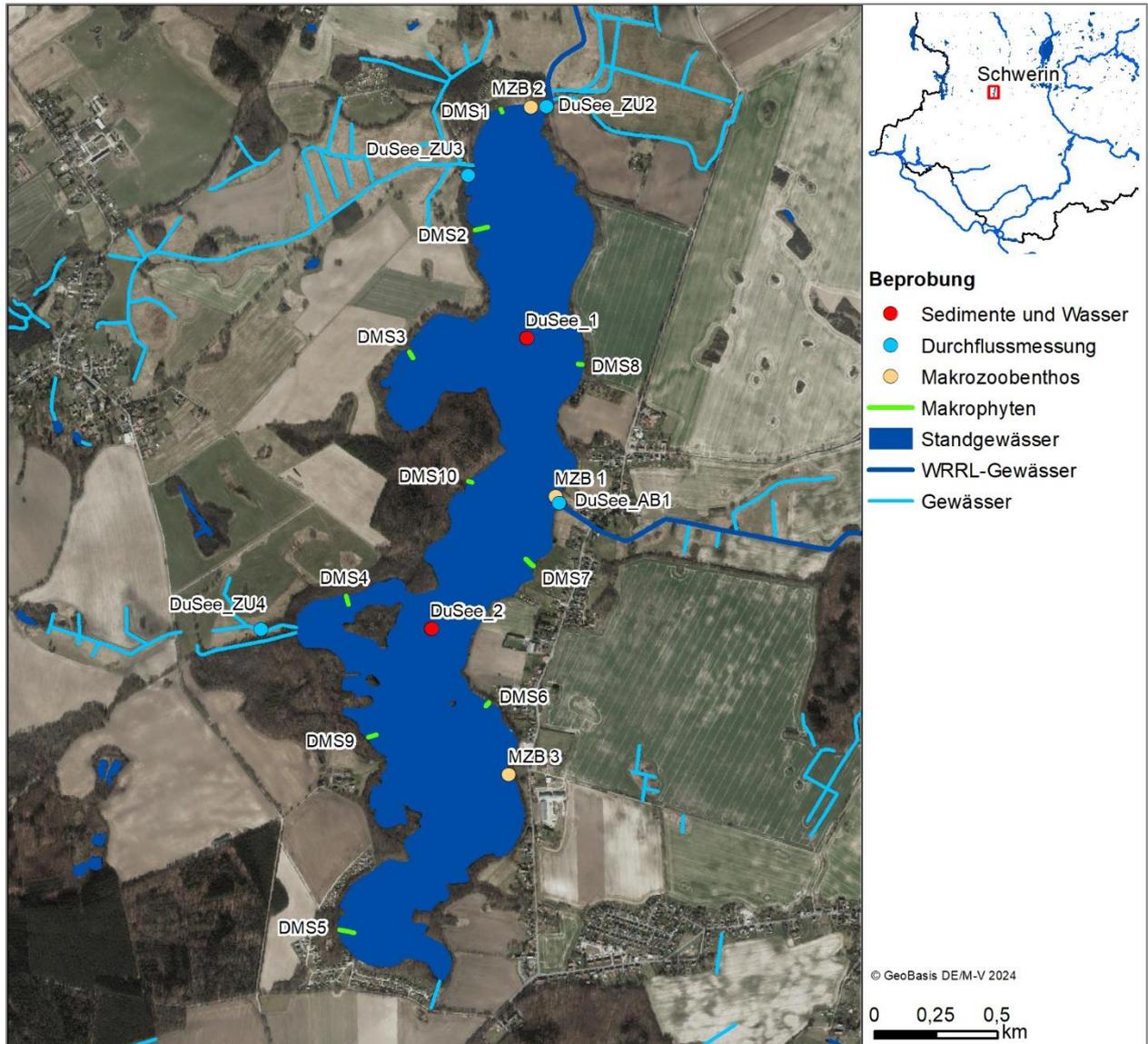


Abbildung 2-3: Übersicht über alle Messstationen im Dümmer See

### 2.3.1 See-Messstellen

Die Probenahmen an den zwei See-Messstellen des Dümmer Sees („Nordteil“ und „Südteil“) erfolgten monatlich von April 2022 bis März 2023. Auf Grund der Wetterbedingungen und zeitweiser Eisbedeckung des Sees konnte im Dezember 2022 keine Beprobung durchgeführt werden. Nach dem Anfahren der Messstellen wurden Feldprotokolle nach den Vorgaben des Seenprogramms M-V angelegt und die Wetterbedingungen, optischer Eindruck, Sichttiefe und sonstige Bedingungen an der Probestelle erfasst (Anhang A-01). Des Weiteren wurden im Gewässer die vor-Ort-Parameter Wassertemperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit sowie die Sauerstoffkonzentration und –sättigung im Tiefenprofil (1-m-Intervall) aufgenommen (Anhang A-02).

Auf Basis der Tiefenprofile der abiotischen Parameter Temperatur und Sauerstoff wurde das Schichtungsverhalten und die entsprechenden Beprobungstiefen für die Entnahme der Mischprobe für die Erfassung der chemischen Parameter und Nährstoffe (gesamter Beprobungszeitraum) sowie des Phytoplanktons (März bis Oktober) abgeleitet. Bei ungeschichteten Verhältnissen wurde die Mischprobe bis ca. 8 m (mittlere Tiefe des Sees) entnommen. Bei einer Schichtung der Wassersäule erfolgte die Entnahme einer Mischprobe über die gesamte euphotische Zone (Sichttiefe \* 2,5). Für die chemischen Parameter und Nährstoffe wurde bei allen Beprobungen ebenfalls eine Wasserprobe des Tiefenwassers (Grundnähe, ca.

1 m über Grund) entnommen. Von Mai bis Oktober wurden zusätzlich Nährstoffprofile erfasst, indem weitere Wasserproben in 5-m-Intervallen gewonnen wurden.

Die Wasserproben wurden an den zwei Messstellen mit einem Wasser-Schöpfer (nach Ruttner, HYDRO-BIOS, Abbildung 2-4) entnommen, in Kühltaschen gelagert und noch am gleichen Tag zur weiteren Analyse an das akkreditierte Labor der kiwa GmbH übergeben. Die dort an den Wasserproben gemessenen Parameter und die entsprechenden angewendeten Normen sind in Tabelle 2-6 aufgeführt. Die Rohdaten werden im Anhang A-03 übergeben. Mithilfe der Chlorophyll-a-Konzentration, der Sichttiefe und TP-Konzentration wurde der Trophieindex des Sees (LAWA 2014).

Für die Erfassung des Phytoplanktons wurden die Wasserproben vor Ort mit Lugol'scher Lösung fixiert. Die Beprobung des Zooplanktons (Rotatorien und Crustaceen) erfolgte monatlich von März bis Oktober mittels einer Mischprobe der gesamten Wassersäule. Die Probe zur Bestimmung der Rotatorien wurde durch Filtration von ca. 10 L Wasser über einen Netzgazebecher (55 µm) gewonnen. Zur Gewinnung der Crustaceen-Probe wurde ein 120 µm Netz durch die gesamte Wassersäule gezogen. Das Filtrationsvolumen dieser Probe ergibt sich aus dem Durchmesser der Netzöffnung multipliziert mit der Hievstrecke (= Höhe der Wassersäule). Die Bestimmung und Auswertung der Phyto- und Zooplanktonproben erfolgte gemäß PhytoSee und PhytoLoss durch das Limnologie Büro Hoehn (LBH, Anhang D).

Ursprünglich sollte die erste Probenahme im März 2022 erfolgen. Dies konnte jedoch aufgrund einer verspäteten Beauftragung nicht realisiert werden. Um dennoch die für die Bewertung wichtige Frühjahrsbeprobung abzudecken, wurde diese im März 2023 nachgeholt. In der nachfolgenden Auswertung insbesondere der biologischen Parameter (Zoo- und Phytoplankton) werden daher die Messdaten aus März 2023 in das Jahr 2022 zurückdatiert. Der Vergleich der Wintermonate (Dez, Jan, Feb) der Jahre 2021/2022 und 2022/2023 zeigt keine wesentlichen Unterschiede in Temperatur und Niederschlagsmenge (Tabelle 2-5). Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Frühjahrsbedingungen im März 2023 denen im März 2022 ähnlich waren. Die Rückdatierung der Frühjahrsbeprobung erscheint somit ausreichend valide.

**Tabelle 2-5: Vergleich der relevanten winterlichen Wetterdaten (Lufttemperatur, Sonnenscheindauer, Schneemenge, Niederschlagshöhe) der Jahre 2021/2022 und 2022/2023 (Quelle: DWD, Station Schwerin, ID 4625)**

	Einheit	Winter 2021/2022	Winter 2022/2023
Mittlere Lufttemperatur	°C	3,6	3,1
Mittlere Sonnenscheindauer	h	1,4	1,3
Summe Schneemenge	cm	24	0
Summe Niederschlagshöhe	mm	205,7	209,0

### 2.3.2 Zu- und Abläufe

An den drei Zuläufen des Sees sowie der abfließenden Sude (Abbildung 2-3) wurden sowohl Durchflussmessungen, als auch Vor-Ort-Messungen der Parameter Wassertemperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration und -sättigung durchgeführt (Abbildung 2-5). Zusätzlich wurden an den vier Messstellen Wasserproben entnommen, um Nährstoffkonzentrationen (gelöster Phosphor (DRP) und Gesamt-Phosphor (TP)) zu bestimmen. Die entsprechenden Rohdaten sind in Anhang A-05 dargestellt.

Die Ermittlung des Durchflusses erfolgte an einem hydrometrisch geeigneten Fließquerschnitt (geringstmögliche Turbulenz, homogene Gewässerwandung, möglichst geringe Profilgröße im Vergleich zum Durchfluss, Bereich mit möglichst deutlicher und gleichmäßiger (laminarer) Strömung) der jeweiligen Gewässer. Über die magnetisch-induktive Fließgeschwindigkeitsmessungen (Mehrpunktmethode) und die pa-

parallele Querprofilbestimmung (durchflossene Fläche) konnte der Durchfluss nach dem „mean-section-Verfahren“ (DIN EN ISO 748) bestimmt werden. Hierzu wurde ein Messgerät der Fima Ott, Typ Ott MF-Pro genutzt.

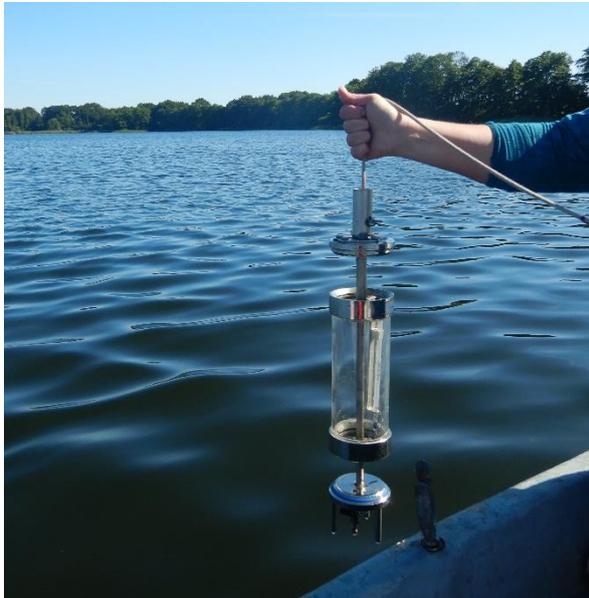


Abbildung 2-4: Entnahme von Wasserproben (HYDRO-BIOS, links) und Sedimentkernen (UWITEC, rechts) an den Seemesstellen



Abbildung 2-5: Durchflussmessung (OTT MF Pro, links) und Probenahme (rechts) an den Zu- und Abläufen des Dümmer Sees

Tabelle 2-6: Übersicht über die durchgeführten Laboranalysen der Wasserproben (kiwa GmbH): Parameter, entsprechende Bestimmungsverfahren und Bestimmungsgrenze. \* - nicht akkreditiertes Prüfverfahren

Parameter	Methodennorm	Bestimmungsgrenze	Einheit
Orthophosphat (als O-PO <sub>4</sub> -P)	DIN EN ISO 6878 (D 11): 2004-09	0,005	mg l <sup>-1</sup>
Phosphor (P) gelöst	DIN EN ISO 6878 (D 11): 2004-09	0,005	mg l <sup>-1</sup>
TP (Gesamtphosphor)	DIN EN ISO 6878 (D 11): 2004-09	0,005	mg l <sup>-1</sup>
TN <sub>anorg</sub> (anorganischer Gesamtstickstoff)	berechnet	0,01	mg l <sup>-1</sup>
TN <sub>b</sub> (gesamter gebundener Stickstoff)	DIN EN 12260 (H34): 2003-12	1	mg l <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (Ammonium-Stickstoff)	DIN 38406 (E 5-1): 1983-10	0,03	mg l <sup>-1</sup>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (Nitrit-Stickstoff)	DIN EN 26777 (D10): 1993-04	0,01	mg l <sup>-1</sup>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (Nitrat-Stickstoff)	DIN EN ISO 10304-1 (D 20): 2009-07	0,1	mg l <sup>-1</sup>
Chlorophyll-a	DIN 38409-60: 2019-12*	2	µg l <sup>-1</sup>
Phaeophytin	DIN 38409-60: 2019-12*	2	µg l <sup>-1</sup>

### 2.3.3 Sediment

An den zwei See-Messstellen (Nord- und Südteil) wurden bei jeder Probenahme Sedimentproben mithilfe eines Sedimentcorers (UWITEC) gewonnen. Je Station wurden zur weiteren Analyse zwei ungestörte Sedimentkerne entnommen. Zur Porenwasseranalyse war jeweils eins der beiden verwendeten PVC-Rohre im Abstand von 1 cm perforiert.

Die ungestörten Sedimentkerne wurden möglichst noch am gleichen Tag im Probenaufbereitungsraum der biota GmbH weiterbearbeitet. Von jedem Kern wurde kurz vor der weiteren Analyse das überstehende Wasser beprobt und über einen Glasfaserfilter (GFF)-Spritzenvorfilter filtriert. Aus je einem Sedimentkern pro Station (perforiertes PVC-Rohr) wurden aus den oberen 10 cm in 1 cm Schritten mittels Rhizonen (Rhizosphere Research Products B.V.) Porenwasser zur weiteren Analyse entnommen (Abbildung 2-6). Die Bestimmung der Konzentration von DRP in den Wasserproben erfolgte photometrisch nach der Phosphomolybdän-Methode (HANSEN & KOROLEFF 1999) mit dem Spectroquant® Phosphat-Test in einer 2 cm Küvette (Messbereich: 0,03 – 2,5 mg l<sup>-1</sup>, Anhang A-06)

Die Bestimmung der Sedimentparameter erfolgte am jeweils zweiten Sedimentkern. Dazu wurden die Kerne entsprechend der Porenwasserentnahme von der Oberfläche beginnend in Schichten geteilt (10 x 1 cm). Die einzelnen Schichten wurden homogenisiert und je 5 cm<sup>3</sup> des nassen Sediments aus jeder Schicht gewogen, bei 60°C über Nacht im Trockenschrank getrocknet und anschließend rückgewogen. Aus der Gewichts Differenz zwischen nasser und getrockneter Probe kann der Wassergehalt, die Porosität und die Trockenraumdichte des Sediments bestimmt werden. Die Probe wurde im Weiteren zur Bestimmung des Glühverlustes bei 550°C im Muffelofen verascht und erneut rückgewogen. Die Rohdaten zum Wassergehalt und Glühverlust werden im Anhang A-06 übergeben.

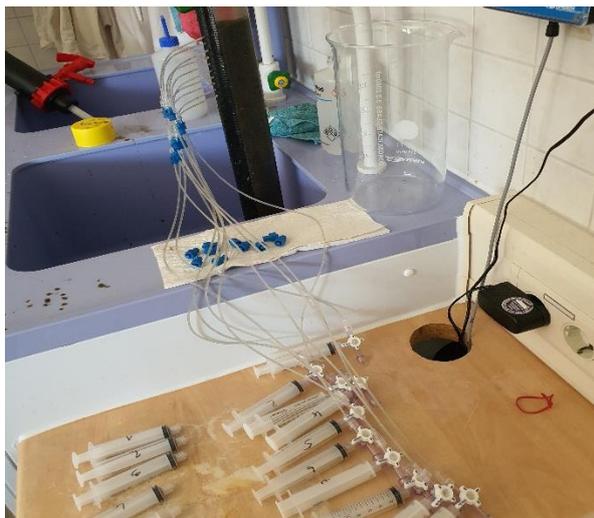


Abbildung 2-6: Entnahme von Porenwasser mittels Rhizonen (links) und Sedimentunterproben (rechts)



Abbildung 2-7: Beprobung Makrozoobenthos mittels Kescher mit Netzbeutel und Sieb (1 mm Maschenweite) und von Makrophyten

### 2.3.4 Makrozoobenthos

Zur Erfassung des Makrozoobenthos wurden in dem Monaten Mai, Juli und September an je drei Messstellen Proben entnommen (MZB1 bis 3, Abbildung 2-3). Station MZB1 befindet sich nahe des Ablaufs, MZB2 am Zulauf der Sude und MZB3 am südöstlichen Ufer des Dümmer Sees.

Die Probenahme erfolgte vom Ufer aus mit Hilfe eines genormten Keschers (25 x 25 cm Kantenlänge, Netzbeutel mit 500 µm Maschenweite). Die Proben wurden anschließend vor Ort gesiebt (Maschenweite 1 mm) und mit 70 % Ethanol fixiert.

Die Determination der fixierten Organismen erfolgte im Labor unter Nutzung eines Stereomikroskops des Typ Olympus SZX7. Dabei wird mindestens bis zum Niveau der „Operationellen Taxaliste“ (März 2010) bestimmt und in den meisten Fällen darüber hinaus (Anhang C-01).

### 2.3.5 Makrophyten

Die Erfassung der Makrophyten erfolgte nach dem PHYLIB-Verfahren für Seen (Version 5.3; SCHAUMBURG et al. 2015) in den bereits im Vorfeld festgelegten Transekten (Umweltministerium M-V 2022).

Zur Bestimmung der Makrophytenbestände wurden im August 2022 sowohl 10 Transekte (Anhang B-01, B-04) rund um das Seeufer kartiert (Abbildung 2-3), als auch eine Überblickskartierung durchgeführt. Letztere wurde durch 20 gleichmäßig im See verteilte Probestellen repräsentiert. Neben dem Arteninventar wurden die Artenanzahl und ihre Lokalisation im See, sowie die Wassertiefe, vorherrschendes Substrat und die Gesamtdeckung der Vegetation pro Untersuchungspunkt erfasst (B-05). Die Ergebnisse sind in den Anhängen B-02 und B-03 dargestellt.

### 3 Ergebnisse/limnologisches Gutachten

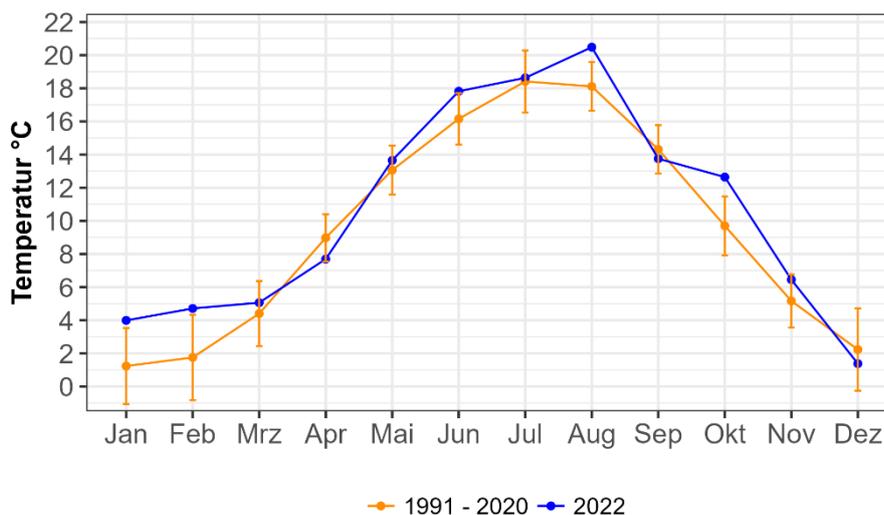
#### 3.1 Einordnung meteorologisches Jahr

Zur Einordnung der klimatischen Bedingungen im Messjahr 2022/2023 wurden die Parameter Lufttemperatur und Niederschlagshöhe des Jahres 2022 mit Langzeitdaten (1991 – 2020) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verglichen (Tabelle 3-1). Als Vergleichsstation wurde die DWD-Station „Schwerin“ (ID 4625) herangezogen.

**Tabelle 3-1: Jahresmittelwerte der Temperatur und Jahressumme des Niederschlags (unkorrigiert) im Untersuchungsjahr 2022 im Vergleich zum langjährigen Mittelwert (1991-2020) für die DWD-Wetterstation Schwerin, ID 4625**

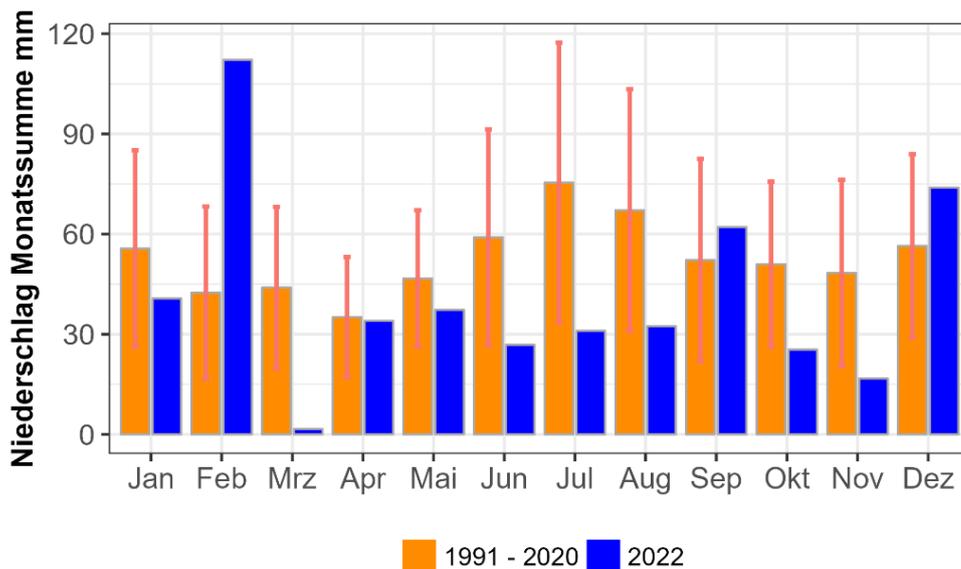
	1991 – 2020	2022
Jahresmittel Temperatur °C	9,46 ± 0,77	10,52
Jahressumme Niederschlag mm	631 ± 112	494

Im Jahresmittel war das Jahr 2022 ca. 0,8 °C wärmer als das langjährige Mittel der vergangenen Klimaperiode (1991-2020, Abbildung 3-1). Der jahreszeitliche Vergleich zeigte deutlich, dass das Jahr 2022 in allen Jahreszeiten bis auf den Frühling wärmer war als im langjährigen Mittel. Insbesondere in den Winter- und Sommermonaten traten deutlich höhere Lufttemperaturen auf.

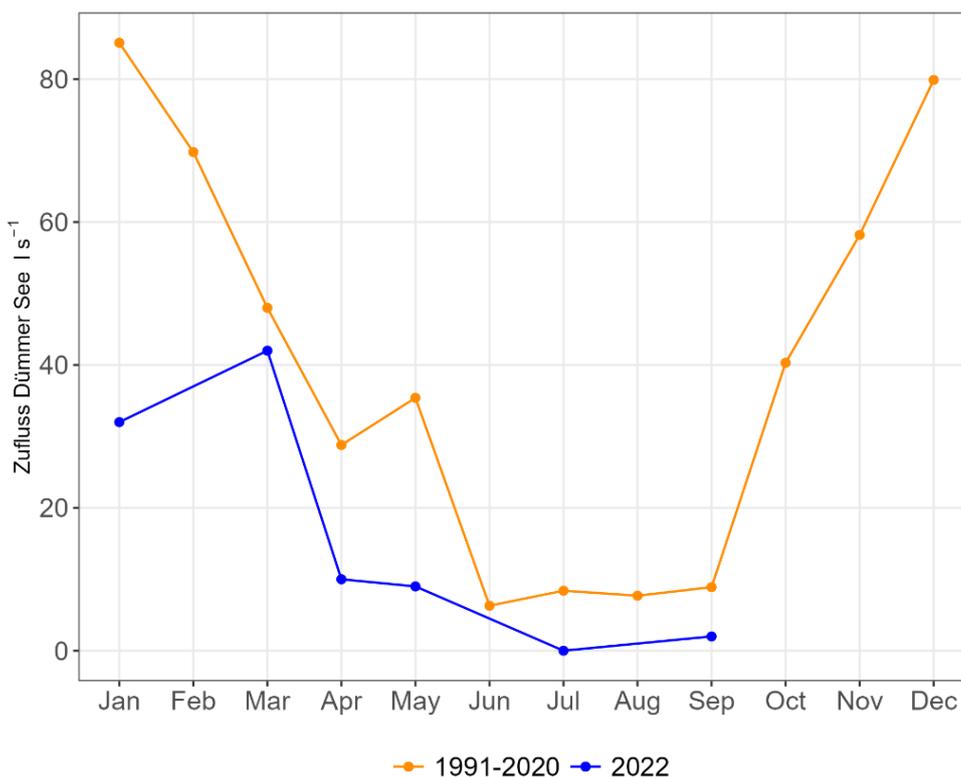


**Abbildung 3-1: Vergleich der mittleren Lufttemperatur (°C, in 2 m Höhe) des langjährigen Mittels (1991-2020, orange) mit dem Messjahr 2022 (blau) an der dem Dümmer See nächstgelegenen DWD-Station (Schwerin, DWD-ID: 4625)**

Die Niederschlagsmengen im Jahr 2022 unterschieden sich ebenfalls deutlich von den Langzeitdaten, sodass die Jahressumme (in mm) des Jahres 2022 deutlich unterhalb des langjährigen Mittels (-137 mm) und sogar außerhalb dessen Schwankungsbreite lag (Abbildung 3-2). Das Jahr 2022 war von einer starken Frühjahrstrockenheit geprägt und auch in den Sommermonaten sowie im Spätherbst lagen die Niederschlagsmengen weit unter den langjährigen Mittelwerten. Insgesamt kann das Jahr 2022 somit als deutlich zu warm und zu trocken eingeordnet werden.



**Abbildung 3-2:** Vergleich der Niederschlagshöhe (Monatssumme in mm) des langjährigen Mittels (1991-2020, orange) mit dem Messjahr 2022 (blau) an der dem Dümmer See nächstgelegenen DWD-Station (Schwerin, DWD-ID: 4625).



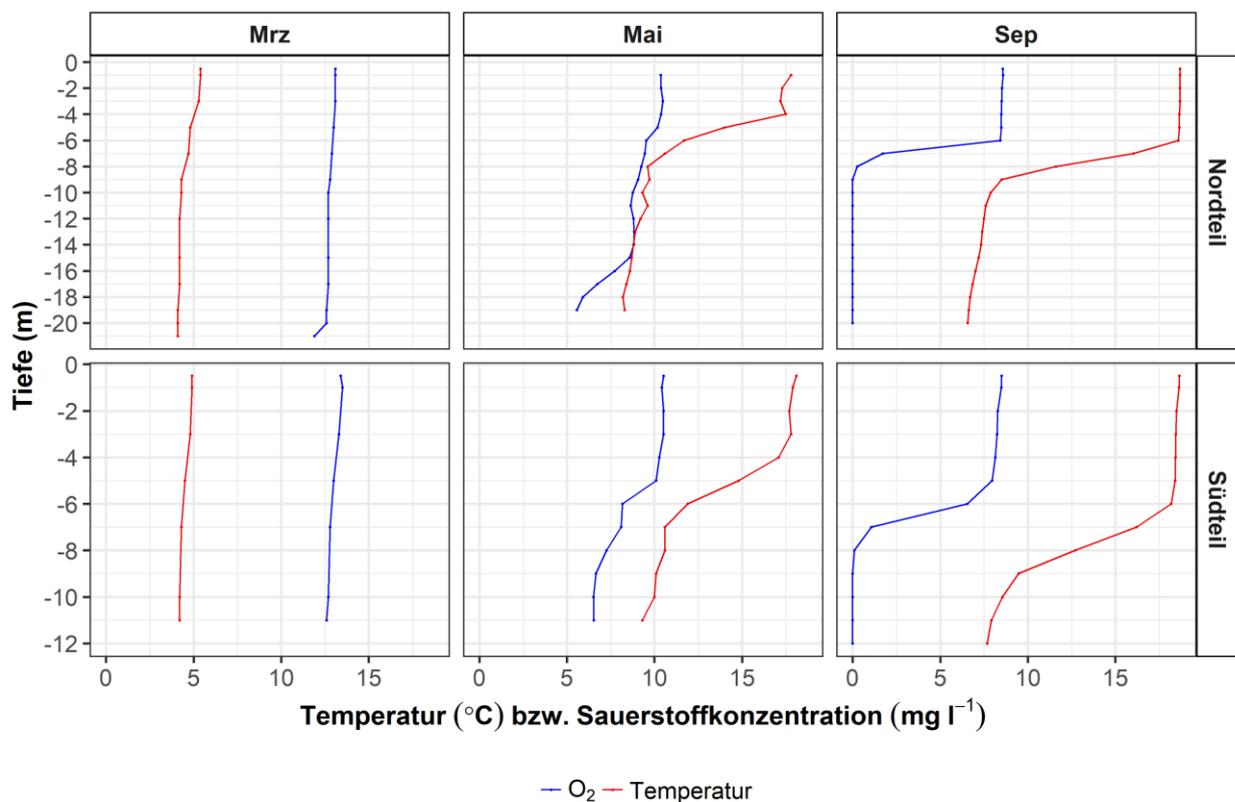
**Abbildung 3-3:** Vergleich der langjährigen mittleren Zuflüsse aus dem Oberflächeneinzugsgebiet des Dümmer Sees (1991-2020, orange) mit den gemessenen Zufluss-Werten in 2022 (blau)

Diese veränderten Wetterbedingungen hatten auch einen messbaren Einfluss auf die oberflächlichen Zuflussmengen in den Dümmer See (Abbildung 3-3). Die im Untersuchungsjahr in der Summe der drei überwachten Zuflüsse gemessenen Durchflüsse lagen mit im Mittel 17 l s<sup>-1</sup> deutlich unterhalb der mittleren modellierten Abflüsse für den Zeitraum 1991-2020 (vgl. Tabelle 4-6, Zustrom: 41 l s<sup>-1</sup>, Abfluss Sude: 38 l s<sup>-1</sup>).

### 3.2 Tiefenprofile (Wassertemperatur, Sauerstoff)

Der Dümmer See wird als dimiktischer See eingeordnet, d.h. es kommt in den Winter- und Sommermonaten auf Grund von Temperaturunterschieden zu einer Schichtung der Wassersäule. Die verschiedenen Schichten werden klassisch in Epilimnion, Metalimnion und Hypolimnion unterteilt. Im Rahmen dieser Studie konnte eine Schichtung nur während der Sommermonate beobachtet werden, was wahrscheinlich auf höhere Temperaturen in den Wintermonaten (vgl. Abbildung 3-1) und eine fehlende durchgängige Eisbedeckung zurückzuführen ist.

Der Jahresgang der Wassertemperatur- und Sauerstoffprofile des Untersuchungsjahres 2022 (Anhang A-04) spiegelt eine typische jahreszeitliche Entwicklung wider, bei der eine stabile thermische Schichtung von Mai bis Oktober auftritt. Die Sprungschicht liegt in ca. 6 – 8 m Wassertiefe. Ab Juni war kein Sauerstoff im Hypolimnion mehr vorhanden. Abbildung 3-4 zeigt die Tiefenprofile vor, zu Beginn und inmitten der Schichtungsphase in den Monaten März, Mai und September. Eine erneute vollständige Durchmischung lag ab November vor.



**Abbildung 3-4: Tiefenprofile des Dümmer Sees für die Wassertemperatur und die Sauerstoffkonzentration vor (März), zu Beginn (Mai) und inmitten der Schichtungsphase (September)**

Auf Basis von vom StALU WM zur Verfügung gestellten Daten wurde das Schichtungsverhalten des Dümmer See im langjährigen Vergleich (1992-2016) ausgewertet (Tabelle 3-2). Es wird deutlich, dass die sommerliche Schichtung in den meisten Jahren von Mai bis Oktober auftritt. Hierbei ist das Wasser am Grund des Sees zumeist ab Juni sauerstofffrei. Eine Ausnahme bildet das Jahr 1996, in dem der See bereits ab April thermisch geschichtet und das Bodenwasser entsprechend sauerstofffrei war. Dies kann vermutlich auf sehr hohe Lufttemperaturen im April 1996 nach einem ungewöhnlich kalten Winter 95/96 mit entsprechender Eisbedeckung zurückgeführt werden ([www.mv-wetter.com](http://www.mv-wetter.com)). Eine Veränderung des Schichtungsverhaltens in Folge klimatischer Veränderung ist aber anhand dieses langjährigen Vergleichs gegenwärtig nicht erkennbar.

**Tabelle 3-2: Langjähriger Vergleich der zeitlichen Verteilung der Schichtungsausprägung im Dümmer See (Quelle: Jahre 1992 – 2016: StALU WM; 2022/2023: eigene Daten)**

keine Daten/Tiefenprofile vorhanden
ungeschichtet
geschichtet
keine Daten/Tiefenprofile vorhanden, es kann eine Schichtung angenommen werden
geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei
keine Daten/Tiefenprofile vorhanden, es kann Sauerstofffreiheit angenommen werden

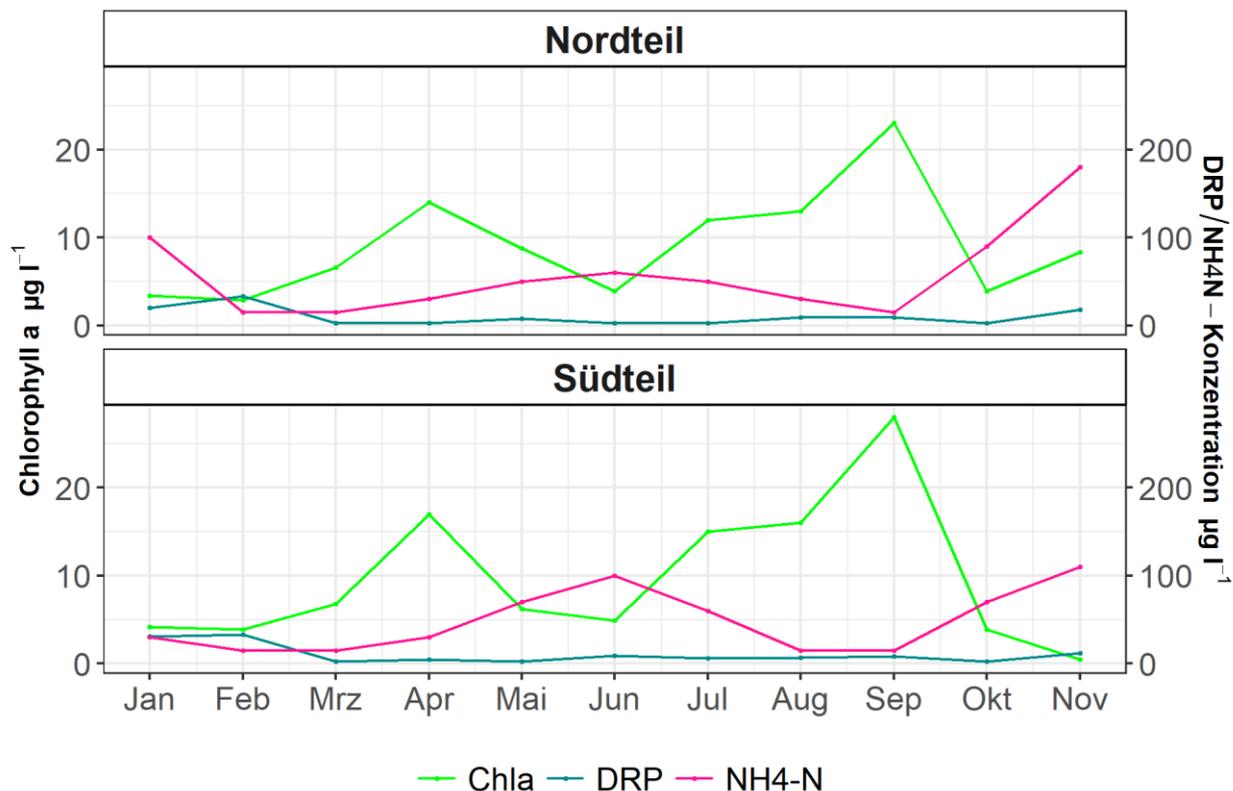
Jahr	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
1992				ungeschichtet		geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei			
1996				geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei								
1999			ungeschichtet			geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei						
2001				ungeschichtet		geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei		ungeschichtet	
2002			ungeschichtet		ungeschichtet	geschichtet	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei			
2003				ungeschichtet	geschichtet	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei		ungeschichtet	
2004						geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei						
2007			ungeschichtet			geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei						
2010			ungeschichtet		geschichtet	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei			
2016			ungeschichtet		geschichtet	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei			
2022/2023	ungeschichtet	ungeschichtet	ungeschichtet	ungeschichtet	geschichtet	geschichtet/Bodenwasser sauerstofffrei	ungeschichtet					

### 3.3 Jahrgang der wasserchemischen Parameter

#### 3.3.1 Nährstoffe und Chlorophyll-a im Oberflächenwasser

Die Messungen der Chlorophyll-a-, DRP- (gelöster reaktiver Phosphor, engl. für „dissolved reactive phosphorus“, auch ortho-Phosphat, SRP) und NH<sub>4</sub>-N- (Ammoniumstickstoff)-Konzentrationen an der Oberfläche des Sees zeigten einen typischen jahreszeitlichen Verlauf an beiden Seestationen (Abbildung 3-5). Zwei Chlorophyll-a Maxima, eins im Frühling und eins im Spätsommer/Herbst, sind repräsentativ für die Frühjahrs- und Herbstblüte des Phytoplanktons. Die leicht höheren Chlorophyll-a Konzentrationen im Südteil des Dümmer Sees liegen vermutlich in der geringeren Wassertiefe begründet, die zu höheren Wassertemperaturen und daher zu verstärktem Phytoplantonwachstum führen kann.

Die höchsten DRP- und NH<sub>4</sub>-N-Konzentrationen wurden im Herbst und Winter gemessen. Zusätzlich wies die NH<sub>4</sub>-N-Konzentration ein weiteres Maximum im Juni, d.h. nach der Frühjahrsblüte auf, was wahrscheinlich das Ergebnis von starken Remineralisierungsprozessen, d.h. der Rückgewinnung von Ammonium aus sich zersetzender Biomasse war.



**Abbildung 3-5: Jahresgang der Chlorophyll-a, DRP- und NH4-N-Konzentrationen im Oberflächenwasser des Dümmer Sees**

Aus dem Masseverhältnis von Gesamtstickstoff (TN) zu Gesamtphosphor (TP) lässt sich überblicksweise ableiten, ob die Phytoplankton-Produktion eines Sees eher stickstoff- oder phosphorlimitiert ist (SØNDERGAARD ET AL. 2017). Zur Beurteilung der Nährstofflimitation wurden die TN zu TP Verhältnisse gegenübergestellt (Abbildung 3-6). Für diesen Vergleich wurden sowohl eigene Messdaten, als auch Daten des StALU WM (Zeitreihe von 1999-2016) verwendet. Beide Datensätze zeigen einen vergleichbaren Jahresverlauf, bei dem der Dümmer See vor allem im Frühjahr und frühen Sommer Phosphor-limitiert ist. Dies kann auf eine starke Biomasseproduktion des Phytoplanktons zurückgeführt werden, die durch hohe Chlorophyll-a Konzentrationen angezeigt wurde (Abbildung 3-5). Dem Gesetz des Minimums (VON LIEBIG 1876) entsprechend sollte eine weitere Reduktion des limitierenden Nährstoffes zu einer Reduktion der Phytoplanktonproduktion und -biomasse, daraus folgend zu einer Verbesserung der Sichttiefe und damit Begünstigung der Ansiedlung von Makrophyten im See führen.

Hinsichtlich der TN-Verhältnisse lag ein anderes jahreszeitliches Muster vor. Eine N-Limitierung konnte nur im Spätsommer/Frühherbst beobachtet werden. Während dieser Limitierung wurde die Phytoplanktongemeinschaft von Blaualgen/Cyanobakterien dominiert (s. Kapitel 3.4.2, Abbildung 3-11). Cyanobakterien besitzen die Fähigkeit, Luftstickstoff ( $N_2$ ) zu fixieren und für ihr Wachstum zu nutzen, d.h. sie sind nicht auf die TN-Konzentrationen im Wasser angewiesen. Da Cyanobakterien dennoch auch P für ihr Wachstum benötigen, können Maßnahmen zur Reduzierung der P-Konzentration dazu beitragen, massive Blaualgenblüten zu verhindern.

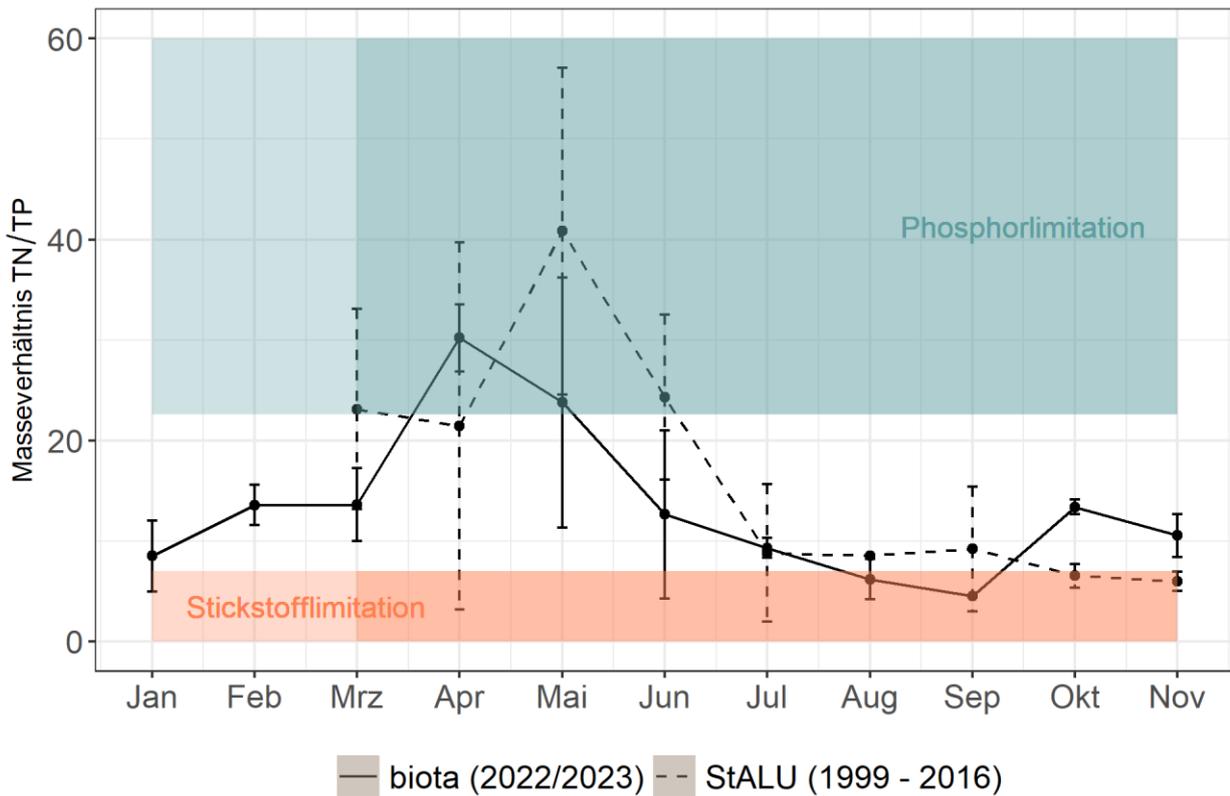


Abbildung 3-6: Jahrgang der Masseverhältnisse von TN:TP inklusive der entsprechenden Grenzbereiche für eine P- oder N-Limitation, basierend auf eigenen Messungen aus 2022/2023 und langjährigen Daten des StALU WM (1999-2016)

### 3.3.2 Sauerstoff und gelöstes Phosphat (DRP) im Tiefenwasser

Ergänzend zu den Sondenprofilen für die abiotischen Parameter wurden von Mai bis Oktober Nährstoff-Tiefenprofile aufgenommen. Darüber hinaus wurde zur Bestimmung des Phosphor-Gehaltes im Wasserkörper gemäß Leistungsverzeichnis in den Wintermonaten (November – Februar) die DRP und TP-Konzentration im Tiefenwasser (1 m über Grund) erfasst (Anhang A-04).

Die Bildung der sauerstofffreien Zone im Hypolimnion ab Juni resultierte im Nordteil des Sees in einem deutlichen Anstieg der DRP-Konzentration in Grundnähe (Abbildung 3-7). Dies kann auf eine P-Freisetzung aus dem Sediment zurückgeführt werden, die unter anoxischen Bedingungen stattfindet. Im Südteil bildete sich ebenfalls eine sauerstofffreie Zone, jedoch konnte dort kein sofortiger Anstieg der DRP-Konzentration beobachtet werden.

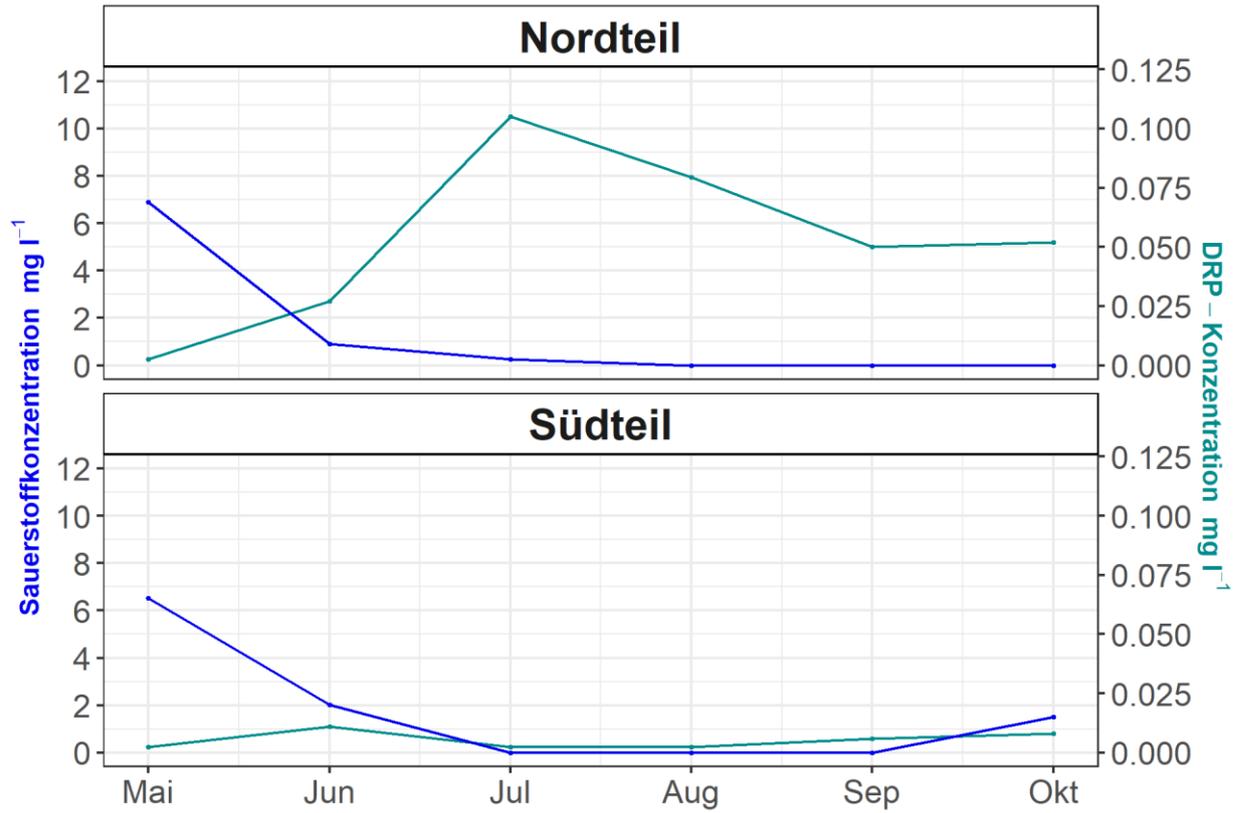


Abbildung 3-7: Jahresgang (Mai bis Oktober 2022) der Sauerstoff- (dunkelblau) und DRP-Konzentrationen (hellblau) im Tiefenwasser des Dümmer Sees, gemessen ca. 1 m über Grund an beiden See-Messstellen

### 3.3.3 DRP/TP-Konzentrationen in den Zu- und Abflüssen

Neben den Probenahmen im See wurde auch in den Zuläufen sowie im Ablauf des Dümmer Sees Wasserproben genommen und hinsichtlich der Phosphorkonzentrationen untersucht.

Die höchsten Gesamtposphor (TP)- und DRP-Konzentrationen traten im Sommer 2022 im Zufluss „Bach aus Perlin“ (SUDE-0100, DuSee-Zu2) auf (Abbildung 3-8, Anhang A-05). Der Bach aus Perlin hat mit ca. 13,4 km<sup>2</sup> das größte Teileinzugsgebiet. Durch sommerliche Starkregenereignisse kann es zu verstärkter Erosion und Eintrag von Sediment und daran gebundenen Phosphor kommen. Bei geringen Abflüssen und niedrigen Fließgeschwindigkeiten sind auch Rücklösungsprozesse in den Fließgewässern nicht auszuschließen. In allen Zuläufen sind die TP-Konzentrationen deutlich höher als die im Seewasser gemessenen Konzentrationen. Dies deutet bereits auf einen Rückhalt von Phosphor im See hin.

Der Abfluss des Sees (SUDE-0300), wies zudem deutlich niedrigere TP- und DRP-Konzentrationen als die Zuflüsse auf. Die mittleren TP-Konzentration entsprechen mit 0,049 mg l<sup>-1</sup> in etwa den im Seewasser gemessenen Konzentrationen.

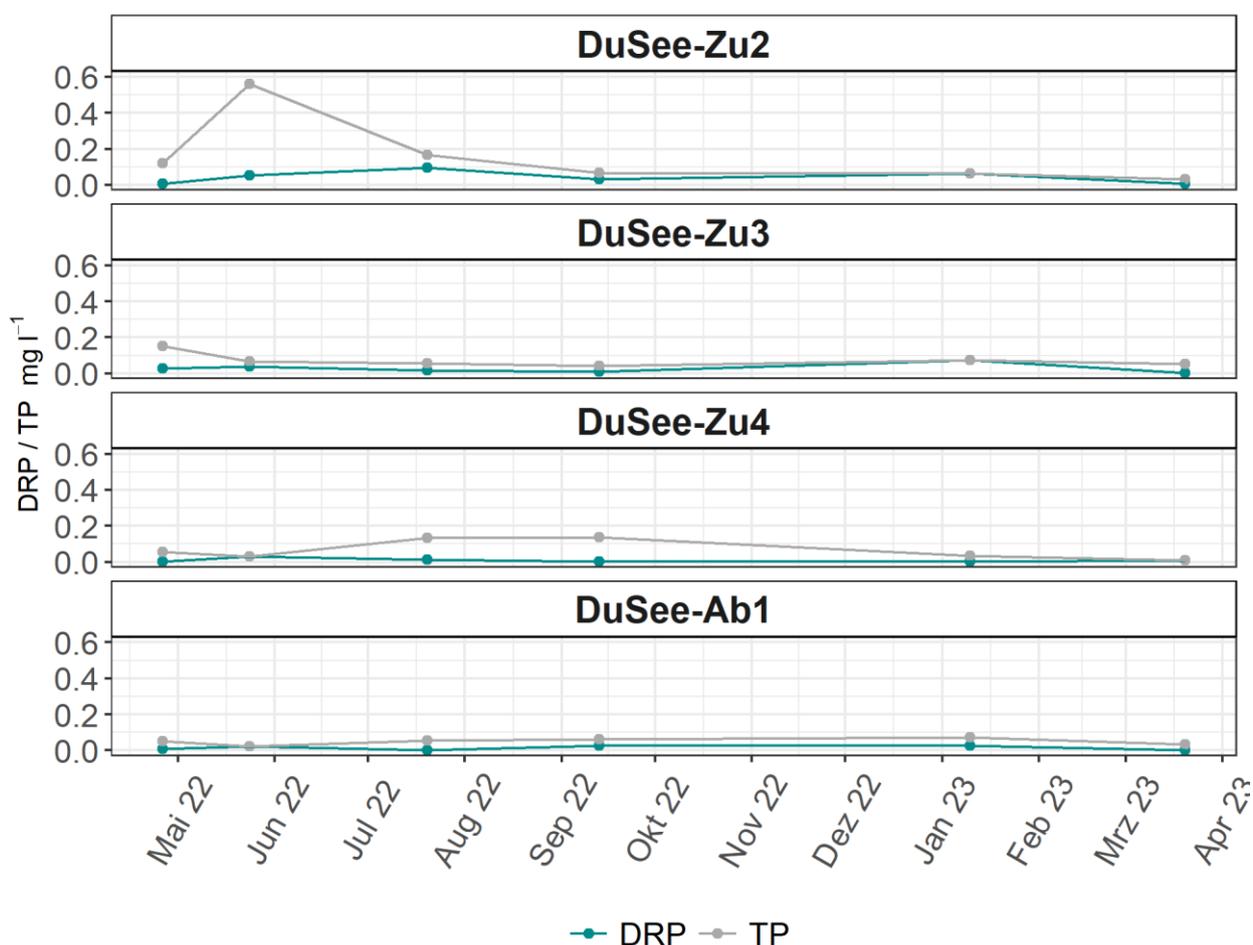


Abbildung 3-8: Jahrgang der DRP- und TP-Konzentrationen in den drei Zuflüssen (Zu2 bis Zu4) und dem Abfluss (Ab1) des Dümmer Sees

## 3.4 Trophie

### 3.4.1 Aktueller Zustand und Vergleich zum Referenzzustand

Der Trophie-Index wird mithilfe der Parameter Chlorophyll-a, Gesamtphosphor (TP) und Sichttiefe ermittelt (LAWA 2014), deren langjähriger Verlauf (1999–2016) im Vergleich mit dem aktuellen Messjahr 2022/2023 in Abbildung 3-9 dargestellt ist. Maßgeblich ist der jeweilige Saisonmittelwert der Oberflächenmischprobe (Epilimnions) für die Monate März bis Oktober.

Der Vergleich zeigt, dass die Chlorophyll-a- und die TP-Konzentration sowohl in den letzten 23 Jahren als auch im Messjahr 2022/2023 über den für die Referenztrophie mesotroph 1 erforderlichen Werten liegen. Der Referenzzustand für die Sichttiefe wurde seit 2002 nicht mehr erreicht. Auffallend ist dabei, dass die Sichttiefe im Saisonmittelwert trotz hoher TP- und Chlorophyll-a-Konzentrationen in den Jahren 1999 und 2001 außergewöhnlich hohe Werte (> 3 m) erreicht.

Für den Dümmer See wurde mit den aktuellen Daten des Messjahres 2022/2023 der Trophie-Index 2,6 ermittelt. Dieser aktuelle Trophie-Index stimmt mit den zum Vergleich herangezogenen langjährigen Daten gut überein (Trophie-Index zwischen 2,4 und 3,0; Abbildung 3-10). Im Vergleich zur letzten Erfassung (2016) ist eine Erhöhung der TP-Konzentration und eine leichte Erhöhung des Trophie-Indexes festzustellen.

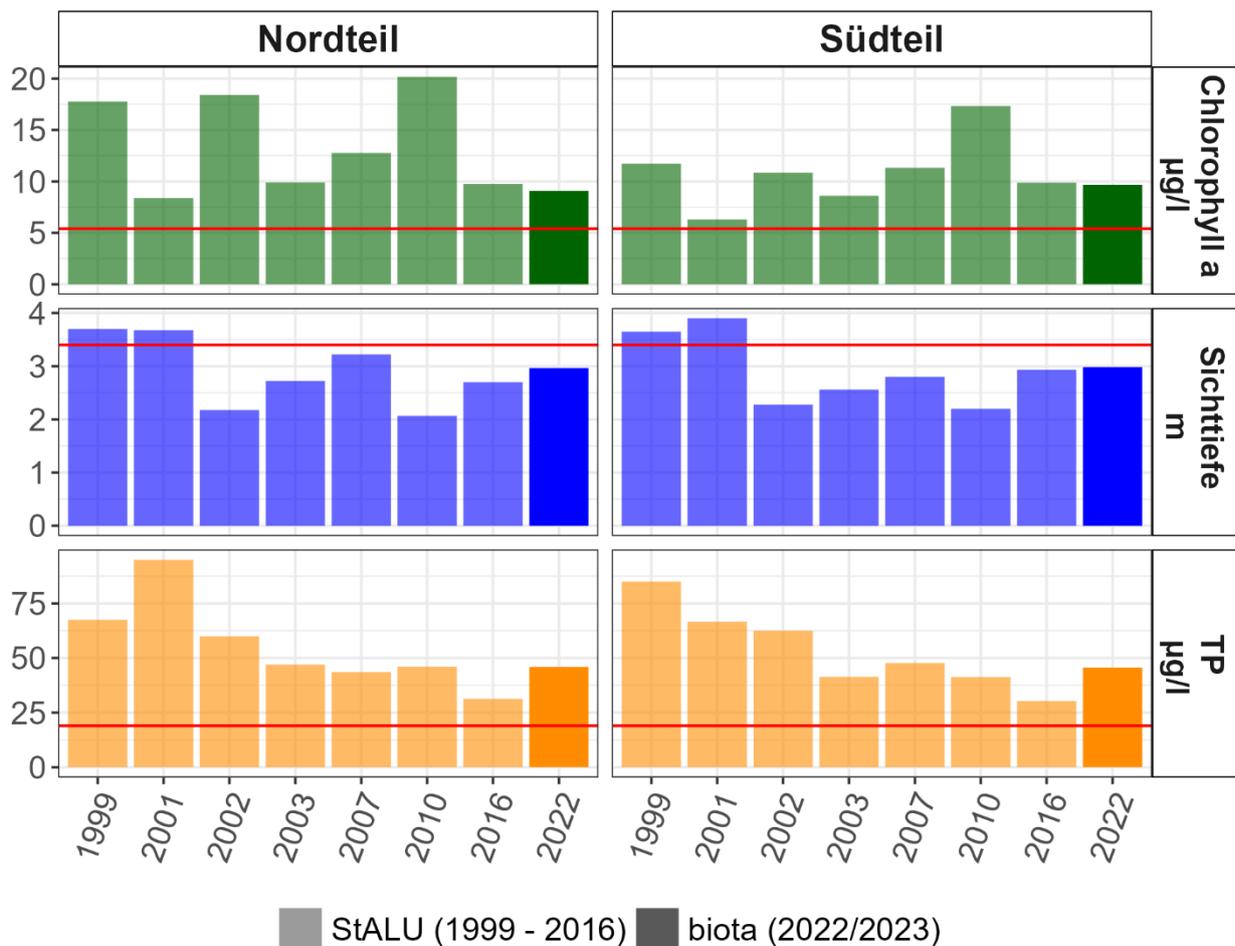
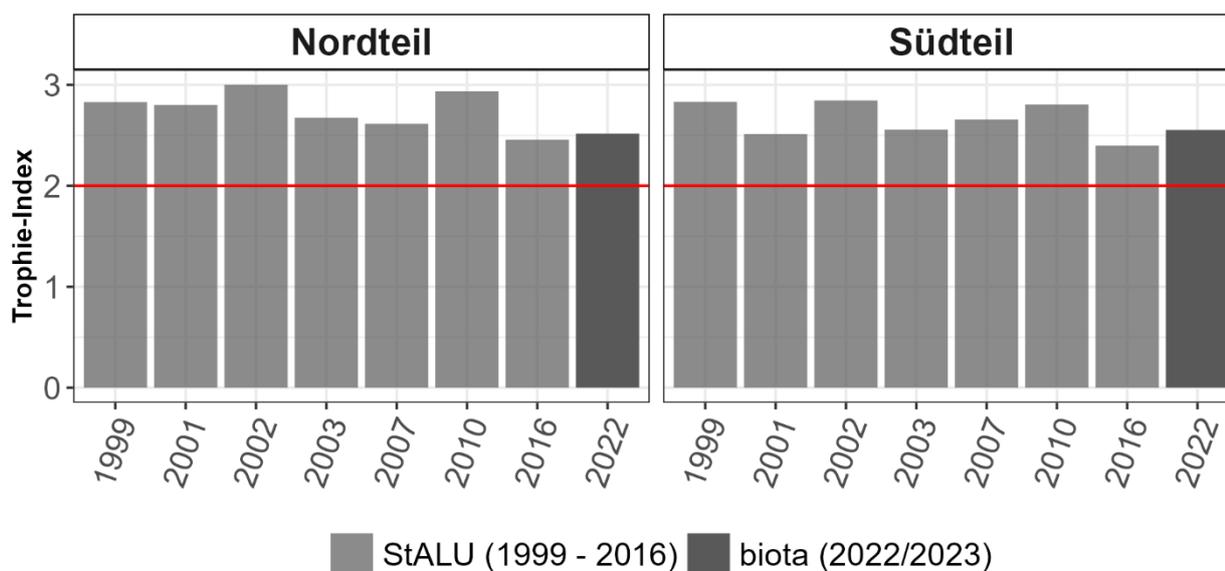


Abbildung 3-9: Saisonmittelwerte der Chlorophyll-a-Konzentration, der Sichttiefe und der TP-Konzentration an beiden See-Messstellen des Dümmer Sees, basierend auf langjährigen Daten des StALU WM (1999 – 2016) und eigenen Messdaten (2022/2023). Die horizontalen roten Linien zeigen den zu erreichenden Referenzzustand für die Zieltrophie mesotroph 1 (Trophie-Index = 2,0) gemäß LAWA 2014 an

Der trophische Referenzzustand/das Bewirtschaftungsziel (gutes ökologisches Potenzial) für den Dümmer See wird laut Oberflächengewässerverordnung (OGewV) als „mesotroph 1“ (m1) angegeben, was einem Trophie-Index von maximal 2,0 entspricht (Tabelle 3-3). Gemäß OGewV ist für den trophischen Status eines Sees vor allem die TP-Konzentration entscheidend, sodass zur Erreichung der Referenztrophie eine TP-Zielkonzentration (als Saisonmittelwert) von maximal 0,025 mg l<sup>-1</sup> vorliegen muss. Der Vergleich des langjährigen IST-Zustands und des Messjahres mit dem Referenzzustand zeigt deutlich, dass alle drei Trophieparameter den Referenzzustand nicht erreichen.

**Tabelle 3-3: Vergleich der Trophieparameter des langjährigen IST-Zustands (1999-2016, StALU WM) und des Messjahres 2022/2023 (als Saisonmittelwerte) mit dem Referenzzustand des Dümmer Sees nach OGewV und LAWA (2014)**

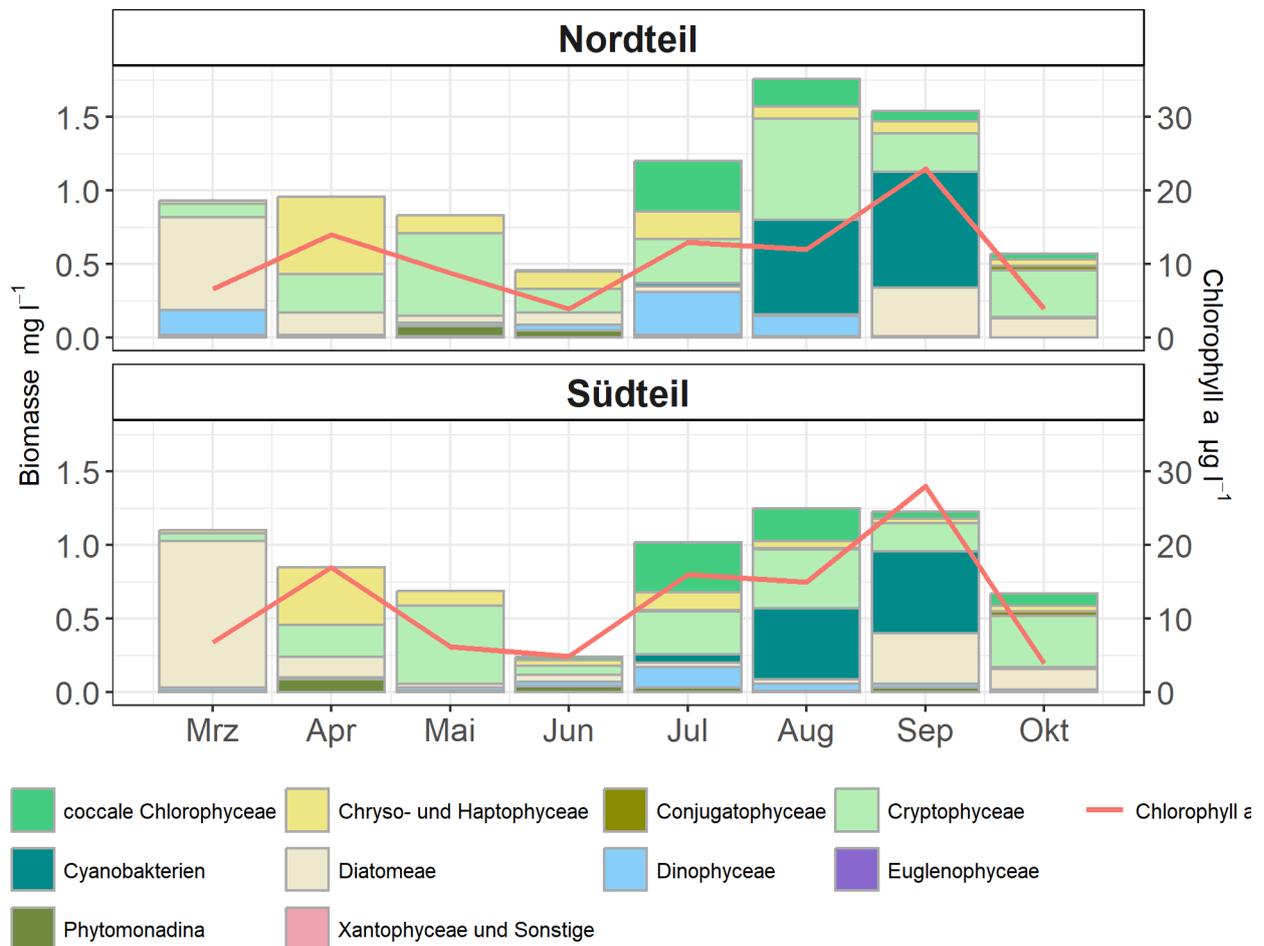
	Einheit	IST-Zustand (1999-2016)	Messjahr 2022/2023	Referenzzustand
Mittlere Chlorophyll-a-Konzentration	µg l <sup>-1</sup>	13,0	11,4	5,4
Sichttiefe	m	2,8	2,5	3,5
Mittlere TP-Konzentration	mg l <sup>-1</sup>	0,063	0,043	0,025
Trophie-Index		2,7	2,6	2,0



**Abbildung 3-10: Jahresmittelwerte des Trophie-Index an beiden See-Messstellen des Dümmer Sees inklusive der Referenztrophie von 2,0 (rote Linie), basierend auf langjährigen Daten des StALU WM (1999 – 2016) und eigenen Messdaten (2022/2023)**

### 3.4.2 Phytoplankton

Anhand der Chlorophyll-a-Konzentrationen konnten zwei Phytoplanktonblüten, eine Frühlings- und eine Herbstblüte identifiziert werden, wobei die Herbstblüte höhere Biomasse-Konzentrationen aufwies (Abbildung 3-11). Beim Vergleich beider Stationen fällt auf, dass der Südteil des Dümmer Sees während der Herbstblüte zwar höhere Chlorophyll-a-Konzentrationen aufwies, die Biomasse-Konzentration jedoch geringer war. An beiden Stationen trat eine ähnliche Artverteilung der Phytoplanktongruppen auf, d.h. die seeinterne räumliche Verbreitung erscheint sehr homogen. Während der Herbstblüte konnte eine deutliche Dominanz der Blaualgen/Cyanobakterien beobachtet werden. Da zu diesem Zeitpunkt Stickstoff im Seewasser limitiert ist (vgl. Abbildung 3-6), haben die stickstofffixierenden Blaualgen einen Vorteil gegenüber anderen Artgruppen.



**Abbildung 3-11: Jahresverlauf (März bis Oktober) der Phytoplankton-Biomasse, -Gemeinschaft und Chlorophyll-a-Konzentration an den See-Messstellen des Dümmer Sees**

### 3.4.3 Zooplankton

Beide See-Messstellen des Dümmer Sees wiesen die gleiche Artenzusammensetzung des Zooplanktons mit einer jahreszeitunabhängigen Dominanz der Cladoceren auf, jedoch lagen stark unterschiedliche Biomasse-Konzentrationen vor (Abbildung 3-12). Im Frühjahr konnte eine Dominanz juveniler Stadien an beiden Stationen beobachtet werden. Der Nordteil war durch grundsätzlich niedrigere Biomasse-Konzentrationen, insbesondere des Metazooplanktons, gekennzeichnet, was vermutlich auf zeitweise oligotrophe Bedingungen hindeutet.

Im Südteil lagen teilweise bis zu 4-fach höhere Biomasse-Konzentrationen als im Nordteil vor, wobei dieser Gradient am stärksten im Mai ausgeprägt war. Der Südteil wies eine starke sommerliche Zunahme an Rotatorien auf, sodass ein hohes Grazingpotenzial angenommen werden kann. Ebenso erscheint ein sehr hoher Fisch-Prädations-Index (FPI) wahrscheinlich, da zumeist kleine Cladoceren im Wasser vorlagen.

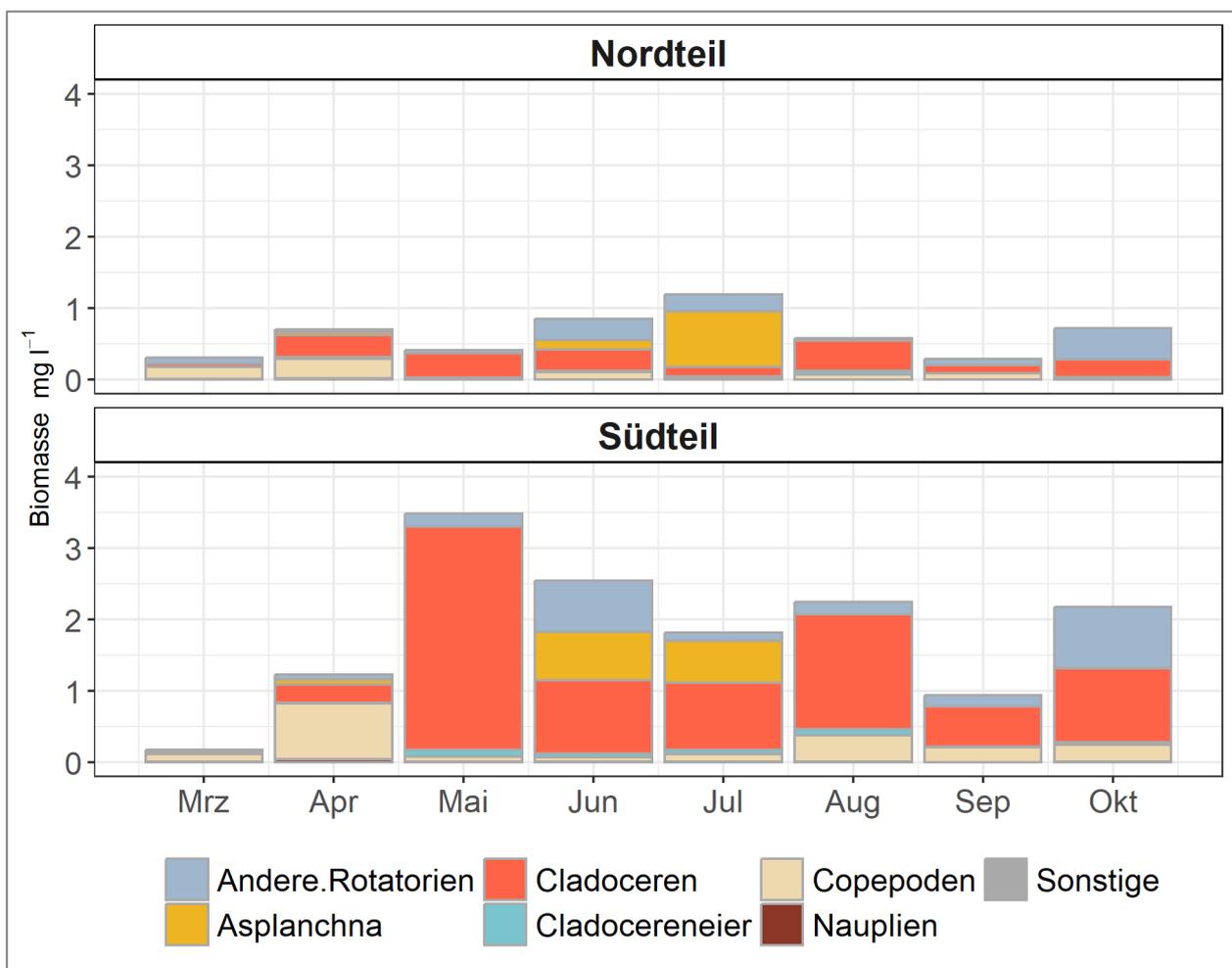


Abbildung 3-12: Jahresverlauf (März bis Oktober) der Zooplankton-Biomasse und -Gemeinschaft an den See-Messstellen des Dümmer Sees

### 3.5 Sedimente

In den gewonnenen Sedimentproben des Dümmer Sees wurden der Organikanteil (durch Glühverlust) und der Wassergehalt der Sedimente im Tiefenprofil bestimmt (Abbildung 3-13). Hierbei zeigten sich die Sedimente sowohl zwischen den Stationen als auch über das Jahr relativ homogen. Auf Grund Tiefe an den Messstellen kommt hier nicht zu einer Beeinflussung des Sedimentes durch Wind oder Wellenschlag. Durch die regelmäßig auftretenden Sauerstofffreiheit im Tiefenwasser spielt auch die Durchmischung von im Sediment lebenden Tieren (Bioturbation) keine Rolle).

Der Wassergehalt der Sedimente im Nord- und Südteil lag im Bereich von 90,3 bis 97,1 % mit leicht sinkenden Wassergehalten bei zunehmender Tiefe.

Der Organikanteil beider Stationen schwankte zwischen 27,8 und 53,2 % und wies damit deutlich auf ein organogenes Sediment hin. Bezüglich der Tiefenverteilung zeigte sich eine leichte Abnahme des Glühverlustes mit zunehmender Tiefe. In einem Gutachten aus dem Jahr 2002 (HGN 2002) wurde in Mischproben aus 0 – 1 m Sedimenttiefe ein maximaler Glühverlust von 18 % ermittelt. An der Kontaktfläche zwischen Wasser und Sediment wurde aber flächendeckend eine weichplastische Schlammschicht mit einer Mächtigkeit von 0,2 m bis 0,3 m ermittelt.

Die DRP-Konzentrationen des Porenwassers sowie die daraus abgeleiteten DRP-Flüsse werden in Kap. 4.3.1.5 dargestellt und erläutert.

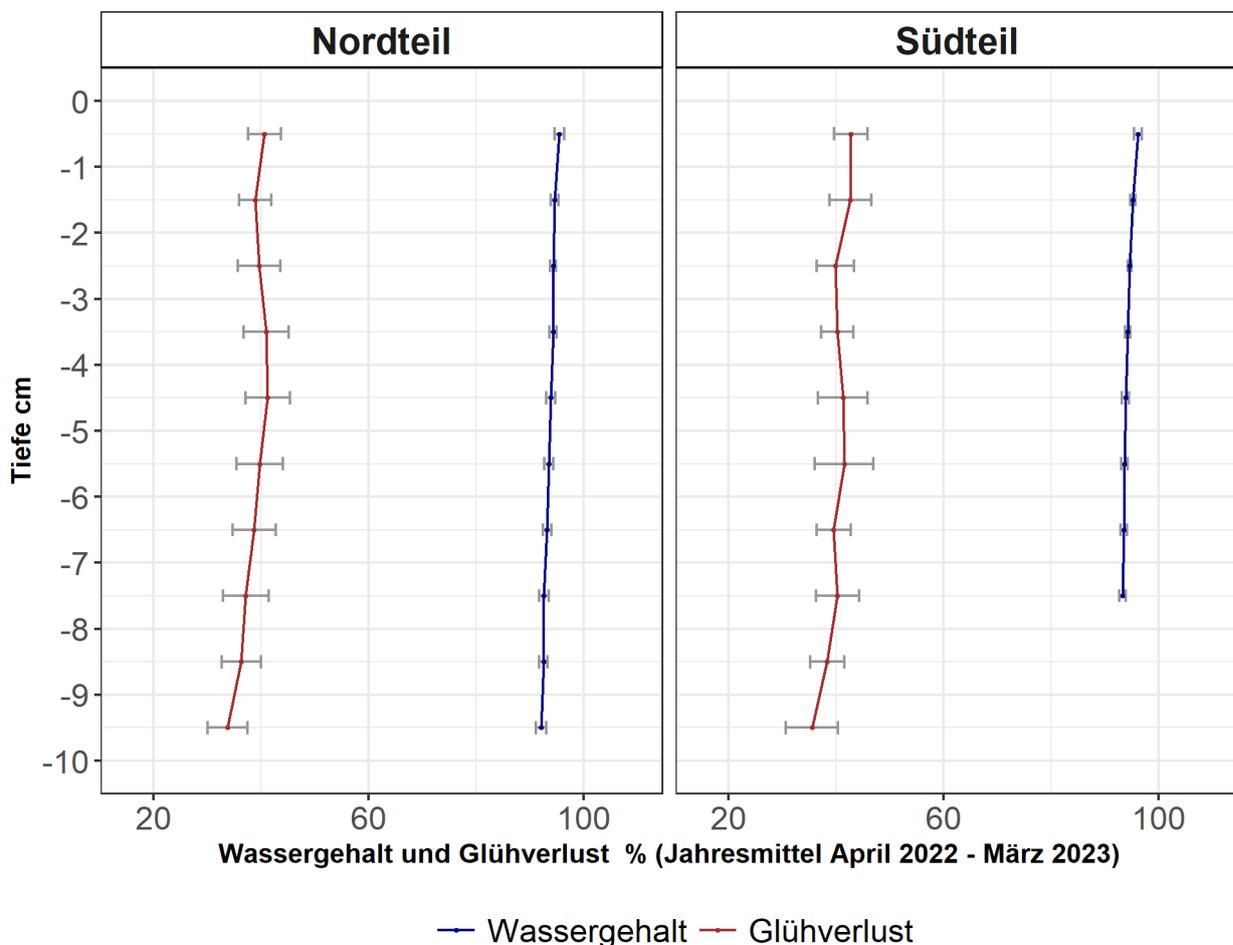


Abbildung 3-13: Tiefenprofile (0-10 cm) der Sedimentparameter Wassergehalt und Glühverlust (= Organikanteil) im Jahresmittel an den beiden See-Messstellen des Dümmer Sees

### 3.6 Makrozoobenthos

Bei der Beprobung des Makrozoobenthos (3 Termine, 3 Messstellen) konnten insgesamt knapp 11.000 Individuen erfasst und bestimmt werden, welche 64 Taxa angehören (Tabelle 3-4). Die hohe Individuenzahl wird maßgeblich durch große Kolonien der Dreikantmuscheln (Wandermuschel) *Dreissena polymorpha* und *Dreissena rostriformis* bedingt, die für den vorliegenden Projektraum als invasive Neozoen einzuschätzen sind.

Insgesamt dominieren damit eurytope Arten die Biozönose. Neben diesen euryöken Faunenelementen konnten jedoch auch standgewässertypische Arten, wenn auch in deutlich geringeren Abundanzen nachgewiesen werden. In diesem Zusammenhang sind u.a. die Gemeine Kahnschnecke *Theodoxus fluviatilis* sowie die Köcherfliegen *Anabolia furcata*, *Molanna angustata* und *Limnephilus politus* zu nennen, die als standorttypisch einzuschätzen sind. Aber auch viele der übrigen Artnachweise, wie beispielsweise vom Wasserkäfer *Oulimnius*, dem Spitzenfleck *Libellula fulva*, dem Schwarzbindigen Schlundegel *Erpobdella nigricollis* und der Trichoptere *Notidobia ciliaris*, sprechen für das Vorhandensein einer vielfältigeren Makrozoobenthosbiozönose mit einem deutlichen Wiederbesiedlungspotential.

Die im Dümmer See vorgefundene Biozönose kann daher nach ihrer Zusammensetzung und ihrer Individuenverteilung fachgutachterlich mit einer mäßigen Güteklasse bewertet werden.

Von den nachgewiesenen Arten gehört keine einem Schutzstatus nach Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH 1997) an. Die heimischen Libellen *Libellula fulva* und *Platycnemis pennipes*, sowie übergeordnete Libellentaxa, gelten nach Bundesartenschutzverordnung als besonders geschützt. Weitere 6 Arten gehören einem Gefährdungsstatus in den Roten Listen Deutschlands (Binot et al. 1998, Grünwald 2016, Jungbluth & Knorre 2011, Robert 2016, Spitzenberg et al. 2016) und/oder Mecklenburg-Vorpommerns (Berlin & Thiele 2016, Hendrich et al. 2011, Jueg et al. 2002, Zessin & Königstedt 1992, Zettler 1999) an. Dies sind die Glatte Erbsenmuschel *Pisidium hibernicum*, die Kleine Schnauzenschnecke *Bithynia leachii*, die Quellblasenschnecke *Physa fontinalis*, die Gemeine Kahnschnecke *Theodoxus fluviatilis*, der Spitzenfleck *Libellula fulva* sowie die Köcherfliege *Limnephilus politus*. Abgesehen von *Theodoxus fluviatilis*, die an allen Probestellen häufig vorkam, handelt es sich bei den anderen gefährdeten Arten um Einzelfunde, die jeweils nur an einer Messstelle nachgewiesen werden konnten.

**Tabelle 3-4: Nachgewiesene Taxa des Makrozoobenthos inklusive Schutz- und Gefährdungsstatus, Legende: FFH = Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, BArtSchV = Bundesartenschutzverordnung, RL D = Rote Liste Deutschland, RL MV = Rote Listen Mecklenburg-Vorpommern. 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, 4 = selten, potenziell gefährdet, V = Art der Vorwarnliste, D = Daten defizitär, G = Gefährdung unbekanntes Ausmaßes, n.b. = nicht bewertet, b.g. = besonders geschützt**

Wissenschaftl. Artname	Deutscher Artname	Messstelle			Schutz		Gefährdung	
		1	2	3	FFH	BArtSCHV	RL D	RL MV
<b>Bivalvia</b>	<b>Muscheln</b>							
<i>Dreissena polymorpha</i>	Wandermuschel	x	x	x	-	-	-	-
<i>Dreissena rostriformis</i>	Quagga-Dreikantmuschel	x	x	x	-	-	-	-
<i>Pisidium henslowanum</i>	Kleine Faltenerbsenmuschel	-	x	-	-	-	-	-
<i>Pisidium hibernicum</i>	Glatte Erbsenmuschel	-	x	-	-	-	2	2
<i>Pisidium sp.</i>	Erbsenmuschel	x	x	x	-	-	-	-
<i>Sphaerium comeum</i>	Gemeine Kugelmuschel	-	x	-	-	-	-	-
<b>Bryozoa</b>	<b>Moostierchen</b>							
<i>Cristatella mucedo</i>	-	x	-	-	-	-	-	-
<b>Coleoptera</b>	<b>Wasserkäfer</b>							
<i>Oulimnius sp.</i>	-	-	x	-	-	-	-	-
<b>Crustacea</b>	<b>Krebstiere</b>							
<i>Asellus aquaticus</i>	Gemeine Wasserassel	x	x	x	-	-	-	-
<i>Gammaroidea Gen. sp.</i>	-	x	x	x	-	-	-	-

Wissenschaftl. Artname	Deutscher Artname	Messstelle			Schutz		Gefährdung	
		1	2	3	FFH	BArtSCHV	RL D	RL MV
<i>Gammarus roeselii</i>	"Gekielter Flohkrebs"	x	x	-	-	-	-	-
<i>Proasellus coxalis</i>	"Mediterrane Wasserassel"	-	x	x	-	-	-	-
<b>Diptera</b>	<b>Zweiflügler</b>							
<i>Ceratopogoninae/Palpomyiinae Gen. sp.</i>	-	-	-	x	-	-	-	-
<i>Chironomini Gen. sp.</i>	-	x	x	x	-	-	-	-
<i>Chironomus plumosus-Gr.</i>	-	x	-	-	-	-	-	-
<i>Chironomus riparius-Agg.</i>	-	x	-	-	-	-	-	-
<i>Orthoclaadiinae Gen. sp.</i>	-	-	-	x	-	-	-	-
<i>Tanypodinae Gen. sp.</i>	-	x	x	x	-	-	-	-
<i>Tanytarsini Gen. sp.</i>	-	x	x	x	-	-	-	-
<b>Ephemeroptera</b>	<b>Eintagsfliegen</b>							
<i>Caenis horaria</i>	-	x	x	x	-	-	-	-
<i>Caenis luctuosa</i>	-	x	x	x	-	-	-	-
<i>Centroptilum luteolum</i>	-	-	x	-	-	-	-	-
<b>Gastropoda</b>	<b>Süßwasserschnecken</b>							
<i>Bithynia leachii</i>	Kleine Schnauzenschnecke	-	-	x	-	-	2	-
<i>Bithynia tentaculata</i>	Schnauzenschnecke	x	x	x	-	-	-	-
<i>Physa fontinalis</i>	Quell-Blasenschnecke	x	-	-	-	-	3	-
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Zwergdeckelschnecke	x	x	x	-	-	-	-
<i>Radix balthica</i>	Gemeine Schlammschnecke	-	x	-	-	-	-	-
<i>Radix sp.</i>	-	-	x	-	-	-	-	-
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	Gemeine Kahnschnecke	x	x	x	-	-	2	3
<b>Hirudinea</b>	<b>Egel</b>							
<i>Alboglossiphonia heteroclita</i>	Kleiner Schneckenegel	-	x	-	-	-	-	-
<i>Erpobdella nigricollis</i>	Schwarzbindiger Schlundegel	-	-	x	-	-	-	-
<i>Erpobdella octoculata</i>	Gemeiner Schlundegel	x	x	x	-	-	-	-
<i>Erpobdellidae Gen. sp.</i>	-	-	x	-	-	-	-	-
<i>Glossiphonia complanata</i>	Großer Schneckenegel	-	x	-	-	-	-	-
<i>Helobdella stagnalis</i>	Zweiäugiger Plattegel	x	x	x	-	-	-	-
<i>Hemiclepsis marginata</i>	Vieräugiger Plattegel	-	-	x	-	-	-	-
<i>Piscicolidae Gen. sp.</i>	-	x	-	x	-	-	-	-
<b>Odonata</b>	<b>Libellen</b>							
<i>Coenagrionidae Gen. sp.</i>	-	x	-	x	-	b.g.	-	-
<i>Libellula fulva</i>	Spitzenfleck	x	-	-	-	b.g.	-	3
<i>Libellulidae Gen. sp.</i>	-	x	-	-	-	b.g.	-	-
<i>Platycnemis pennipes</i>	Federlibelle	x	-	-	-	b.g.	-	-
<b>Oligochaeta</b>	<b>Wenigborster</b>							
<i>Oligochaeta Gen. sp.</i>	-	-	x	x	-	-	-	-
<b>Porifera</b>	<b>Süßwasserschwämme</b>							
<i>Spongillidae Gen. sp.</i>	-	x	-	-	-	-	-	-
<b>Trichoptera</b>	<b>Köcherfliegen</b>							
<i>Anabolia furcata</i>	-	x	x	x	-	-	-	-
<i>Athripsodes aterrimus</i>	-	-	x	x	-	-	-	-
<i>Athripsodes cinereus</i>	-	-	x	x	-	-	-	-
<i>Athripsodes sp.</i>	-	-	x	-	-	-	-	-
<i>Cyrnus flavidus</i>	-	-	x	x	-	-	-	-
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	-	-	x	x	-	-	-	-
<i>Ecnomus tenellus</i>	-	x	-	x	-	-	-	-
<i>Goera pilosa</i>	-	-	x	-	-	-	-	-
<i>Halesus radiatus</i>	-	-	x	-	-	-	-	-

Wissenschaftl. Artname	Deutscher Artname	Messstelle			Schutz		Gefährdung	
		1	2	3	FFH	BArtSCHV	RL D	RL MV
<i>Limnephilus lunatus</i>	-	-	x	-	-	-	-	-
<i>Limnephilus politus</i>	-	-	x	-	-	-	G	3
<i>Limnephilus sp.</i>	-	x	x	-	-	-	-	-
<i>Molanna angustata</i>	-	x	x	-	-	-	-	-
<i>Mystacides azurea</i>	-	x	-	-	-	-	-	-
<i>Mystacides longicornis</i>	-	x	-	-	-	-	-	-
<i>Mystacides longicornis/nigra</i>	-	x	x	x	-	-	-	-
<i>Mystacides nigra</i>	-	-	x	-	-	-	-	-
<i>Notidobia ciliaris</i>	-	-	x	-	-	-	-	-
<i>Polycentropodidae Gen. sp.</i>	-	x	-	-	-	-	-	-
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	-	-	-	x	-	-	-	-
<i>Tinodes waeneri waeneri</i>	-	-	-	x	-	-	-	-
<b>Taxasumme</b>		35	43	33				

Eine weitere Darstellungsmöglichkeit der Ergebnisse sind ökologische Profile. Mit diesem Tool können die autökologischen Ansprüche der Arten hinsichtlich bestimmter Habitatstrukturen aufgezeigt werden. Damit steht ein zusätzliches Methodentool zur Verfügung, welches u.a. bei einer Ableitung der expertenbasierten Gewässergüteklassen nutzbar ist sowie zur Vereinfachung der konkreten Maßnahmenplanung beitragen kann.

Bei den analysierten Messstellen sind einige Abweichungen im Profilvergleich „Referenz zu IST-Zustand“ erkennbar, wobei diese in den meisten Fällen nur mäßig ausgebildet sind. Die Biozönose des Dümmer Sees wird dabei von Arten dominiert, die leicht bewegte Gewässer oder Standgewässer mit einem hohen Anteil an Hartsubstraten bevorzugen (Abbildung 3-14). Ausreichende Artenanteile sind bei den Gilden der kies- und steinbesiedelnden (St), sandbesiedelnden (Sa) und totholzbesiedelnden (Th) Arten zu finden. Abweichungen sind u.a. in den Anteilen phytaler Arten (Pf) erkennbar.

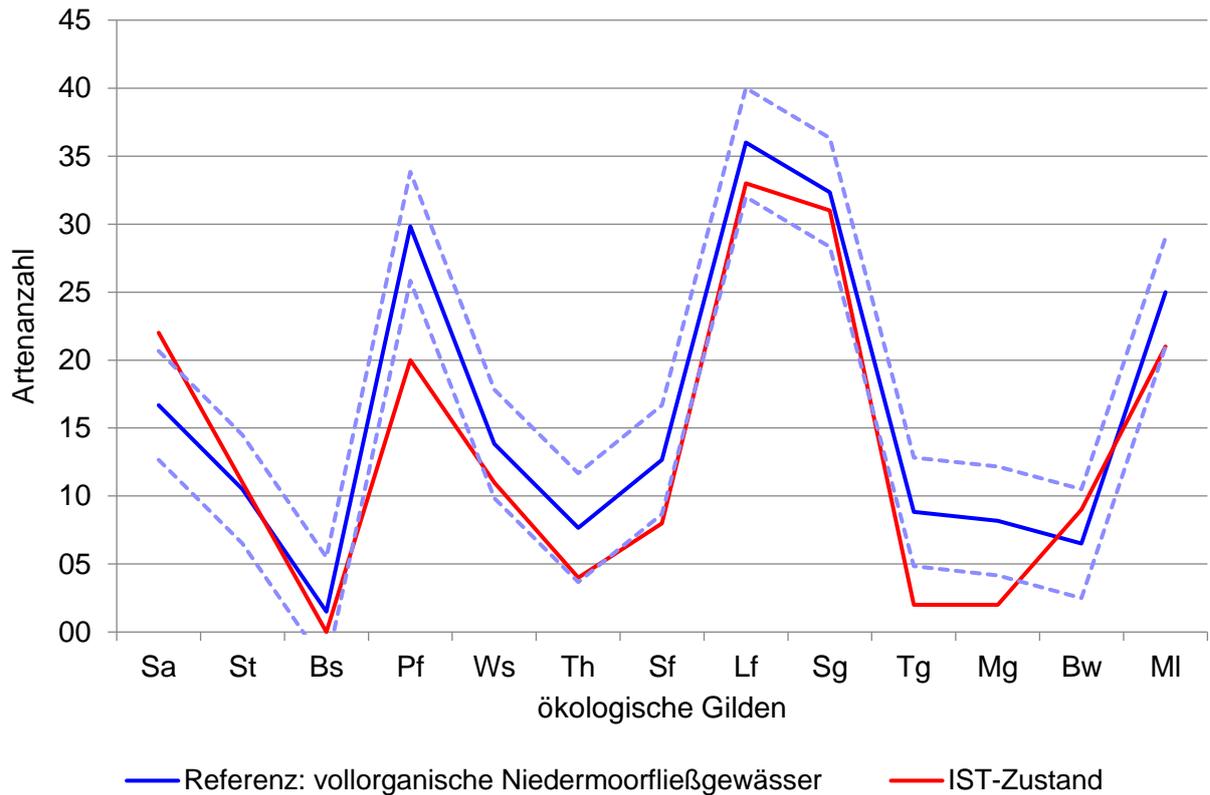


Abbildung 3-14: Ökologische Profile der drei Messstellen am Dümmer See, Legende: Sa = Sandbesiedelnde Arten, St = Kies- und Steinebesiedelnde Arten, Bs = bindige Substratbesiedelnde Arten, Pf = Arten auf Pflanzen im und am Wasser, Ws = Weichsubstratbesiedelnde Arten, Th = Totholzbesiedelnde Arten, Sf = Arten schnell fließender Gewässer, Lf = Arten langsam fließender Gewässer, Sg = Arten stehender oder nur träge fließender Gewässer, Tg = Arten temporärer Gewässer, Mg = Arten der Moorgewässer, Br = Arten des Brackwassers, MI = merolimnische Arten (Angaben nach BIOTA 2018)

### 3.7 Makrophyten

Die Erfassung der Makrophyten erfolgte nach dem PHYLIB-Verfahren (Version 5.3, SCHAUMBURG et al. 2015) für Seen in den bereits im Vorfeld festgelegten Transekten (Umweltministerium M-V 2022).

In Tabelle 3-5 sind die erfassten Arten mit ihrer Häufigkeit und ihrer jeweiligen Lokalisierung im See aufgelistet. Die Ergebnisse der Überblickskartierung, bei der zusätzlich die Wassertiefe, das vorherrschende Substrat und die Gesamtdeckung der Vegetation neben dem vorherrschenden Arteninventar pro Untersuchungspunkt erfasst wurden, sind im Anhang zu finden (s. Anhang B: B-05).

Unter den emers auftretenden Arten dominiert hauptsächlich *Phragmites australis* (Gemeines Schilf). Flutende Vegetation spielt nur eine untergeordnete Rolle. Vereinzelt kommen *Lemna minor*, die Kleine Wasserlinse, *Nuphar lutea*, die Gelbe Teichrose und *Spirodela polyrrhiza*, die Vielwurzelige Teichlinse, vor.

Die submerse Vegetation war stärker ausgeprägt. Insgesamt wachsen fünf verschiedene Laichkräuter im See, von denen das Durchwachsene Laichkraut (*Potamogeton perfoliatus*) am häufigsten erfasst wurde. Die weiteren häufigen bzw. in hohen Deckungen auftretenden Arten sind das Ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*), das Nixkraut (*Najas marina*), der Spreizende Wasserhahnenfuß (*Ranunculus circinatus*) und das Raue Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*), welches außerdem die maximal festgestellte Besiedlungstiefe des Sees bei einer Tiefe von 3,7 m (siehe Transekt 9) bildete.

Auffällig hoch ist das Aufkommen von Grünalgen (bis HK 5), die an 15 von 20 Standorten der Überblickskartierung festgestellt wurden (s. Anhang B: B-05).

Besonders ist das Vorkommen der Armleuchteralgen-Arten *Chara contraria* und *Chara globularis* hervorzuheben, welche insgesamt an zwei bzw. sieben Stellen erfasst wurden.

**Tabelle 3-5: Anzahl der Vorkommen der erfassten Makrophytenarten im Dümmer See in den Untersuchungstransekten und Anzahl der Artvorkommen, die im Rahmen der Überblickskartierung festgestellt wurden**

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Vorkommen Transekte (n = 10)	Vorkommen Überblickskartierung (n = 20) tr.= treibend
<i>Butomus umbellatus</i>	Schwanenblume	2	-
<i>Carex acutiformis</i>	Sumpf-Segge	1	-
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Raues Hornblatt	7	3
<i>Chara contraria</i>	Gegensätzliche Armleuchteralge	1	1
<i>Chara globularis</i>	Zerbrechliche Armleuchteralge	3	4
<i>Elodea canadensis</i>	Kanadische Wasserpest	2	-
<i>Lemna minor</i>	Kleine Wasserlinse	1	3
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	Strauß-Gilbweiderich	1	-
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Ähriges Tausendblatt	4	5
<i>Najas marina</i>	Nixkraut	6	9
<i>Nuphar lutea</i>	Gelbe Teichrose	-	1
<i>Persicaria amphibia</i>	Wasser-Knöterich	-	1
<i>Phragmites australis</i>	Gemeines Schilf	5	2
<i>Potamogeton crispus</i>	Krauses Laichkraut	1	1
<i>Potamogeton friesii</i>	Stachelspitziges Laichkraut	2	1

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Vorkommen Transekte (n = 10)	Vorkommen Über- blickskartierung (n = 20) tr.= treibend
<i>Potamogeton pectinatus</i>	Kamm-Laichkraut	2	1
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Durchwachsenes Laichkraut	4	4
<i>Potamogeton pusillus</i>	Zwerg-Laichkraut	-	tr.
<i>Ranunculus circinatus</i>	Spreizender Wasserhahnenfuß	4	1
<i>Sparganium emersum</i>	Einfacher Igelkolben	1	-
<i>Spirodela polyrhiza</i>	Vielwurzelige Teichlinse	2	1
<i>Typha angustifolia</i>	Schmalblättriger Rohrkolben	1	-

In Tabelle 3-6 ist das aktuelle Arteninventar des Dümmer Sees den jeweils 2007, 2010 und 2016 gefundenen Arten gegenübergestellt (Umweltministerium M-V 2022). Im Vergleich zu vorigen Untersuchungen in den Jahren 2007, 2010 und 2016 ist die Gesamtartenzahl angestiegen, von 2016 bis 2022 sogar deutlich, von 13 auf 22 Arten. Erstmals wurden *Carex acutiformis* (Ufer-Segge), *Chara contraria* (Gegensätzliche Armleuchteralge), *Lemna minor* (Kleine Wasserlinse), *Lysimachia thyrsoiflora* (Strauß-Gilbweiderich), *Najas marina* (Nixkraut), *Persicaria amphibia* (Wasser-Knöterich), *Potamogeton crispus* (Krauses Laichkraut), *Sparganium emersum* (Einfacher Igelkolben) und *Spirodela polyrhiza* (Vielwurzelige Teichlinse) vorgefunden. Während der Großteil dieser Arten nur punktuell erfasst wurde, lässt sich für *Najas marina* eine starke Ausbreitung in großen Teilen des Sees verzeichnen.

Im Anhang (siehe Anhang B) werden die Ergebnisse der aktuellen Transektkartierung gezeigt. Dort wird sowohl die Lage der Transekte, als auch die vorherrschenden Substrate und das Arteninventar mit den maximalen Besiedlungstiefen der jeweilig vorkommenden Arten pro Transekt dargestellt.

**Tabelle 3-6: Vergleich des Nachweises von Makrophytenarten im Dümmer See zwischen den Untersuchungsjahren 2007 und 2022 sowie die jeweilig in den Jahren festgestellte Gesamtartenzahl (x= Nachweis der Art)**

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	2007	2010	2016	2022
<i>Butomus umbellatus</i>	Schwanenblume	x	x		x
<i>Carex acutiformis</i>	Sumpf-Segge				x
<i>Carex riparia</i>	Ufer-Segge		x		
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Raues Hornblatt	x	x		x
<i>Ceratophyllum submersum</i>	Zartes Hornblatt	x	x	x	
<i>Chara contraria</i>	Gegensätzliche Armleuchteralge				x
<i>Chara delicatula</i>	Feine Armleuchteralge			x	
<i>Chara fragilis</i>	Zerbrechliche Armleuchteralge	x			
<i>Chara globularis</i>	Zerbrechliche Armleuchteralge		x		x
<i>Elodea canadensis</i>	Kanadische Wasserpest	x	x		x
<i>Eupatorium cannabinum</i>	Wasserdost			x	
<i>Lemna minor</i>	Kleine Wasserlinse				x
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	Strauß-Gilbweiderich				x
<i>Lythrum salicaria</i>	Gemeiner Blutweiderich			x	

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	2007	2010	2016	2022
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Ähriges Tausendblatt	x	x	x	x
<i>Najas marina</i>	Nixkraut				x
<i>Nuphar lutea</i>	Gelbe Teichrose	x	x	x	x
<i>Nymphaea alba</i>	Weißer Seerose	x	x		
<i>Persicaria amphibia</i>	Wasser-Knöterich				x
<i>Phragmites australis</i>	Gemeines Schilf	x	x	x	x
<i>Potamogeton crispus</i>	Krauses Laichkraut				x
<i>Potamogeton friesii</i>	Stachelspitziges Laichkraut	x	x		x
<i>Potamogeton lucens</i>	Spiegelndes Laichkraut	x	x		
<i>Potamogeton pectinatus</i>	Kamm-Laichkraut	x	x		x
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Durchwachsenes Laichkraut	x	x	x	x
<i>Potamogeton pusillus</i>	Zwerg-Laichkraut				x
<i>Ranunculus circinatus</i>	Spreizender Wasserhahnenfuß	x	x	x	x
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Gemeine Teichsimse		x	x	
<i>Solanum dulcamara</i>	Bittersüßer Nachtschatten			x	
<i>Sparganium emersum</i>	Einfacher Igelkolben				x
<i>Sparganium erectum</i>	Ästiger Igelkolben	x	x	x	
<i>Spirodela polyrhiza</i>	Vielwurzelige Teichlinse				x
<i>Typha angustifolia</i>	Schmalblättriger Rohrkolben	x	x	x	x
<b>Gesamt</b>	<b>Artenzahl</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>22</b>

## 4 Wasser- und Phosphorhaushaltsmodellierung des IST-Zustands (AP10\_24)

### 4.1 Methodik

#### 4.1.1 Wasserhaushalt

Die Modellierung des Wasserhaushaltes für den Dümmer See für den IST-Zustand erfolgte analog zur MBS und Zukunftsstudie Obere Sude mittels des BAGLUVA-Verfahrens (BFG 2003) als langjähriger Mittelwert für den Zeitraum 1991-2020 unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Parametern. Eine detaillierte Beschreibung der Methode erfolgt im Endbericht der MBS und Zukunftsstudie Obere Sude (BIOTA 2024).

Da keine langjährigen Durchflussdaten zum Abfluss des Dümmer Sees vorliegen, wurde diese Komponente als Summe aus dem oberirdischen Zufluss und der Dalton-Bilanz der Seefläche (Niederschlag vs. Verdunstung) berechnet. Bei einem berechneten negativen Durchfluss wurde der Abflusswert auf  $0 \text{ l s}^{-1}$  gesetzt.

Die für den Wasserhaushalt des Dümmer See relevanten Größen werden anhand eines vereinfachten Schemas dargestellt (Abbildung 4-1).

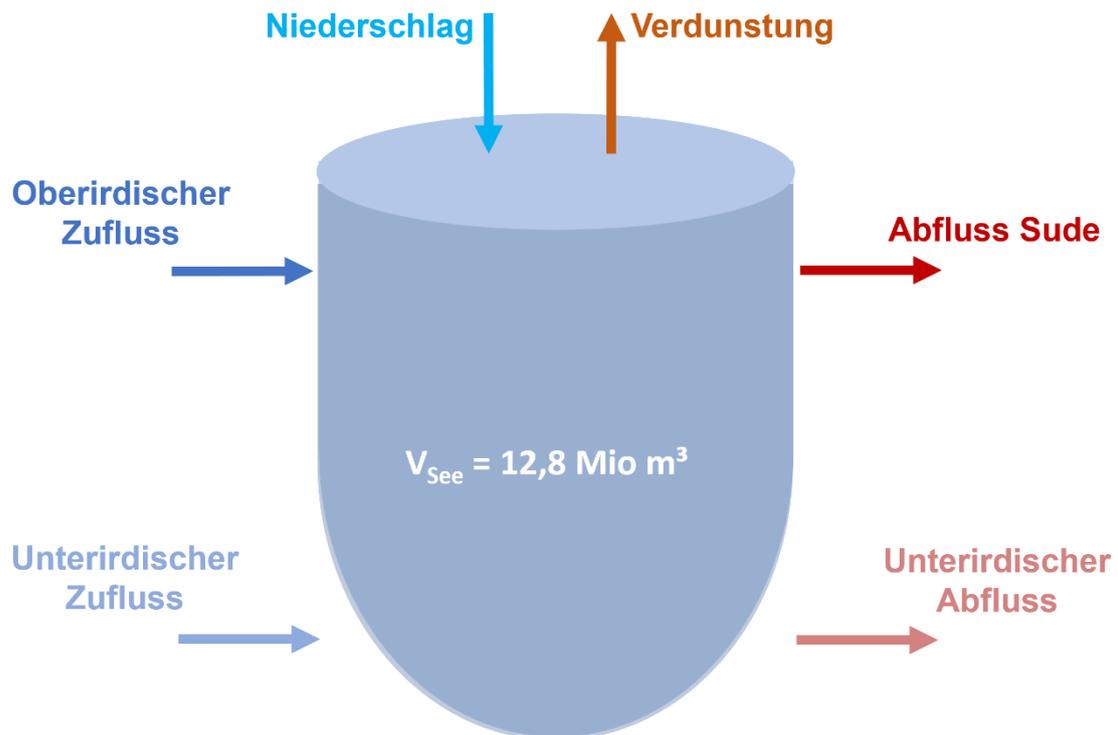


Abbildung 4-1: Schematische Darstellung der Ein- und Austragspfade des Wassers in und aus dem Dümmer See

Im Untersuchungsjahr 2022/2023 wurden die Durchflüsse an den Zuflüssen und am Abfluss des Sees erfasst. Hierbei wurden die gemessenen Durchflussdaten für Frühling, Herbst und Winter verwendet. Die Daten für den Sommer wurden nicht berücksichtigt, da nur eine Messung im Juli stattfand, die während eines Starkregeneignisses durchgeführt wurde und somit zu einem nicht repräsentativen Messwert führte. Der unterirdische Zufluss im Messjahr wurde mithilfe des gemessenen oberirdischen Zuflusses und des Verhältnisses von ober- zu unterirdischem Zufluss im langjährigen Mittel berechnet. Die Ermittlung des

unterirdischen Abflusses im Messjahr erfolgte als Bilanzgröße durch Subtraktion des oberirdischen Abflusses in die Sude vom Gesamt-Zufluss. Für die übrigen Bilanzgrößen wurden auch für das Untersuchungsjahr die langjährigen Mittelwerte übernommen.

Zur Ermittlung des Seevolumens, das zur Berechnung der Phosphorbilanz benötigt wird, wurden Wasserstands-Volumen-Beziehungen verwendet (Abbildung 4-2). Dazu wurden die Tiefenschichten unterhalb der mittleren Wasserspiegelhöhe des Dümmer Sees (45,6 m ü. NHN im DHHN 2016) unter Einbeziehung des DGM1 in vertikale 1 m-Intervalle eingeteilt, um die Flächeninhalte und Volumina pro Tiefenschicht zu ermitteln und anschließend zu kumulieren.

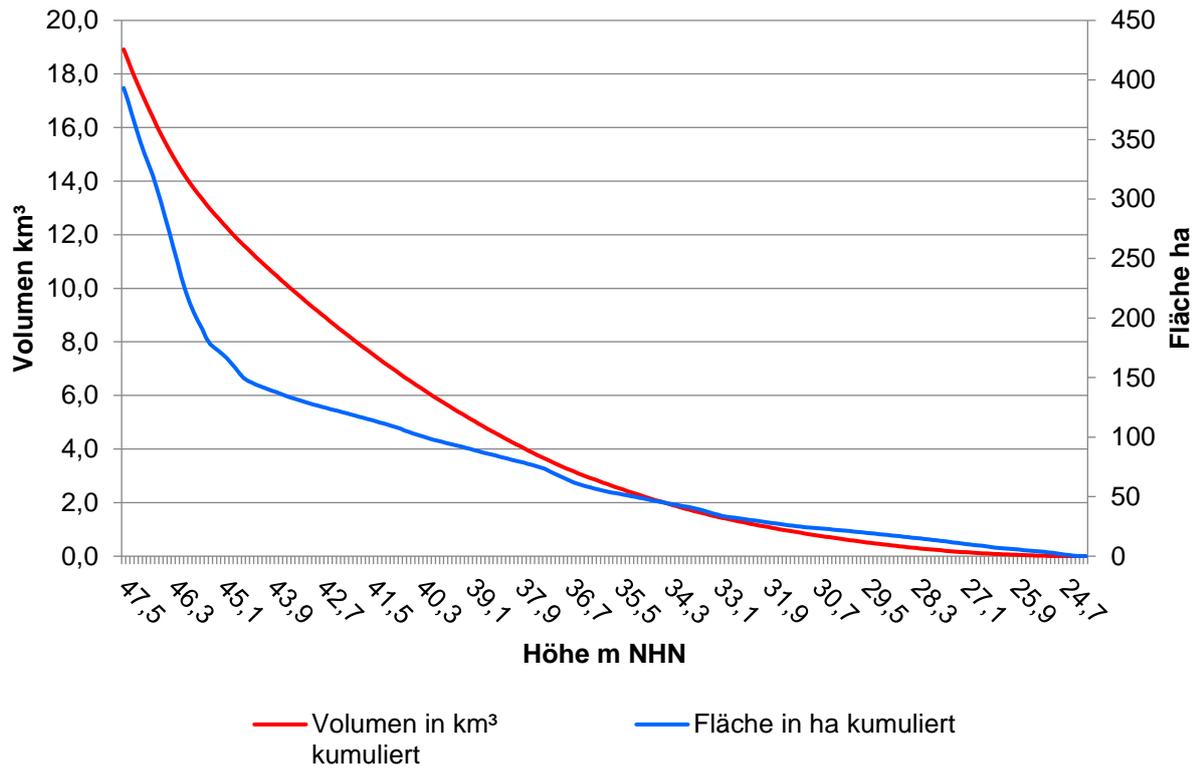
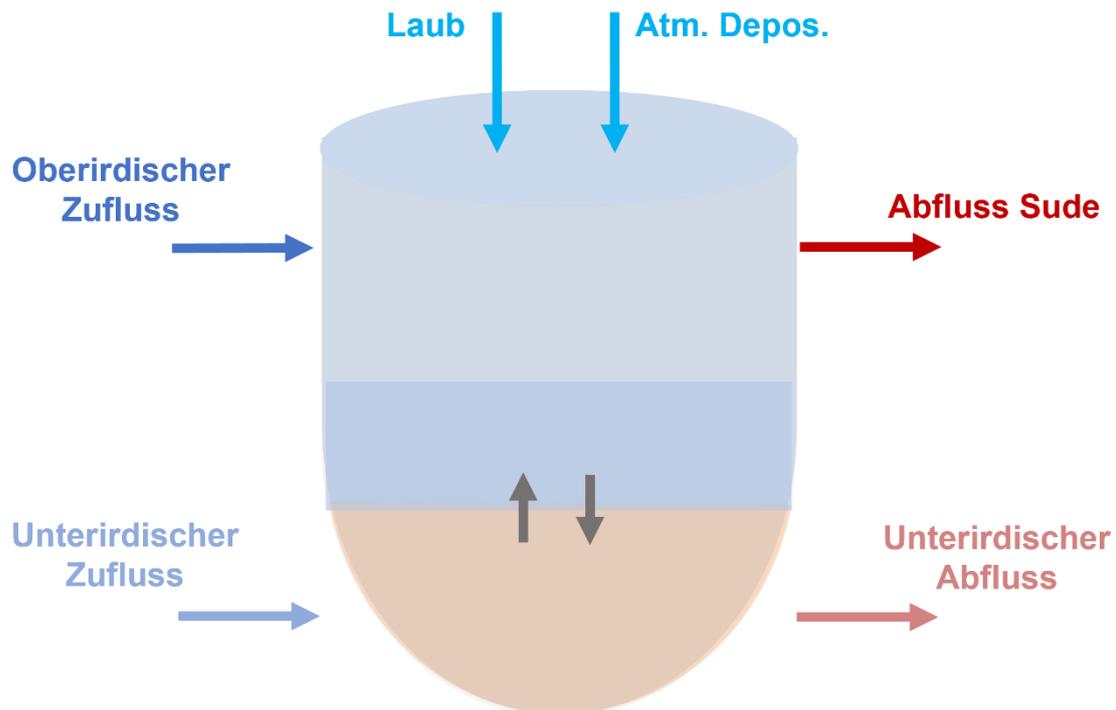


Abbildung 4-2: Darstellung der Abhängigkeit von Höhe (= Wasserstand) und Volumen bzw. Fläche des Dümmer Sees

## 4.1.2 Phosphorhaushalt

Zur Bilanzierung des P-Haushaltes im Dümmer See wurde analog zur Wasserhaushaltsbilanz durchgeführt. Es wurden sowohl langjährige Daten als **IST-Zustand** (nach BAGLUVA, 1991-2020), als auch aktuelle Daten des Messjahres 2022/2023 berücksichtigt und miteinander verglichen. Für jede Zeitreihe wurden die Einzelkomponenten der P-Immissionen in den See und -Emissionen aus dem See modelliert (Abbildung 4-3). Als P-Immissionen wurden ober- und unterirdische Zuflüsse, atmosphärische Deposition, Laubeintrag und die interne P-Fracht berücksichtigt. Hinsichtlich der P-Emissionen wurden ober- und unterirdische Abflüsse miteinbezogen.

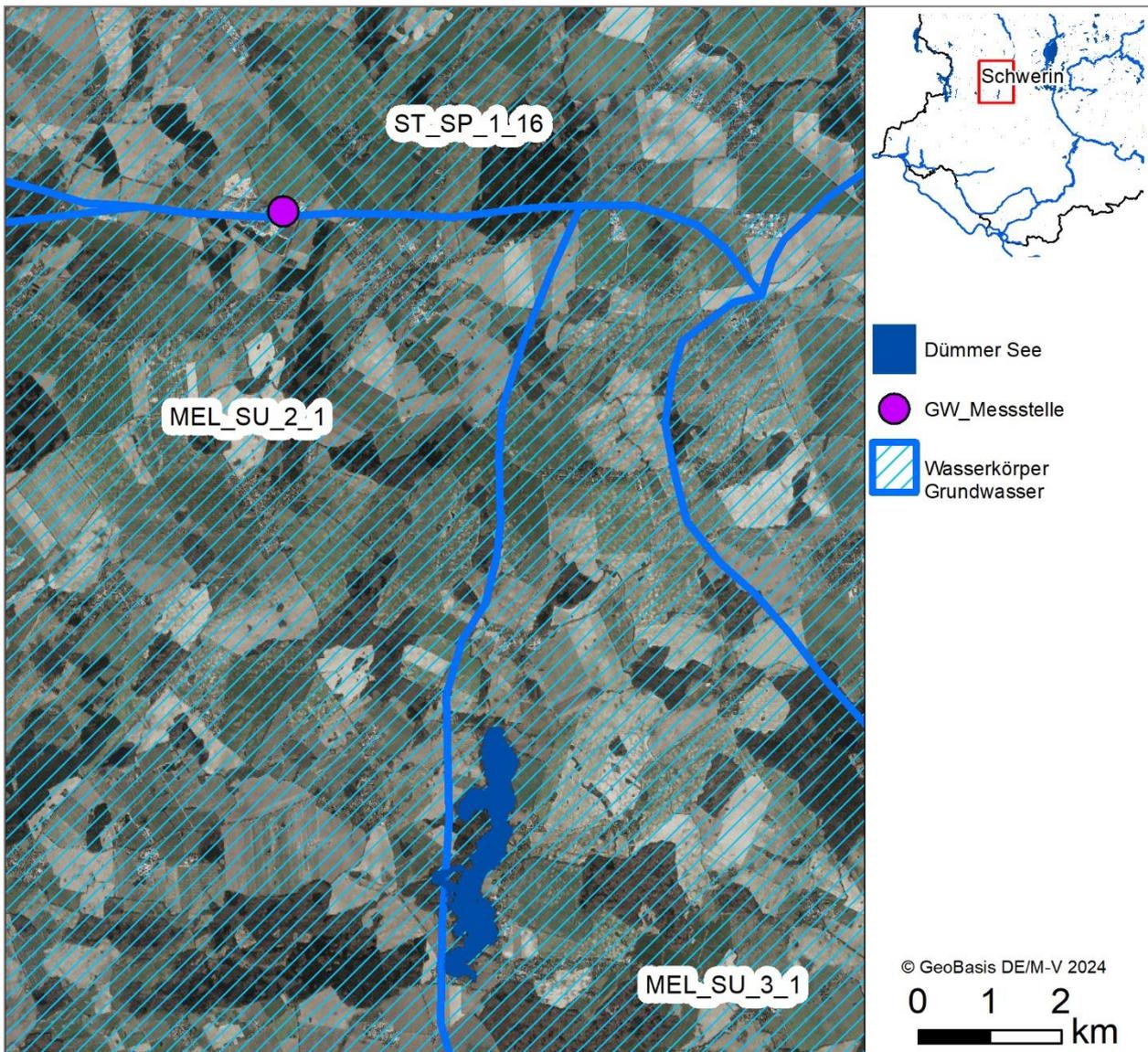


**Abbildung 4-3:** Schematische Darstellung der potenziellen Ein- und Austragspfade für Phosphor im geschichteten Dümmer See. Die Pfeile im Wasserkörper zeigen den Austausch zwischen dem Hypolimnion und dem Sediment (Freisetzung und Sedimentation)

Die Berechnung der jeweiligen P-Frachten ( $\text{kg a}^{-1}$ ) für jede Einzelkomponente erfolgte durch Multiplikation der gemessenen TP-Konzentrationen ( $\text{mg l}^{-1}$ ) mit den dazugehörigen Durchfluss-/Wassermengen ( $\text{l s}^{-1}$ ). Zur Berechnung der P-Frachten im langjährigen IST-Zustand wurden die mittleren langjährigen TP-Konzentrationen und die mittleren langjährigen Durchflussmengen berücksichtigt, während für die P-Frachten des Messjahres 2022/2023 die eigens gemessenen TP-Konzentrationen und Durchflussmengen verwendet wurden. Für die oberirdischen Zuflüsse lagen keine Gütedaten vor, hier wurde auf die selbst erfassten Daten um Untersuchungszeitpunkt zurückgegriffen. Für den Ablauf Ab1 wurden aufgrund der geringen Auflösung des vorhandenen Datensatzes ( $n = 6$ ) nicht die TP-Konzentrationen im Ablauf selbst, sondern die jahreszeitlichen Mittelwerte beider See-Messstellen verwendet.

Da die TP-Konzentrationen im Grundwasser im Rahmen der vorliegenden Studie nicht gemessen wurden, wurden für den unterirdischen Zufluss Messwerte der amtlichen Grundwasser-Messstelle „Pokrent Hy1/96“ aus den Jahren 2007 bis 2010 ( $n = 7$ ) verwendet (Abbildung 4-4). Aufgrund der geringen Auflösung des Datensatzes wurden für den Zufluss keine jahreszeitlichen Mittelwerte berechnet, sondern lediglich ein Jahres-Mittelwert ( $0,18 \text{ mg TP l}^{-1}$ ), der zur Berechnung der jahreszeitlichen Frachten sowohl für die langjährigen IST-Zustand, als auch den Zustand im Messjahr herangezogen wurde. Für den unterirdischen Abfluss wurde auf die gemessenen TP-Konzentrationen des grundnahen Bodenwassers des Dümmer

Sees (> 15 m Wassertiefe) zurückgegriffen. Hierbei wurden jeweils die Konzentrationen der langjährigen Messdaten und des Messjahres separat berücksichtigt.



**Abbildung 4-4:** Standort der nächstgelegenen amtlichen Grundwasser-Messtelle „Pokrent Hy1/96“ im Bereich des Grundwasserkörpers „ST\_SP\_1\_16“

Zur Berechnung der potenziellen P-Flüsse aus dem Sediment wurde der diffusive DRP-Fluss („dissolved reactive phosphorus“, in  $\text{mg P m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) zwischen dem grundnahen Tiefenwasser und der obersten Sedimentschicht (0-2 cm) nach LAVERY et al. (2001) bestimmt. Der dort verwendete effektive Diffusionskoeffizient ist von der Temperatur abhängig und wurde daher spezifisch für jede Probe über die Stokes-Einstein-Gleichung ermittelt (LI & GREGORY 1974). Zur Hochrechnung des lokal gemessenen P-Flusses wurde die Fläche des Seebodens mithilfe der Topographiedaten ermittelt. Für die bodennahe Tiefenschicht (21 – 22 m Wassertiefe, da die Maximaltiefe bei 21,3 m liegt) ergibt sich somit eine Gesamtfläche von  $\sim 6500 \text{ m}^2$  ergab.

Dieser Ermittlung der potenziellen P-Freisetzung aus dem Sediment über die Sedimentanalyse wurde die Abschätzung der theoretischen P-Freisetzung während der Schichtungsphase (März bis September) gegenübergestellt („interne P-Fracht“, Kap. 4.3.1.5). Die theoretische P-Freisetzung bzw. -Sedimentation kann über den Vergleich der P-Mengen im Wasserkörper während der Schichtungsphase ermittelt werden. Dazu wurden die P-Mengen über die TP-Konzentrationen aus den verschiedenen Tiefenbereichen (Epi-

und Hypolimnion) mit den bathymetrischen Daten verrechnet, um die P-Mengen für beide Schichten zu berechnen (Volumen x Konzentration). Aus der Differenz der P-Menge im Wasserkörper zu Beginn und am Ende der Schichtungsphase kann die theoretische P-Freisetzung/-Sedimentation abgeleitet werden. Die TP-Mengen in den Zuflüssen (oberirdisch, unterirdisch) und dem Abfluss wurden als Summe des Zeitraums zwischen den Probenahmen im März und im September berechnet (jeweils ganze Monate). Die TP-Einträge aus dem Laubeintrag sowie atmosphärischer Deposition wurden anteilig berücksichtigt.

## 4.2 Ergebnisse Wasserhaushalt

### 4.2.1 Oberirdisches Einzugsgebiet

Das oberirdische EZG des Dümmer See umfasst die Teileinzugsgebiete 1 bis 6 und 17 bis 21 des EZG der Oberen Sude (Abbildung 2-1, vgl. Tabelle 4-9 und Abbildung 4-18 in BIOTA 2024) und ohne die Seefläche eine Fläche von 22,97 km<sup>2</sup>.

Die kumulierte Gebietswasserbilanz des oberirdischen Einzugsgebiets für den **IST-Zustand** ist in Tabelle 4-1 dargestellt. Gegenüber dem Gesamteinzugsgebiet der Oberen Sude (vgl. Tabelle 4-7 in BIOTA 2024) zeigt sich im Mittel eine leicht höhere Verdunstung (501 mm) sowie ein geringerer Anteil der Grundwasserneubildung am Jahresniederschlag (22 %).

**Tabelle 4-1: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den IST-Zustand und das untersuchte oberirdische Einzugsgebiet des Dümmer Sees abzüglich der Seefläche (Flächengröße ca. 23 km<sup>2</sup>); langjährige, mittlere Jahreswerte (Gebietswasserbilanz) für die Zeitreihe 1991 – 2020**

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung (Anteil an P)	+	Direktabfluss (Anteil an P)	+	Grundwasserneubildung (Anteil an P)
P	=	ET	+	R <sub>Direkt</sub>	+	R <sub>GW</sub>
717 mm	=	501 mm (70 %)	+	57 mm (8 %)	+	160 mm (22 %)
521 l s <sup>-1</sup>	=	364 l s <sup>-1</sup>	+	41 l s <sup>-1</sup>	+	116 l s <sup>-1</sup>

Die Tabelle 4-2 fasst die Bilanzierungsergebnisse nach meteorologischen Jahreszeiten zusammen. Abweichend zu der langjährigen, mittleren Jahresbilanz müssen die Werte hier aufgrund der berücksichtigten Speicherprozesse im Boden nicht ausgeglichen sein. Die Verdunstung ist mit im Mittel 689 l s<sup>-1</sup> in den Sommermonaten erwartungsgemäß am höchsten. Der Gesamtabfluss teilt sich im Sommer auf in 7,7 l s<sup>-1</sup> Direktabfluss und 16 l s<sup>-1</sup> Grundwasserneubildung.

**Tabelle 4-2: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den IST-Zustand und das untersuchte oberirdische Einzugsgebiet des Dümmer Sees abzüglich der Seefläche (Flächengröße ca. 23 km<sup>2</sup>); langjährige, mittlere Werte für die Zeitreihe 1991 – 2020, bilanziert für die meteorologischen Jahreszeiten**

JZ	Niederschlag (korr.)	Reale Verdunstung	Direktabfluss	GWN
	P	ET	R <sub>Direkt</sub>	R <sub>GW</sub>
Wi	180 mm	33 mm	28 mm	102 mm
Wi	529 l s <sup>-1</sup>	97 l s <sup>-1</sup>	81 l s <sup>-1</sup>	300 l s <sup>-1</sup>
Fr	145 mm	134 mm	14 mm	15 mm
Fr	418 l s <sup>-1</sup>	388 l s <sup>-1</sup>	39 l s <sup>-1</sup>	42 l s <sup>-1</sup>
So	221 mm	239 mm	3 mm	5 mm
So	638 l s <sup>-1</sup>	689 l s <sup>-1</sup>	7,7 l s <sup>-1</sup>	16 l s <sup>-1</sup>
He	171 mm	95 mm	13 mm	37 mm
He	499 l s <sup>-1</sup>	276 l s <sup>-1</sup>	37 l s <sup>-1</sup>	109 l s <sup>-1</sup>

Anmerkung: JZ = Jahreszeit, Wi = Winter (Dez., Jan., Feb.), Fr = Frühjahr, So = Sommer (Juni, Juli, Aug.), He = Herbst

## 4.2.2 Unterirdisches Einzugsgebiet

Das abgegrenzte unterirdische Einzugsgebiet des Dümmer Sees nach Grundwasserhöhengleichen des obersten Grundwasserleiters (vgl. Abbildung 2-2) weist eine Größe von 31,6 km<sup>2</sup> auf.

Die ermittelten Werte der Wasserhaushaltsgrößen für das unterirdische Einzugsgebiet können der Tabelle 4-3 entnommen werden. Im Mittel ergeben sich gegenüber dem oberirdischen Einzugsgebiet nur geringfügige Abweichungen. Dies ist u.a. auf die großflächige räumliche Überschneidung beider Einzugsgebiete zurückzuführen.

Das Gebiet entwässert teilweise über Vorfluter außerhalb des oberirdischen Einzugsgebiets der Sude. Die (berechnete) Grundwasserneubildung über dem unterirdischen Einzugsgebiet von 145 l s<sup>-1</sup> **muss nicht** dem mittleren, langjährigen GW-Zustrom zum See (aus dem obersten Grundwasserleiter) entsprechen, bietet aber einen Größenwert zur Orientierung. Für eine genauere Analyse der Grundwasserströme wäre eine detaillierte Grundwassermodellierung notwendig.

**Tabelle 4-3: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den IST-Zustand und das untersuchte unterirdische Einzugsgebiet des Dümmer Sees abzüglich der Seefläche (Flächengröße ca. 32 km<sup>2</sup>); langjährige, mittlere Jahreswerte (Gebietswasserbilanz) für die Zeitreihe 1991 – 2020**

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung (Anteil an P)	+	Direktabfluss (Anteil an P)	+	Grundwasserneubildung (Anteil an P)
<b>P</b>	=	ET	+	R <sub>Direkt</sub>	+	R <sub>GW</sub>
<b>717 mm</b>	=	503 mm (70 %)	+	62 mm (9 %)	+	153 mm (21 %)
<b>678 l s<sup>-1</sup></b>	=	475 l s <sup>-1</sup>	+	58 l s <sup>-1</sup>	+	145 l s <sup>-1</sup>

## 4.2.3 Dümmer See (freie Wasserfläche)

Die Werte der Wasserhaushaltsgrößen für die Fläche des Dümmer Sees können der Tabelle 4-4 entnommen werden. Im langjährigen Mittel resultiert aus den Berechnungen nach dem aerodynamischen Verfahren ein Defizit (Verdunstungsüberschuss gegenüber dem Niederschlag) von 3,3 l s<sup>-1</sup>. Die Verdunstung liegt damit etwa 10 % über der korrigierten Niederschlagssumme. Zu welchen Anteilen dieses Defizit in der Bilanz über 1. Oberflächenzufluss und 2. Grundwasserzustrom ausgeglichen wird, kann an dieser Stelle nicht weiter ausgewiesen werden.

**Tabelle 4-4: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den IST-Zustand und die freie Wasserfläche des Dümmer Sees (Flächengröße ca. 1,65 km<sup>2</sup>); langjährige, mittlere Jahreswerte (Gebietswasserbilanz) für die Zeitreihe 1991 – 2020**

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung (Anteil an P)	+	Gesamtabfluss (Anteil an P)
<b>P</b>	=	ET	+	R <sub>ges</sub>
<b>717 mm</b>	=	780 mm (109 %)	+	-63 mm (-9 %)
<b>37 l s<sup>-1</sup></b>	=	40 l s <sup>-1</sup>	+	-3,3 l s <sup>-1</sup>

Die Tabelle 4-5 fasst die Bilanzierungsergebnisse nach meteorologischen Jahreszeiten zusammen. Abweichend zu den vorangegangenen Kapiteln ist die klassische Wasserhaushaltsbilanz (vertikale Prozessstruktur) über Wasserflächen auch bei der Betrachtung kürzerer Zeitschritte stets ausgeglichen, da kein Bodenspeicher auf den Abfluss einwirkt. Die Verdunstung ist im Mittel 74 l s<sup>-1</sup> in den Sommermonaten erwartungsgemäß am höchsten. Der Überschuss gegenüber dem Niederschlag beträgt hier etwa 29 l s<sup>-1</sup>

( $R_{ges, So} = -29 \text{ l s}^{-1}$ ). In den Wintermonaten füllt sich der Speicherraum allein durch den Überschuss an Niederschlag über dem See mit durchschnittlich  $26 \text{ l s}^{-1}$  ( $R_{ges, Wi}$ ) oder aber dieser kommt (anteilig), abhängig von weiteren Zuflüssen und der Steuerung am Ablaufbauwerk, zum Abfluss.

**Tabelle 4-5: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den IST-Zustand und die freie Wasserfläche des Dümmer Sees (Flächengröße ca.  $1,65 \text{ km}^2$ ); langjährige, mittlere Werte für die Zeitreihe 1991 – 2020, bilanziert für die meteorologischen Jahreszeiten**

JZ	Niederschlag (korr.)	Reale Verdunstung	Gesamtabfluss
	P	ET	$R_{ges}$
Wi	179 mm	58 mm	122 mm
Wi	$38 \text{ l s}^{-1}$	$12 \text{ l s}^{-1}$	$26 \text{ l s}^{-1}$
Fr	145 mm	157 mm	-12 mm
Fr	$30 \text{ l s}^{-1}$	$32 \text{ l s}^{-1}$	$-2,4 \text{ l s}^{-1}$
So	222 mm	361 mm	-139 mm
So	$46 \text{ l s}^{-1}$	$74 \text{ l s}^{-1}$	$-29 \text{ l s}^{-1}$
He	171 mm	205 mm	-34 mm
He	$36 \text{ l s}^{-1}$	$43 \text{ l s}^{-1}$	$-7,1 \text{ l s}^{-1}$

Anmerkung: JZ = Jahreszeit, Wi = Winter (Dez., Jan., Feb.), Fr = Frühjahr, So = Sommer (Juni, Juli, Aug.), He = Herbst

#### 4.2.4 Wasserhaushaltsbilanz

Für den Gesamt-Wasserhaushalt des Dümmer Sees ausschlaggebend sind neben der realen Verdunstung über der Seefläche die Zuflüsse zum See (Direktabfluss aus der Gebietswasserbilanz, oberirdisch), der Grundwasserszustrom und der unterirdische und oberirdische Abstrom. Die Werte der jeweiligen Zuflüsse in  $\text{l s}^{-1}$  lassen sich entsprechend aufsummieren. Der Wasserstand des Sees sowie der real messbare Abfluss am Auslass ergeben sich zudem aus dem Speicherraum, dem Grundwasserzu- und -abstrom und der Steuerung am Wehr.

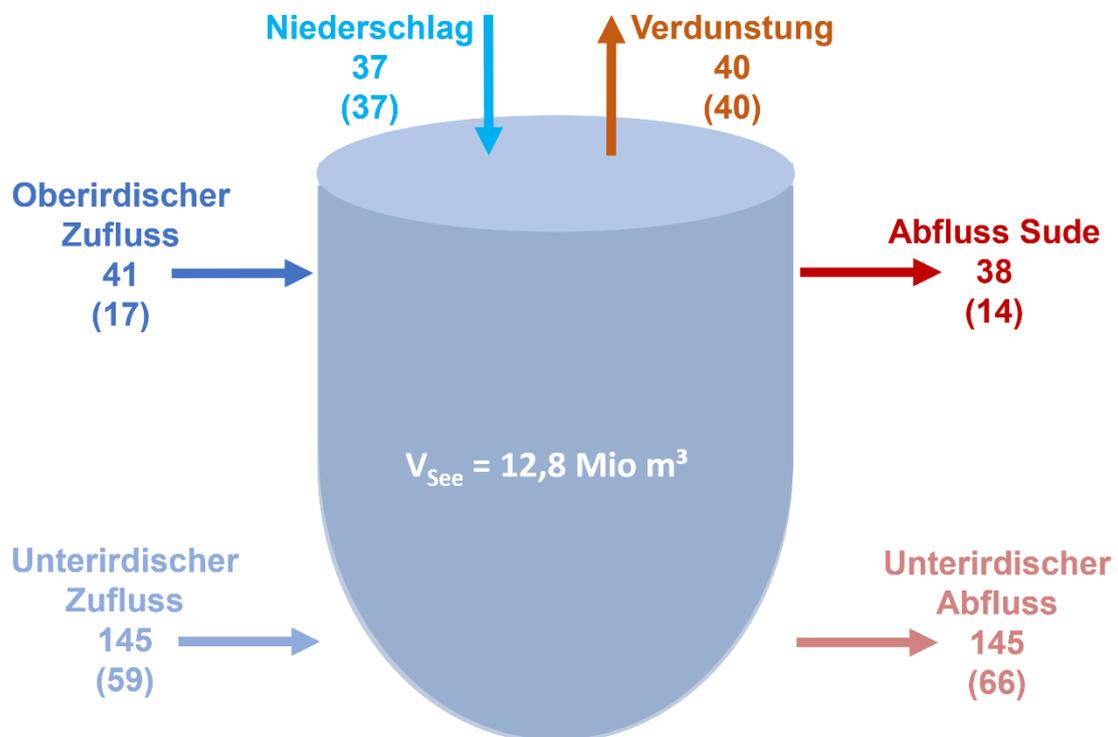
Eine Übersicht der direkt für den See relevanten modellierten Wasserhaushaltsgrößen des langjährigen IST-Zustands ist in Tabelle 4-6 dargestellt.

**Tabelle 4-6: Übersicht der Wasserhaushaltsgrößen der Einzugsgebiete und der Seefläche, die für den Wasserhaushalt des Dümmer Sees relevant sind (fett markiert, in  $\text{l s}^{-1}$ ). Die Modellierung erfolgte für den langjährigen IST-Zustand (1991 – 2020, nach BAGLUVA, vgl. MBS Oberse Sude BIOTA 2024)**

Haushaltskomponente	Oberirdisches EZG	Unterirdisches EZG	Seefläche
Niederschlag	521	678	<b>37</b>
Verdunstung	364	475	<b>40</b>
Direktabfluss (= oberflächlicher Zufluss)	<b>41</b>	58	-
Grundwasserneubildung (= unterirdischer Zufluss)	116	<b>145</b>	-

Es wird deutlich, dass der Zustrom zum Dümmer See mit einem Anteil von ca. 72 % vom unterirdischen Zufluss dominiert ist (Abbildung 4-5). Der oberflächliche Zufluss wurde zu ca. 56 % vom Zufluss der Sude (Bach aus Perlin, SUDE-0100) dominiert. Grundsätzlich zeigt die Modellierung des langjährigen **IST-Zustands** eine nahezu ausgeglichene Bilanz des Wasserhaushalts an.

Der Vergleich des langjährigen **IST-Zustands** mit dem Untersuchungsjahr 2022/2023 zeigt, dass die Bilanzgrößen im Messjahr insgesamt deutlich geringer waren. Hohe Temperaturen und geringe Niederschläge führen zu deutlich verringerten Zu- und Abflüssen. Unter der Voraussetzung einer grundsätzlich ausgeglichen Wasserbilanz über das Jahr und da keine Messungen der Grundwasserströme vorliegen, ergibt sich der unterirdische Zu- und Abstrom als Differenzgröße. Die Entwicklung der mittleren Wasserstände im Dümmer See (vgl. Abbildung 5-1) deuten gegenwärtig auf höhere Schwankungsbreiten und damit auf eine Zunahme des Speichervolumens hin. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der oberirdische Abstrom über das vorhandene Wehr reguliert wird und winterliche Wasserüberschüsse verstärkt im See zurückgehalten werden.



**Abbildung 4-5:** Jährliche Bilanzgrößen der Einzelkomponenten des Wasserhaushalts im Dümmer See (gerundet, in I s<sup>-1</sup>). Werte ohne Klammern repräsentieren den langjährigen **IST-Zustand** (nach BAGLUVA, 1991-2000), Werte in Klammern den Zustand im aktuellen Messjahr 2022/2023

Insgesamt beträgt der Durchfluss durch den Dümmer See im langjährigen Mittel 5,9 Mio. m<sup>3</sup> a<sup>-1</sup> woraus sich eine mittlere Aufenthaltszeit von ca. 2,2 Jahren ergibt. Im Untersuchungsjahr betrug die jährliche Durchflussmenge mit 2,4 Mio. m<sup>3</sup> a<sup>-1</sup> weniger als die Hälfte des langjährigen Mittels. Dadurch verlängert sich die theoretische Aufenthaltszeit im See auf ca. 5.1 Jahre.

## 4.3 Ergebnisse Phosphorhaushalt

Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die Einzelkomponenten des P-Haushalts, die in die Bilanzierung eingeflossen sind. Ein Bilanzschema, sowie eine vergleichende Tabelle und eine Abbildung zur jahreszeitlichen Verteilung der Haushaltskomponenten sind in Kap. 4.3.3 dargestellt.

### 4.3.1 P-Einträge / Immissionen

#### 4.3.1.1 Oberirdische Zuflüsse

Die oberirdischen Zuflüsse in den Dümmer See umfassen die Zuläufe ZU2 bis ZU4, die im langjährigen Mittel in der Summe eine TP-Fracht von ca. 125 kg a<sup>-1</sup> eintragen. Den größten Anteil der oberirdischen Zuflüsse macht der Bach aus Perlin (SUDE-0100, DuSee-ZU2) mit etwa 70 % aus. Der jahreszeitliche Vergleich zeigte, dass der höchste TP-Eintrag im Frühling stattfand. Insgesamt trug der oberflächliche Zufluss ca. 12 % zur Gesamt-P-Fracht bei.

Im Messjahr 2022/2023 wurden durch die verringerten Abflüsse deutlich weniger Phosphor mit dem oberirdischen Zustrom eingetragen. Die TP-Fracht der Zuflüsse betrug nur 38 % des langjährigen Mittels.

#### 4.3.1.2 Unterirdische Zuflüsse

Der unterirdische Zufluss trägt im langjährigen Mittel eine TP-Fracht von ca. 812 kg a<sup>-1</sup> in den Dümmer See ein. Damit hat der unterirdische Zufluss einen Anteil von ca. 75 % am gesamten TP-Eintrag. Die mit Abstand höchste TP-Fracht (539 kg) wird im Winter in den See transportiert.

Demgegenüber steht eine deutlich niedrigere unterirdische TP-Fracht im Messjahr von ca. 327 kg a<sup>-1</sup>. Dies entspricht nur ca. 40 % am langjährigen TP-Frachten. Auch hier kann der insgesamt geringere unterirdische Zufluss (58 % der Wassermenge des langjährigen Mittels) als Ursache angenommen werden.

#### 4.3.1.3 Atmosphärische Deposition

Phosphor gelangt auch über die atmosphärische Deposition in ein Gewässer. Der Prozess beschreibt den Eintrag über die Wasseroberfläche

- a) durch Niederschläge und darin gebundenen Phosphor (Nassdeposition, insbesondere infolge des in die Niederschlagspartikel eingebundenen Staubs oder von anthropogenen Abgasen) sowie
- b) direkten Eintrag durch Staub, Blütenpollen o.ä. infolge von Wind (Trockendeposition).

Auf Basis des Literaturwert von 0,6 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> nach LUGV Brandenburg (2015) lässt sich bezogen auf die Seefläche des Dümmer Sees ein atmosphärischer P-Eintrag von ca. 98 kg a<sup>-1</sup> ableiten.

#### 4.3.1.4 Laubeintrag

Das Falllaub der Uferbäume stellt einen direkt wirksamen Eintragspfad dar. Zur Abschätzung des TP-Eintrags wurde der Waldbestand (Faktor 1 für ausgeprägte Baumvegetation und Faktor 0,1 für kaum vorhandene Baumvegetation) für die gesamte Uferlänge bestimmt (12,9 km, Abbildung 4-6) und diesen entsprechende Phosphoreinträge (1,1 kg a<sup>-1</sup> je km Wald) nach NAUJOKAT (1996) zugewiesen. Danach ergibt sich für die gesamte Uferlänge des Dümmer Sees eine Eintragsmenge von 12,6 kg P a<sup>-1</sup>.

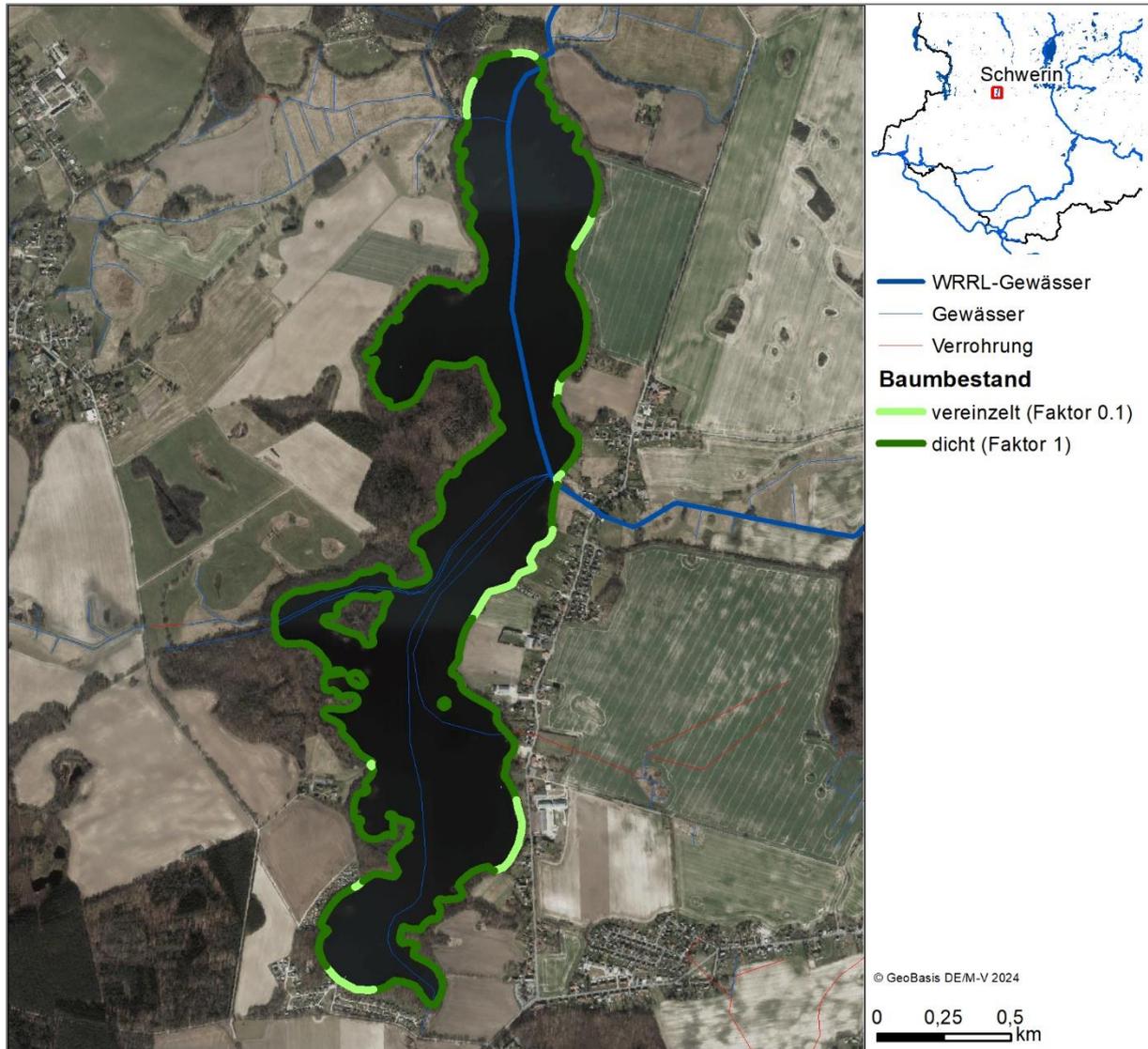


Abbildung 4-6: Baumbestand entlang der Uferlinie des Dümmer Sees

#### 4.3.1.5 Interne P-Fracht

Die Berechnung der potenziellen P-Freisetzung aus den Sedimenten des Dümmer Sees erfolgte auf Basis des Konzentrationsgradienten zwischen dem bodennahen Tiefenwasser und dem Porenwasser der obersten Sedimentschicht (0-2 cm, Abbildung 4-7). Es wurde deutlich, dass in allen Monaten außer dem Juli ein Konzentrationsgradient mit höheren DRP-Konzentrationen im Porenwasser als im überstehenden Wasser vorlag. Die höchsten DRP-Konzentrationen von ca. 6 mg l<sup>-1</sup> wurden im Porenwasser der tiefsten Sedimentschichten gemessen, und deuten hier auf hohe mikrobiologische Aktivität und Remineralisierung von organischem Material.

Die aus dem Konzentrationsgradienten resultierenden DRP-Flüsse sind in Abbildung 4-8 dargestellt. Der mittlere P-Fluss aller Monate und beider See-Messstellen lag bei 13,8 mg P m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, mit einer Schwankungsbreite von -9.1 bis 63.4 mg P m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Das Sediment an den Seemessstellen stellt somit im Mittel eine P-Quelle dar. Es war jedoch auffällig, dass trotz der bereits erläuterten sommerlichen Ausprägung einer sauerstofffreien Zone im Tiefenwasser die sommerlichen P-Flüsse im jahreszeitlichen Vergleich eher gering, einmalig sogar ins Sediment gerichtet (negativ) waren. Diese Beobachtung kann vermutlich dadurch

erklärt werden, dass der Konzentrationsgradient zwischen dem Tiefen- und Porenwasser, auf dem die Berechnung der P-Flüsse beruht, durch die P-Freisetzung im Frühling (= Erhöhung der bodennahen P-Konzentration) bereits ausgeglichen ist und es nicht zu weiteren Freisetzungen kommt.

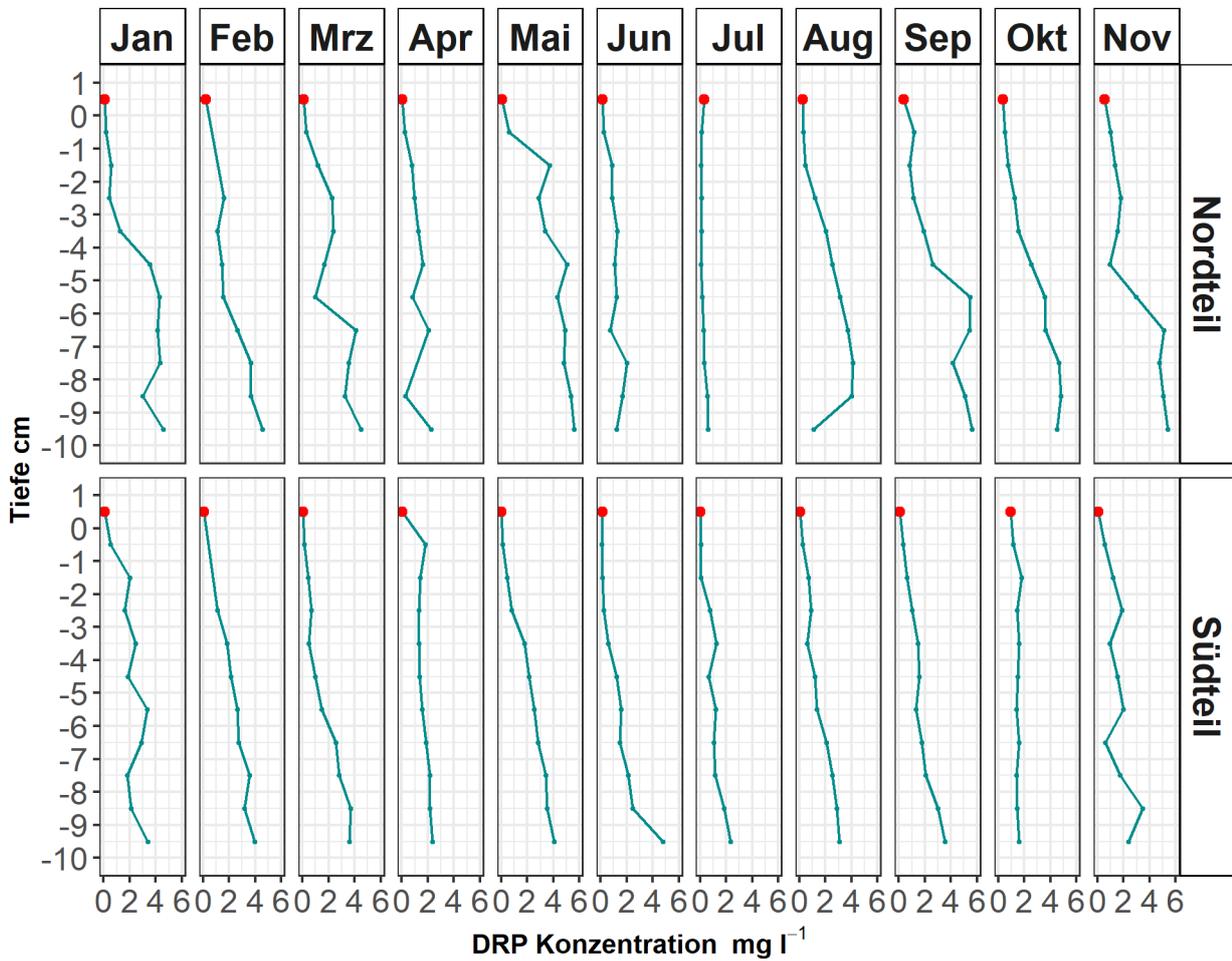
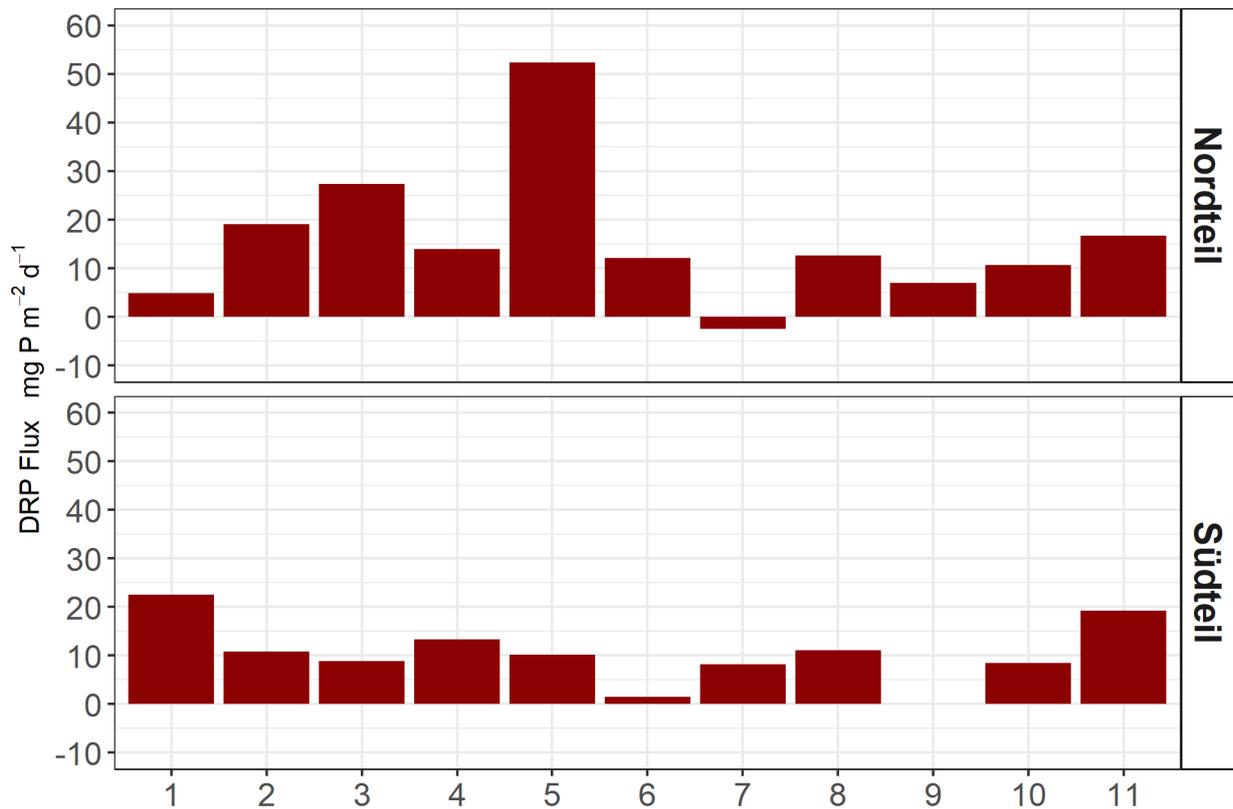


Abbildung 4-7: Jahresverlauf der Tiefenprofile der DRP-Konzentration im Porenwasser an beiden See-Messstellen des Dümmer Sees. Die roten Punkte zeigen die jeweilige DRP-Konzentration im bodennahen Tiefenwasser, die zur Flussberechnung miteinbezogen wurde



**Abbildung 4-8:** Jahresverlauf der monatlichen DRP-Flüsse zwischen bodennahem Tiefenwasser und Sediment an beiden See-Messstellen des Dümmer Sees

Um die potenzielle P-Freisetzung im gesamten See zu berechnen, wurde die ermittelte Sedimentfläche berücksichtigt (~ 6500 m<sup>2</sup>). Auf das gesamte Jahr bezogen ergibt sich daraus eine potenzielle P-Freisetzung von ca. 33 kg a<sup>-1</sup>.

Abschließend wurden die gemessenen P-Flüsse mit der theoretischen P-Freisetzung während der Schichtungsphase verglichen. Dieser Vergleich dient dazu, die gemessene P-Freisetzung in den tatsächlichen Bilanzkontext einzuordnen und eine ggf. gleichzeitig stattfindende P-Sedimentation zu ermitteln.

Die theoretische P-Freisetzung bzw. -Sedimentation kann über den Vergleich der P-Mengen im Wasserkörper während der Schichtungsphase ermittelt werden. Während dieser kam es temporär zu einer P-Freisetzung aus den Sedimenten und damit einer Erhöhung der P-Menge im Hypolimnion, die zwischen März und September netto bei ca. 4 kg lag (Tabelle 4-7). Diese Mengenänderung im Zeitraum März bis September entspricht einem theoretischen P-Fluss aus dem Sediment von 3,6 mg P m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, dem ein mittlerer tatsächlich gemessener P-Fluss von 13,6 mg P m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> gegenübersteht. Dieser Vergleich legt nahe, dass trotz einer P-Rücklösung aus dem Sediment gleichzeitig eine P-Sedimentation stattgefunden haben muss, die zu einer geringeren „realen“ P-Freisetzung führte.

Tabelle 4-7: Vergleich der Ergebnisse der zwei angewendeten Berechnungsmethoden zur Ermittlung der P-Freisetzung während der Schichtungsphase (März bis September) im Dümmer See

Methode	Berechnungsgrundlage	Gemessener / theoretischer P-Fluss (mg P m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Freigesetzte P-Menge in der Schichtungsphase (kg)
Potenzielle P-Freisetzung	Gemessene DRP-Flüsse	13,6	15,3
Theoretische P-Freisetzung	P-Inventare im Wasserkörper	3,6	4,0

Um eine potenzielle P-Sedimentation zu ermitteln, wurde die gesamte P-Bilanz der Schichtungsphase ermittelt und schematisch dargestellt (Abbildung 4-9). Hierzu wurden die P-Mengen für März und September für das Epi- und Hypolimnion aus den gemessenen TP-Konzentrationen berechnet. Für das Epilimnion ergab sich über diesen Zeitraum eine Verringerung der P-Menge um 73 kg, während sich die P-Menge im Hypolimnion um 4 kg erhöhte. Zur Ermittlung der internen Umsätze wurden alle Ein- und Austräge anteilig für die Schichtungsphase berechnet. In der Bilanz ergaben sich ober- und unterirdische Einträge von 112 bzw. 104 kg (Gesamt-Eintrag = 216 kg), sowie ober- und unterirdische Austräge von 23 bzw. 87 kg (Gesamt-Austrag = 110 kg, sodass ein Gesamt-Rückhalt von 106 kg P stattgefunden haben muss. Der Rückhalt im Epilimnion von 89 kg, zusammen mit der dortigen Verringerung der P-Menge um 73 kg, resultiert in einer P-Sedimentation vom Epi- ins Hypolimnion von 162 kg P. Da im Hypolimnion netto eine Erhöhung von 4 kg P stattgefunden hat, beläuft sich die P-Sedimentation insgesamt auf 175 kg.

Die Rolle der Fischzucht, die im Dümmer See betrieben wird, kann aufgrund der geringen Informationsbasis nicht eingeschätzt werden.

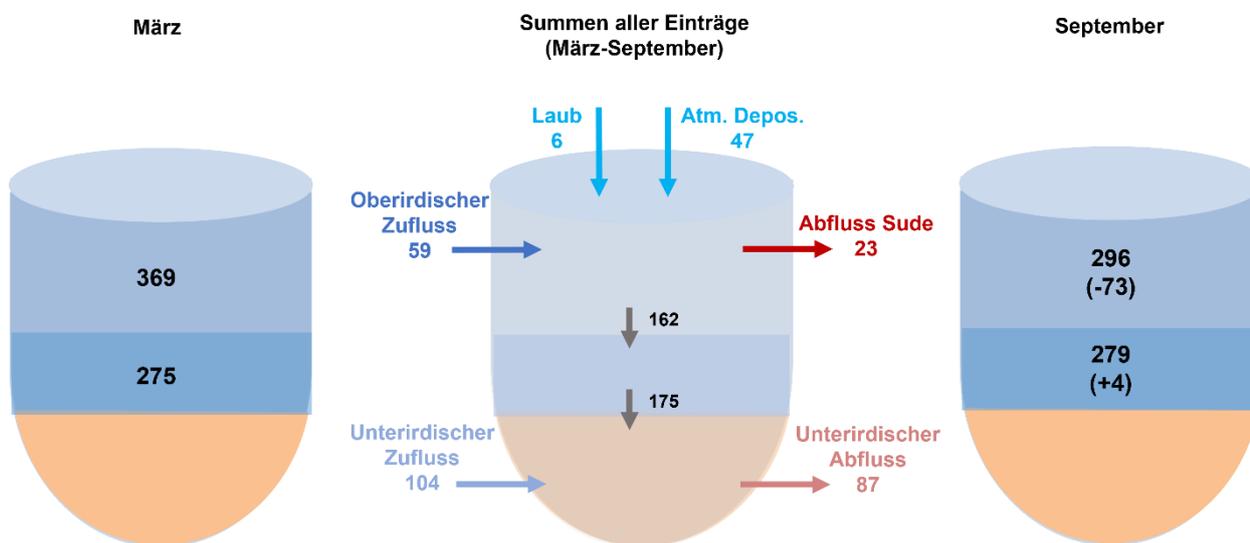


Abbildung 4-9: Schematische Darstellung der P-Bilanz der Schichtungsphase (März bis September) im geschichteten Dümmer See

## 4.3.2 P-Austräge / Emissionen

### 4.3.2.1 Oberirdische Abflüsse

Der einzige oberirdische Abfluss des Dümmer Sees ist der Abfluss in die Sude (Messstelle „Ab1“). Der langjährige mittlere TP-Austrag wurde mit ca. 109 kg a<sup>-1</sup> ermittelt. Wobei der höchste Anteil bei hohen Durchflussmengen mit 49 kg im Winter ausgetragen wird. Insgesamt trägt der oberirdische TP-Austrages zu ca. 14 % am Gesamt-TP-Austrag des Dümmer Sees bei.

Der Vergleich zum Messjahr 2022/2023 zeigt, dass dort ein erheblich geringerer TP-Austrag von lediglich ca. 2 kg a<sup>-1</sup> stattgefunden hat. Jahreszeitlich betrachtet fand demnach der höchste TP-Austrag von 1,3 kg im Frühling statt, während im Sommer und Herbst bei fehlenden Abflüssen auch kein TP ausgetragen wurde. Dies ist dadurch zu erklären, dass das Wehr im Abfluss des Dümmer Sees aufgrund der geringen Niederschläge im Messjahr überwiegend geschlossen war, um das Wasser im See zu halten. Der Gesamtanteil des oberirdischen TP-Austrages am Gesamt-TP-Austrag betrug im Messjahr daher nur ca. 1 %.

### 4.3.2.2 Unterirdische Abflüsse

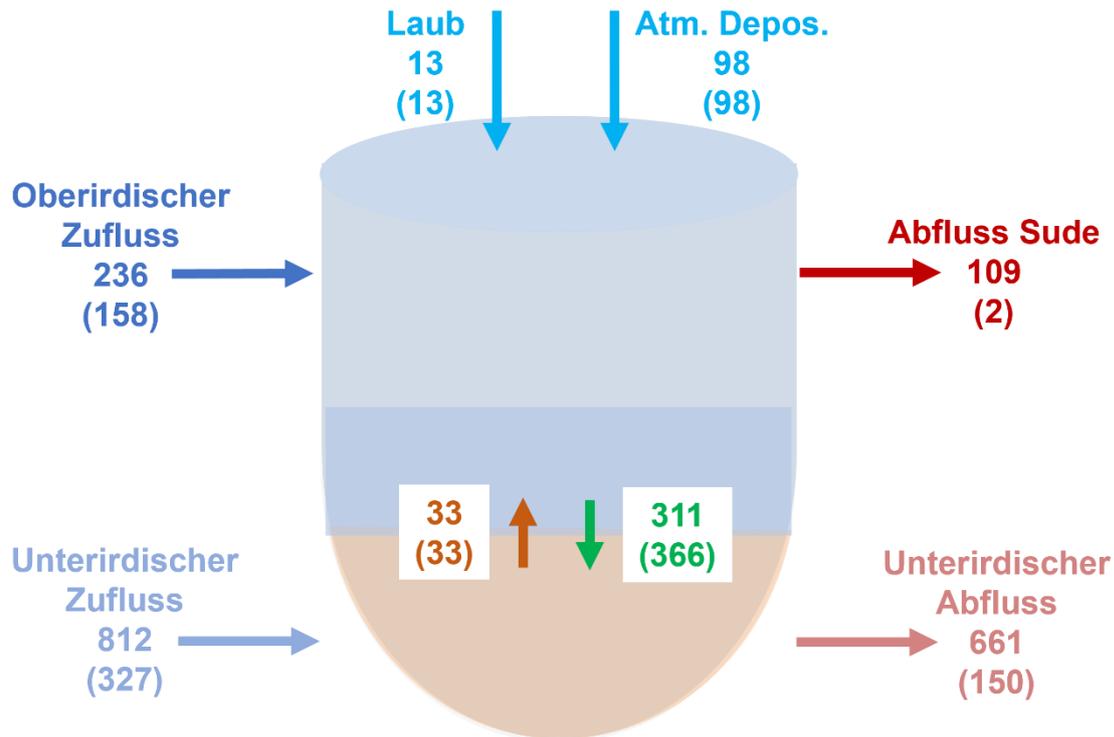
Der unterirdische Abfluss wurde für das langjährige Mittel mit 661 kg TP a<sup>-1</sup> berechnet und macht damit einen Anteil von ca. 86 % am Gesamt-TP-Austrag des Dümmer Sees aus. Der Berechnung des Abstroms liegt eine mittlere TP-Konzentration von 0,22 mg l<sup>-1</sup> zugrunde, die auf im Tiefenwasser des Sees gemessenen Konzentrationen beruht. Es ist daher wahrscheinlich, dass die Quantifizierung des Grundwasserabstroms mit einer relativ hohen Unsicherheit belastet ist, da im Seesediment stattfindende Prozesse zu einer Veränderung der TP-Konzentration auf dem Weg vom bodennahen Bereich des Sees bis zum Grundwasserstrom führen können.

Die über das Grundwasser ausgetragene TP-Fracht im Messjahr 2022/2023 belief sich auf ca. 150 kg a<sup>-1</sup>, was etwa 23 % der langjährigen TP-Fracht entspricht. Aufgrund der im Messjahr sehr geringen oberirdischen Abflüsse über die Sude hatte der unterirdische Abfluss mit ca. 99 % den größten Anteil am Gesamtstrom.

## 4.3.3 P-Bilanz

Unter Berücksichtigung aller ermittelten und zuvor beschriebenen P-Ein- und -Austräge lassen sich die nachfolgenden Jahresbilanzen für den Dümmer See ableiten.

Die Modellierung der Bilanz für den langjährigen IST-Zustand ergab einen jährlichen TP-Eintrag von ca. 1.080 kg und demgegenüber einen TP-Austrag von ca. 769 kg, was in einem P-Rückhalt von ca. 311 kg resultiert (Abbildung 4-10, Abbildung 4-11).



**Abbildung 4-10:** Jährliche Bilanzgrößen der Einzelkomponenten des Phosphorhaushalts im Dümmer See (gerundet, in kg TP a<sup>-1</sup>). Werte ohne Klammern repräsentieren den langjährigen IST-Zustand (nach BAGLUVA, 1991-2000), Werte in Klammern den Zustand im aktuellen Messjahr 2022/2023. Die P-Freisetzung (braun) aus dem Sediment beruht auf eigenen Messungen des DRP-Flusses aus dem Sediment und wurde für den langjährigen IST-Zustand übernommen. Die P-Sedimentation (grün) wurde als Jahres-Bilanz aller Ein- und Austräge inklusive der internen P-Fracht ermittelt

Die höchsten Einträge erfolgen im Winter, während die niedrigsten Einträge im Sommer stattfinden. Dieses jahreszeitliche Muster spiegelt unmittelbar die Gegebenheiten des Wasserhaushalts wider. Trotz insgesamt geringerer Wasserbilanzen im Messjahr 2022/2023 zeigt in der der Jahresbilanz ebenfalls einen P-Rückhalt in der gleichen Größenordnung des langjährigen Mittels von ca. 366 kg.

Dennoch fällt im jahreszeitlichen Vergleich der Ein- und Austräge (Abbildung 4-11) auf, dass im Herbst eine negative Bilanz für den langjährigen IST-Zustand vorlag, d.h. dass dort die Summe der P-Austräge größer ist als die P-Einträge. Dies ist vermutlich auf eine P-Freisetzung aus dem Sediment als Folge der Sauerstofffreiheit im Hypolimnion zurückzuführen. Durch die herbstliche Durchmischung des Sees wird das mit Phosphor angereicherte Tiefenwasser im ganzen See verteilt und die TP-Austrag erhöht. Trotz dieser saisonalen, also kurzzeitigen P-Rücklösung kann die Bedeutung für die Gesamtjahresbilanz jedoch als vernachlässigbar eingestuft werden.

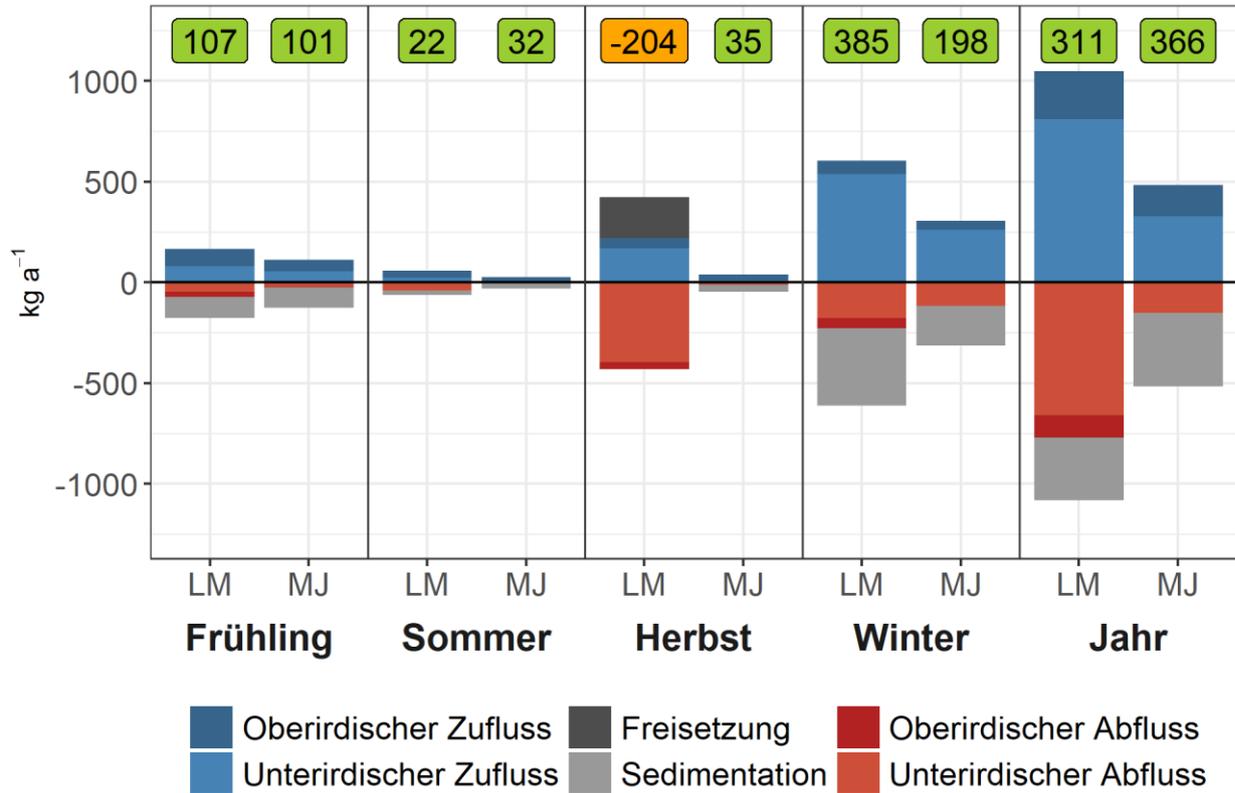


Abbildung 4-11: Übersicht der jahreszeitlichen und jährlichen P-Bilanzen anhand des langjährigen IST-Zustands (LM, 1991-2020) und des aktuellen Messjahres 2022/2023 (MJ). Die Werte am oberen Ende der Balken zeigen die jeweiligen Summen (grün = positive Bilanz = P-Rückhalt; orange = negative Bilanz = P-Freisetzung)

Den größten Anteil sowohl am langjährigen Zu-, als auch am Abfluss hatte das Grundwasser (75 % und 86 %, Tabelle 4-8). Die Anteile des oberirdischen Zu- und Abflusses am jeweiligen Gesamtstrom lagen bei 12 bzw. 14 %. Die Eintragspfade atmosphärische Deposition, interne P-Fracht und Laubeintrag trugen zu 9, 3 und 1 % zum oberirdischen Gesamtzufluss bei.

**Tabelle 4-8: Übersicht der jährlichen P-Frachten und -Bilanzen (kg) sowie ihrer prozentualen Anteile am Gesamt Ein- bzw. Austrag für den langjährigen IST-Zustand (nach BAGLUVA, 1991-2020) und das Messjahr 2022/2023. Positive Bilanz = P-Rückhalt**

	IST-Zustand (1991-2020)		Messjahr 2022/2023	
	TP-Fracht (kg)	% vom Gesamt-Ein-/Austrag	TP-Fracht (kg)	% vom Gesamt-Ein-/Austrag
Oberirdische Zuläufe	125,2	11,6	47,3	9,1
Unterirdische Zuläufe	811,7	75,2	327,3	63,1
Atmosphärische Deposition	97,8	9,1	97,8	18,9
Laubeintrag	12,6	1,2	12,6	2,5
Interne P-Fracht	32,6	3,1	32,6	6,4
<b>Summe Einträge</b>	<b>1080,0</b>	<b>-</b>	<b>517,7</b>	<b>-</b>
Oberirdische Abläufe	108,8	14,1	1,8	1,3
Unterirdische Abläufe	660,6	85,9	149,9	98,7
<b>Summe Austräge</b>	<b>769,4</b>	<b>-</b>	<b>151,7</b>	<b>-</b>
<b>Bilanz</b>	<b>310,6</b>	<b>28,8</b>	<b>366,0</b>	<b>70,7</b>

Trotz der effektiven P-Sedimentation im Dümmer See ist aufgrund der zu hohen TP-Konzentration im Wasserkörper zusätzlich eine Reduktion der Einträge notwendig, um den guten ökologischen Zustand erreichen zu können.

**Tabelle 4-9: Vergleich der Trophie, Nährstoffeinträge und Flächenlasten des langjährigen Mittelwertes (1999-2016, StALU WM) und des Messjahres 2022/2023 mit dem Referenzzustand des Dümmer Sees nach OGewV und LAWA (2014). Alle Messwerte sind als Saisonmittelwerte (März bis Oktober) angegeben**

	Einheit	langj. Mittel	Messjahr 2022/2023	Referenzzustand
Chlorophyll-a-Konzentration	$\mu\text{g l}^{-1}$	13,0	11,4	5,4
Sichttiefe	m	2,8	2,5	3,5
Trophie-Index		2,7	2,6	2,0
TP-Konzentration	$\text{mg l}^{-1}$	0,063	0,043	0,025
TP-Immissionen	$\text{kg a}^{-1}$	1080	518	320
TP-Flächenlast	$\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$	0,66	0,32	0,20
Erwartete TP-Konzentration	$\text{mg l}^{-1}$	0,073	0,063	

Ausgehend von der TP-Flächenlast (berechnet nach dem Vollenweider Belastungsmodell; VOLLENWEIDER & KEREKES 1980) im langjährigen Mittel ergibt sich eine theoretische TP-Konzentration im See von  $0,073 \text{ mg l}^{-1}$ . Die tatsächlich gemessene, langjährige TP-Konzentration von  $0,063 \text{ mg l}^{-1}$  liegt jedoch leicht darunter. Dies bedeutet, dass entweder die im langjährigen Mittel abgeleiteten Phosphorimmissionen überschätzt werden oder dass Prozesse im See (Sedimentation, Filtration durch Muscheln) die TP-Konzentrationen in der Wassersäule reduzieren.

Die Jahresbilanz des P-Haushaltes des Dümmer Sees zeigt, dass trotz einer P-Freisetzung aus dem Sediment während der Schichtungsphase in der Gesamtbilanz Phosphor im See zurückgehalten wird. Dies konnte sowohl für Daten des langjährigen **IST-Zustands**, als auch für das Messjahr 2022/2023 ermittelt werden und spricht für eine effektive P-Sedimentation im Dümmer See.

## 5 Trendanalysen und Zukunftsprognosen (AP10\_24)

### 5.1 Wasserhaushalt

#### 5.1.1 Klimaeinfluss (Lufttemperatur und Niederschlag)

Im Rahmen der Zukunftsstudie und MBS Obere Sude wurden die zu erwartenden klimatischen Veränderungen auf Basis des Klimareports M-V abgeleitet. Eine detaillierte Beschreibung der methodischen Vorgehensweise und Auswertung findet sich in dem zugehörigen Endbericht (BIOTA 2024). Die methodische Herangehensweise machte es nötig den gewählten Bezugszeitraum der BAGLUVA-Modellierung für den **IST-Zustand** (1991 - 2020) in die entsprechenden Referenz- (Vergangenheit, 1971 – 2000) und Prognosezeiträume (Zukunft, 2021 – 2050) einzuordnen. Hierbei wird der prognostizierte lineare Trend durch die gegenwärtige Temperaturentwicklung bestätigt. Sowohl im Jahresmittel als auch bezogen auf die verschiedenen Jahreszeiten ist eine weitere Temperaturerhöhung um 1,3 bis 1,5 °C für den Zeitraum 2021 - 2050 zu erwarten.

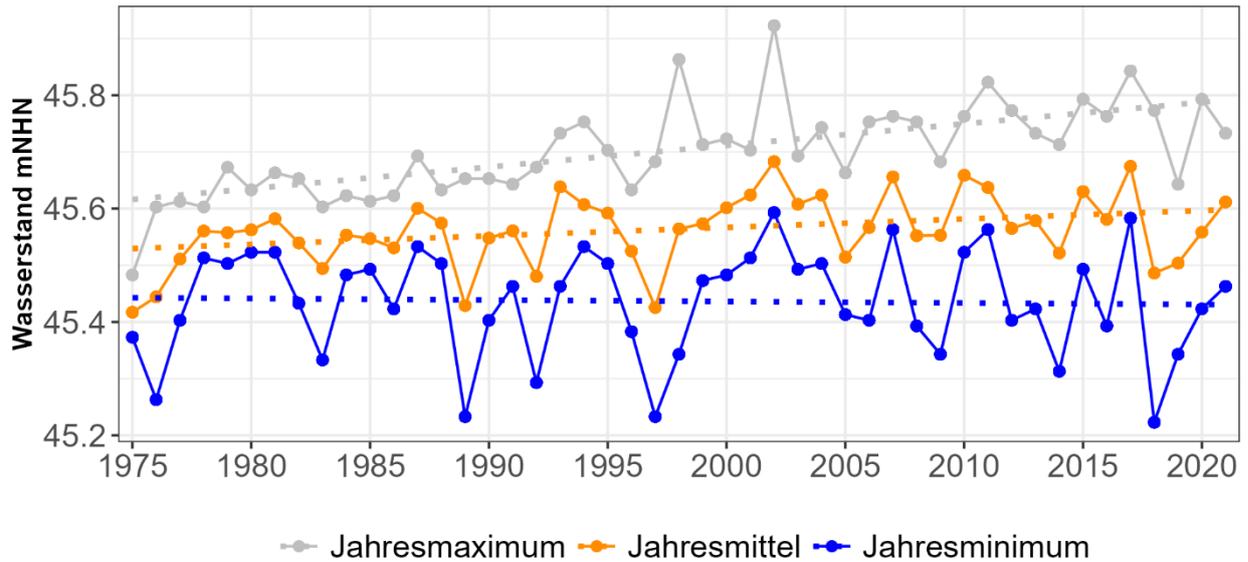
Hinsichtlich der Niederschläge wurden im Klimareport M-V (DWD 2018) für den kurzfristigen Planungshorizont (2021 – 2050) keine deutlichen Änderungen prognostiziert, wobei jedoch tendenziell eine Verschiebung in der jahreszeitlichen Verteilung erwarten wird. Entgegen der Prognose einer Zunahme der Niederschlagsmengen im Frühjahr war der Zeitraum 1991 – 2020 jedoch geprägt von Frühjahrstrockenheit und höheren Niederschlagsmengen in den Sommermonaten. Unter Beibehaltung der für den kurzfristigen Planungshorizont (2021 – 2050) prognostizierten Niederschlagsmengen ergibt sich im Vergleich zum **IST-Zustand** eine deutliche Zunahme der Niederschlagsmengen im Frühjahr (+15 %) und eine Abnahme der sommerlichen Niederschläge (-9 %), während die Niederschlagsmengen im Herbst und Winter weitestgehend unverändert bleiben.

#### 5.1.2 Wasserstände im Dümmer See

Anhand von Trendanalysen der Pegeldata des Dümmer Sees sollen die potenziell bereits heute feststellbaren Einflüsse der Klimaveränderungen analysiert werden. Dazu wurden Wasserstandsdaten des Pegels Dümmer (59803.0 – Dümmer See) von 1975 – 2021 untersucht. Ausgewertet wurden mittlere, maximale und minimale Wasserstände (Abbildung 5-1) und mittlere jahreszeitliche Wasserstände (Abbildung 5-2) des Dümmer Sees für den vorliegenden Zeitraum.

Abbildung 5-1 zeigt, dass die Jahresmittelwerte der Wasserstände des Dümmer Sees in den letzten Jahrzehnten leicht angestiegen sind. Die Anstiegsrate betrug hierbei ca. 2 mm im Jahr. Einen stärkeren Zuwachs verzeichnete das mittlere Hochwasser des Sees, bei dem die Anstiegsrate im Untersuchungszeitraum ca. 4 mm im Jahr betrug. Die jährlichen Niedrigwasserstände weisen hingegen keinen eindeutigen Trend auf und sind etwa konstant geblieben. Insgesamt hat sich somit der mittlere jährliche Schwankungsbereich der Wasserstände von ursprünglich 0,18 m auf 0,38 m mehr als verdoppelt.

Im jahreszeitlichen Vergleich zeigt sich ein besonders deutlicher Anstieg der Wasserstände im Dümmer See im Winter und Frühjahr (Abbildung 5-2). Für den Herbst geben die Messwerte hingegen einen sehr leichten Rückgang der Wasserstände wieder.



**Abbildung 5-1: Kalenderjahrbezogene maximale, mittlere und minimale Wasserstände des Dümmer Sees 1975 – 2021**

Entgegen der Erwartung ergibt sich aus der Trendanalyse der Wasserstände des Dümmer See bisher noch keine negative Entwicklung. Die Zunahme der Maximalwerte und das verstärkte Schwankungsverhalten der Wasserstände über das Jahr deuten darauf hin, dass die winterlichen Abflüsse verstärkt im See zurückgehalten und dadurch die sommerlichen Niedrigwasserstände stabilisiert werden. Durch Steuerung der Wasserstände am Ablauf konnten so die klimatisch bedingt höheren Seeverdunstungen in Folge von Temperaturerhöhungen sowie Verringerung der Zuflussmengen (insbesondere in den Sommermonaten) ausgeglichen werden (pers. Kommunikation WBV „Schweriner See/Obere Sude“).

Weitere konkrete Maßnahmen im Seeumfeld, z.B. Änderung der Landnutzung im Rahmen der Wiedervereinigung oder Änderung von Entnahmemengen, welche ebenfalls Einfluss auf das Schwankungsverhalten der Wasserstände im Dümmer See haben könnten, sind nicht bekannt.

Die Auswertung der Entwicklung der Abflussmengen in der Sude zeigt, dass die Abflüsse im Jahresmittel leicht fallen. Dies ist in der Oberen Sude (Pegel Radelübbe) besonders auf einen Rückgang der Abflussmengen im Winter und Frühjahr zurückzuführen. Hier scheint sich der Rückhalt im See verstärkt auszuwirken. Die sommerlichen Minimalabflüsse können durch die Speicherwirkung des Dümmer See hingegen stabilisiert werden. Auch die Grundwasserstände in den relevanten Grundwasserkörper zeigen leicht sinkende Trends.

Die Ausführlich in der MBS und Zukunftsstudie Obere Sude dargestellten Ergebnisse der Trendanalysen deuten darauf hin, dass es vermutlich in Folge bereits stattfindender klimatischer Veränderungen, zu beobachtbaren Veränderungen des Abflussgeschehens und der Wasserverfügbarkeit kommt. Zudem führt die verstärkte Verdunstung in Folge der bisher gemessenen Temperaturerhöhung zu höheren Wasserverlusten im Einzugsgebiet und auf der Seefläche und somit zu sinkenden Grund- und Seewasserspiegeln. Im See können diese Verluste durch die winterlichen Niederschläge und den Grundwasserzustrom ausgeglichen werden. Dies resultiert jedoch in höheren Wasserstandsschwankungen über das Jahr.

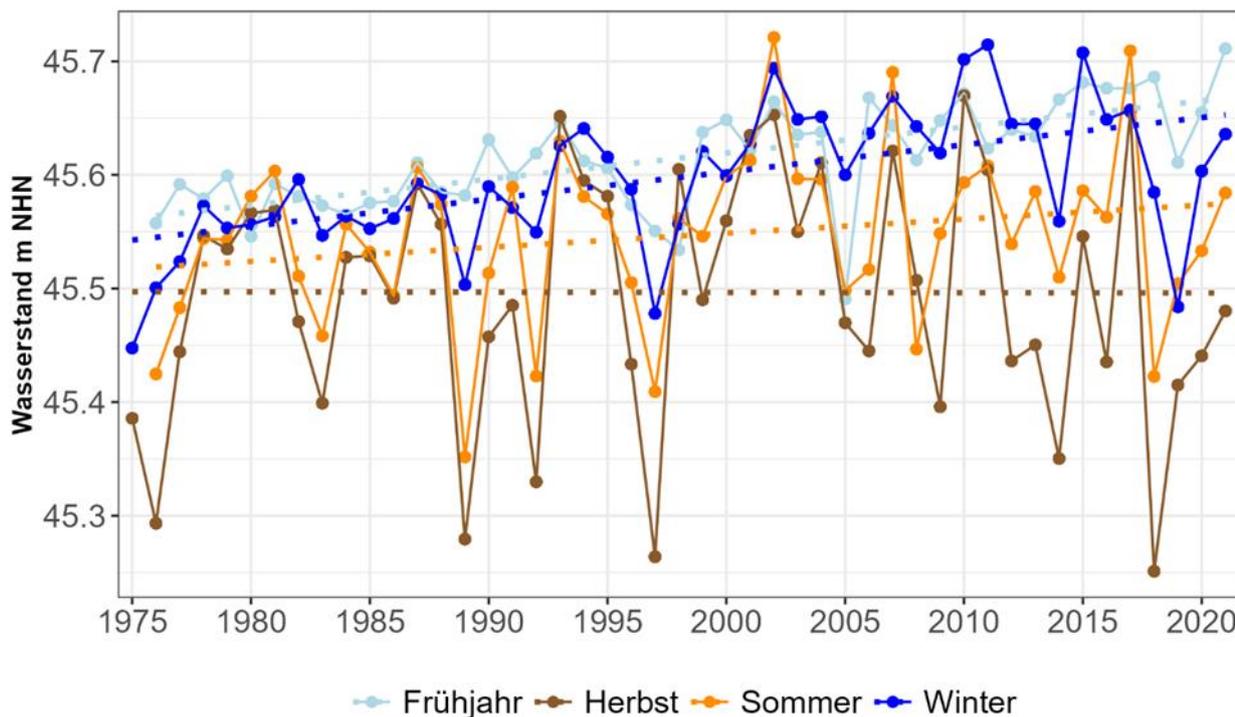


Abbildung 5-2: Mittlere jahreszeitliche Wasserstände des Dümmer Sees 1975 – 2021

### 5.1.3 Oberirdisches Einzugsgebiet

Die Wasserhaushaltsmodellierung wurde im Rahmen der MBS und Zukunftsstudie Obere Sude für den **IST-** (1991 – 2020) und **PROGNOSE-Zustand** (2021-2050, RCP 8.5) für das oberirdische und unterirdische Einzugsgebiet abzüglich der Seefläche als auch nur für die Seefläche durchgeführt.

Die kumulierte Gebietswasserbilanz des oberirdischen Einzugsgebiets für den **PROGNOSE-Zustand** ist in Tabelle 5-1 dargestellt. Gegenüber dem **IST-Zustand** (Kap. 4.2.1) lassen sich für die Jahresmittelwerte keine wesentlichen Veränderungen feststellen.

Tabelle 5-1: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den **PROGNOSE-Zustand** (2021 – 2050, RCP8.5) im Vergleich zum **IST-Zustand** und das untersuchte oberirdische Einzugsgebiet des Dümmer Sees abzüglich der Seefläche (Flächengröße ca. 23 km<sup>2</sup>); langjährige, mittlere Jahreswerte (Gebietswasserbilanz)

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung (Anteil an P)	+	Direktabfluss (Anteil an P)	+	Grundwasserneubildung (Anteil an P)
P	=	ET	+	R <sub>Direkt</sub>	+	R <sub>GW</sub>
717 mm	=	501 mm (70 %)	+	57 mm (8 %)	+	160 mm (22 %)
726 mm	=	504 mm (70 %)	+	58 mm (8 %)	+	163 mm (22 %)
521 l s <sup>-1</sup>	=	364 l s <sup>-1</sup>	+	41 l s <sup>-1</sup>	+	116 l s <sup>-1</sup>
528 l s <sup>-1</sup>	=	367 l s <sup>-1</sup>	+	42 l s <sup>-1</sup>	+	119 l s <sup>-1</sup>

Die Tabelle 5-2 fasst die Bilanzierungsergebnisse nach meteorologischen Jahreszeiten zusammen. Die Verdunstung ist mit im Mittel  $649 \text{ l s}^{-1}$  in den Sommermonaten erwartungsgemäß am höchsten. Der Gesamtabfluss teilt sich im Sommer auf in  $6 \text{ l s}^{-1}$  Direktabfluss und  $12 \text{ l s}^{-1}$  Grundwasserneubildung. Es findet der Prognose nach somit auch hier eine Verschiebung der Defizite weiter vom Frühling hinein in den Sommer und Herbst statt.

**Tabelle 5-2: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den PROGNOSE-Zustand (2021 – 2050, RCP8.5) im Vergleich zum IST-Zustand und das untersuchte oberirdische Einzugsgebiet des Dümmer Sees abzüglich der Seefläche (Flächengröße ca.  $23 \text{ km}^2$ ); langjährige, mittlere Werte; bilanziert für die meteorologischen Jahreszeiten**

JZ	Niederschlag (korr.)	Reale Verdunstung	Direktabfluss	GWN
	P	ET	R <sub>Direkt</sub>	R <sub>GW</sub>
Winter	180 mm	33 mm	28 mm	102 mm
	182 mm	34 mm	28 mm	102 mm
	529 $\text{l s}^{-1}$	97 $\text{l s}^{-1}$	81 $\text{l s}^{-1}$	300 $\text{l s}^{-1}$
	534 $\text{l s}^{-1}$	100 $\text{l s}^{-1}$	81 $\text{l s}^{-1}$	299 $\text{l s}^{-1}$
Frühling	145 mm	134 mm	14 mm	15 mm
	167 mm	149 mm	16 mm	21 mm
	418 $\text{l s}^{-1}$	388 $\text{l s}^{-1}$	39 $\text{l s}^{-1}$	42 $\text{l s}^{-1}$
	483 $\text{l s}^{-1}$	431 $\text{l s}^{-1}$	46 $\text{l s}^{-1}$	61 $\text{l s}^{-1}$
Sommer	221 mm	239 mm	3 mm	5 mm
	202 mm	225 mm	2 mm	4 mm
	638 $\text{l s}^{-1}$	689 $\text{l s}^{-1}$	7,7 $\text{l s}^{-1}$	16 $\text{l s}^{-1}$
	584 $\text{l s}^{-1}$	649 $\text{l s}^{-1}$	6,0 $\text{l s}^{-1}$	12 $\text{l s}^{-1}$
Herbst	171 mm	95 mm	13 mm	37 mm
	175 mm	97 mm	12 mm	36 mm
	499 $\text{l s}^{-1}$	276 $\text{l s}^{-1}$	37 $\text{l s}^{-1}$	109 $\text{l s}^{-1}$
	510 $\text{l s}^{-1}$	282 $\text{l s}^{-1}$	36 $\text{l s}^{-1}$	105 $\text{l s}^{-1}$

Anmerkung: JZ = Jahreszeit, Winter (Dez., Jan., Feb.), Frühjahr (Mrz, Apr, Mai), Sommer (Juni, Juli, Aug.), Herbst (Sept., Okt., Nov.)

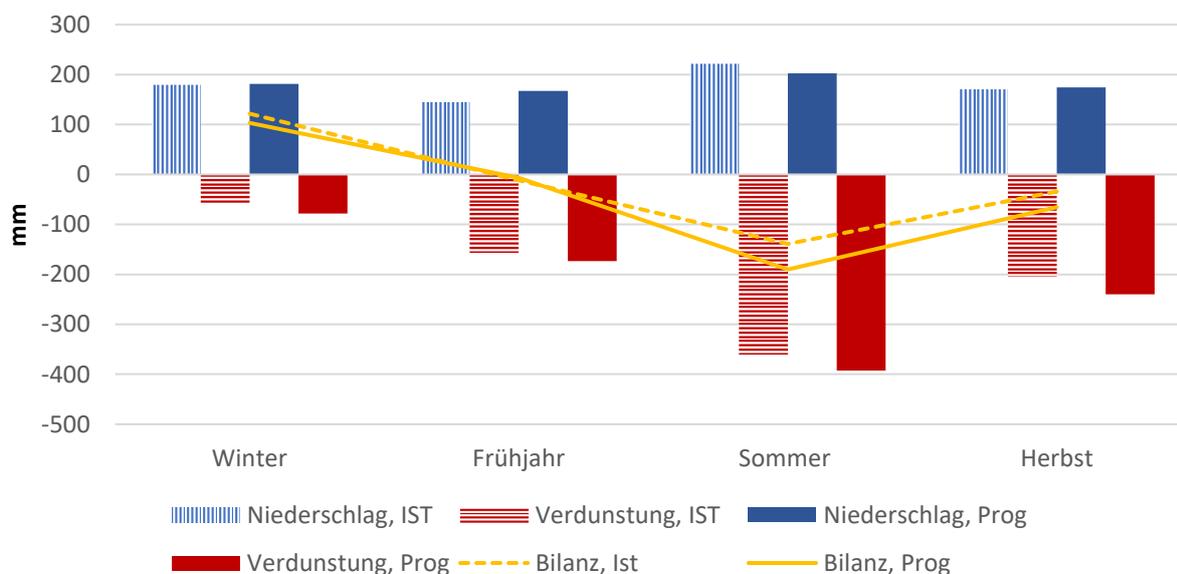
#### 5.1.4 Dümmer See (freie Wasserfläche)

Im langjährigen IST-Zustand (1991-2020) resultiert aus den Berechnungen nach dem aerodynamischen Dalton-Verfahren ein jährliches Defizit von ca.  $3 \text{ l s}^{-1}$ , sodass insgesamt ein Verdunstungsüberschuss gegenüber dem Niederschlag vorliegt (Abbildung 5-4). Demgegenüber steht für den PROGNOSE-Zustand ein jährliches Defizit (nach RCP 8.5) von ca.  $8 \text{ l s}^{-1}$ , bei dem die Verdunstung etwa 20 % über der korrigierten Niederschlagssumme liegt (Tabelle 5-3). Es ist somit zukünftig mit einer weiteren Zunahme der See-Verdunstungsraten im Zuge klimatischer Veränderungen zu rechnen.

**Tabelle 5-3: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den PROGNOSE-Zustand (2021 – 2050, RCP8.5) im Vergleich zum und die freie Wasserfläche des Dümmer Sees (Flächengröße ca. 1,65 km²); langjährige, mittlere Jahreswerte (Gebietswasserbilanz)**

Niederschlag (korr.)	=	Reale Verdunstung (Anteil an P)	+	Gesamtabfluss (Anteil an P)
<b>P</b>	=	<b>ET</b>	+	<b>R<sub>ges</sub></b>
717 mm	=	780 mm (109 %)	+	-63 mm (-9 %)
725 mm	=	884 mm (122 %)	+	-159 mm (-22 %)
37 l s <sup>-1</sup>	=	40 l s <sup>-1</sup>	+	-3,3 l s <sup>-1</sup>
38 l s <sup>-1</sup>	=	46 l s <sup>-1</sup>	+	-8,2 l s <sup>-1</sup>

Der jahreszeitliche Vergleich der Niederschlagshöhen und Verdunstungsraten zeigt, dass sich die klimatischen Veränderungen unterschiedlich auf die saisonalen Muster auswirken (Abbildung 5-3). So ist mit einer Zunahme der Niederschlagshöhen in allen Jahreszeiten bis auf den Sommer zu rechnen. Bezüglich der Verdunstungsraten wird ersichtlich, dass diese sich in allen Jahreszeiten deutlich erhöhen, sodass sich das jährliche Defizit, wie oben bereits beschrieben, weiter in Richtung Verdunstungsüberschuss schieben wird.



**Abbildung 5-3: Jahreszeitliche Bilanzsummen für die Niederschlagshöhen und Verdunstungsraten für den langjährigen IST-Zustand (1991-2020) und den Prognose-Zustand (2021-2050, nach RCP 8.5) für die See- fläche des Dümmer Sees**

Die Tabelle 5-4 fasst die Bilanzierungsergebnisse nach meteorologischen Jahreszeiten zusammen. Die Verdunstung ist mit im Mittel 81 l s<sup>-1</sup> (+7 l s<sup>-1</sup> gegenüber dem IST-Zustand) in den Sommermonaten erwartungsgemäß am höchsten. Der Überschuss gegenüber dem Niederschlag beträgt hier etwa 39 l s<sup>-1</sup> (R<sub>ges, so</sub> = -39 l s<sup>-1</sup>). In den Wintermonaten füllt sich der Speicherraum allein durch den Überschuss an Niederschlag über dem See mit durchschnittlich 22 l s<sup>-1</sup> (R<sub>ges, wi</sub>, -4 l s<sup>-1</sup> gegenüber dem IST-Zustand) oder aber dieser kommt (anteilig), abhängig von weiteren Zuflüssen und der Steuerung am Ablaufbauwerk, zum Abfluss.

Tabelle 5-4: Berechnete Wasserhaushaltskomponenten für den **PROGNOSE-Zustand** (2021 – 2050, RCP8.5) im Vergleich zum **IST-Zustand** und die freie Wasserfläche des Dümmer Sees (Flächengröße ca. 1,65 km<sup>2</sup>); langjährige, mittlere Werte; bilanziert für die meteorologischen Jahreszeiten

JZ	Niederschlag (korr.)	Reale Verdunstung	Gesamtabfluss
	P	ET	R <sub>ges</sub>
Winter	179 mm	58 mm	122 mm
	181 mm	78 mm	103 mm
	38 l s <sup>-1</sup>	12 l s <sup>-1</sup>	26 l s <sup>-1</sup>
	38 l s <sup>-1</sup>	16 l s <sup>-1</sup>	22 l s <sup>-1</sup>
Frühling	145 mm	157 mm	-12 mm
	167 mm	174 mm	-6 mm
	30 l s <sup>-1</sup>	32 l s <sup>-1</sup>	-2,4 l s <sup>-1</sup>
	34 l s <sup>-1</sup>	36 l s <sup>-1</sup>	-1,3 l s <sup>-1</sup>
Sommer	222 mm	361 mm	-139 mm
	203 mm	393 mm	-190 mm
	46 l s <sup>-1</sup>	74 l s <sup>-1</sup>	-29 l s <sup>-1</sup>
	42 l s <sup>-1</sup>	81 l s <sup>-1</sup>	-39 l s <sup>-1</sup>
Herbst	171 mm	205 mm	-34 mm
	174 mm	240 mm	-66 mm
	36 l s <sup>-1</sup>	43 l s <sup>-1</sup>	-7,1 l s <sup>-1</sup>
	36 l s <sup>-1</sup>	50 l s <sup>-1</sup>	-14 l s <sup>-1</sup>

Anmerkung: JZ = Jahreszeit, Winter (Dez., Jan., Feb.), Frühjahr (Mrz, Apr, Mai), Sommer (Juni, Juli, Aug.), Herbst (Sept., Okt., Nov.)

### 5.1.5 Wasserhaushaltsbilanz

Die Wasserhaushaltsbilanz für den Dümmer im **PROGNOSE-Zustand** ist zusammenfassend in Tabelle 5-5 und Abbildung 5-4 dargestellt. Da sich für die Entwicklung der Niederschlagsmengen im Jahresmittel wenig Änderungen erwarten lassen, kann auch für den See im Wesentlichen davon ausgegangen werden, dass sich die Zuflüsse aus dem oberirdischen und unterirdischen Einzugsgebiet nur geringfügig verändern. In Folge der zu erwartenden Temperaturerhöhung kommt es jedoch zu verstärkten Verdunstungsverlusten und einem stärker ausgeprägten Defizit über der Seefläche, was in einem leicht verringerten Abfluss aus dem See in die Sude resultiert.

Auf Basis der im **PROGNOSE-Zustand** zu erwarteten jahreszeitlichen Verschiebungen der Niederschläge und resultierenden Abflüsse aus dem EZG kann eine Fortsetzung der bereits beobachteten Trends der Wasserstände im Dümmer See angenommen werden, d.h. es kommt zu einer weiteren Zunahme der Schwankungsbreiten der Wasserstände im Dümmer See. Da die Maximalwasserstände und damit die Speichermöglichkeiten auf Grund der Topografie, potenziellen Flächenbetroffenheiten und baulichen Restriktionen begrenzt sind, kann langfristig eine signifikante Verringerung der Minimalwasserstände nicht ausgeschlossen werden.

Tabelle 5-5: Übersicht der Wasserhaushaltsgrößen der Einzugsgebiete und der Seefläche, die für den Wasserhaushalt des Dümmer Sees relevant sind (fett markiert, in  $l\ s^{-1}$ ). Die Modellierung erfolgte für den **PROGNOSE-** (2021 – 2050) und langjährigen **IST-Zustand** (1991 – 2020, nach BAGLUVA)

Haushaltskomponente	Oberirdisches EZG	Unterirdisches EZG	Seefläche
Niederschlag	521	678	37
	<b>528</b>	<b>687</b>	<b>38</b>
Verdunstung	364	475	40
	<b>367</b>	<b>479</b>	<b>46</b>
Direktabfluss (= oberflächlicher Zufluss)	41	58	-
	<b>42</b>	<b>59</b>	-
Grundwasserneubildung (= unterirdischer Zufluss)	116	145	-
	<b>119</b>	<b>149</b>	-

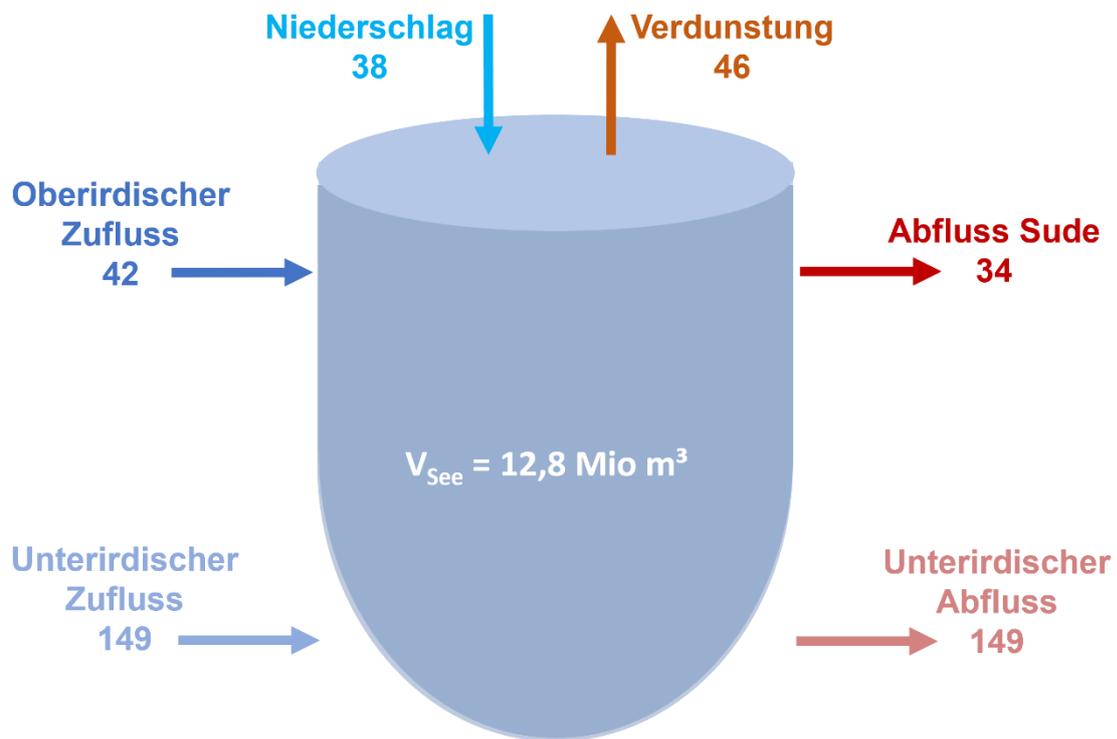


Abbildung 5-4: Jährliche Bilanzsummen der Wasserhaushaltskomponenten für den **PROGNOSE-Zustand** nach RCP 8.5 (2021-2050) für den Dümmer See

## 5.2 Phosphorhaushalt

Zur abschließenden Einschätzung der zukünftigen Entwicklung des P-Haushalts im Dümmer See wird in diesem Kapitel argumentativ ausgearbeitet, welche potenziellen Auswirkungen die prognostizierten Veränderungen des Wasserhaushalts auf den trophischen Zustand des Sees haben können.

Im Hinblick auf die Trophieparameter Chlorophyll-a, Sichttiefe und TP ist im langjährigen Vergleich erkennbar, dass für keinen der Parameter ein eindeutiger Trend hin zu einer Verbesserung des Zustands vorliegt (Abbildung 3-9). Die Grenzwerte zum Erreichen des guten ökologischen Zustands werden verfehlt. Wie bereits in Kap. 4.3.3 erläutert, findet im See offenbar eine effektive P-Sedimentation statt. Dennoch werden die TP-Grenzwerte nicht erreicht, da die Nährstoffeinträge noch immer zu hoch sind.

Die modellierten Veränderungen des Wasserhaushalts werden den trophischen Zustand des Dümmer Sees höchstwahrscheinlich nicht verbessern, sondern potenziell verschlechtern. Wie in Kap. 5.1.5 beschrieben wird sich die Wasserhaushaltsbilanz des oberirdischen Einzugsgebiets und der Seefläche im Winter in Richtung eines Niederschlagsüberschusses und im Sommer und Herbst in Richtung eines Verdunstungsüberschusses verschieben. Erhöhte Niederschläge im Winter führen zu höheren Abflussmengen im Einzugsgebiet und dadurch zu höheren Nährstoffeinträgen in den See. Durch Starkregenereignisse kann es verstärkt zu Erosion und Sedimenteintrag kommen. Eine Verringerung der Abflüsse, wie im Jahr 2022/2023 beobachtet führt hingegen zu einer Reduzierung der Stoffeinträge. Durch eine Verlängerung der Aufenthaltszeit im See ist dadurch nicht zwingend auch eine Reduktion der TP-Konzentrationen zu erwarten.

Durch grundsätzlich steigende Lufttemperaturen kann auch mit steigenden Wassertemperaturen gerechnet werden. Die Zunahme der Wasserhaushaltsdefizite (Verdunstungsüberschuss) vor allem im Sommer und Herbst werden zu verringerten Abflüssen in der oberen Sude und demnach auch in den Dümmer See führen. Dadurch können höhere TP-Konzentrationen in den Gewässern auftreten.

Erhöhte Wassertemperaturen und TP-Konzentrationen werden sehr wahrscheinlich auch zu einer Erhöhung der mikrobiellen Stoffumsätze führen und begünstigen das Wachstum des Phytoplanktons. Es können verstärkte Phytoplanktonblüten und verringerte Sichttiefen auftreten. Die Zunahme des Phytoplanktonwachstums würde eine erhöhte Nährstoffzehrung, insbesondere auch für Stickstoffkomponenten zur Folge haben, sodass mit einer verstärkten Stickstofflimitierung in den Sommermonaten zu rechnen ist. Diese Limitierung könnte das Vorkommen von Blaualgenblüten begünstigen, da diese aufgrund ihrer Fähigkeit, Luftstickstoff ( $N_2$ ) zu binden, in Zeiten der Stickstofflimitierung nicht von im Wasser verfügbaren Stickstoffformen abhängig sind und somit einen Wachstumsvorteil haben.

Eine weitere Folge von geringeren Zuflüssen und steigenden Wassertemperaturen im Sommer und Herbst kann die Verlängerung der Schichtungsphase des Sees sein. Eine längere stabile Schichtung würde den Zeitraum des Sauerstoffmangels im Hypolimnion verlängern und somit die P-Freisetzung aus dem Sediment begünstigen. Diese Freisetzung könnte wiederum erneut einen negativen Einfluss auf den trophischen Zustand des Sees haben, sobald der freigesetzte Phosphor durch Durchmischung in die oberen, phototroph aktiven Schichten gelangt.

Die Auswertung des Schwankungsverhaltens der jährlichen Wasserstände zeigte, dass sich die Schwankungsbreite in den letzten Jahrzehnten mehr als verdoppelt hat. Dieser Trend wird sich vermutlich in den nächsten Jahren fortsetzen, wenn keine zuverlässige Regelung der Wasserstände im Dümmer See erfolgt. Da die Maximalwasserstände hinsichtlich der Topografie des Sees beschränkt sind ist auch ein deutliches Absinken der Minimalwasserstände zu befürchten. Dies kann dazu führen, dass ufernahe, wasserabhängige Landökosysteme wie die im Einzugsgebiet weit verbreiteten Niedermoore in ihrer natürlichen Funktion als Nährstoffrückhalteraum gestört werden. Es wurde bereits vielfach gezeigt, dass ständig wechselnde Bedingungen zu erhöhten Umsätzen und vor allem auch Nährstoffanreicherungen führen können. So werden in häufig trockenfallenden Böden durch erhöhte Umsatzraten Nährstoffe angereichert, die bei der

nächsten Überschwemmungsphase ausgewaschen werden können. Es kann daher mit einer Zunahme der randlichen Nährstoffeinträge gerechnet werden.

Im Rahmen der Makrozoobenthos-Bewertung wurde das Massenaufreten der Dreikantmuschel (Quagga-Muschel, *Dreissena polymorpha* und *Dreissena rostriformis*) im Dümmer See festgestellt. Diese Art gilt als invasiv und wurde in Deutschland erstmals 2004 im Rhein nachgewiesen. Trotz dieses Status könnte diese Muschelart einen positiven Effekt auf den ökologischen Zustand des Dümmer Sees haben. Im Rahmen einer Untersuchung der Ratzeburger Seen konnte festgestellt werden, dass ein direkter zeitlicher Zusammenhang zwischen einer erheblichen Verbesserung der Trophieparameter und dem Massenaufreten der Dreikantmuschel vorlag. Diese Art scheint daher in der Lage zu sein, durch Filtrationsraten die Trübung eines Sees deutlich zu verringern und die Sichttiefen zu verbessern. Dadurch könnte die Ansiedlung von Makrophyten grundsätzlich begünstigt werden. Allerdings belegen große Muschelbänke für Makrophyten geeignetes Substrat und verdrängen einheimische und gewässertypspezifische Makrozoobenthosarten.

## 6 Synthese und Maßnahmenentwicklung (AP10\_23, AP10\_25, AP10\_26)

### 6.1 Zielstellung

Der Dümmer See verfehlt gegenwärtig das Bewirtschaftungsziel „guter ökologischer Zustand“. Aufgrund einer mäßigen Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten wird der ökologische Zustand gegenwärtig mit mäßig bewertet. Die Phosphorkonzentrationen im See zeigten in den letzten Jahrzehnten eine positive Entwicklung. In Folge der politischen Umbrüche der 1990er Jahre veränderte sich die intensive Nutzung im Einzugsgebiet und im See selbst und führte zu einer stetigen Abnahme der TP-Konzentrationen im See (vgl. Abbildung 3-9). Die gemäß OGewV für den guten ökologischen Zustand erforderliche Zielkonzentration von maximal  $0,025 \text{ mg l}^{-1}$  wird jedoch nach wie vor verfehlt.

Darüber hinaus reagieren die Trophieparameter Chlorophyll-a und Sichttiefe zum Teil verzögert zur Nährstoffreduktion bzw. werden zusätzlich durch meteorologische Faktoren (Lichtverfügbarkeit, Temperatur) beeinflusst. In der Konsequenz zeigt die Trophie trotz reduzierter Nährstoffkonzentrationen nur eine leichte Verbesserung bzw. Stagnation und die Zieltrophie von mesotroph 1 (Trophie-Index = 2,0) wird nicht erreicht (Abbildung 6-1).

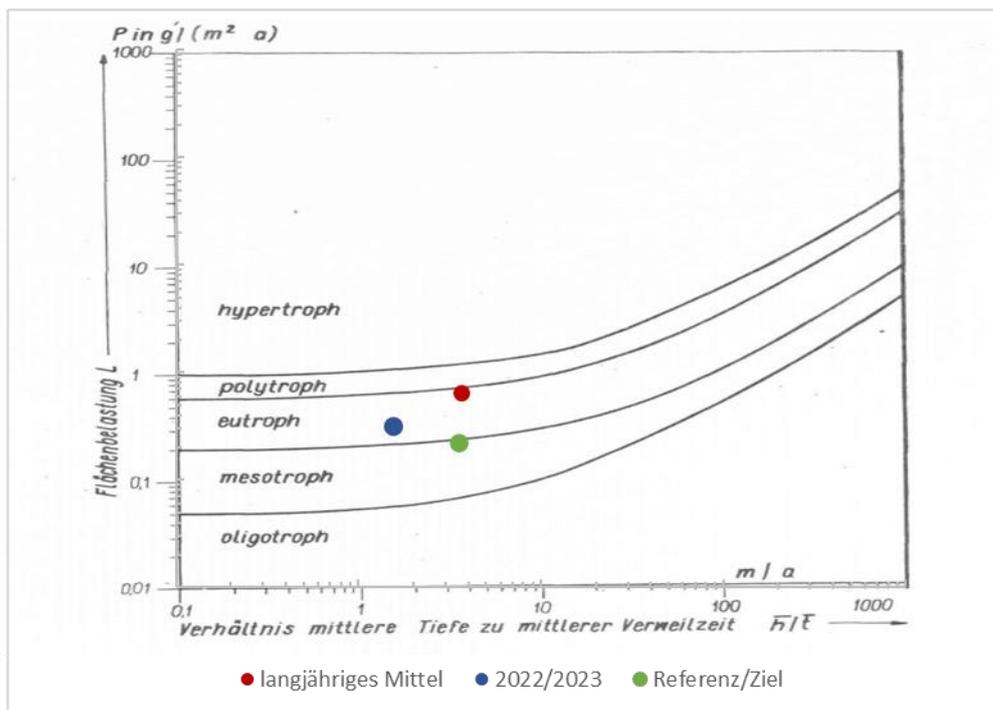


Abbildung 6-1: Darstellung der Trophie für den IST-Zustand im langjährigen Mittel und im Messjahr 2022/2023 sowie den Referenzzustand nach dem Vollenweider-Belastungsmodell (VOLLENWEIDER & KERÉKES 1980)

In dem sehr trockenen Untersuchungsjahr 2022/2023 traten aufgrund der reduzierten Zustrommengen auch deutlich reduzierte TP-Einträge auf. Dies führt im Vergleich zum langjährigen Mittel zu leicht verringerten TP-Konzentrationen im See. Im Vergleich zur letzten Erfassung (2016) sind die TP-Konzentrationen hingegen wieder leicht angestiegen. Das Untersuchungsjahr kann aber hinsichtlich der Zustrommengen nicht als repräsentativ angesehen werden. Im Ergebnis der Klimaprognosen ist mit gleichbleibenden oder leicht ansteigenden Niederschlagsmengen und somit Zuflussmengen zum Dümmer See zu rechnen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die mittleren langjährigen Immissionen ohne Maßnahmenumsetzung im Wesentlichen im kurzfristigen Planungshorizont (2021 – 2050) unverändert bleiben. Vereinfacht lässt sich gemäß dem Vollenweider Belastungsmodell (VOLLENWEIDER & KERÉKES 1980) die

TP-Konzentration eines Sees von der Flächenlast ableiten. Aus der Differenz des langjährigen Mittelwertes zum Zielzustand lässt sich daher überschlägig der Reduzierungsbedarf für die TP-Immissionen ermitteln.

Um die Ziel trophie mesotroph 1 (Trophie-Index: 2,0) mit einer mittleren TP-Konzentration von maximal 0,025 mg l<sup>-1</sup> zu erreichen, darf die entsprechende TP-Flächenlast nach dem Vollenweider-Belastungsmodell maximal 0,2 g m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> betragen, was einer TP-Immission von maximal 369 kg a<sup>-1</sup> entspricht. Der gegenwärtige TP-Eintrag muss daher um ca. 65 % reduziert werden.

**Tabelle 6-1: Reduktionsbedarf hinsichtlich der TP-Immissionen basierend auf dem Vollenweider-Belastungsmodell (VOLLENWEIDER & KERÉKES 1980)**

	Einheit	Ziel	Ist-Zustand	Differenz
Trophie		mesotroph 1	eutroph 1	
Trophie-Index		2,0	2,7	
Mittlere TP-Konzentration	mg l <sup>-1</sup>	0,025	0,063	0,038
TP-Flächenlast	g m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	0,2	0,66	0,64
TP-Immissionen	kg a <sup>-1</sup>	369	1080	711

TP-Immissionen können durch gezielte strategische und technische Maßnahmen reduziert werden. Hierbei sind zunächst Maßnahmen zu bevorzugen welche möglichst quellennah, pfad- und ursachenbezogen ansetzen. Die im Rahmen der 3. Bewirtschaftungsplanung zur Zielerreichung festgelegten Maßnahmen für den Dümmer See sind in Tabelle 6-2 dargestellt. Mit der vorliegenden Studie wird ein detailliertes limnologisches Gutachten vorgelegt, welches im Sinne der Maßnahme 2300200\_M01 die Grundlage für weitere Maßnahmenableitungen bildet.

**Tabelle 6-2: Maßnahmenplanung für den Dümmer See gemäß des 3. Bewirtschaftungsplans**

Maßnahmen-Nummer	Maßnahmen-Code	Maßnahmen-Beschreibung	Status/Zeitraum
2300200_M01	501#Konzeptionelle Maßnahme; Erstellung von Konzeptionen/Studien/Gutachten	Erstellung eines detaillierten limnologischen Gutachtens	geplant/2027
2300200_M_1	501#Konzeptionelle Maßnahme; Erstellung von Konzeptionen/Studien/Gutachten	Untersuchung der Fischpopulation	geplant/2027
2300200_M_4	501#Konzeptionelle Maßnahme; Abstimmung von Maßnahmen in oberliegenden und/oder unterhalb liegenden Wasserkörpern	Anlage von und Ergänzung von Gewässerschutzstreifen entlang der Gewässer im EZG SUDE-0100	geplant/2027
2300200_M_6	501#Konzeptionelle Maßnahme; Abstimmung von Maßnahmen in oberliegenden und/oder unterhalb liegenden Wasserkörpern	Maßnahmen zur Verminderung des Stoffeintrages aus Drainagen in die Gewässer im EZG SUDE-0100	geplant/2027

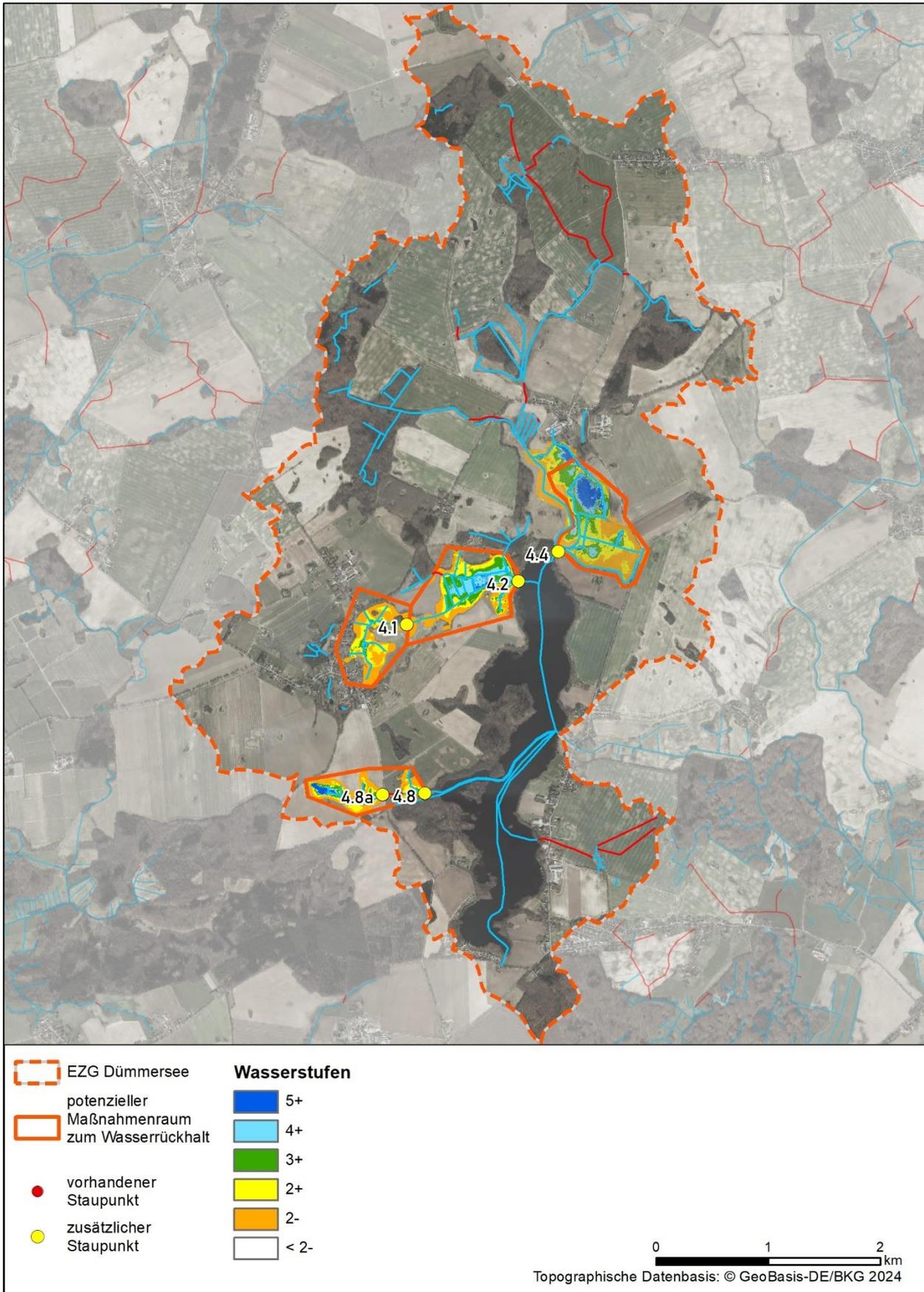
Maßnahmen-Nummer	Maßnahmen-Code	Maßnahmen-Beschreibung	Status/Zeitraum
2300200_M_2	90#Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung infolge Fischerei in stehenden Gewässern	Maßnahme zur Reduzierung der Belastung infolge Fischerei in stehenden Gewässern	geplant/2033
2300200_M_3	28#Anlage von Gewässerschutzstreifen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge	Anlage von und Ergänzung von Gewässerschutzstreifen entlang des Sees	geplant/2033
2300200_M_5	20#Sonstige Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoff- und Feinmaterialeinträge aus der Landwirtschaft	Erosionsmindernde Maßnahmen in der Landwirtschaft z.B. durch Extensivierung oder pfluglose Bodenbearbeitung an stark zum See geneigten Flächen	geplant/2033
2300200_M_00	7#Neubau und Sanierung von Kleinkläranlagen	Neubau oder Erweiterung von Kleinkläranlagen in Dümmer, Perlin	beendet/2009

## 6.2 Maßnahmen zum Wasser- und Nährstoffrückhalt im Einzugsgebiet

Gemäß der für die Konzeptstudie festgelegten Zielstellung waren ergänzend Maßnahmen im Einzugsgebiet zu entwickeln, welche der Optimierung des Landschaftswasserhaushaltes zur Förderung des Wasser- und Nährstoffrückhaltes dienen. Da für die MBS und Zukunftsstudie Obere Sude ebenfalls Maßnahmen zum Wasser- und Nährstoffrückhalt im Einzugsgebiet zu erarbeiten waren, werden diese umfassend im entsprechenden Endbericht (BIOTA 2024) dargestellt. Im Einzugsgebiet der Oberen Sude wurden insgesamt acht zusätzliche Wasserrückhalteräume identifiziert, von denen zwei im Einzugsgebiet des Dümmer Sees liegen. In den ausgewählten Gebieten sollen durch Anpassung der vorhandenen bzw. Neuerrichtung von Stauanlagen die Wasserstände möglichst flächendeckend so weit angehoben werden, dass diese aus Moorschutzsicht zumindest als moorerhaltend (Wasserstufe 4+ oder mehr) angesehen werden können. Hierdurch wird Wasser in der Landschaft zurückgehalten und die Treibhausgas- (THG) Emissionen von entwässerten Moorbodenflächen reduziert. Für den Polder Welzin wurde bereits im Rahmen der Erarbeitung der MBS Obere Sude (Zwischenbericht BIOTA 2022) davon ausgegangen, dass der Schöpfwerksbetrieb eingestellt wird und sich auf den Polderflächen natürliche Wasserstände einstellen (PLAN II).

**Tabelle 6-3: Wasser- und Treibhausgas (THG) -rückhalt der jeweiligen Teilgebiete bei Umsetzung der Staumaßnahmen**

	Zielstauhöhe		Reduzierte Stauhöhe	
	H <sub>2</sub> O Summe in m <sup>3</sup>	Summe THG in t CO <sub>2</sub> eq. h <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O Summe in m <sup>3</sup>	Summe THG in t CO <sub>2</sub> eq. h <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
<b>(1) Brookmoor</b>	169.158	220	103.961	152
<b>(6) Polder Welzin</b>	473.618	395	473.618	395
<b>(8) Vielsee</b>	92.750	58,9	70.461	44,7
<b>Summe</b>	<b>735.526</b>	<b>674</b>	<b>648.040</b>	<b>592</b>



**Abbildung 6-2: Potenzielle Flächen für Wasserrückhalt und resultierende Wasserstufen im PLAN-Zustand im Einzugsgebiet des Dümmer Sees**

Außer ist für den Polder Welzin vorgesehen, die Stauhöhen bei niedrigen Wasserständen in der Sude bzw. im Dümmer See um 10 cm zu reduzieren. Über die Speicherlamelle steht somit im Einzugsgebiet des Dümmer Sees theoretisch ein Speichervolumen von ca. 0,7 Mio. m<sup>3</sup> zur Verfügung. Die jahreszeitlichen Schwankungen der Niederschlagsmengen und Wasserverfügbarkeit könnten dadurch ausgeglichen werden. Durch gezieltes Ablassen von in den niederschlagsreichen Monaten gespeichertem Wasser könnten die sommerlichen Minimalwasserstände im See unter Beibehaltung eines Mindestabflusses in die Sude stabilisiert werden. Bezogen auf die Fläche des Dümmer Sees (1,63 km<sup>2</sup>) entspräche das Speichervolumen einem Wasserstand von ca. 0,4 m. Hierbei sind aber Verdunstungsverluste, sowie das im Bodenspeicher gebundene Wasser nicht berücksichtigt. Im Rahmen der Wasserhaushaltsbilanzierung wurde gezeigt, dass die reale Verdunstung vor Allem Gebiete mit niedrigen GWFA besonders hoch ist. Zudem ist in Folge klimatischer Veränderung mit einer Erhöhung der Verdunstungsraten zu rechnen. Besonders in überdurchschnittlich trockenen Jahren kann so ein Absinken der Minimalwasserstände im Dümmer See nicht ausgeschlossen werden.

Neben dem Wasserrückhalt und dem positiven Effekt auf die Treibhausgasemissionen können auf Überflutungsflächen und Moorgebieten auch Nährstoffe zurückgehalten werden.

In der Literatur findet man für Überflutungsflächen P-Rückhalteraten von 4-8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (TREPEL 2009; HOLSTEN ET AL. 2012). Im Plan-Zustand wird auf ca. 12 ha der Flächen ein Wasserstufe von 4+ oder mehr erreicht, es wäre demnach mit einem Nährstoffrückhalt von 48 – 96 kg a<sup>-1</sup> im Einzugsgebiet zu rechnen. Die im EZG des Dümmer See gelegenen Flächen werden gegenwärtig hauptsächlich als Wiesen und Weiden genutzt. Im Gebiet Vielsee und Brookmoor können randlich auch Ackerflächen von erhöhten Wasserständen betroffen sein. Hier wäre eine Nutzungsänderung hinzu extensivem Grünland oder feuchter Bewirtschaftung (z.B. Nasswiese, Paludi) anzustreben. Ein nennenswerter Nährstoffaustrag durch Wiedervernässung degradierter Moorböden ist bei der gegenwärtig geplanten Anpassung der Wasserstände nicht zu befürchten, da keine großflächigen Überstaubereiche vorgesehen sind. Durch den Bewuchs mit seggen- und binsenreichen Nasswiese kann von einer Steigerung des Sedimentrückhaltes, sowie auch einer zusätzlichen Reduktion des gelösten Phosphateintrages ausgegangen werden (MAUCIERI et al. 2020). Durch regelmäßige Mahd der Wiesen und Entfernen der Biomasse, kann der Phosphor zudem nachhaltig aus dem Gewässersystem entfernt werden.

Dennoch kann durch eine veränderte Stauhaltung im Einzugsgebiet nur ein kleiner Anteil (ca. 6,7 – 13,5 %) des Reduktionsziels erreicht werden.

Auf Grund des großen Anteils des Grundwasserpfads am Wasser- und Nährstoffhaushalt des Dümmer Sees (> 75 %). Mit einer mittleren DRP-Konzentration von 0,18 mg l<sup>-1</sup> wird der Schwellenwert gemäß GrwV von 0,5 mg l<sup>-1</sup> eingehalten. Eine übermäßige Belastung des Grundwassers im Anstrombereich des Sees ist demnach nicht festzustellen. Dennoch kann angenommen werden, dass durch intensive landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet die Nährstoffkonzentrationen im Grundwasser sind. Für den gesamten Grundwasserkörper ST\_SP\_1\_16 wird der chemische Zustand auf Grund diffuser Belastung mit Nährstoffen (Phosphat, Nitrat) als nicht gut eingestuft. Auf die Nährstoffbelastung kann nur sehr langfristig durch Nutzungsextensivierung und Düngereduzierung im Einzugsgebiet Einfluss genommen werden. Im Bewirtschaftungsplan sind zur Zielerreichung für den Grundwasserkörper entsprechend Konzeptionelle Maßnahmen zur Identifizierung der Belastung sowie Informations- und Fortbildungsmaßnahmen vorgesehen. Dies kann sich auch positiv auf die Nährstoffbelastung im See auswirken.

### 6.3 Weitere Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffkonzentration im See

Durch Zwischenspeicherung und Behandlung von Dränagewasser (z.B. Dränteiche) bzw. gänzliche Aufgabe der künstlichen Entwässerung auf landwirtschaftlichen Flächen im Einzugsgebiet können die Nährstoffeinträge über den Oberflächenwasserpfad weiter reduziert werden. Auch die Öffnung von verrohrten Gewässerabschnitten kann die Selbstreinigungsfähigkeit von Fließgewässer verbessern und somit zum Nährstoffrückhalt im Einzugsgebiet beitragen.

Eine gezielte Fällung von gelöstem Phosphat in den oberflächlichen Zuläufen ist eine weitere Möglichkeit den Nährstoffeintrag in den See zu reduzieren. Der Reduzierungsansatz einer solchen Maßnahme ist aber relativ quellenfern („end-of-the-pipe“). Zudem erfordert dies eine technische Lösung mit kontinuierlichem Wartungsaufwand. Angesichts des geringen Anteils des Oberflächenzustroms an den gesamten P-Immissionen sind zudem nur geringe bis kaum messbare Wirkungen für den See zu erwarten.

Begleitend zu Maßnahmen im Einzugsgebiet können seeinterne Maßnahmen, wie z.B.:

- Entschlammung,
- Nährstofffällung oder
- Biomanipulation

zu einer Verbesserung des ökologischen Zustandes des Sees beitragen.

Alle Maßnahmen zielen allerdings lediglich darauf ab, die Auswirkungen der Nährstoffeinträge zu behandeln (Eliminierung) und nicht den Ursprung der Nährstoffproblematik selbst zu beheben (keine Vermeidung). Die Umsetzung seeinterner Maßnahmen ist daher nur unterstützend zu Maßnahmen im Einzugsgebiet zu empfehlen.

## 6.4 Konzeption zur Gestaltung des Auslaufbauwerks

### 6.4.1 Beschreibung des IST-Zustands

Das Überfallwehr am Auslauf des Dümmer Sees (Station 81+515 der Sude) hat eine Schlüsselposition inne. Zum einen regelt es die Wasserstände im Dümmer See zum anderen können damit die Abflüsse im oberen Sudeabschnitt unterhalb des Sees beeinflusst werden. Die derzeitige Konstruktion besteht aus einem Betonwehrkörper mit eingeschobenen Holzbohlen. Die Bohlen wurden während des sehr trockenen Untersuchungszeitraumes nicht überströmt, allerdings traten Spaltverluste von etwa  $5 \text{ l s}^{-1}$  auf (Abbildung 6-3). Der Höhenunterschied zwischen Oberwasser und Unterwasser beträgt bei mittleren Wasserständen etwa 0,45 m. Der Sudeabschnitt direkt unterhalb des Sees verläuft verhältnismäßig tief eingeschnitten (Abbildung 6-4). Folgende Sohlhöhen der Sude wurden im IST-Zustand gemessen:

- Sohle oberhalb des Wehres = 45,05 bis 45,09 m NHN,
- Sohle unterhalb des Wehres = 44,64 m NHN,
- Sohle an der Straßenbrücke etwa 150 m unterhalb des Wehres = 44,91 m NHN

Das Überlaufwehr ist derzeit nicht ökologisch durchgängig. Die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit ist nach dem Prioritätenkonzept des Landes jedoch von untergeordneter Bedeutung. Zwar ist in der Bewirtschaftungsplanung für die Bewirtschaftungsperiode bis 2027 eine Verbesserung der Durchgängigkeit geplant, allerdings wurde dem Wehrstandort keine Priorität eingeräumt (Abbildung 6-5). Die anzusetzenden Bemessungsfische laut Referenz-Fischzönose (Messstelle SUDE\_f\_5) sind Hecht, Quappe und Meerforelle.

In der Machbarkeits- und Zukunftsstudie zur Sude (BIOTA 2024) wurde die mittelfristige Entwicklung der Wasserverfügbarkeit im Dümmer See untersucht. Die wesentlichen Erkenntnisse sind:

- Der mittlere Durchfluss der oberen Sude am Pegel Radelübbe hat im letzten Jahrzehnt deutlich abgenommen. Besonders deutliche Rückgänge sind im Winter ( $-10 \text{ l s}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) und Frühjahr ( $-6 \text{ l s}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) zu verzeichnen. Bezogen auf den Auslauf des Sees gingen die mittleren Abflüsse ebenfalls deutlich zurück ( $MQ_{\text{Jahr}}$  (Zeitreihe 1981/2010):  $149 \text{ l s}^{-1}$ ,  $MQ_{\text{Jahr}}$  (Zeitreihe 2012/2020):  $107 \text{ l s}^{-1}$ ).
- Die Wasserstände im Dümmer See sind von 1975 bis 2020 im Jahresmittel leicht angestiegen. Das durchschnittliche Jahresminimum ist konstant geblieben. Das durchschnittliche Jahresmaximum der Wasserstände ist dagegen deutlich gestiegen. Insgesamt haben die Wasserstandsschwankungen im See deutlich zugenommen.
- Zukünftig ist aufgrund einer zu erwartenden klimawandelbedingten Fortsetzung des Temperaturanstiegs mit einer weiteren Zunahme der Seeverdunstung zu rechnen. Das Wasserdargebot im Einzugsgebiet des Dümmer Sees wird weiter abnehmen.



Abbildung 6-3: Wehr am Auslauf des Dümmer Sees

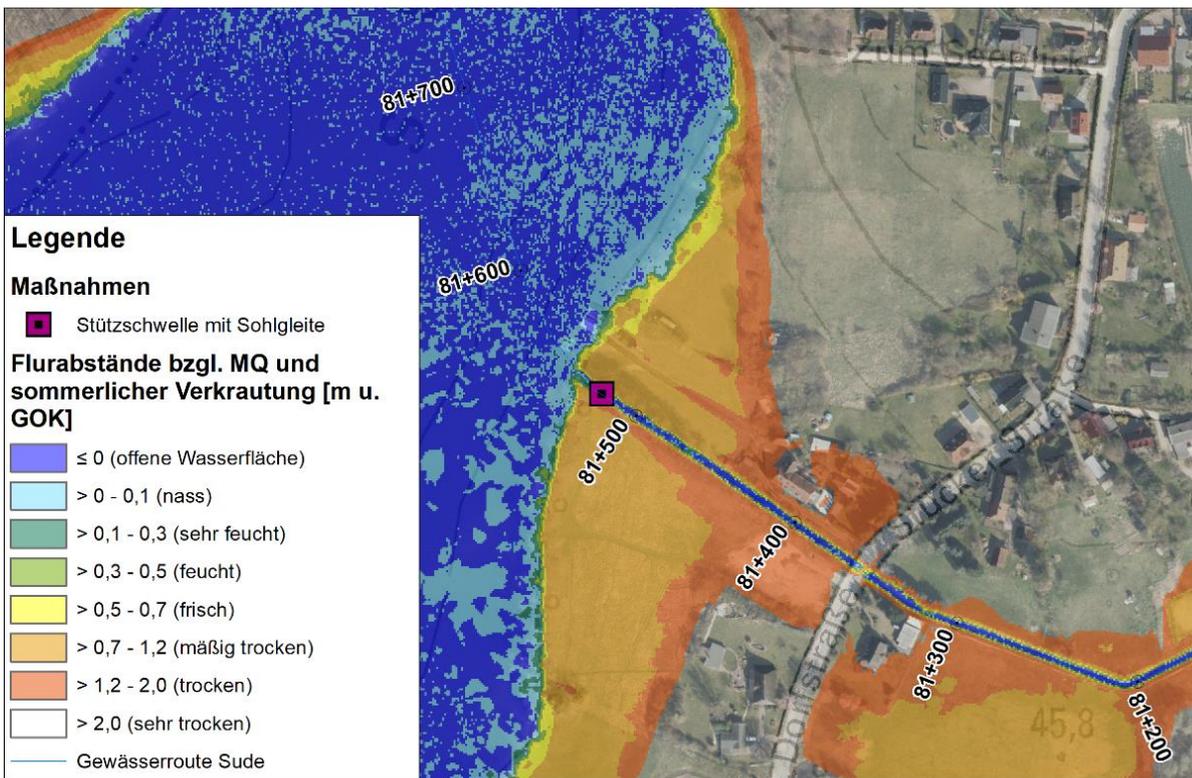


Abbildung 6-4: Lageplan des bestehenden Auslaufwehres mit Grundwasserflurabständen bei MQ

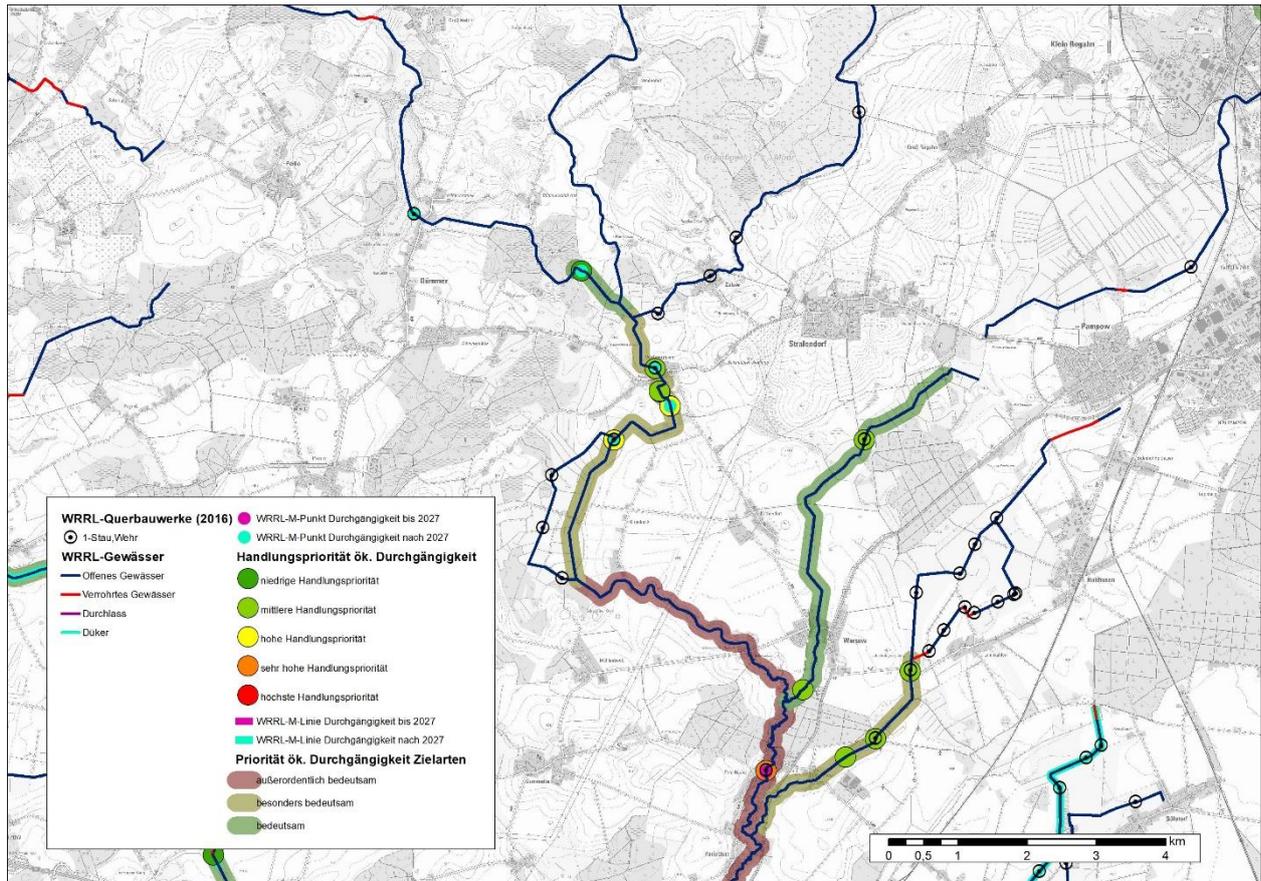


Abbildung 6-5: Anforderungen an die ökologische Durchgängigkeit der oberen Sude (LUNG 2024)

## 6.4.2 Zielstellung für eine Neugestaltung des Auslaufes

Aus den festgestellten Defiziten beim Zustand des Dümmer Sees, der oberen Sude und der zukünftigen Wasserverfügbarkeit ergeben sich folgende Zielstellung für die zukünftige Neugestaltung des Seeauslaufes des Dümmer Sees mit absteigender Rangfolge:

- Ziel 1:** Aufgrund des schlechten Zustandes des vorhandenen Bauwerkes soll eine Neugestaltung des Seeauslaufes geplant und umgesetzt werden.
- Ziel 2:** Die Wasserstände des Dümmer Sees sollen auf dem derzeitigem Zustand (MW 45,6 m NHN) gehalten und Wasserstandschwankungen im See sollen nicht weiter erhöht oder besser reduziert werden.
- Ziel 3:** Ein Mindestabfluss der Sude direkt unterhalb des Sees soll weitestgehend ermöglicht werden.
- Ziel 4:** Die ökologische Durchgängigkeit soll nur bei ausreichender Wasserverfügbarkeit im Herbst und Frühjahr hergestellt werden. In abflussarmen Jahren mit unterdurchschnittlichen Abflüssen kann keine ökologische Durchgängigkeit gewährleistet werden.
- Ziel 5:** Der Aufwand für eine manuelle Steuerung des Auslassbauwerkes sollte niedrig gehalten werden, da dem für die Steuerung verantwortlichen Wasser- und Bodenverband nur geringe personelle Ressourcen zur Verfügung stehen.
- Ziel 6:** Die Höhe der Neubaukosten sollte in einem ausgeglichenen Verhältnis zur wasserwirtschaftlichen Bedeutung des Bauwerkes stehen.

### 6.4.3 Variantenuntersuchung zur Gestaltung des Seeauslaufes

Folgende Varianten wurden im Weiteren hinsichtlich einer Machbarkeit und einer Erreichung der Zielstellung untersucht:

- **Variante 1:** Sanierung oder Neubau eines manuell bedienbaren Wehres
- **Variante 2:** Neubau einer Fischaufstiegsanlage (FAA)
- **Variante 3:** Neubau eines automatisierten Wehres
- **Variante 4:** Neubau einer Sohlgleite

## Variante 1 - Sanierung oder Neubau eines manuell bedienbaren Wehres



Abbildung 6-6: Lageplan Variante 1

### Beschreibung:

- Sanierung oder Neubau eines Überfallwehres (z. B. Holzbohlen- oder Kippwehr) mit Breite 2 m
- Ggf. mit Brücke kombinierbar
- Kostenprognose: 70.000 €

### Potenzielle Zielerreichung:

<b>Ziel 1</b> (Ersatz)	<b>wird erreicht</b>
<b>Ziel 2</b> (Wasserstandstabilisierung Dümmer See)	<b>wird nur teilweise erreicht, da weiter deutlich Hochwasserschwankungen möglich</b>
<b>Ziel 3</b> (Mindestabfluss in der oberen Sude)	<b>wird nicht erreicht, da sommerliches Trockenfallen des Wehres nicht verhindert werden kann</b>
<b>Ziel 4</b> (ökologische Durchgängigkeit)	<b>wird nicht erreicht</b>
<b>Ziel 5</b> (geringer Bewirtschaftungsaufwand)	<b>wird nicht erreicht, da Wehr manuell gesteuert und unterhalten werden muss</b>
<b>Ziel 6</b> (Kosteneffizienz)	<b>wird erreicht</b>

**Variante 2 - Neubau einer Fischaufstiegsanlage (FAA)**



Abbildung 6-7: Lageplan Variante 2

**Beschreibung:**

- Errichtung einer Fischaufstiegsanlage mit 8 Riegeln und 7 Becken
- Wasserspiegeldifferenz der Becken 5 cm
- Bau einer breiten Hochwasserüberfallkante zur Verringerung des HW im Dümmer See
- Regulierbare Stautafel zum Verschluss der FAA bei geringem Wasserdargebot
- Ggf. mit Brücke kombinierbar
- Kostenprognose: 150.000 €

**Potenzielle Zielerreichung:**

Ziel 1 (Ersatz)	wird erreicht
Ziel 2 (Wasserstandstabilisierung Dümmer See)	wird erreicht, da bei NW absperribar und HW-Überfallkante vorhanden
Ziel 3 (Mindestabfluss in der oberen Sude)	wird nicht erreicht, da sommerliches Trockenfallen der FAA nicht verhindert werden kann
Ziel 4 (ökologische Durchgängigkeit)	wird weitestgehend erreicht
Ziel 5 (geringer Bewirtschaftungsaufwand)	wird nicht erreicht, da FAA manuell gesteuert und unterhalten werden muss
Ziel 6 (Kosteneffizienz)	wird aufgrund hoher Baukosten nicht erreicht

### Variante 3 - Neubau eines automatisierten Wehres

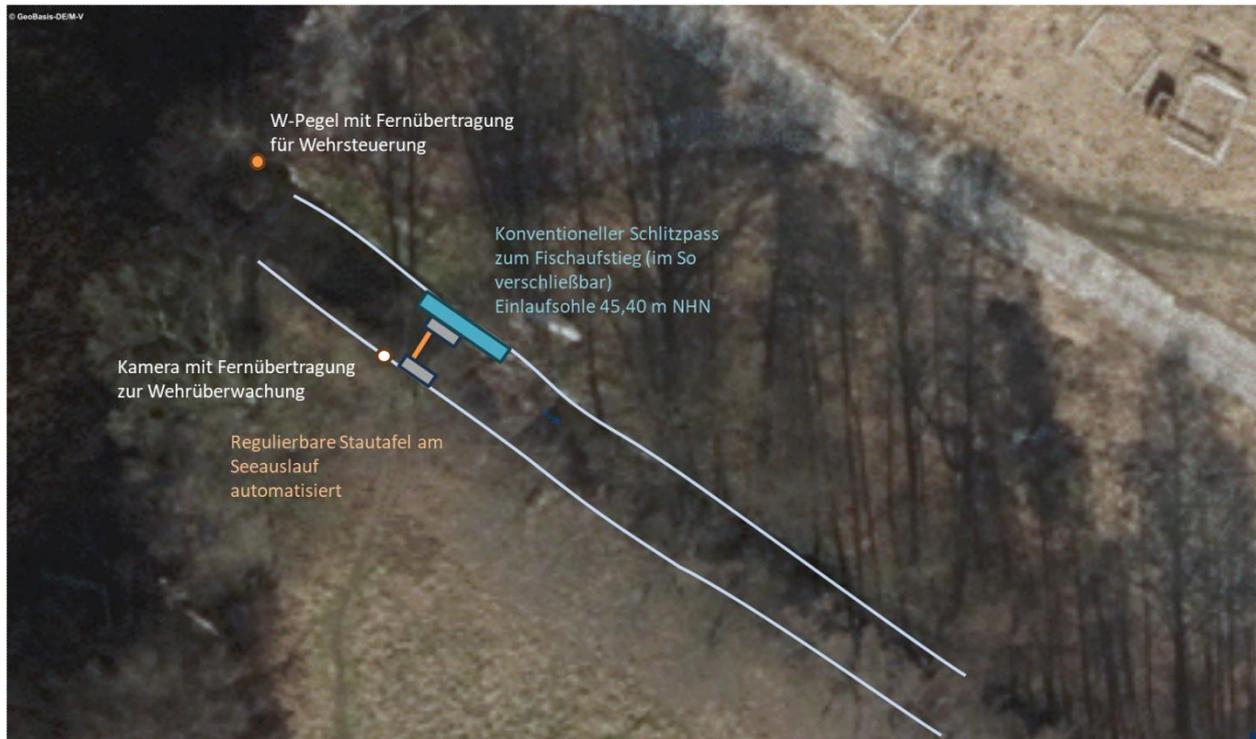


Abbildung 6-8: Lageplan Variante 3

#### Beschreibung:

- Neubau eines automatisierten Wehres mit 2 m breiter Überfallkante
- Optimierung der Wehrsteuerung auf konstante Wasserstände im Dümmer See
- Ggf. Errichtung eines konventionellen Schlitzpasse zur Verbesserung der ök. Durchgängigkeit
- Errichtung eines Wasserstandspegels mit Fernübertragung zur Wehrsteuerung
- Ggf. mit Brücke kombinierbar
- Kostenprognose: 250.000 €

#### Potenzielle Zielerreichung:

Ziel 1 (Ersatz)	wird erreicht
Ziel 2 (Wasserstandstabilisierung Dümmer See)	wird erreicht, da Anlage bei NW absperren und HW-Überfallkante geplant ist
Ziel 3 (Mindestabfluss in der oberen Sude)	wird nicht erreicht, da sommerliches Trockenfallen der FAA nicht verhindert werden kann
Ziel 4 (ökologische Durchgängigkeit)	wird teilweise erreicht, da technische FAA in der Regel weniger effizient als naturnahe FAA sind
Ziel 5 (geringer Bewirtschaftungsaufwand)	wird erreicht, da Wehr nicht manuell gesteuert werden muss
Ziel 6 (Kosteneffizienz)	wird aufgrund sehr hoher Baukosten nicht erreicht

**Variante 4 - Neubau einer Sohlgleite**

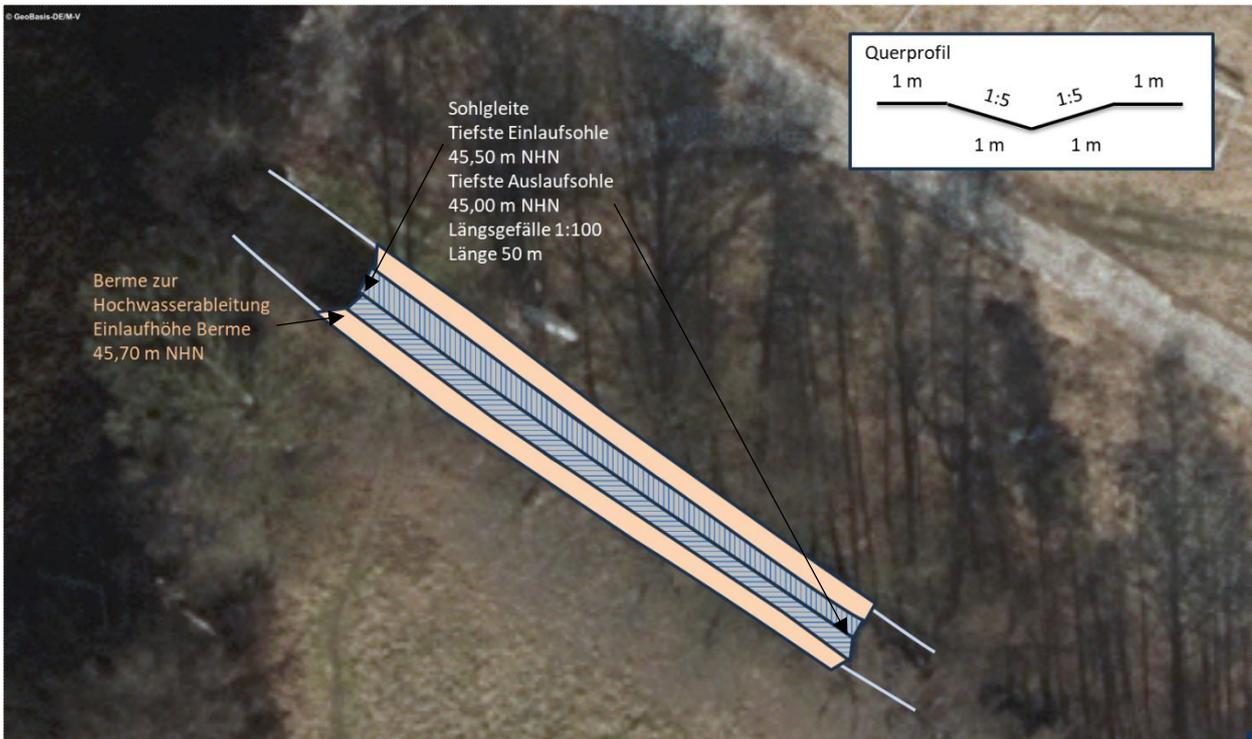


Abbildung 6-9: Lageplan Variante 4

**Beschreibung:**

- Neubau einer Sohlgleite mit Niedrigwassergerinne und Hochwasserberme
- Längsgefälle der Anlage im Mittel 1:100, Ruhezone mit geringerem Gefälle empfehlenswert
- Tiefste Einlaufhöhe der Sohlgleite 45,50 m NHN, Auslaufhöhe bei 45,00 m NHN
- Einlaufhöhe der Hochwasserberme bei 47,70 m NHN
- Ggf. mit Brücke kombinierbar
- Kostenprognose: 100.000 €

**Potenzielle Zielerreichung:**

**Ziel 1** (Ersatz)

**wird erreicht**

**Ziel 2** (Wasserstandstabilisierung Dümmer See)

**wird erreicht, da breite Auslaufkante bei HW und schmale bei NW geplant ist**

**Ziel 3** (Mindestabfluss in der oberen Sude)

**wird teilweise erreicht, da Niedrigwassergerinne bei fallenden Wasserständen im Dümmer See noch lange Abflüsse generiert**

**Ziel 4** (ökologische Durchgängigkeit)

**wird weitestgehend erreicht**

**Ziel 5** (geringer Bewirtschaftungsaufwand)

**wird erreicht, da Anlage nicht manuell gesteuert werden muss**

**Ziel 6** (Kosteneffizienz)

**wird aufgrund der verhältnismäßig geringen Baukosten erreicht**

#### 6.4.4 Vorzugsvariante

Als Vorzugsvariante für ein neues Auslassbauwerk des Dümmer Sees wird der Bau einer **Sohlgleite (Variante 4)** empfohlen. Mit dem Bau dieser Anlage kann im Vergleich zum derzeit vorhandenen Wehr eine geringere Amplitude der Wasserstandsschwankungen im See erreicht werden. Im Vergleich zu den anderen geprüften Varianten können häufiger Mindestabflüsse in der oberen Sude und eine weitestgehende ökologische Durchgängigkeit bei geringem Bewirtschaftungsaufwand und hoher Kosteneffizienz erreicht werden.

## 7 Zusammenfassung – Kurzcharakteristik der Ergebnisse (AP10\_8)

Der Dümmer See ist ein im Sinne der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) berichtspflichtiger, dimiktischer Rinnensee mit einer Seefläche von ca. 1,6 km<sup>2</sup>. Sein oberirdisches Einzugsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 23 km<sup>2</sup>, während das unterirdische Einzugsgebiet eine Ausdehnung von ca. 32 km<sup>2</sup> aufweist. Der derzeitige ökologische Zustand des Dümmer Sees wird als mäßig eingestuft, was auf eine mäßige Bewertung der Makrophytenbestände zurückzuführen ist. Der zu erreichende „gute ökologische Zustand“ wird auch aufgrund von zu hohen TP-Konzentrationen verfehlt, sodass der derzeitige Trophiezustand als eutroph 1 (Referenzzustand: mesotroph 1) angegeben wird.

Ziel der vorliegenden Konzeptstudie ist es, unter Einbeziehung vorhandener Langzeit-Daten sowie in einem eigenen Messprogramm gewonnener Daten den gegenwärtigen ökologischen Zustand zu ermitteln und eine umfassende Wasserhaushalts- und Phosphor-Bilanz für den Dümmer See aufzustellen, um eine Grundlage zur Entwicklung von geeigneten Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustandes zu schaffen.

Zur Ermittlung und Bilanzierung der Ein- und Austragspfade des Wasser- und Phosphorhaushaltes im IST-Zustand wurde ein umfangreiches Messprogramm von April 2022 bis März 2023 durchgeführt. Die Daten des aktuellen Messjahres wurden abschließend mit Langzeitdaten des Zeitraums 1991-2020 (IST-Zustand) verglichen. Das Messprogramm umfasste die

- Untersuchung und Bewertung des trophischen und ökologischen Zustandes nach Vorgaben des Seeprogramms Mecklenburg-Vorpommern,
- Die Bestimmung des Phosphor-Gehaltes im Wasserkörper und
- Sedimentuntersuchungen zur Ermittlung der Phosphor-Rücklösung und Erstellung einer Phosphor-Bilanz.

Eine Einordnung der meteorologischen Bedingungen (Lufttemperatur, Niederschlag) im Messjahr im Vergleich zum langjährigen Mittel zeigte, dass das Messjahr 2022/2023 als deutlich zu warm und zu trocken eingestuft werden kann. Dies spiegelte sich auch in den Zuflussmengen in den Dümmer See wider, die im Messjahr ca. 60 % geringer waren als im langjährigen Mittel.

Der aktuelle trophische Zustand des Sees erreicht den angestrebten Referenzzustand (mesotroph 1, Trophie-Index maximal 2,0) nicht. Alle Saisonmittelwerte der für den Trophie-Index relevanten Parameter (Chlorophyll-a, TP und Sichttiefe) verfehlen den Referenzzustand, sodass gegenwärtig ein Trophie-Index von 2,6 (eutroph 1) vorliegt, der mit den langjährigen Daten gut übereinstimmt (Index zwischen 2,4 und 3,0).

Insgesamt zeigt der Wasserhaushalt des Dümmer Sees für den Zeitraum 1991-2020 sehr ausgeglichene Verhältnisse im ober- und unterirdischen Einzugsgebiet. Der See wird größtenteils (ca. 72 %) vom unterirdischen Zustrom gespeist. Der oberflächliche Zustrom wird von der Sude dominiert (ca. 56 %). Für die Seefläche wurde ein Verdunstungsüberschuss berechnet. Dennoch zeigen die mittleren Wasserstände des Dümmer Sees einen Anstieg von ca. 2 mm pro Jahr. Dies kann auf die Regulierung des Abflusses durch ein Wehr zurückgeführt werden, die dazu beiträgt, dass winterliche Wasserüberschüsse im See zurückgehalten werden. Aufgrund des zu warmen und zu trockenen Wetters im Messjahr wurden für dieses deutlich geringere Bilanzgrößen ermittelt. Insbesondere in den Sommermonaten konnten keine oberirdischen Zu- und Abflüsse gemessen werden.

Für den Phosphorhaushalt des Dümmer Sees wurden die Eintragspfade ober-/unterirdische Zuflüsse, atmosphärische Deposition, Laubeintrag und interne P-Fracht, sowie die Austragspfade ober- und unterirdische Abflüsse berücksichtigt. Hierbei macht der unterirdische Stoffeintrag mit 75 % den größten Anteil der Phosphorbelastung im See aus. Die interne P-Fracht wurde durch die Ermittlung von P-Freisetzungsraten aus dem Sediment ermittelt und ergab eine jährliche Freisetzung von ca. 33 kg und trägt nur unwesentlich

zur P-Belastung des Sees bei. In der Gesamtbilanz des IST-Zustandes zeigte sich, dass jährlich ca. 1080 kg TP ein- und 769 kg TP ausgetragen werden. Daraus resultiert, dass im Dümmer See eine effektive P-Sedimentation von ca. 311 kg a<sup>-1</sup> stattfindet.

Dennoch sind die TP-Konzentrationen im See deutlich zu hoch, um den guten ökologischen Zustand erreichen zu können. Auf Basis des Vollenweider Belastungsmodells wurde berechnet, dass trotz der effektiven P-Sedimentation eine zusätzliche Reduktion des TP-Eintrages von ca. 65 % notwendig ist.

Die im Rahmen der Machbarkeitsstudie und Zukunftsstudie Obere Sude entwickelten Maßnahmen zum Wasser- und Nährstoffrückhalt können nur geringfügig zur Reduzierung der Nährstoffeinträge im Dümmer See beitragen. Eine nachhaltige Reduzierung der Phosphoreinträge und infolgedessen der TP-Konzentration im Grundwasser und im See ist nur langfristig durch umfassende Sanierungsmaßnahmen (Nutzungsänderung, Düngeregime etc.) im Einzugsgebiet erreichbar.

Die Ermittlung der prognostizierten klimatischen Veränderungen und deren Effekt auf den Wasserhaushalt des Dümmer Sees zeigen eine deutliche jahreszeitliche Verschiebung der Niederschlagsmengen mit höheren Niederschlägen im Frühling und geringeren Mengen im Sommer. Aufgrund dieser Verschiebungen, zusammen mit der Steuerung der Wasserstände am Ablauf und einem zunehmendem Verdunstungsüberschuss in allen Jahreszeiten kann insgesamt mit einer Verstärkung des Schwankungsverhaltens der Wasserstände gerechnet werden.

Es wurden verschiedene Varianten zur Anpassung des Ablaufbauwerkes erarbeitet. Hinsichtlich der definierten Ziele die Wasserstände im See mit möglichst geringen Bewirtschaftungsaufwand und unter Erreichung der ökologischen Durchgängigkeit zu stabilisieren können am ehesten durch Variante 4 – Errichtung einer Sohlgleite (Vorzugsvariante) erreicht werden.

Die prognostizierten klimatischen Veränderungen, sowie die daraus resultierenden Veränderungen des Wasserhaushaltes können einen unmittelbaren Effekt auf den Phosphorhaushalt des Dümmer Sees haben und eine Verschlechterung des trophischen Zustands ist nicht auszuschließen.

## Quellen

- BArtSchV (2005): Verordnung zum Schutz wildlebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutz-Verordnung) vom 16. Februar 2005 (BGBl. I S. 258, 896), zuletzt geändert durch Art. 10 G v. 21.1.2013 I 95.
- BERLIN, A. & THIELE, V. (2016): Rote Liste der gefährdeten Eintags-, Stein- und Köcherfliegen Mecklenburg-Vorpommerns. - Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern, 50 S.
- BFG (2003): BAGLUVA – Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusses. – BfG-Bericht 1342, Bundesanstalt für Gewässerkunde, 103 S.
- BINOT, M., BLESS, R., BOYE, P., GRUTTKE, H. & P. PRETSCHER (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 55. - Bonn (Landwirtschaftsverlag): 434 S.
- BIOTA (2018): Verfahrensanleitung zur Erstellung ökologischer Profile. – Studie im Auftrag des Staatlichen Amtes für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg, 11 S., unveröffentl. Bericht.
- BIOTA (2022): Machbarkeitsstudie zur Umsetzung von WRRL-Maßnahmen an der Oberen Sude (SUDE-0100, SUDE-0300, SUDE-0400) - Zwischenbericht – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Wasser- und Bodenverbandes „Schweriner See/Obere Sude“, 62 S. + Anhang (u. a. AP-8 – Hydraulische Berechnungen und Vermessungsleistungen).
- BIOTA (2024): Machbarkeitsstudie zur Umsetzung von WRRL-Maßnahmen an der Oberen Sude (SUDE-0100, SUDE-0300, SUDE-0400) unter Berücksichtigung potenzieller Klimawandelfolgen (Zukunftsstudie) – Endbericht – biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Wasser- und Bodenverbandes „Schweriner See/Obere Sude“,
- FFH-RL (1997): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Pflanzen und Tiere (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie). - (Abl. EG Nr. L 206 S. 7), zuletzt geänd. durch RL 2006/105/EG v. 20.11.2006 (Abl. EG Nr. L 363 S. 368-408).
- GRÜNWALD, M. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Landasseln und Wasserasseln (Isopoda: Oniscidea et Asellota) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt (Bundesamt für Naturschutz), 70(4), S. 349-365.
- HENDRICH, L., WOLF, F., FRASE, T. & SCHMIDT, G. (2011): Rote Liste der gefährdeten Wasserkäfer Mecklenburg-Vorpommerns. 1. Fassung, Stand: September 2011. - Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern, 60 S.
- HGN (2002): Abschlussbericht – Geophysikalische Erkundung der Sedimentstruktur im Dümmersee. Projektnr. 9.14.308.2.3. HGN Hydrogeologie GmbH, im Auftrag des Staatlichen Amtes für Umwelt und Natur Schwerin, 15 S.
- HOLSTEN, B., OCHSNER, S., SCHÄFER, A. & TREPEL, M. (2012): Praxisleitfaden für Maßnahmen zur Reduzierung von Nährstoffausträgen aus dränierten landwirtschaftlichen Flächen. – Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 99 S.
- MAUCIERI, C., SALVATO, M. & BORIN, M. (2020): Vegetation contribution on phosphorus removal in constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 152 (February): 105853  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105853>.
- JUEG, U., MENZEL-HARLOFF, H., SEEMANN, R. & ZETTLER, M. (2002): Rote Liste der gefährdeten Schnecken und Muscheln des Binnenlandes Mecklenburg-Vorpommern. 2. Fassung. - Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern, 55 S.

- JUNGBLUTH, J.H. & KNORRE, D. von (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Binnenmollusken (Schnecken und Muscheln; Gastropoda et Bivalvia) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt (Bundesamt für Naturschutz), 70(3), S. 647-708.
- KOHLER, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. In: Landschaft + Stadt, 10 (2), S. 73-85.
- LAVERY, P. S., OLDHAM, C. E., & GHISALBERTI, M. (2001): The use of Fick's First Law for predicting porewater nutrient fluxes under diffusive conditions. - Hydrological Processes, 15(13), S. 2435–2451
- LAWA (2014): Trophieklassifikation von Seen - Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen. Kulturbuch-Verlag Berlin GmbH. – Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser.
- LI, Y.-H., & GREGORY, S. (1974): Diffusion of ions in seawater and in deep-sea sediments. - Geochim. Cosmochim. Acta, 38, S. 703–714.
- LUGV Brandenburg (2015): Methodik der Nährstoffbilanzierung in Brandenburg als Grundlage für die Ausweisung von Maßnahmen zur Nährstoffreduzierung für den BWPL 2014. LUGV – Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz. Fachbeiträge des LUGV, Heft Nr. 144, 23 S.
- NAUJOKAT, D. (1996): Nährstoffbelastung und Eutrophierung stehender Gewässer: Möglichkeiten und Grenzen ökosystemarer Entlastungsstrategien am Beispiel der Bornhöveder Seenkette. Dissertation, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 183 S.
- NIXDORF, B, HEMM, M., HOFFMANN, A., RICHTER, P. (2004): Dokumentation von Zustand und Entwicklung der wichtigsten Seen Deutschlands Teil 2 Mecklenburg-Vorpommern – Abschlussbericht F&E vorhaben FKZ 299 24 274 im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA)
- OGEWV (2016): Verordnung zum Schutz von Oberflächengewässern (Oberflächengewässerverordnung-OGewV) vom 20. Juni 2016 (BGBl I S. 1373). Bundesgesetzblatt.
- ROBERT, B. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Köcherfliegen (Trichoptera) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt (Bundesamt für Naturschutz), 70(4), S.101-135.
- SCHAUMBURG, J., SCHRANZ, C., STELZER, D. & VOGEL, A. (2015): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phyto-benthos - PHYLIB (Stand August 2015). Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.). [http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet\\_seen/phylib\\_deutsch/verfahrensanleitung/doc/verfahrensanleitung\\_seen.pdf](http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/verfahrensanleitung/doc/verfahrensanleitung_seen.pdf). (10.11.2016).
- SØNDERGAARD, M., LAURIDSEN, T. L., JOHANSSON, L. S. & JEPPESEN, E. (2017): Nitrogen or phosphorus limitation in lakes and its impact on phytoplankton biomass and submerged macrophyte cover Hydrobiologia, 795(1), S. 35–48.
- SPITZENBERG, D., SONDERMANN, W., HENDRICH, L., HESS, M. & HESS, U. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der wasserbewohnenden Käfer (Coleoptera aquatica) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt (Bundesamt für Naturschutz), 70(4), S. 207-246.
- TREPEL, M. (2004): Nährstoffrückhalt und Gewässerrenaturierung. – Tagungsband, Fachtagung Nährstoffrückhalt in Fließgewässern und Feuchtgebieten möglich? NNA – Alfred-Töpfer-Akademie für Naturschutz Schneverdingen, 6.-9. April 2008.
- TREPEL, M. (2009): Nährstoffrückhalt und Gewässerrenaturierung. – Korrespondenz Wasserwirtschaft, 2 (4): 211–215 <https://doi.org/10.3243/kwe2009.04.002>.
- Umweltministerium M-V (2022): Daten Seenreferat M-V (unveröffentl.).

- VOLLENWEIDER, R. A., & KERÉKES, J. (1980): The loading concept as a basis for controlling eutrophication, Progress in Water Technology, S. 5–39.
- VON LIEBIG, J. F. (1876): Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie (P. Zöller [Eds.], 9. Auflage) Vieweg.
- ZESSIN, W. & KÖNIGSTEDT, D. (1992): Rote Liste der gefährdeten Libellen Mecklenburg-Vorpommerns. - Umweltminister des Landes Mecklenburg-Vorpommern [Hrsg.], 67 S.
- ZETTLER, M. (1999): Rote Liste der gefährdeten höheren Krebse der Binnengewässer Mecklenburg-Vorpommerns. 1. Fassung. - Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern, 33