

Machbarkeitsstudie im Einzugsgebiet des Westensees: Technische Maßnahme im Oberlauf (Schulensee) prüfen (MNID 20089)

1. Hintergrund:

Der Westensee hat ein Einzugsgebiet von 256 km². Hauptzufluss ist die Eider mit einem Einzugsgebiet von 194 km². Die Eider durchfließt bei Kiel den Schulensee. Sein Gesamt-Einzugsgebiet umfasst 150 km², davon entwässert die Eider 144 km².

Die vorliegende Machbarkeitsstudie hatte zum Ziel, zu prüfen, ob im Schulensee ein Nährstoffrückhalt stattfindet oder ob durch seeinterne P-Rücklösungsprozesse eine Zunahme der Phosphorfracht der Eider verursacht wird. Im letzteren Fall wäre im nächsten Schritt zu prüfen, ob durch eine Entschlammung des Schulensees der Westensee wirksam entlastet werden kann.

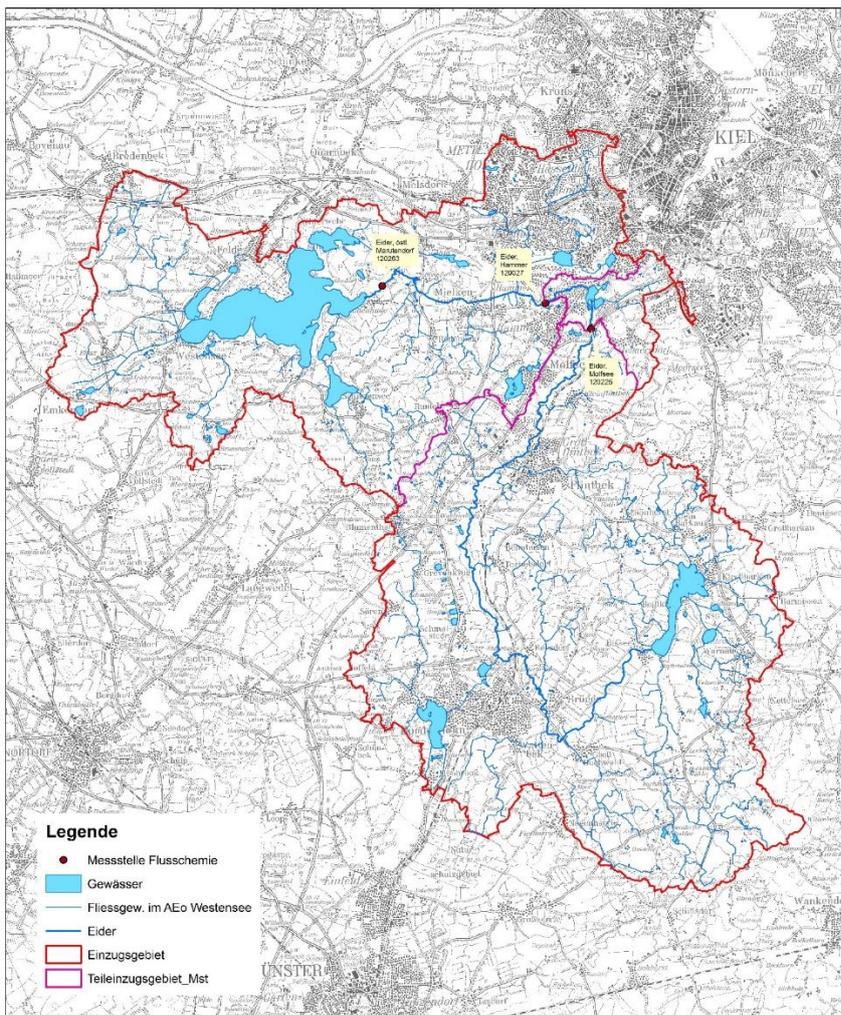


Abb. 1: Einzugsgebiet des Westensees und der drei Messstellen ober- und unterhalb des Schulensees

2. Einleitung

Im Folgenden sollen die die Ergebnisse aus einer Analyse der Frachten chemischer Stoffe aus dem Jahr 2017 entlang der Eider, mit Durchfluss durch den Schulensee, dargestellt werden. Der Gehalt bestimmter chemischer Stoffe wurde an drei Stellen im Verlauf der Eider gemessen, und zwar in Fließrichtung an den Messstellen „Eider, Str.-Br. L 318 Molfsee (120225)“, „Eider am Pegel Schulensee, Hammer (120027)“ und „Eider, östl. Marutendorf (120263)“ (s. Abb. 1). Da der Schulensee sich zwischen den Stationen Molfsee und Hammer befindet, ist eine Auswertung der jeweiligen chemischen Zusammensetzung interessant hinsichtlich der Funktion des Sees. Stellt er für bestimmte Stoffe ein Retentionsbecken dar oder erhöhen sich im Gegenteil durch interne Rücklösung bestimmte Stoffgehalte und wie ändert sich das im Jahresverlauf? Das übergeordnete Einzugsgebiet gehört zum Westensee und umfasst insgesamt 256 km². Für die Berechnung der jeweilig mitgeführten Frachten an den einzelnen Messstellen waren hydrologische Daten nötig. Diese sollen zunächst dargestellt werden.

3. Hydrologische Daten

Tab. 1: Abflussmengen an den 3 Messstellen

	Eider bei Molfsee, 120225	Eider bei Hammer 120027	Eider bei Marutendorf, 120263
Einzugsgebiet km²	144	151	194
Datum	Abfluss m ³ /s	Abfluss m ³ /s	Abfluss m ³ /s
25.01.2017	1,65	1,73	2,22
23.02.2017	2,65	2,78	3,57
29.03.2017	1,68	1,76	2,26
25.04.2017	1,46	1,53	1,97
31.05.2017	1,33	1,40	1,80
29.06.2017	0,79	0,83	1,07
27.07.2017	1,44	1,51	1,94
23.08.2017	1,70	1,78	2,29
20.09.2017	1,39	1,46	1,87
26.10.2017	3,03	3,18	4,08
29.11.2017	4,56	4,78	6,14
11.12.2017	5,16	5,41	6,95
Mittelwert Q 2017		2,151	
MQ 1976 - 2017		1,73	

1. Messstelle „Eider, Str.-Br. L 318 Molfsee“ (120225)

Die Teileinzugsgebietsgröße an dieser Stelle beträgt 144 km². Die Abflüsse dieser Messstelle wurden mittels der Teileinzugsgebietsgröße der Messstellen Molfsee und Hammer und der ermittelten Abflusspende am Pegel Hammer berechnet.

2. Messstelle „Eider am Pegel Schulensee, Hammer“ (120027)

Die Teileinzugsgebietsgröße beläuft sich für diese Messstelle auf 151 km². Hier wurden die Abflüsse vom Land SH direkt gemessen. Die Abfluss- und außerdem auch Wasserstandsdaten können unter <http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas> eingesehen und genutzt werden. Weiterhin können über den Pegel Schulensee auch die Wasserstände des Sees hinzugezogen werden.

Laut Messungen des Landes beträgt der mittlere Durchfluss der Eider bei Hammer 1,73 m³/s für die Jahre 1976 bis 2017. Der mittlere Abfluss für das Jahr 2017 beträgt 2,151 m³/s (s. Tabelle 1 MQ17 Hammer). Er ist also tendenziell erhöht, jedoch immer noch im Rahmen, wenn man sich die Abbildung der mittleren Jahresabflüsse zwischen 1985 und 2017 ansieht (s. Abb. 2).

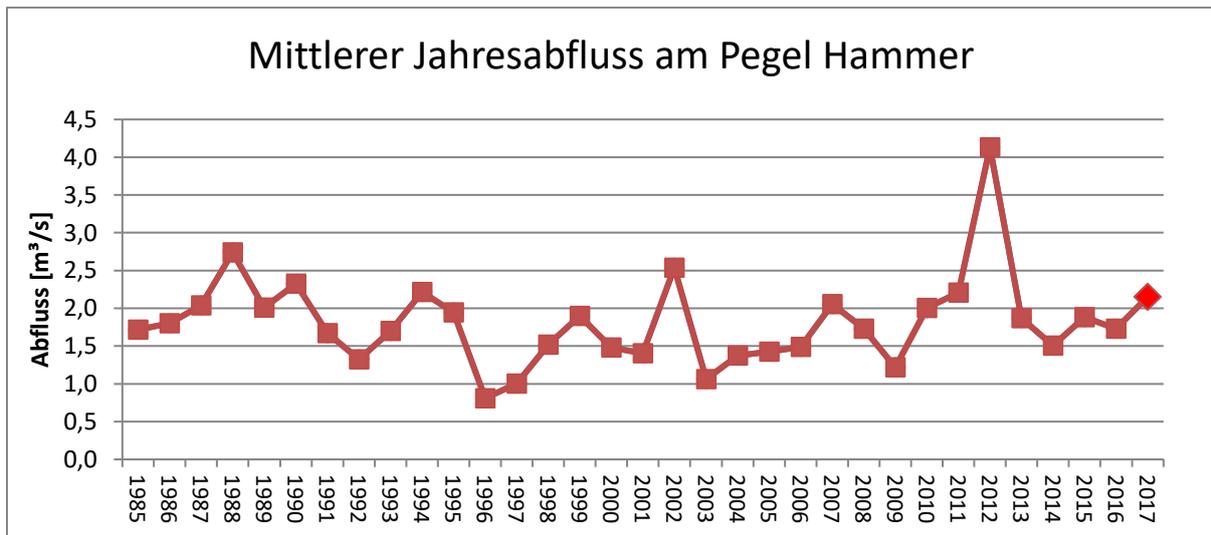


Abb. 2: Mittlerer Jahresabfluss am Pegel Hammer m³/s

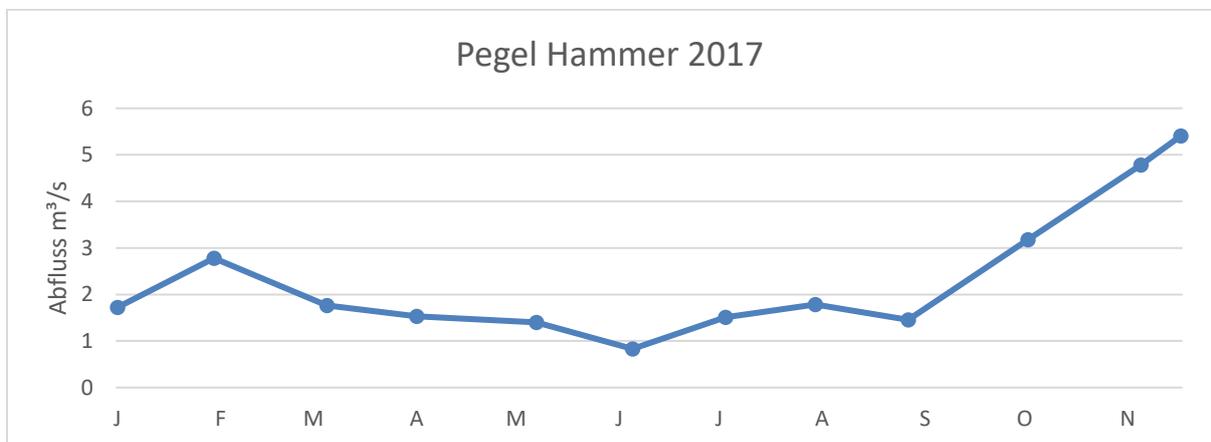


Abb. 3: Abflüsse am Pegel Hammer 2017

3. Messstelle „Eider, östl. Marutendorf“ (120263)

Die Teileinzugsgebietsgröße für dieses Messgebiet beträgt 194 km² und ist somit deutlich größer als an den zwei davorliegenden Messstellen. Hier wurden die Abflüsse so wie auch für die Messstelle Eider, Molfsee (s.o.) berechnet.

Anhand der Abflusswerte (Tab. 1) ist zu erkennen, dass der Abfluss mit dem Flussverlauf sukzessiv zunimmt, wobei die Abflusswerte der Stelle Marutendorf eindeutig größer sind, die Unterschiede zwischen Molfsee und Hammer jedoch geringfügig sind.

Schulensee Aufenthaltszeit

Der Schulensee misst ein Volumen von 184.000 m³ bei einem Wasserstand von 1150 cm über dem Pegelnullpunkt. Anhand dieser Referenz und den Wasserstanddaten des Schulensees zu den jeweiligen Messtagen ist es möglich, die Zeit zu berechnen, die es braucht, bis sich das Wasser im See durch Zu- und Abfluss theoretisch erneuert hat.

Tab. 4: theoretische Aufenthaltszeit Schulensee

Messdatum	Aufenthaltszeit in Tagen
25.01.2017	1,3
23.02.2017	0,8
29.03.2017	1,2
25.04.2017	1,4
31.05.2017	1,5
29.06.2017	2,6
27.07.2017	1,4
23.08.2017	1,2
20.09.2017	1,5
26.10.2017	0,7
29.11.2017	0,5
11.12.2017	0,4
Mittelwert	1,2

Für das Jahr 2017 errechnet sich also im Mittel eine Aufenthaltszeit des Wassers von 1,2 Tagen.

4. Ergebnisse der chemisch-physikalischen Untersuchungen 2017

An den drei Messstellen wurden in bestimmten Abständen die chemischen Bestandteile des Wassers gemessen. Für unseren Fall im Jahr 2017 genau einmal pro Monat. Die untersuchten chemischen Stoffe sind Phosphor, Phosphat, Stickstoff, Ammonium und Nitrat. Außerdem wurden auch Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffkonzentration und –sättigung, Chlorid und die Leitfähigkeit verzeichnet. In dieser Machbarkeitsstudie sollen jedoch nur die Stoffe Phosphor und Stickstoff und ihre Fraktionen genauer untersucht werden.

4.1 Primäre Messergebnisse: Konzentrationen

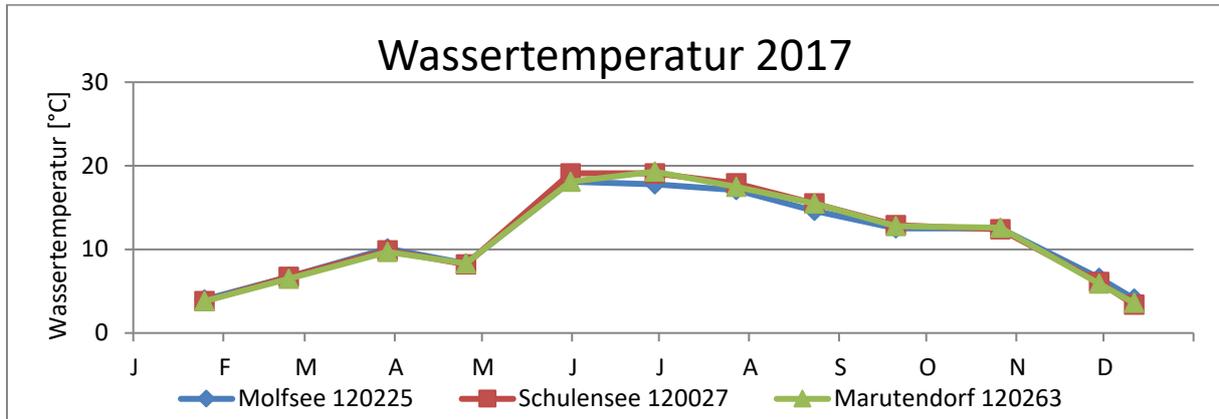


Abb. 4: Wassertemperaturen (°C) an den 3 Messstellen in der Eider

Die Passage durch den Schulensee verursacht im Sommer einen leichten Anstieg der Temperatur.

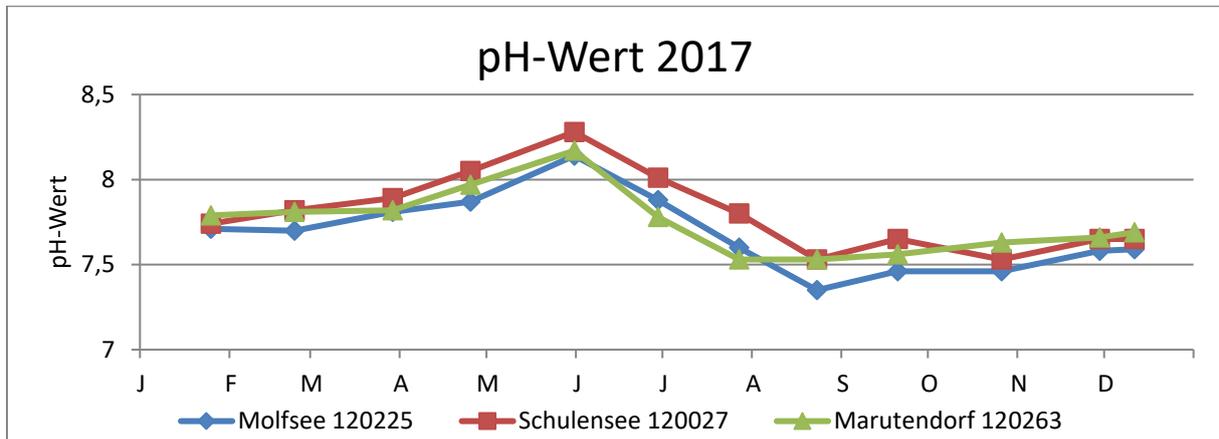


Abb. 5: pH-Werte an den 3 Messstellen in der Eider

Die Passage durch den Schulensee verursacht im Sommer einen deutlichen Anstieg des pH-Wertes und der Sauerstoffkonzentration, verursacht durch die stärkere Primärproduktion im See.

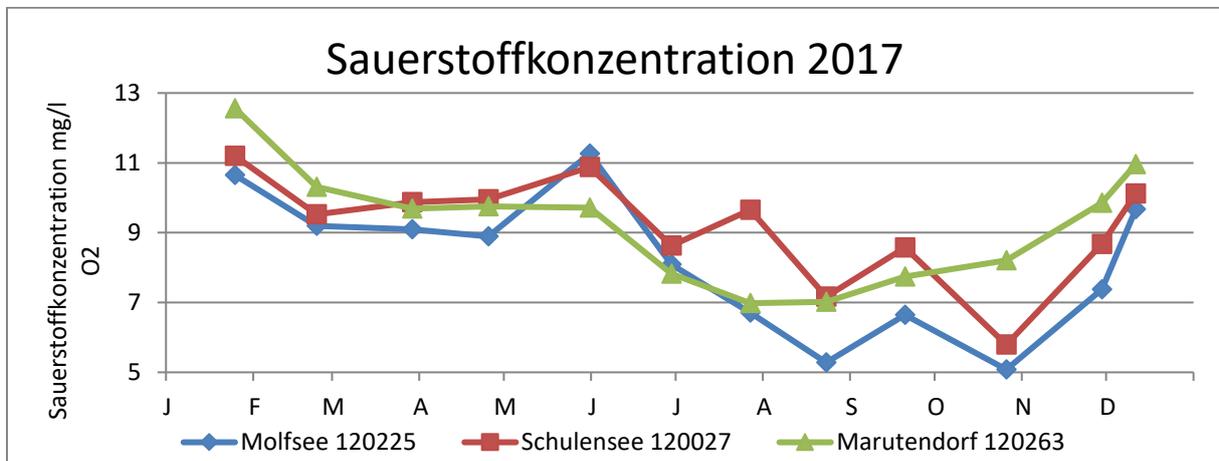


Abb. 6: Sauerstoff-Konzentrationen (mg/l O2) an den 3 Messstellen in der Eider

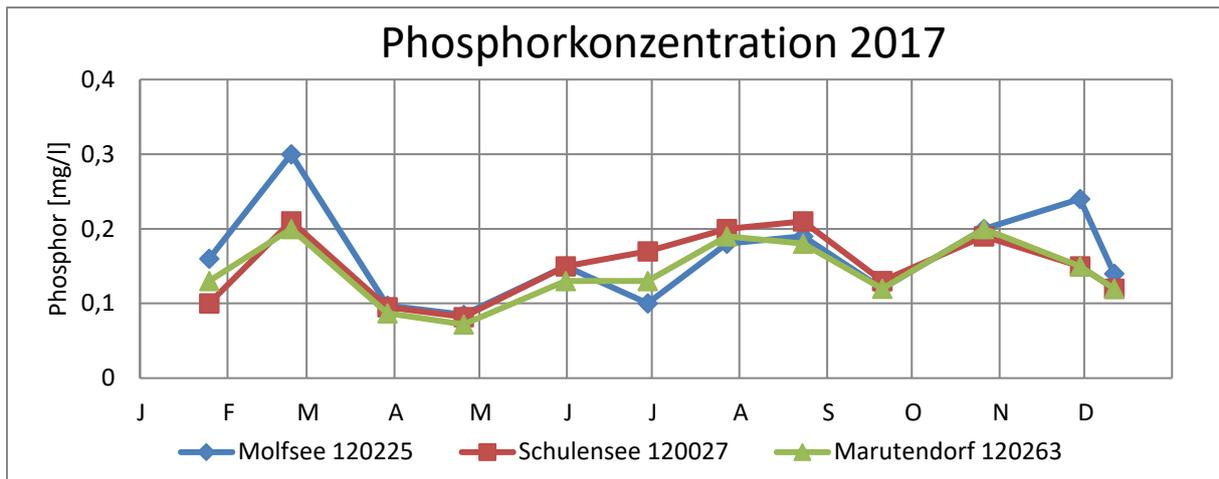


Abb. 7: Ges-Phosphor-Konzentrationen (mg/l P) an den 3 Messstellen in der Eider

Die Passage durch den Schulensee verursacht im Winter einen Rückgang der Phosphorkonzentrationen, vermutlich bedingt durch Sedimentationsprozesse. Im Sommer steigen die Ges-P- und zeitweise die PO₄-P-Konzentrationen, vermutlich durch P-Rücklösungsprozesse aus dem Seesediment. In der Eider bei Molfsee wurden teils recht hohe P-Konzentrationen (bis 0,3 mg/l) festgestellt.

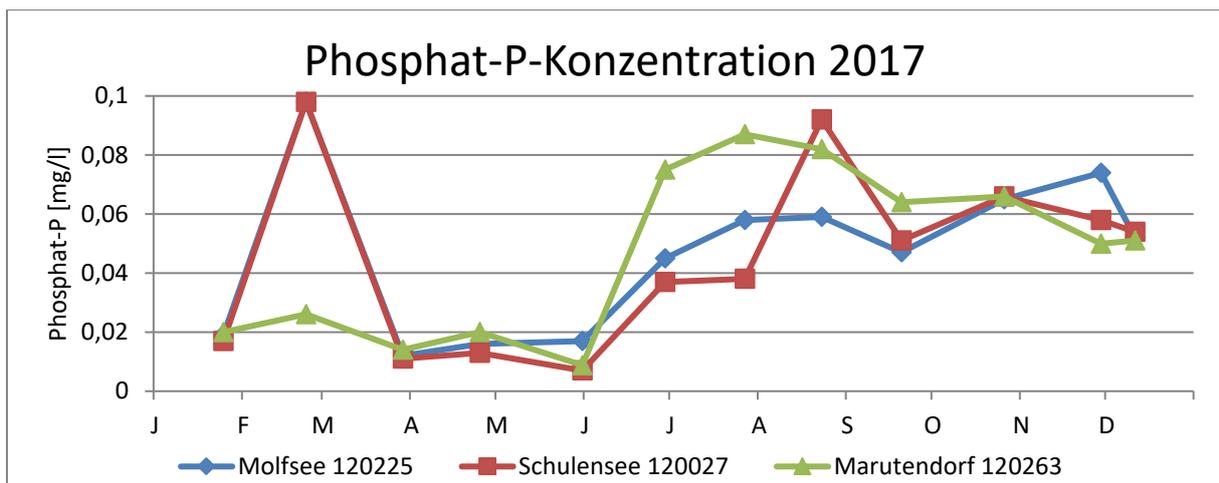


Abb. 8: Phosphat-Phosphor-Konzentrationen (mg/l PO₄-P) an den 3 Messstellen in der Eider

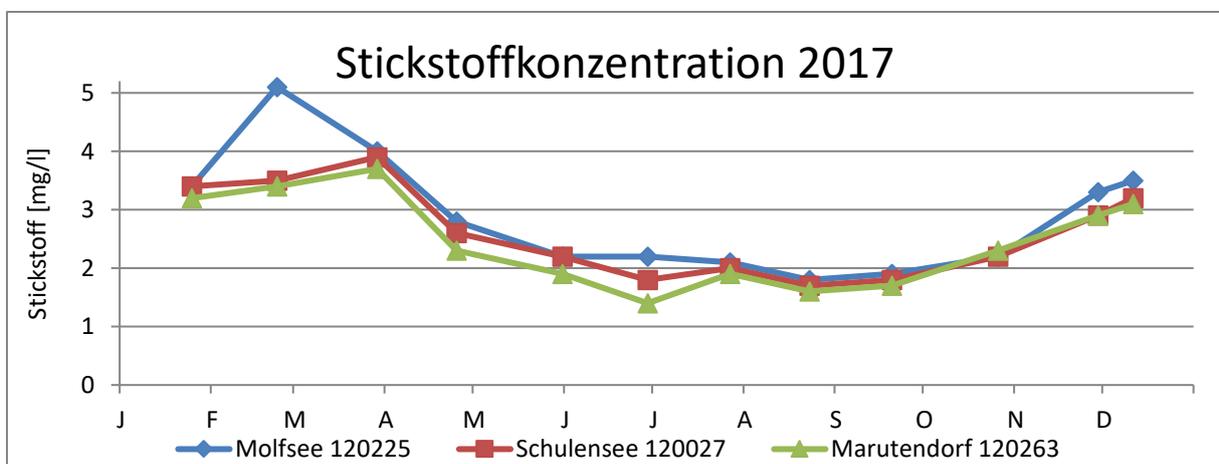


Abb. 9: Ges-Stickstoff-Konzentrationen (mg/l N) an den 3 Messstellen in der Eider

Die Stickstoffkonzentrationen sinken tendenziell leicht durch die Passage durch den Schulensee. Im Winter liegt Stickstoff im Wesentlichen als Nitrat-Stickstoff vor. Besonders im Sommer wird ein Teil des Nitrates im Schulensee denitrifiziert.

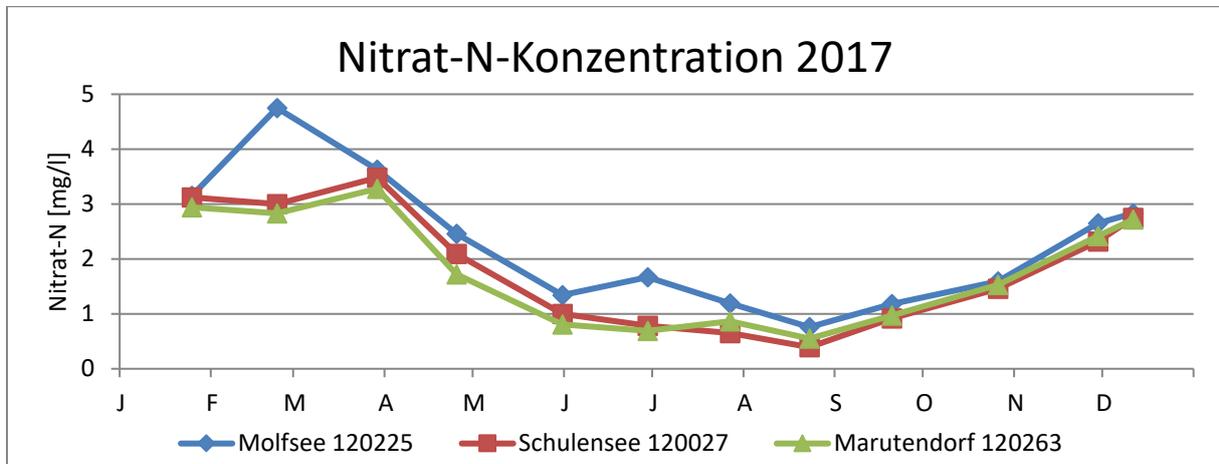


Abb. 10: Nitrat-Stickstoff-Konzentrationen (mg/l NO₃-N) an den 3 Messstellen in der Eider

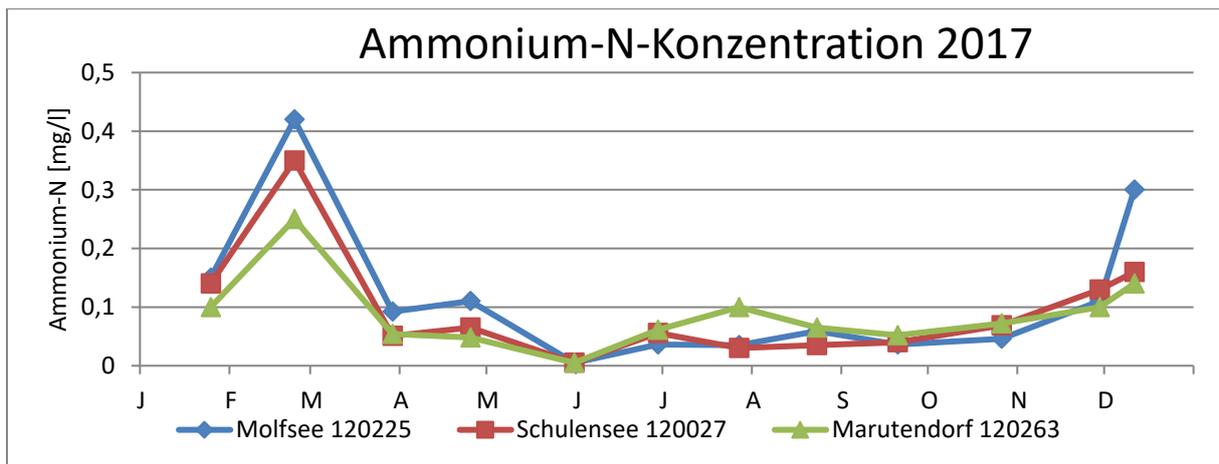


Abb. 11: Ammonium-Stickstoff-Konzentrationen (mg/l NH₄-N) an den 3 Messstellen in der Eider

Ammonium liegt insgesamt in geringeren Konzentrationen vor. Bei allen Nährstoffparametern zeigt sich ein deutlicher Peak Ende Februar 2017.

4.2 Frachten:

4.2.1 Phosphorfrachten

Tab. 2: Phosphor-Frachten 2017 an den 3 Messstellen in der Eider

Datum	Eider bei Molfsee 120225, kg/Tag	Eider bei Hammer 120027, kg/Tag	Eider bei Marutendorf 120263, kg/Tag
25.01.2017	23	15	25
23.02.2017	69	50	62
29.03.2017	14	14	17
25.04.2017	11	11	12
31.05.2017	17	18	20
29.06.2017	7	12	12
27.07.2017	22	26	32
23.08.2017	28	32	36
20.09.2017	14	16	19
26.10.2017	52	52	71
29.11.2017	95	62	80
11.12.2017	62	56	72
Jahresfracht 2017 kg/a	12.059	10.736	13.478
Phosphor in kg/ha/a	0,84	0,71	0,69

Anhand der Datentabelle (Tab. 2) zu den Phosphorfrachten wird deutlich, dass der Schulensee im Winter zwar Phosphor offensichtlich zurückhält, im Sommer dieser jedoch durch interne Vorgänge Phosphormengen freisetzt. Im Juni sieht man das deutlich, da hier in Molfsee die Phosphorfracht 7 kg/Tag beträgt, in Hammer aber, also nachdem der Schulensee passiert wurde, ein Anstieg auf 12 kg/Tag stattfand. In der Jahressumme liegt die P-Fracht in Molfsee dennoch über der in Hammer, mit 1,3 Tonnen Unterschied (Abb. 13). In Abb. 12 wird dies nochmal deutlicher.

Die Phosphorfrachten bei Marutendorf steigen im Vergleich zu den vorherigen Stationen an, zwar nicht immer im Einzelnen, aber in der Jahresfracht definitiv. Betrachtet man hingegen die Jahresfracht an Phosphor, welche pro Hektar des jeweiligen Teileinzugsgebietes bemessen ist, hat Molfsee den höchsten Wert (Abb. 14). Als Ursache kann der Einfluss gereinigten Abwassers, u.a. aus der Kläranlage Flintbek, vermutet werden.

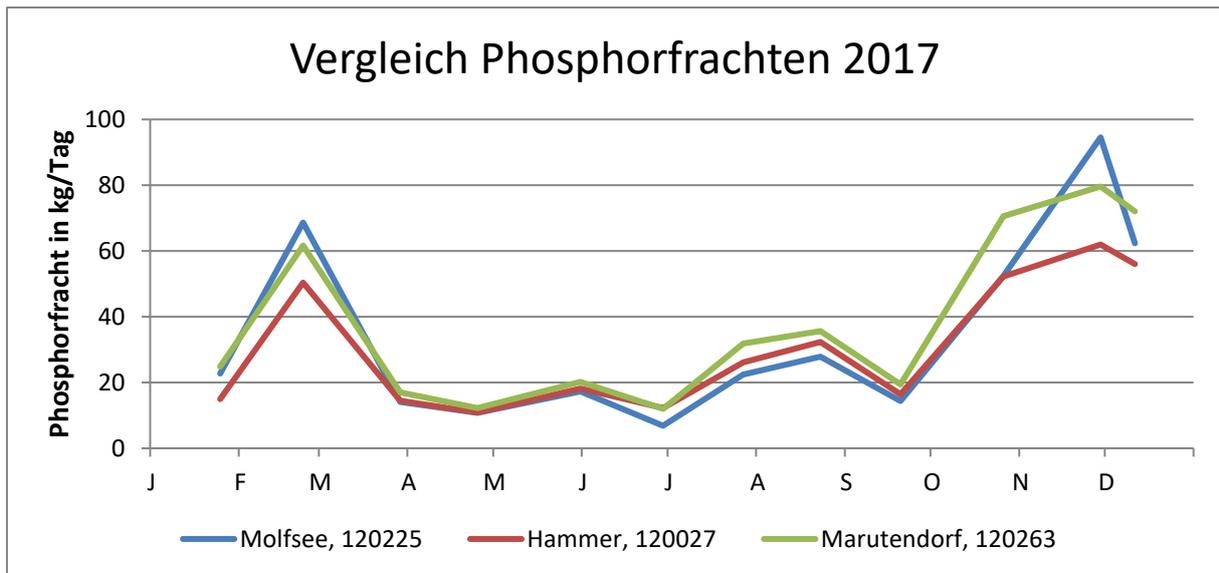


Abb. 12: Verlauf der Phosphorfrachten (kg/Tag P) an den 3 Messstellen in der Eider

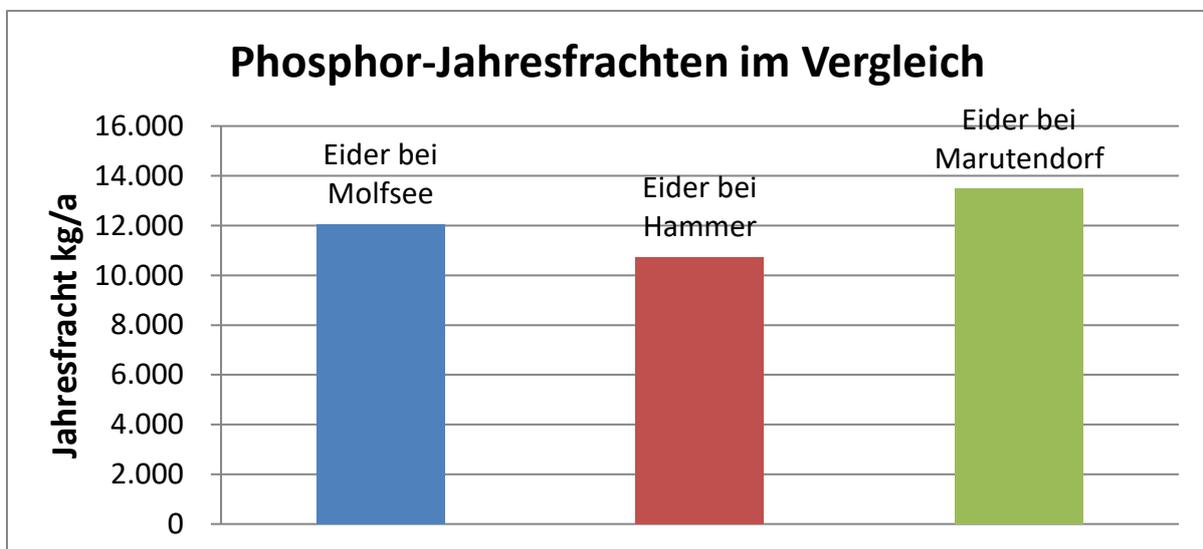


Abb. 13: Jahres-Phosphorfrachten (kg/Jahr P) an den 3 Messstellen in der Eider

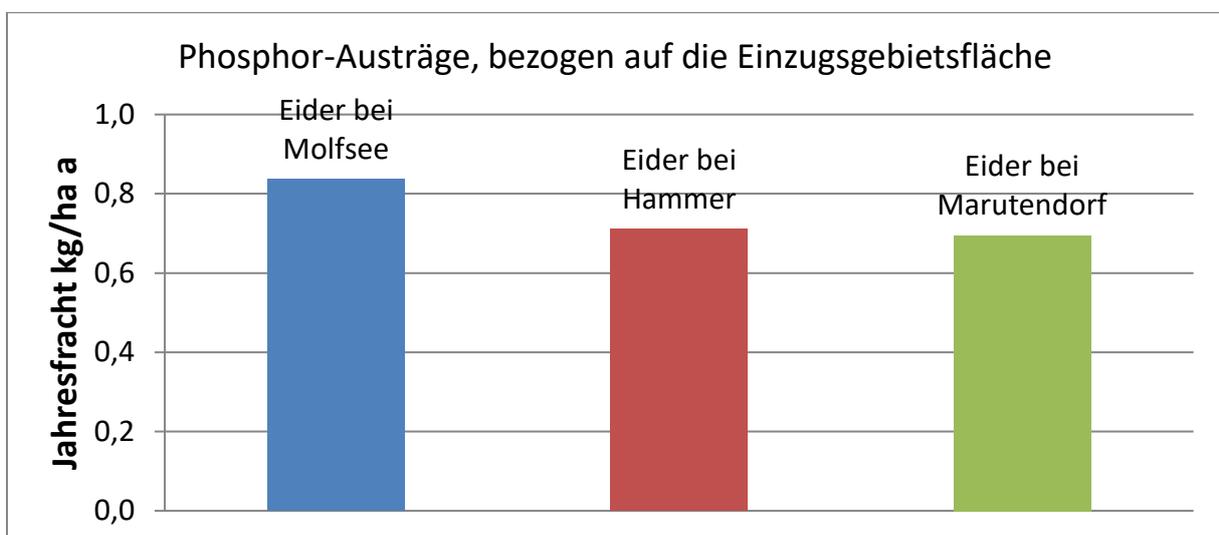


Abb. 14: Phosphor-Austräge (kg/ha und Jahr P) an den 3 Messstellen in der Eider

4.2.2 Stickstoff-Frachten

Tab. 3: Stickstoff-Frachten 2017 an den 3 Messstellen in der Eider

Datum	Eider bei Molfsee 120225, kg/Tag	Eider bei Hammer 120027, kg/Tag	Eider bei Marutendorf 120263, kg/Tag
25.01.2017	483	507	613
23.02.2017	1167	840	1048
29.03.2017	581	594	724
25.04.2017	353	344	391
31.05.2017	254	266	295
29.06.2017	151	129	129
27.07.2017	261	261	319
23.08.2017	264	262	316
20.09.2017	228	227	275
26.10.2017	576	604	812
29.11.2017	1300	1198	1539
11.12.2017	1559	1495	1861
Jahresfracht 2017 kg/a	209.594	196.942	243.328
Stickstoff in kg/ha/a	14,6	13,0	12,5

Stickstoff stellt, insbesondere in Form von Nitrat, den mengenmäßig größten Anteil der Nährstoffe im Wasser dar. Im Vergleich zu Phosphor verläuft das Verhältnis zwischen Molfsee und Hammer anders. Tendenziell nehmen die Werte von Molfsee nach Hammer ab (im Jahresmittel um 6 %), bis auf kleine Ausreißer im Januar oder Oktober. Bei Marutendorf steigen die Frachten aufgrund des größeren Einzugsgebietes stark an, das spiegelt sich auch insgesamt in den Jahresfrachten der drei Messstellen wieder. Auch beim Stickstoff erkennt man aber, dass die jährliche Fracht pro Hektar in Molfsee am höchsten ist, insbesondere bedingt durch die hohe Fracht im Februar.

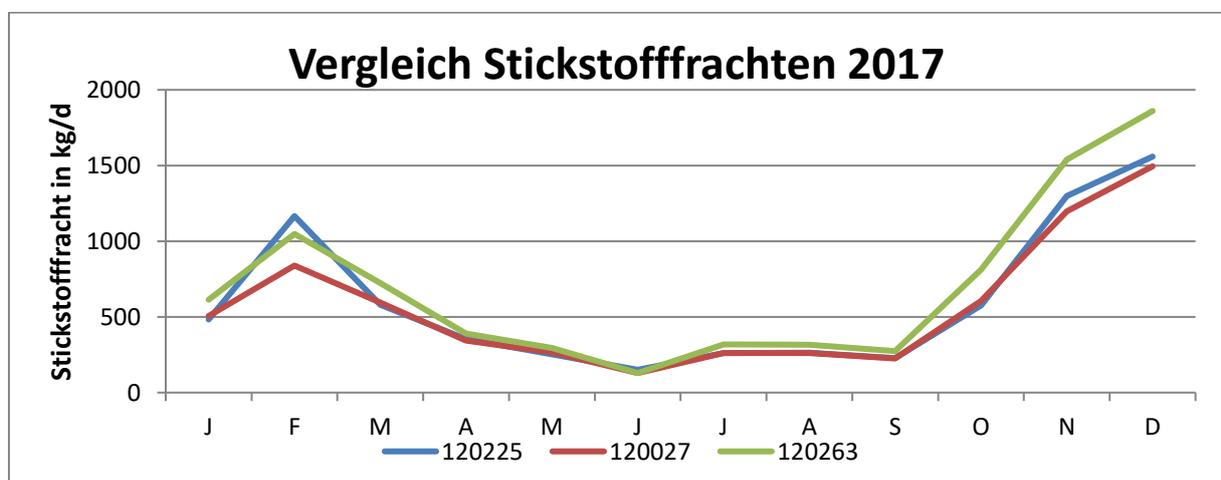


Abb. 15: Verlauf der Stickstofffrachten (kg/Tag N) an den 3 Messstellen in der Eider

5. Fazit:

Im Schulensee fand 2017 ein effektiver Phosphorrückhalt statt. Es wurden 1,3 t Phosphor jährlich zurückgehalten, das entspricht 11 % der P-Fracht der Eider bei Molfsee. Der Hauptrückhalt erfolgte in den Monaten Januar und Februar sowie November und Dezember 2017.

Von Mai bis September 2017 scheint eine P-Rücklösung aus dem Seesediment stattzufinden, die zu einer erhöhten P-Fracht von insgesamt 470 kg unterhalb des Schulensees führte. Da zu dieser Zeit aber die Wassermengen relativ gering waren, wird diese vorübergehende Erhöhung der P-Fracht mehr als ausgeglichen durch den P-Rückhalt in der übrigen Zeit.

Auch Stickstoff wurde im Schulensee zurückgehalten bzw. denitrifiziert. Es wurden 13 t Gesamtstickstoff jährlich zurückgehalten, das entspricht 6 % der N-Fracht der Eider bei Molfsee.

Damit findet im Schulensee ein effektiver Nährstoffrückhalt statt. Eine technische Maßnahme ist nicht erforderlich.