



Der Dümmer und sein Einzugsgebiet in Nordwestdeutschland – eine ökologische Problemregion

FORUM BODEN – GEWÄSSER – ALTLASTEN

Beiträge Diskussionsforum Bodenwissenschaften

Heft 13

Osnabrück, 25. Oktober 2013

Impressum

Forum Boden – Gewässer – Altlasten, Heft 13 (2013):

Der Dümmer und sein Einzugsgebiet in Nordwestdeutschland –
eine ökologische Problemregion

Herausgeber:

Fakultät Agrarwissenschaften & Landschaftsarchitektur

Hochschule Osnabrück

Am Krümpel 31

49090 Osnabrück

Institut für Geographie

Universität Osnabrück

Seminarstraße 19 a/b

49074 Osnabrück

Redaktion und Layout:

Prof. Dr. Friedrich Rück (f.rueck@hs-osnabrueck.de)

Prof. Dr. Andreas Lechner (alechner@uos.de)

Julia Ludger

Für den Inhalt der Einzelbeiträge zeichnen sich die Autoren verantwortlich.

Vorwort

Nicht erst seit den wiederholten und massiven Fischsterben im zweitgrößten See Niedersachsens in den vergangenen Jahren ist der Dümmer auch überregional in aller Munde. Seit Jahrzehnten gelangen aus seinem überwiegend intensiv landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet erhebliche Nährstofffrachten in den ausgesprochenen Flachsee.

Diese lange und massive Nährstoffzufuhr führte - verstärkt durch die künstliche Eindeichung des Sees im Jahre 1953 - zur rasanten Eutrophierung dieses ehemaligen Auengewässers, die zahlreiche ökologische, aber auch wirtschaftliche Folgen nicht nur für das Gewässer selbst, sondern sein gesamtes Umfeld hatte und hat. In den letzten Jahren besonders sichtbar wurde dieses Übermaß an Nährstoffen im Dümmer z. B. durch die saisonale Massentwicklung und Dominanz bestimmter Blau-Algen mit entsprechenden Folgen für andere Biozönosen des Sees. So werden diese Algen aufgrund ihrer Größe kaum durch Zooplankter gefressen und erreichen entsprechende Biomassen in kürzester Zeit. Nach ihrem Absterben kam es wiederholt infolge des rasch einsetzenden mikrobiellen Abbaus sehr schnell zur enormen Sauerstoffzehrung im See, die mehrfach zu Fischsterben und massiven und zum Teil langen Geruchsbelästigungen nicht nur für Erholungssuchende am See und in seinen Abflüssen führte. Gleichzeitig sind auch aufgrund des gestörten Lichtklimas die Bestände von derartige Flachseen – so auch den Dümmer – eigentlich prägender Unterwasservegetation stark zurück gegangen bzw. weitgehend verschwunden. Parallel ist seit Jahren ein Rückgang der Schilfröhrichte zu beobachten, Binseninseln sind sogar ganz verschwunden.

Neben der ökologischen hat der Dümmer auch eine enorme Bedeutung für vielfältige touristische Aktivitäten. Entsprechend sind zahlreiche Freizeitnutzungen am Dümmer wie z.B. das Segeln oder auch Surfen von diesen Entwicklungen insbesondere in den letzten Jahren stark betroffen.

Dennoch ist der See mit weiten Teilen seiner Verlandungszonen und -moore gegenwärtig aufgrund der auch heute in Teilen noch hohen ökologischen Bedeutung für Flora und Fauna als NSG ausgewiesen, steht teilweise auch unter europäischem Schutzstatus (FFH, IBA) oder wurde in der Vergangenheit sogar in Gänze in die Unesco-Liste der Feuchtgebiete internationaler Bedeutung (FIB) aufgenommen.

Gleichzeitig liegt diese ökologisch sensible und nach wie vor wertvolle Dümmer-Niederung jedoch inmitten einer der am stärksten mit Nährstoffen übertroffenen und belasteten Intensiv-Agrarregionen Europas, in denen insbesondere die Viehbesatzdichten sehr hoch sind. Entsprechende hohe Nährstoffaufkommen und -frachten im Einzugsgebiet des Dümmer sind eine Folge.

Dieses komplexe Spannungs- bzw. Konfliktfeld bildet den Hintergrund für das diesjährige Forum in Osnabrück.

Zwar wurde bereits im Jahr 1987 die langfristige Sanierung des Sees beschlossen, auch erste Maßnahmen in den vergangenen Jahrzehnten erfolgreich durchgeführt. So konnte z.B. durch die Umleitung des nährstoffreichen Bornbachs im Jahr 2009 die P-Zufuhr in den See um ein Drittel reduziert werden. Spätestens seit den starken Algenblüten und den mehrfachen Fischsterben im Dümmer in den jüngsten vergangenen Jahren wird die ökologische Situation am Dümmer und in seinem intensiv landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet jedoch auch überregional und gesellschaftspolitisch kritisch bewertet. So wurde im Oktober 2011 durch die letzte Landesregierung der sogenannte 16-Punkte-Plan zur Fortsetzung der

Dümmersanierung beschlossen. Dieser Plan umfasst dabei sowohl Ursachenforschung und Maßnahmen im Einzugsgebiet als auch im See selbst. Einige der Punkte werden auch im Rahmen des diesjährigen Forums „Boden, Gewässer und Altlasten“ in verschiedenen Vorträgen beleuchtet.

Die Tagung ist gegliedert in drei Blöcke: Im ersten Teil werden zunächst der See und seine Region sowie deren Bedeutung vorgestellt sowie einige Hintergründe der ökologischen Probleme beleuchtet. Im 2. Block sollen exemplarisch mögliche Ursachen der angespannten ökologischen Situation am Dümmer vorgestellt sowie einige mögliche Sanierungsansätze aufgezeigt werden. Im letzten Teil werden schließlich Beispiele zur Nährstoffbelastung von Gewässern und deren Ursachen aus anderen Regionen Mitteleuropas vorgestellt. In einer abschließenden Diskussion werden die verschiedenen Aspekte nochmals zusammengeführt.

Osnabrück, im Oktober 2013

Prof. Dr. Andreas Lechner

Prof. Dr. Friedrich Rück

Anschriften der Referenten

- Heinrich Belting Staatliche Vogelschutzwarte - Naturschutzstation Dümmer,
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Am Ochsenmoor 52
49448 Hüde
Tel.: 05443/1393
E-Mail: heinrich.belting@nlwkn-ol.niedersachsen.de
- Dipl. Biologe H.-H. Schuster Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Sulingen
Am Bahnhof 1
27232 Sulingen
Tel. 04271/9329-61
E-Mail:Hans-Heinrich.Schuster@nlwkn-su.niedersachsen.de
- Dipl.-Ing. agr. Hermann Siuts Wasserschutzberatung
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Bezirksstelle Osnabrück
Am Schölerberg 7
49082 Osnabrück
Tel.: 0541/56008-119
E-Mail: hermann.siuts@lwk-niedersachsen.de
- Raimund Esch Gewässerschutzberatung
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Bezirksstelle Osnabrück
Am Schölerberg 7
49082 Osnabrück
Tel.:0541/56008-132
E-Mail:raimund.esch@lwk-niedersachsen.de
- Dr. Walter Schäfer Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)
Stilleweg 2
30655 Hannover
Tel.: 0511/643-3264
E-Mail: Walter.Schaefer@lbeg.niedersachsen.de
- Dr. habil. Klaus-Dieter Wolter Systeminstitut Aqua Terra (SAT) e.V.
Kolberger Str. 3
D-65191 Wiesbaden
Tel.:0611/7164442
E-Mail: k1.w1@web.de
- Uwe Bühning Verbandsgeschäftsführer, Wasserunterhaltungsverband 70
(Obere Hunte)
Lindenstr. 193
49152 Bad Essen
Tel.: 05472/9443-16
E-Mail: buehning@uhv70.de

Prof. Dr. Monika Frielinghaus

Institut für Bodenlandschaftsforschung ,
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.
15374 Müncheberg
Tel.: 033432/82-316
E-Mail: frielinghaus@zalf.de

Dr. Rüdiger Knösche

Institut für Biochemie und Biologie, Universität Potsdam
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam
Tel.: 0331/1977-1947
E-Mail: rknoe@uni-potsdam.de

Inhalt

NSG, Feuchtgebiet internationaler Bedeutung, FFH- und EU-Vogelschutzgebiet sowie Tourismusmagnet Dümmer-Niederung	1
--	----------

Heinrich Belting

Der Dümmer – Zum ökologischen Zustand des zweitgrößten Flachsees in Niedersachsen	3
--	----------

Dipl. Biologe Hans-Heinrich Schuster

Flächennutzung, Landbewirtschaftung und Viehhaltung in der Dümmerregion - Hintergründe, Zahlen und Fakten.....	5
---	----------

Dipl.-Ing. agr. Hermann Siuts

Beratung und Maßnahmen der Landwirtschaft zum Gewässerschutz in der Dümmer-Region	7
--	----------

Raimund Esch

Diffuse Phosphoreinträge im Einzugsgebiet der Oberen Hunte - Mögliche Quellen und Transportpfade in die Vorfluter -	9
--	----------

Dr. W. Schäfer und Chr. Röder

Seentherapie durch Ecological Engineering – ein Schilfpolder für den Dümmer ..	19
---	-----------

Dr. habil. Klaus-Dieter Wolter und Dipl. Biologe Hans-Heinrich Schuster

Revitalisierung der Oberen Hunte und ihrer Uferzonen vor dem Hintergrund der Dümmer-Sanierung.....	21
---	-----------

Uwe Bühning

Bodenerosion – eine Quelle für Nährstoffbelastungen von Flüssen und Seen in Norddeutschland	31
--	-----------

Prof. Dr. Monika Frielinghaus

Sedimentäre Nährstoffvorräte, Rücklösungspotenziale und die Trophie in Gewässern der Havel/Brandenburg	33
---	-----------

Dr. Rüdiger Knösche

Die vollständigen Beiträge werden bereitgestellt unter http://www.al.hs-osnabrueck.de/bga_vortraege.html

NSG, Feuchtgebiet internationaler Bedeutung, FFH- und EU-Vogelschutzgebiet sowie Tourismusmagnet Dümmer-Niederung

Heinrich Belting

Abstract

Die Dümmer-Niederung ist eines der für den Naturschutz bedeutsamsten Feuchtgebiete in Mitteleuropa. Mit über 280 Vogelarten und tageweise bis zu weit über 50.000 Wasservögeln, darunter viele sehr seltene, z.T. weltweit in ihrem Bestand gefährdete Arten, hat das Gebiet einen herausragenden Stellenwert für die Europäische Vogelwelt. Dies beruht unter anderem auf dem Nebeneinander bedeutsamer Lebensraumtypen, der Wasserfläche mit den randlichen Röhrichten und Erlenbruchwäldern sowie dem umgebenden offenen Niedermoor-Grünland. Auf einer Fläche von 4.650 ha finden sich eine Reihe nationaler und internationaler Schutzkategorien.

Seit der Eindeichung des Dümmer im Jahre 1953 und der Entwässerung und Nutzungsintensivierung des Umlandes setzte eine starke Entwertung der Lebensräume und ein starker Rückgang der Vogelarten ein. Seit Verabschiedung des Dümmer-Revitalisierungskonzeptes durch das Land Niedersachsen im Jahre 1987 wurden 2.500 ha wiedervernässt und speziell als Lebensraum für Wiesenvögel und Wasservögel wieder entwickelt. Hier haben sich beachtliche Naturschutzfolge eingestellt.

Gleichzeitig ist der Dümmer seit etwa 100 Jahren ein Magnet für den Tourismus. 18 Hafenanlagen mit fast 2.000 Boots- und Liegeplätzen, etwa 1.000 Wochenendhäuser, sowie zahlreiche Campingplätze sowie ein weitreichendes Gaststätten- und Hotelgewerbe machen die Bedeutung der Region für rund 500.000 Tagesgäste deutlich. Direkt und indirekt sind in der ländlichen Region erhebliche Anzahlen von Arbeitsplätzen von dem Tourismus abhängig. Im Rahmen der Umsetzung des Dümmer-Revitalisierungskonzeptes durch das Land Niedersachsen werden die vier Raumnutzungen Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Fremdenverkehr und Naturschutz mit gegenseitigen Synergien in ihren Nutzungskonflikten entflochten.

Der Dümmer – Zum ökologischen Zustand des zweitgrößten Flachsees in Niedersachsen

Hans-Heinrich Schuster

Abstract

Der Dümmer ist mit einer Seefläche von 15 km² und einer durchschnittlichen Wassertiefe von nur 1,1 m nach dem Steinhuder Meer der zweitgrößte Flachsee Niedersachsens. Aus einem oberirdischen Einzugsgebiet von 346 km² und überwiegend aus dem landwirtschaftlich intensiv genutzten Haupteinzugsgebiet der Hunte (325 km²) gelangen seit Jahrzehnten erhebliche Nährstofffrachten in den polymiktischen See, die zu strukturellen Veränderungen im Ökosystem des Dümmers geführt haben. Die nährstoffinduzierte Massenentwicklung planktischer Algen führte zu einer stark gesteigerten Primärproduktion und ging einher mit einer Verschlechterung des Lichtklimas im Wasserkörper des Sees. Die Folge war der Zusammenbruch der ehemals ausgedehnten Unterwasservegetation im Dümmer. Auch die Bestände emerser Wasserpflanzen waren betroffen, die Binseninseln im See verschwanden, parallel kam es zum Rückgang der Schilfröhrichtbestände. Aktuell prägen langandauernde Massenentwicklungen von Cyanobakterien (Blaualgen) das sommerliche Erscheinungsbild des Sees. Als Folge dieser extremen Eutrophierungserscheinungen kam es beim Abbau des autochthonen Materials insbesondere in den letzten Jahren wiederholt zu hohen Sauerstoffzehrungen, die in den ufernahen Bereichen des Sees und in den Seeabflüssen mehrfach zu Fischsterben und starken Geruchsbelästigungen für die Anwohner und Erholungssuchenden führten. Seeinterne Nahrungsnetzprozesse bewirkten trotz der weiterhin hohen Phosphorkonzentrationen im Seewasser ab dem Jahr 2012 eine massive Ausdehnung der Unterwasservegetation. Ein artübergreifend gestörter und insgesamt geringer Fischbestand führte sowohl zu Massenvermehrungen von Zuckmücken als auch zu hohen Abundanzen großer Daphnien (*Daphnia magna* und *D. pulex*) bis in den Sommer. Deren Filtrationsleistungen klärten das Wasser des Sees und ermöglichten das Aufwachsen submerser Makrophyten auf der Hälfte der Seefläche. Die dominante Blaualge *Aphanizomenon flos-aquae* profitierte ebenfalls von dem größenlimitierten Fraßdruck der großen Daphnien auf kleinere Phytoplankter.

Auch nach der erfolgreichen Umleitung des phosphorreichen Bornbaches aus dem Einzugsgebiet des Sees im Jahre 2009 mit der die jährliche Phosphorbelastung des Dümmers mehr als halbiert werden konnte, ist die Gesamtphosphorkonzentration im See noch zu hoch, um den guten ökologischen Zustand des Gewässers (gemäß EG-WRRL) dauerhaft zu erreichen.

Flächennutzung, Landwirtschaft und Viehhaltung in der Dümmerregion- Hintergründe, Zahlen und Fakten

Hermann Siuts

Gliederung:

- landwirtschaftliche Betriebsstrukturen
- Entwicklung
 - der Viehbestände
 - der Flächennutzung
- Biogasanlagen
- Bedeutung der Agrarstruktur für die Dümmerproblematik

Das Einzugsgebiet des Dümmers umfasst im Wesentlichen die Gemeinden Bohmte, Bad Essen und Ostercappeln. In der Region hat sich in den vergangenen 25 Jahren ein stetiger Strukturwandel vollzogen. Während die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe zurückging, nahm die Fläche je Betrieb entsprechend zu. Bei der betrieblichen Ausrichtung herrschen Gemischtbetriebe (Futterbau und Veredelung mit Marktfruchtanbau) vor. Die intensive Geflügelhaltung und ein Teil der Schweinemast werden gewerblich, d.h. ohne eigene Flächengrundlage betrieben.

Die Entwicklung der Viehhaltung nahm einen unterschiedlichen Verlauf. Während die Zahl der Milchkühe seit Ende der 90er Jahre stetig sank, wurde die Mastschweinehaltung ausgebaut. Weniger stieg die Sauenhaltung (Ferkelerzeugung) in der Region. Über die Geflügelhaltung können keine belastbaren Aussagen gemacht werden, da eine vollständige Statistik nicht vorliegt. Es existieren hier mehrere größere Legehennenanlagen.

Die Flächennutzung war in der Vergangenheit durch einen Rückgang des Dauergrünlandes zugunsten des Ackerfutterbaus, des Raps- und Getreideanbaues geprägt. Der Maisanbau (Silomais) nahm hauptsächlich seit Inkraft-Treten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes in der Region zu. Dieser Trend scheint seit 2012 zum Stillstand gekommen zu sein.

Insgesamt rd. 10 Biogasanlagen mit einer Leistung von zusammen rd. 5 MW wurden in den letzten 10 Jahren im Dümmeinzugsgebiet errichtet. Der Druck auf die Kauf- und Pachtpreise landwirtschaftlicher Grundstücke erhöhte sich ebenfalls aufgrund des Ausbaus dieser Anlagen wie auch der Viehhaltung.

Die beschriebenen Strukturen prägen den Dümmerraum als intensives Agrargebiet. Das Nährstoffaufkommen und der Düngereinsatz sind entsprechend hoch. Es gilt daher durch Beratung der Landwirte und spezielle Maßnahmen auf den Flächen vermeidbare Beeinträchtigungen der Gewässer zu minimieren.

Quellen:

Agrarstatistik des Landes Niedersachsen und Daten der Agrarförderung (LWK)

Beratung und Maßnahmen der Landwirtschaft zum Gewässerschutz in der Dümmer-Region

Raimund Esch

Voraussichtliche Gliederung:

- Anlass: Rahmenentwurf zur Dümmersanierung
- Ziel
- Beratung
- Flächenmaßnahmen
- Kooperative Zusammenarbeit
- Ausblick¹

Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen hat in Zusammenarbeit mit dem Unterhaltungsverband Obere Hunte (UHV Nr. 70), dem Hauptverband des Osnabrücker Landvolks (HOL), dem NLWKN und LBEG ein Beratungs- und Maßnahmenkonzept zur Reduzierung von Nährstoffeinträgen aus der Landwirtschaft in Oberflächengewässer des Dümmer-einzugsgebietes (EZG) erstellt. Das Konzept ist Bestandteil des Rahmenentwurfes des Landes zur Fortsetzung der Dümmersanierung.

Das Ziel ist es, die Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer im EZG der oberen Hunte und damit in den Dümmer in den nächsten Jahren um bis zu 30 Prozent zu reduzieren.

Auf Grundlage von wissenschaftlichen Untersuchungen zur Identifikation der Eintragspfade Erosion, Abschwemmung und Dränagen werden Landwirte gezielt zum Thema Gewässerschutz beraten. Die Beratung umfasst Informationsveranstaltungen, Gruppen- bis hin zur einzelbetrieblichen Beratung, z.B. durch Düngeplanung. Für die Landwirte ist diese Beratung freiwillig und kostenfrei. Sie wird vom Niedersächsischen Landwirtschaftsministerium gefördert.

Darüber hinaus möchten Landwirte auf ihren Acker- und Grünlandflächen besonders gewässerschonende Maßnahmen umsetzen. Diese gehen über die gesetzlichen Vorgaben hinaus und tragen zur weiteren Senkung des Nährstoffeintrages bei. Der Rahmenentwurf sieht einen Ausgleich für Mindererträge und höhere Bewirtschaftungskosten vor.

¹ Derzeit sind seitens des Landes Niedersachsen für die geplanten freiwilligen Gewässerschutzmaßnahmen noch keine Finanzmittel bereitgestellt, Stand 16.09.2013.

Bei der Entwicklung und Planung der Maßnahmen im EZG der oberen Hunte wirken die betroffenen Landwirte mit. Zu diesem Zweck ist von Landwirten und weiteren Organisationen die Gewässerschutzkooperation „Dümmer/Obere Hunte“ gegründet worden.

Diffuse Phosphoreinträge im Einzugsgebiet der Oberen Hunte

- Mögliche Quellen und Transportpfade in die Vorfluter -

W. Schäfer und Chr. Röder

1. Auftrag und Untersuchungsziel

Diffuse Phosphoreinträge in Oberflächengewässer finden vor allem über die Pfade Erosion (partikulär gebunden), Abschwemmung mit Oberflächenwasser (gelöst und partikulär gebunden), Dränung (überwiegend gelöst) sowie über Direkteinträge statt.

Das LBEG wurde vom niedersächsischen Umweltministerium beauftragt, in Zusammenarbeit mit der LWK Niedersachsen und dem NLWKN, die diffusen Phosphoreintrittspfade, insbesondere aus der Dränung zu untersuchen und Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge vorzuschlagen.

Die Frage der möglichen P-Einträge über die Eintragspfade „Bodenerosion“ und „Abschwemmung“ sollte begleitend betrachtet werden.

2. Phosphor im Boden

Phosphor liegt im Boden in der Regel als Phosphat (mineralische Salze der Phosphorsäure) in organischen und anorganischen Bindungsformen vor, der anorganische Anteil in den Mineralböden schwankt zwischen 20 und 80 %. Im Wesentlichen kann man im Boden drei Phosphatformen unterscheiden (Abb. 1):

- In der Bodenlösung gelöstes Phosphat (sofort pflanzenverfügbar)
- Labiles, leicht gebundenes Phosphat, nach Lösung pflanzenverfügbar
- Stabiles Phosphat, fest gebunden und nicht pflanzenverfügbar

In Mineralböden wird das Phosphat in der Regel an Eisen- und Aluminiumhydroxiden stabil gebunden. Trotz hoher Gesamtvorräte in der Ackerkrume (1.500 – 3.500 kg P/ha) liegen nur etwa 0,5 – 1,0 kg/ha in gelöster Form vor. Die P-Auswaschungsgefährdung von Mineralböden ist deshalb sehr gering und liegt im Regelfall bei weniger als 0,3 kg/ha·a (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989).

Die Mobilität des Phosphats im Boden wird vom pH-Wert und auch von der organischen Substanz im Boden beeinflusst, am höchsten ist die Mobilität im schwach sauren bis neutralen Bereich. Phosphate können mit leicht löslichen organischen Verbindungen im Boden verlagert und auch ausgewaschen werden. Dies ist vor allem bei Böden mit hohen Anteilen an organischer Substanz und Moorböden zu beachten. Besonders bei Hochmoorböden, die in der Regel praktisch keine Eisen- und Aluminiumhydroxide enthalten, sind die P-Mobilität und die P-Auswaschungsgefährdung sehr hoch.

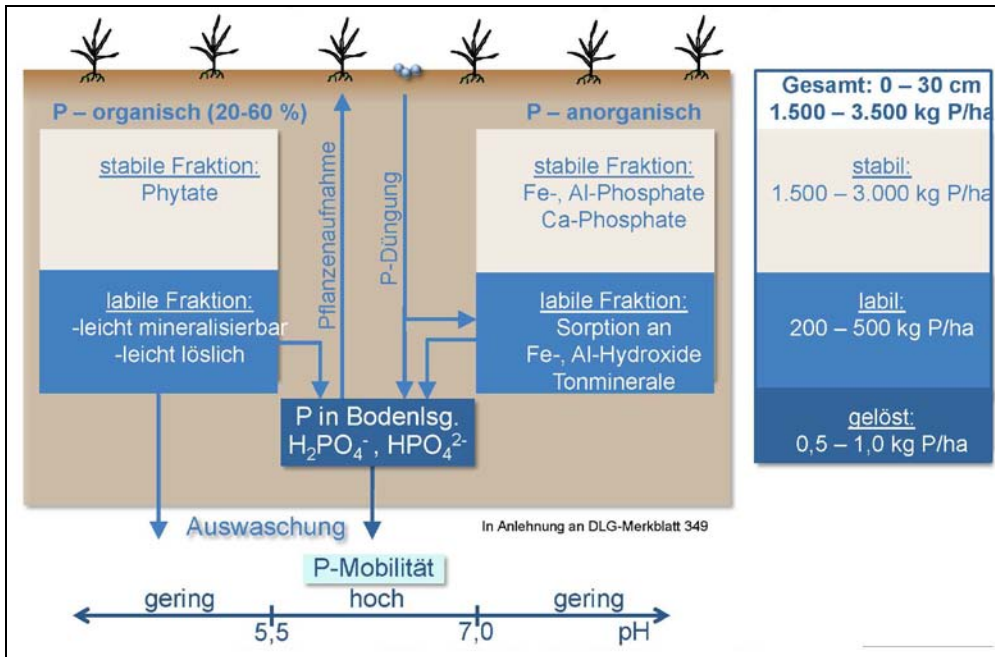


Abb.1: Phosphor im Mineralboden (Ackerkrume) (in Anlehnung an DLG-Merkblatt 349).

3. Ergebnisse der Drän- und Grabenwasseruntersuchungen

Grabenwasser/Vorfluter

Die Ergebnisse in den bisher untersuchten Einzugsgebieten (Elze, Reiningen Graben, Marler Graben) zeigen, dass aufgrund der P-Gehalte im Grabenwasser ein Handlungsbedarf vor allem im Einzugsgebiet der Elze festgestellt werden kann.

Innerhalb der Einzugsgebiete (Tabelle 1) ist Handlungsbedarf bei den folgenden Vorflutern gegeben:

- Venner Moorkanal
- Venner Bruchkanal
- Entwässerungsgraben am Reiningen Graben

Die Einzugsgebiete dieser Vorfluter sind z. T. durch Moorböden bzw. Böden mit sehr hohen Humusgehalten geprägt.

Tab. 1: Gesamt-P-Konzentrationen im Grabenwasser von Ackerflächen im Einzugsgebiet der Elze und des Reiningers Graben.

Graben / Gewässer	Gesamt-P mg/l	Eintragspfad mit erhöhten P-Gehalten	Bemerkungen
Elze	0,14	s.u.	Einmündung Hunte
Venner Moorkanal	0,44	Zufluss aus NSG	Hochmoorgebiet; Tiefkultur evtl. P-Anlieferung aus nördlich angrenzendem Hochmoorgebiet
Venner Bruchkanal	0,19	Dräne, Oberflächenabfluss	Niedermoorgebiet, z.T. Staunass bzw. nicht gedrängt
Bullerbach	0,06		Eisenhaltige Sandböden
Steinriedenbach	0,13	Oberflächenabfluss	Lehmiger Oberboden z.T. Staunass
Venner Mühlenbach	(0,16)	Oberflächenabfluss, Erosion	Schluffböden, Bergland
Reiningers Graben (Dränggraben)	0,14	Dräne, Oberflächenabfluss	Niedermoorgebiet, Staunass

Dränwasser

Ein Vergleich der Gesamt-P-Gehalte vom Drän- und Grabenwasser (Abb. 2) zeigt, dass

1. im Mittel aller Messungen die P-Gehalte im Dränwasser (0,078 mg P/l) nur halb so hoch sind wie im Grabenwasser (0,151 mg P/l) und
2. die Gesamt-P-Gehalte im Dränwasser der Sandböden und Tiefkulturen mit geringen Torfanteilen (z.B. am Venner Moorkanal) den Zielwert von 0,05 mg P/l erreichen.

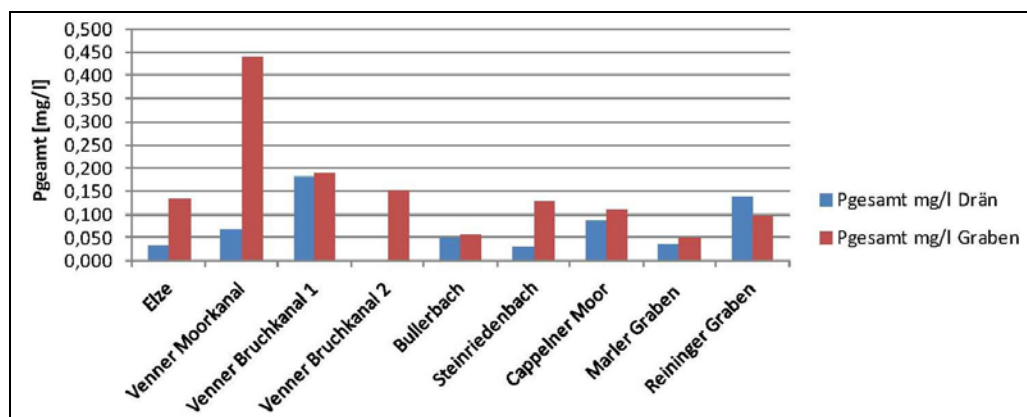


Abb. 2: Vergleich Drän-/Grabenwasser (gesamt-P).

Eine Ausnahme bilden die zumindest teilweise von sehr hohen Humusgehalten (z. T. auch anmoorig oder Moor) geprägten Dränflächen am Venner Bruchkanal, Cappelner Moor und Reiningen Graben. Hier liegen die mittleren Gesamt-P-Gehalte im Dränwasser in etwa genauso hoch (Venner Bruchkanal und Cappelner Moor) oder höher (Reiningen Graben) als im Grabenwasser.

Die (noch vorläufigen) Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 2: Gesamt-P-Konzentrationen im Dränwasser von Ackerflächen im Einzugsgebiet der Elze.

Boden	Gesamt-P mg/l	Filter-eigenschaften	Effekt einer reduzierten Düngung	Maßnahmen
Hochmoor (naturnah)	1,40	sehr schlecht	keiner	P-Fällung*
Anmoor / Niedermoor	0,18	schlecht	hoch	a) red. Düngung** b) P-Filter*
Tiefkultur (HH)	0,07	gut	gering	
Podsol-Tiefkultur	0,08	mittel - gut	mittel	red. Düngung***
Sandboden -eisenhaltig	0,03 - 0,05	sehr gut	sehr gering	

- * kurzfristige Wirkung (< 5 Jahre)
- ** mittelfristige Wirkung (5 – 10 Jahre)
- *** langfristige Wirkung (> 20 Jahre)

Zeitlicher Verlauf der P-Konzentrationen im Grabenwasser der Vorfluter

In Abb. 3 ist der zeitliche Verlauf (Dez. 2011 bis März 2013) der Gesamt-P-Gehalte im Grabenwasser der untersuchten Vorfluter dargestellt. Es fällt bei nahezu allen untersuchten Vorflutern ein Anstieg der P-Konzentration im Zeitraum Mitte Februar bis Mitte März auf.

Ein Vergleich mit den Zeitreihen der Gesamt-P-Gehalte im Dränwasser zeigt, dass hier ein entsprechender Peak nicht zu beobachten ist.

Der P-Konzentrationspeak im Grabenwasser (Vorfluter) ist also nicht mit erhöhten P-Einträgen über das Dränwasser zu erklären. Dies führt zu der Vermutung, dass der Konzentrationspeak im Grabenwasser mit erhöhten P-Einträgen durch Abschwemmung zu erklären ist. Es ist auch darauf hinzuweisen, dass in diesem Zeitraum (Mitte Februar bis Mitte März) verstärkt Wirtschaftsdünger ausgebracht wird.

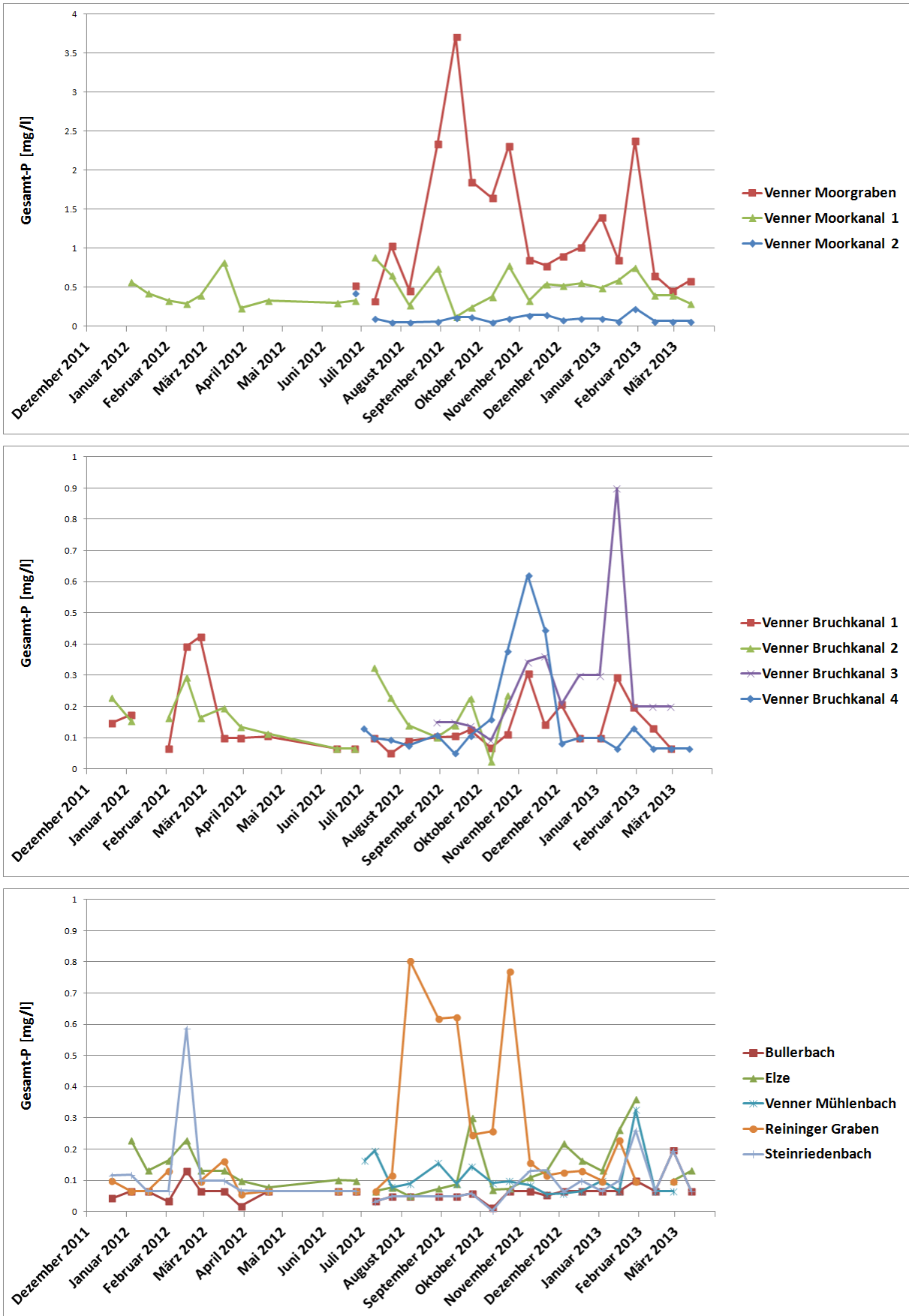


Abb. 3: Gesamt-P-Gehalte im Grabenwasser.

P-Gehalte im Dränwasser in Abhängigkeit vom P-und Humusgehalt des Bodens

Hinsichtlich der P-Versorgung (Pflanzenverfügbarer Phosphor im Boden nach CAL-Methode) sind nach den Richtwerten der LWK Niedersachsen 7 von 12 untersuchten Ackerflächen in die Versorgungsstufe D einzustufen, nach den Richtwerten des VDLUFA (1997) sind 8 von 11 Flächen in die Versorgungsstufen D und E einzustufen.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Gehalt an leicht löslichem (pflanzenverfügbaren) P im Boden und dem Gesamt-P-Gehalt im Boden ist nicht zu erkennen. Der Gesamt-P-Gehalt im Boden zeigt jedoch eine Abhängigkeit vom Humusgehalt des Bodens, dies dürfte damit zu erklären sein, dass ein großer Anteil des Gesamt-P im Boden organisch gebunden ist.

Es ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Gesamt-P-Gehalten im Dränwasser und dem Humusgehalt im Boden zu erkennen. Daraus geht hervor, dass Gesamt-P-Gehalte über 0,100 mg P/l im Dränwasser nur bei Böden mit Humusgehalten > 10 Gew. % org. Substanz gemessen wurden.

4. Abschwemmung

Im Flachland des Elze-Einzugsgebietes wurden in Arealen mit leicht bindigen Oberböden vor allem entlang der Elze, Bullerbach, Steinriedenbach und Venner Bruchkanal, nach Regenperioden im Dezember und Anfang Januar deutliche Oberflächenvernässungen mit der Bildung von direktem Oberflächenabfluss in die Gewässer festgestellt. Am 17.01.2012, etwa eine Woche nach einer Niederschlagsperiode (vom 01.01.2012 bis 09.01.2012) mit fast 60 mm Niederschlag wurde der Oberflächenabfluss von einer Ackerfläche in den Vorfluter beprobt. In diesem Oberflächenabfluss wurden sehr hohe Gesamt-P-Konzentrationen von 0,85 mg P/l gemessen.

Seht Stauwasser längere Zeit in Kontakt mit der hoch aufgedüngten Ackerkrume können sich hohe Gehalte an gelöstem P im Oberflächenwasser einstellen. Wird dieses Stauwasser über Bedarfsgruppen direkt in den Vorfluter geleitet führt dies zu erhöhten P-Einträgen in die Gewässer.

Noch problematischer ist die Gefahr einer Abschwemmung bei Oberflächenvernässung mit Oberflächenabfluss nach einer Gülleausbringung.

Den P-Einträgen durch Abschwemmung dürfte daher im Elze Einzugsgebiet eine erhebliche Bedeutung zukommen.

5. Erosion

Der partikelgebundene P-Eintrag durch Wassererosion gilt bundesweit als wichtigster P-Eintragspfad in die Oberflächengewässer.

Mit Wassererosion ist im Bergland des Elze-Einzugsgebietes, welches durch den Venner Mühlenbach entwässert wird, zu rechnen. Die dort verbreiteten Lößlehmböden mit hohen Schluffanteilen sind hoch erodierbar und besonders anfällig für Verschlammung und Boden-erosion.

In Niedersachsen finden nach langjährigen Erosionsbeobachtungen im Rahmen der Bodendauerbeobachtung etwa 50 % der durch Wassererosion verursachten Bodenabträge im Winterhalbjahr statt. Ein weiterer Schwerpunkt des Bodenabtrags liegt in den Frühjahrs- und Fröhsommermonaten, besonders bei Reihenkulturen mit einer in dieser Jahreszeit noch geringen Bodenbedeckung.

Karten zur Erosionsgefährdung liegen in ausreichender Auflösung vor. Die Bereiche mit hohem potenziellen Oberflächenabfluss wurden mit einer Abflussakkumulationsfunktion berechnet. Dabei wurde der D8-Algorithmus verwendet, da der Vergleich zum MFD-Algorithmus in der Fragestellung des Gewässeranschlusses von Ackerflächen keine signifikanten Unterschiede zeigte. Der berechnete Oberflächenabfluss wurde über die Bereiche mittlerer bis hoher potenzieller Wassererosionsgefährdung nach DIN19708 gelegt und die Darstellung auf Ackerflächen begrenzt. Somit konnten im ersten Schritt mögliche Eintragsbereiche eingegrenzt werden.

Auf Grundlage dieser Karte wurde eine Methodik zur exakteren Lokalisierung von Übertrittsstellen entwickelt. Dabei wird zunächst festgelegt, ab wann ein erosiver Oberflächenabfluss beginnt, so dass aus der berechneten Abflussakkumulation die Bereiche hervorgehen, in welchen es zu Bodenabträgen kommen kann. Im zweiten Schritt wird innerhalb dieser Abtragsbereiche der Mittelwert der potenziellen Wassererosionsgefährdung nach DIN19708 gebildet und jedem Abtragsbereich eine Erosionsgefährdungsstufe (E_{nat} -Stufe) zugewiesen. Das Ergebnis zeigt erosive Abflussbahnen auf, dargestellt nach dem Grad der potenziellen Wassererosionsgefährdung.

Flächen (Feldblöcke) mit hoher Erosionsgefährdung und Gewässeranschluss über Tiefenlinien wurden gesondert ausgewiesen.

Die nach Starkniederschlägen gemessenen hohen P-Frachten in die Hunte belegen die herausragende Bedeutung der Bodenerosion. Ein effektiver Erosionsschutz im Bergland ist daher eine ganz wesentliche Maßnahme zur Reduktion der P-Frachten in den Dümmer.

6. Abschätzung von P-Frachten im Elze-Einzugsgebiet

Zur groben Abschätzung der P-Frachten im Elze-Einzugsgebiet wurden die in den Vorflutern gemessenen mittleren Gesamt-P-Gehalte den Teileinzugsgebieten der Elze (Abb. 4) zugeordnet und unter Berücksichtigung eines mittleren Abflusses von 250 mm/a berechnet. Das Ergebnis ist in Tab. 3 dargestellt.

Für das gesamte Einzugsgebiet der Elze wurde eine P-Fracht von 2262 kg/a berechnet, das entspricht einer P-Fracht von ca. 41 kg/km²*a bzw. 0,41 kg/ha*a.

Bezogen auf die Flächeneinheit (km²) sind die P-Frachten mit 110 kg/km² am Venner Moorkanal mit Abstand am höchsten, gefolgt vom Venner Bruchkanal mit 48 kg/km². Die für das Bergland (Venner Mühlenbach-West und Venner Bruchgraben) berechneten P-Frachten stellen lediglich die Basisfracht bei Trockenwetterbedingungen dar, die durch Bodenerosion bei Starkniederschlägen verursachten P-Frachten sind in dieser Abschätzung nicht enthalten.

Für den Venner Bruchkanal wurde beispielhaft in Tab. 4 der Anteil der verschiedenen Eintragspfade (Dräne, Oberflächenabfluss, Grundwasser) an der Gesamt-P-Fracht grob abgeschätzt. Die Ergebnisse zeigen, dass am Venner Bruchkanal die Dränung am meisten zu den P-Frachten beiträgt, gefolgt von der Abschwemmung mit dem Oberflächenabfluss.

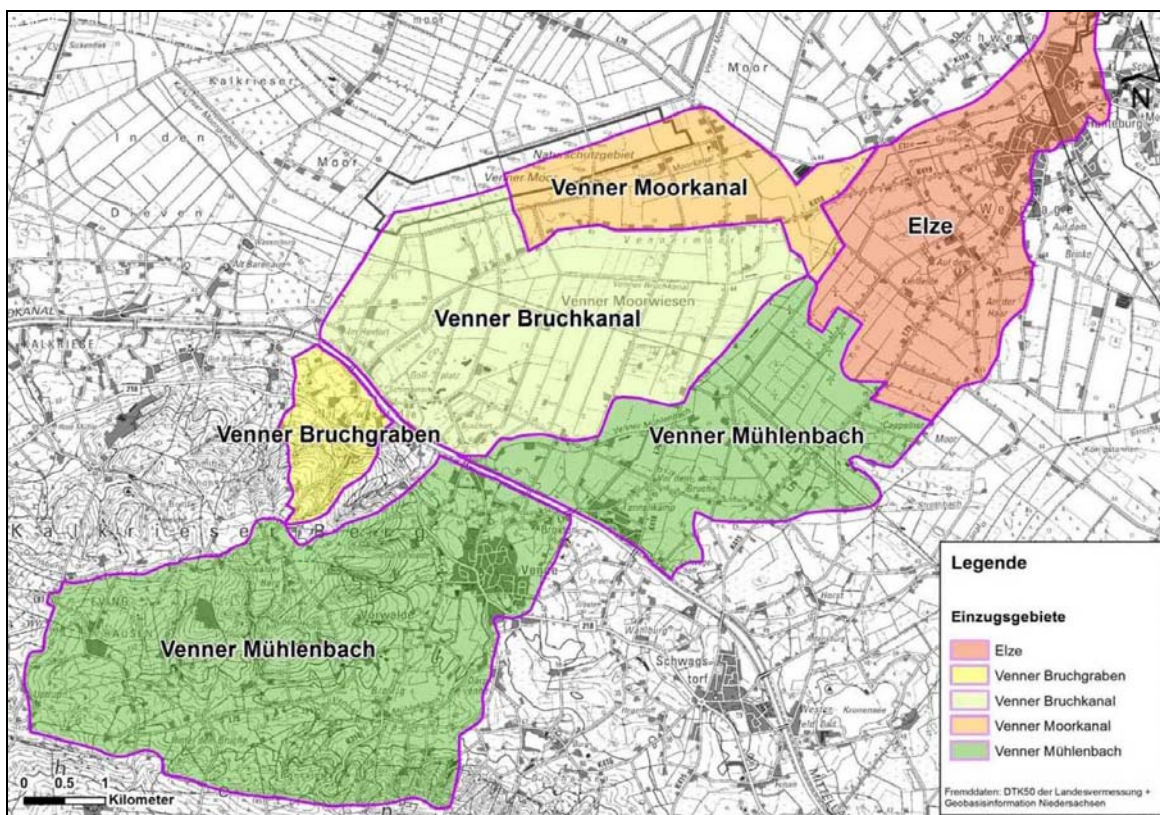


Abb. 4: Teileinzugsgebiete der Elze.

Tab. 3: Berechnete P-Frachten im Elze-Einzugsgebiet.

Einzugsgebiet	Gesamtfläche km ²	Abfluss mm/a	P-Gesamt mg P/l	P-Fracht		
				kg/ha·a	kg/km ²	kg/Einzugsgebiet
Elze – gesamtes Einzugsgebiet	55,5	250	0,163	0,41	40,75	2262
Teileinzugsgebiete						
Venner Moorkanal	4,64	250	0,441	1,10	110	512
Venner Bruchkanal	12,41	250	0,19	0,48	48	589
Elze	9,73	250	0,057*	0,14	14	139
Venner Mühlenbach-Ost	8,74	250	0,128**	0,32	32	280
Venner Mühlenbach-West	18,11	250	0,16***	0,40	40	724
Venner Bruchgraben	1,87	250	0,16***	0,40	40	75
Summe	55,5					2319
Teileinzugsgebiete						

* Mittelwert Bullerbach

** Mittelwert Steinriedenbach

*** Messwerte von Juni 2012-Trockenwetterabfluß

Abb. 4: Berechnete P-Frachten über verschiedene Eintragspfade in den Venner Bruchkanal.

Eintragspfad	P-Gesamt mg/l	Einzugsgebiet km ²	Abfluss mm/a	P-Fracht			LF %	Abflussanteil %
				kg/ha·a	kg/km ²	kg/Einzugsgebiet		
Venner Bruchkanal	0,19	12,41	250	0,475	47,5	589		
Dräne	0,183	8,69	175	0,32	32	278	70	70
Oberflächenabfluss	0,848	8,69	25	0,21	21	184	70	10
Grundwasser	0,183	8,69	50	0,09	9	79	70	20
Grundwasser	0,05	3,72	250	0,13	13	47		
Summe Eintragspfade						588		

7. Literatur

Blankenburg, J. & Scheffer, B. (2008): Nährstoffausträge gedränter landwirtschaftlicher Flächen Nordwest-Deutschlands. – DWA-Themen Dränung + Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management, Januar 2008; Hennef.

DLG-Merkblatt 349 (2008): Grunddüngung effizient gestalten. Autorenteam –DLG e.V., Ausschuss für Pflanzenernährung (Hrsg.), 1. Auflage 11/2008; Frankfurt/Main.

Heathwaite, A.L. et al. (2003): The phosphorus indicators tool: A simple model of diffuse P loss from agricultural land to water. – Soil Use and Management **19(1)**: 1 – 11.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2011): Richtwerte für die Düngung in Niedersachsen, Stand Januar 2011. – LUFA Nordwest, 27.09.2012.

<http://www.lufa-nord-west.de/index.cfm/action/downloadcenter.html>

Pihl, U. (2000): Bodenchemische Parameter als Prognosekriterien des potentiellen Phosphoraustrags in Drän- und Grabenwasser – Diss. Landwirtsch. Fakultät, Univ. Bonn.

Scheffer, F. & P. Schachtschabel (2002): Lehrbuch der Bodenkunde 15. Auflage. – Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, Berlin.

VDLUFA-Standpunkt (1997): Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf. – VDLUFA Darmstadt (Hrsg./Eigenverlag).

Seentherapie durch Ecological Engineering – ein Schilfpolder für den Dümmer

Klaus-Dieter Wolter und Hans-Heinrich Schuster

Abstract

Wegen der hohen Phosphorbelastung der Zuflüsse zum Dümmer aus dem Einzugsgebiet der oberen Hunte wurden von Rippl (1983) eine Umleitung des Bornbaches (phosphorreicher Zufluss zur Hunte) und der Bau eines Großschilfpolders zur Phosphorretention vorgeschlagen. Nach Umsetzung der Maßnahme „Bornbachumleitung“ erreichten den See 2010/2011 im Mittel immer noch 13,3 t P/a bei einer volumengewichteten mittleren Konzentration von 0,186 mg P/L. Die P-Jahresfracht korreliert stark mit dem schwankenden Jahresabfluss. Als Sanierungsziel für den Dümmer gilt bei einer angestrebten mittleren Zulaufkonzentration von 50 µg P/L eine Fracht von 3,82 t P/a. Damit soll die Phosphor-Konzentration im See insbesondere in den für die See-Entwicklung kritischen Monaten März bis April unter 40-50 µg P/L gehalten werden.

Im Jahre 2012 wurde die Konzeption des 1990-1994 in einem Versuchspolder erprobten Schilfpoldersystems aktualisiert und mit dem Ziel der Sanierung des Dümmers zur zeitnahen Umsetzung empfohlen. Die endgültige Ausbaugröße des Schilfpoldersystems wird vom Sanierungserfolg im Dümmer und vom Erreichen der geplanten 30-%-igen Frachtreduktion durch landwirtschaftliche Maßnahmen im Einzugsgebiet abhängig gemacht. Aus pragmatischen Gründen wurden als Flächengrößen für die Ausbauphasen P1, P2 und P3 1,2, 1,8 und 2,2 km² Bruttopolderfläche vorgeschlagen. Die Phosphorkonzentration im Polderablauf wurde für die möglichen Ausbauphasen mit Hilfe des *P-k-C** Modells nach Kadlec & Wallace (2009) berechnet.

Das geplante Schilfpoldersystem ist eine wasserwirtschaftliche, technische Anlage mit der Zielsetzung einer hohen Phosphorretention. Die Phosphorretention im Schilfpolder soll durch hydrologische und stoffliche Steuerung (Wasserstand, Wasseraustausch, hydraulische Effizienz, Schilfmahd) maximiert werden. Für das Schilf wird eine stoffliche Verwertung als Dachreet favorisiert.

Revitalisierung der Oberen Hunte und ihrer Uferzonen vor dem Hintergrund der Dümmer-Sanierung

Uwe Bühning

1. Einleitung

1.1 Anlass

Der Dümmersee als Stillgewässer in Nordwestdeutschland ist der zweitgrößte See in Niedersachsen und umfasst eine Wasserfläche von ca. 12 km². Er ist ein ausgesprochener Flachsee mit einer durchschnittlichen Wassertiefe von ca. 1 Meter. Wegen verschiedener Gegebenheiten ist er stark eutrophiert und von einem starken Blaualgenwachstum dominiert. In den Sommermonaten – in den letzten 3 Jahren wiederum verstärkt - sterben die Blaualgen ab, schwimmen auf, zehren wegen ihrer Biomasse Sauerstoff und führen immer wieder zu immensem Fischsterben und erheblichen Geruchsbeeinträchtigungen bis hin zu unerträglichem Gestank. Sowohl für das Ökosystem Dümmersee als auch für den längst etablierten Tourismus und die Anwohnerschaft ist diese Entwicklung eine Katastrophe. Ausbleibender Tourismus droht einem großen Teil der ortsansässigen Bevölkerung die wirtschaftliche Lebensgrundlage zu entziehen.

Ursache ist neben verschiedenen anderen Gegebenheiten der Nährstoffgehalt im Seewasser, insbesondere Phosphor begünstigt das Blaualgenwachstum erheblich. Der Eintragspfad des Phosphors hat seinen Ursprung in der Hunte, die ca. 98 % des gesamten Wasserzuflusses des Dümmer ausmacht.

Handeln ist daher zwingend geboten, um die beschriebenen Entwicklungen zu stoppen bzw. diese umzukehren. Die Niedersächsische Landesregierung hat bereits 1987 das „Konzept zur langfristigen Dümmer-Sanierung“ beschlossen – eine erste große Maßnahme, die Bornbachumleitung, ist realisiert, weitere müssen und werden folgen, damit die Dümmer-Sanierung erfolgreich umgesetzt werden kann.

1.2 Ziel

Die Niedersächsische Landesregierung hat im Januar 2013 beschlossen, die Dümmer-Sanierung massiv weiter fort- und umzusetzen. Grundlage hierfür bildet ein Maßnahmenkatalog, der insgesamt 16 Punkte umfasst. Die Maßnahmen umfassen sowohl den Wasserkörper des Dümmer selbst als auch die Fokussierung auf die Hunte und deren gesamtes Einzugsgebiet. Die letztgenannten Maßnahmen haben allesamt zum Ziel, den Phosphorgehalt des Huntewassers und damit die Zulauffracht in den Dümmer auf ca. ein Drittel des heutigen Niveaus zu reduzieren.

Die Maßnahme Nr. 11 des 16-Punkte-Planes beinhaltet hierbei Gewässerentwicklungs- und -renaturierungsmaßnahmen im Bereich der Oberen Hunte, die einen maßgeblichen Baustein zur nachhaltigen Phosphorreduktion darstellen.

Die beabsichtigten Maßnahmen werden im Folgenden näher erläutert und vorgestellt.

2. Ausgangssituation

2.1 Das Verbandsgebiet des Unterhaltungsverbandes Nr. 70

Das Verbandsgebiet des Unterhaltungsverbandes Nr. 70 „Obere Hunte“ umfaßt 365 km² und ist praktisch deckungsgleich mit dem Einzugsgebiet der Hunte oberhalb des Dümmers. Zusätzlich gehören Teile der Stadt Damme im Einzugsgebiet des Bornbaches zum Verbandsgebiet während gleichzeitig kleinere Teile des Hunte-Einzugsgebietes im benachbarten Nordrhein-Westfalen liegen und damit nicht zum Zuständigkeitsbereich des UHV 70 gehören. Eine Übersicht ist der Abb. 1 zu entnehmen.

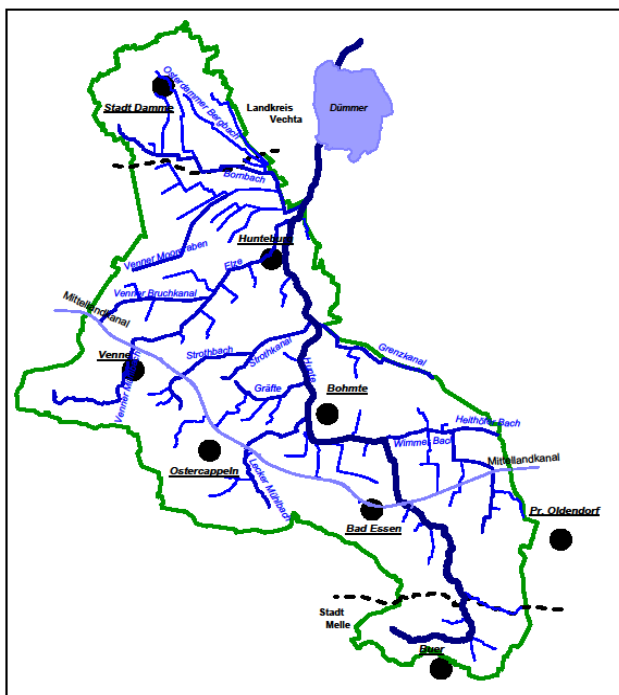


Abb. 1: Verbandsgebiet des UHV Nr. 70

2.2 Daten und Struktur der Gewässer im Gebiet des UHV Nr. 70

Der Unterhaltungsverband Nr. 70 hat insgesamt 243 km Gewässer II. Ordnung zu betreuen und zu unterhalten sowie außerdem 450 km III. Ordnung, insgesamt also knapp 700 km Gewässerstrecken. Die Unterhaltungspflicht für die Gewässer II. Ordnung leitet sich aus dem

Niedersächsischen Wassergesetz (NWG) ab, während die Verantwortlichkeit für die Gewässer III. Ordnung in der Regel im Zuge von Flurbereinigungsmaßnahmen an den UHV 70 übertragen wurde. Meist befinden sich die Gewässerflurstücke auch im Grundeigentum des UHV 70.

Traditionell bedeutete Gewässerunterhaltung in der Vergangenheit die ausschließliche Sicherstellung des Wasserabflusses, d. h. die Erhaltung und Freihaltung des ausgebauten Fließ-, meist Trapezquerschnittes. Diese Aufgabe wandelt sich mehr und mehr hin zu einer ökologischen Betrachtungsweise – Unterhaltung als Pflege eines Gewässerökosystems.

Knapp ein Drittel des Verbandsgebietes liegt im Berg- und Hügelland, etwa südlich des Mittellandkanals, die Fließgewässer haben eine entsprechende morphologische Struktur. Die überwiegenden Fließgewässer sind jedoch dem Tiefland zuzuordnen, sind in der Regel geradlinig mit Trapezprofil ausgebaut und nach EU-Wasserrahmenrichtlinie als sehr stark bis vollständig verändert einzustufen. Sie sind strukturarm und zeigen keine Varianz bezüglich Sohlbreite und –gefälle, Böschungsneigung und –bewuchs.

2.3 Bisher durchgeführte Maßnahmen

Bevor ich im Folgenden auf beabsichtigte Revitalisierungsmaßnahmen im Bereich der Oberen Hunte und deren Einzugsgebiet bzw. deren Nebengewässer eingehe, möchte ich einen kurzen Abriss über bereits erfolgreiche und abgeschlossene Maßnahmen eingehen.

Die größte Einzelmaßnahme war unbestritten die Renaturierung der Hunte zwischen Bad Essen - unterhalb des Mittellandkanals - und Bohmte, eine Maßnahme, die in 3 Bauabschnitten bereits vor annähernd 20 Jahren, von 1993 bis 1996, auf einer Gesamtlänge von insgesamt 7,9 km realisiert wurde. Die Ausgangssituation war ein absolut geradliniger Verlauf der Hunte im einheitlichen Trapezquerschnitt und einem kanalartigen Charakter. Das Gewässer hatte praktisch keinen Gehölzbewuchs, das Gewässerbett war tief eingeschnitten und die Standsicherheit der steilen Böschungen war stark beeinträchtigt. Die Gewässersohle der Hunte war monoton, nicht strukturiert und es bestand keine Varianz bezüglich Sohlbreite, Sohlgefälle, Böschungsneigung und Böschungsbewuchs. Das Gewässer war nur ein monotones Habitat, ein vielseitiger Lebensraum konnte sich nicht entwickeln. Die Ackerflächen reichten bis direkt an die Böschungsoberkante heran.

Welches waren die Ziele der Maßnahme? Beabsichtigt war die Entwicklung einer größeren Strukturvielfalt und die Förderung einer eigendynamischen Entwicklung, indem Buhnen eingebaut wurden. Ferner wurden unterschiedliche Wassertiefen und Strömungszonen erzeugt, einhergehend mit der Bildung einer unterschiedlichen Sohlsubstratstruktur. Hierdurch wurde die Entwicklung einer vielfältigeren Pflanzen- und Tierwelt in naturnaher und naturraumtypischer Ausprägung gefördert.

Um die externen Nährstoffeinträge zu vermindern – was auch damals schon positive Auswirkungen

für den Dümmer hatte - wurden durch Flächenzukauf in der Größenordnung von 14 ha Randstreifen hergestellt und auf diese Weise der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen – die Breite des Gewässerflurstücks variiert heute zwischen 45 m und 50 m und befindet sich im Eigentum des Unterhaltungsverbandes.

Im Zuge der Maßnahme wurden außerdem zwei Querbauwerke zu Sohlgleiten umgestaltet und so die ökologische Durchgängigkeit wiederhergestellt. Das Gewässerprofil wurde oberhalb der Mittelwasserlinie stark aufgeweitet und vergrößert. Bei höheren Abflüssen und Wasserständen steht auf diese Weise zusätzliches Retentionsvolumen zur Verfügung, die Fließgeschwindigkeit wird dabei reduziert. Hierdurch ergibt sich ein unmittelbarer Effekt auf den Ablauf von Hochwasserwellen: die Dauer der Wellen wird verlängert, die Höhe der Wasserstände aber vermindert – eine Reduzierung des Hochwasserschadenspotentials wird erreicht.

Die Baukosten betragen damals 1,884 Mio. DM. Die Finanzierung war komplett über Zuschüsse möglich – nur dadurch war die Maßnahme überhaupt realisierbar.

Eine weitere Maßnahme war im Jahr 2011 die Revitalisierung eines Altarms des Caldenhofer Grabens, einem Nebengewässer des Leckermühlbaches, der wiederum bei Bohmte in die Hunte entwässert. Vor Umsetzung des Projektes war der Caldenhofer Graben in einem künstlich hergestellten Verlauf zum Betrieb der ehemaligen Caldenhofer Mühle – und heute zur Speisung einer Fischteichanlage - aufgestaut und durch einen über 2 m hohen Absturz in seiner Durchgängigkeit unterbrochen. Nicht zuletzt ausgelöst durch das Hochwasserereignis vom 26. August 2010 – bei dem sich das Wasser wieder seinen ursprünglichen Verlauf suchte – wurde der Altarm auf einer Länge von fast 500 m wieder aktiviert und ökologisch umgestaltet.

Die Umsetzung der Maßnahme konnte dank des großartigen Engagements des Landkreises Osnabrück, der die entsprechenden finanziellen Mittel akquirierte, kombiniert mit Eigenleistungen des Unterhaltungsverbandes in Form von Personal und Gerät, umgesetzt und realisiert werden.

Auch am Leckermühlbach fand in Höhe des Gutes Arenshorst – im Jahr 2010 – eine kleinere Revitalisierungsmaßnahme statt, Länge ca. 150 m.

2.4 Geplante Maßnahmen im Hinblick auf die Dümmer-Sanierung

Die Sanierung des Dümmers wird nur gelingen können, wenn der Nährstoff- bzw. Phosphorgehalt im Dümmer und in der Hunte weiter massiv abgebaut wird. Über Revitalisierungsmaßnahmen im Gewässer und ihrer Uferzone hat der Unterhaltungsverband Nr. 70 „Obere

Hunte“ direkte Einfluß- und Mitwirkungsmöglichkeit über die Gewässer selbst, da er Unterhaltungspflichtiger und weitgehendst auch Eigentümer der Gewässer II. Ordnung und auch einer Vielzahl der Gewässern III. Ordnung ist. Einflußnahmen sind sowohl über die regelmäßige Gewässerunterhaltung als auch über bauliche Umgestaltungen bzw. Gewässerentwicklungen möglich. Wenngleich es auf Grundlage des NWG oder der verbandlichen Satzung nicht Aufgabe des UHV ist, Gewässer baulich zu verändern, umzugestalten oder zu entwickeln, sondern nur vorhandene Gewässer in ihrem Bestand zu erhalten und zu unterhalten, wird sich der Unterhaltungsverband im Rahmen seiner bestehenden Möglichkeiten aktiv einbringen, die Initiative als Akteur vor Ort ergreifen und für Maßnahmen die Verantwortung und Trägerschaft übernehmen.

Es soll an dieser Stelle aber auch deutlich betont werden, dass der UHV weder die erforderlichen finanziellen Mittel einbringen will oder kann, um die Projekte umzusetzen. Die Möglichkeiten dazu sind auch im Rahmen der verbandlichen Satzung nicht gegeben. Hier sind finanzielle Unterstützungen und Zuwendungen Dritter zwingend erforderlich, um die Projekte voranzutreiben.

Wie aber können Gewässerumgestaltungen entwickelt werden, dass sie sowohl den Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie entsprechen als auch den Erfordernissen im Hinblick auf die anstehende Dümmersanierung genügen? Wie können Gewässer gestaltet werden, dass sie auch zu einer nachhaltigen Phosphorreduzierung beitragen?

Hier sind im Wesentlichen 4 Aspekte zum Ansatz zu bringen:

1. Umgestaltung des Fließquerschnitts zur Beeinflussung der Hochwasserwellen in Länge und Höhe.
2. Laufverlängerung zur Verzögerung des Abflusses.
3. Gestaltung der Uferbereiche und Auswahl der Bepflanzung zur Phosphorreduktion auf natürliche Weise.
4. Gestaltung der Uferbereiche und Schaffung von Randstreifen zur Phosphorreduktion aus Einträgen angrenzender Flächen.

Diesen Punkten liegen umfangreiche Untersuchungen unter der Regie des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küstenschutz und Naturschutz (NLWKN) zugrunde. So wurde festgestellt, dass Hochwasserereignisse einen maßgeblichen Anteil an der in den Dümmer eingeleiteten Phosphorfracht besitzen. Hochwässer führen bedingt durch hohe Fließgeschwindigkeiten und große hydraulische Schleppkräfte große Sedimentmengen mit – deutlich sichtbar an der Braunfärbung des Wassers. Diese werden durch Abschwemmungen und Erosionen, insbesondere von landwirtschaftlichen Flächen, dem Fließgewässer zugeführt, denn Phosphor liegt nicht nur im Wasser gelöst, sondern auch partikulär an Sedimenten gebunden vor. Durch die genannten Aspekte 1 und 2 sind Hoch-

wasserwellen derart beeinflussbar, dass sie zeitlich zwar länger andauern, aber in ihrer Amplitude bzw. Wasserstandshöhe geringer ausfallen. Das Sedimentierungsverhalten ändert sich – die Folge sind weniger Erosionen und Auskolkungen im Gewässer an Sohle und Ufern und mehr Ablagerungen von Sedimenten im Gewässer, die dann nicht mehr in den Dümmer gelangen.

Weitere Untersuchungen haben aufgezeigt, dass die Phosphorkonzentrationen in der Hunte in ihrem Verlauf auf natürliche Weise abnehmen. So wurden im Oberlauf höhere Phosphorkonzentrationen gemessen als kurz vor der Einmündung in den Dümmer. Der Grund liegt darin, dass die vorhandene aquatische Flora auf der Sohle und an den Ufern des Fließgewässers Nährstoffe aufnimmt, dem Wasser Phosphor entzieht, das Gewässer quasi wie eine natürliche „Pflanzenkläranlage“ wirkt. Wenn es gelingt, im Sinne der genannten Aspekte 3 und 4 Pflanzen anzusiedeln, die zwar standortgerecht und gewässertypisch sind, aber auch über einen hohen Nährstoff- und Phosphorbedarf verfügen, ist auch dieses Vorgehen als positiv für den Dümmer einzustufen.

Der letzte Aspekt – Schaffung von Randstreifen – trägt dem Umstand Rechnung, dass die angrenzende landwirtschaftliche Nutzung in einem größeren Abstand vom Gewässer erfolgt, aufgebrachte Dünger oder Nährstoffe nicht oder zumindest erst nach längerer Bodenpassage ins Gewässer gelangen, und letzten Endes oberflächliche phosphorbelastete Abschwemmungen ins Gewässer vermindert oder gar ganz unterbunden werden.

Es gibt im Verbandsgebiet eine Vielzahl von Gewässern und Gewässerabschnitten, – insbesondere im Flachland nördlich des Mittellandkanals – die nach Wasserrahmenrichtlinie als sehr stark bis vollständig verändert einzustufen sind und für die die Umsetzung der dargestellten Maßnahmen auch im Hinblick der Dümmersanierung geeignet sind.

Eine kleinere Revitalisierungsmaßnahme der Hunte in Höhe des Rabewerks in Bad Essen-Linne konnte bislang wegen fehlender finanzieller Möglichkeiten leider noch nicht umgesetzt werden. Eine Vorplanung für eine weitere Revitalisierung – Gewässerentwicklung der Hunte zwischen Bohmte und Hunteburg – ist erfolgt. Dieses Projekt möchte ich im folgenden beispielhaft für mögliche weitere vorstellen.

3. Das Projekt Gewässerentwicklung der Hunte zwischen Bohmte und Hunteburg

Der betrachtete Hunteabschnitt umfaßt eine Länge von 10,3 km und schließt unmittelbar an die bereits umgestaltete und bereits beschriebene Gewässerstrecke in Bohmte an. Das Gewässer ist in seinem Ist-Zustand stark defizitär und in seiner Struktur als sehr stark bis vollständig verändert einzustufen. Der Fließquerschnitt ist ein monotones und kanalartiges Trapezprofil, charakteristisch sind nachweislich hohe Nährstofffrachten, eine größtenteils schlammige Sohle und keinerlei Varianz bezüglich Sohlbreite, Sohlgefälle, Böschungsnei-

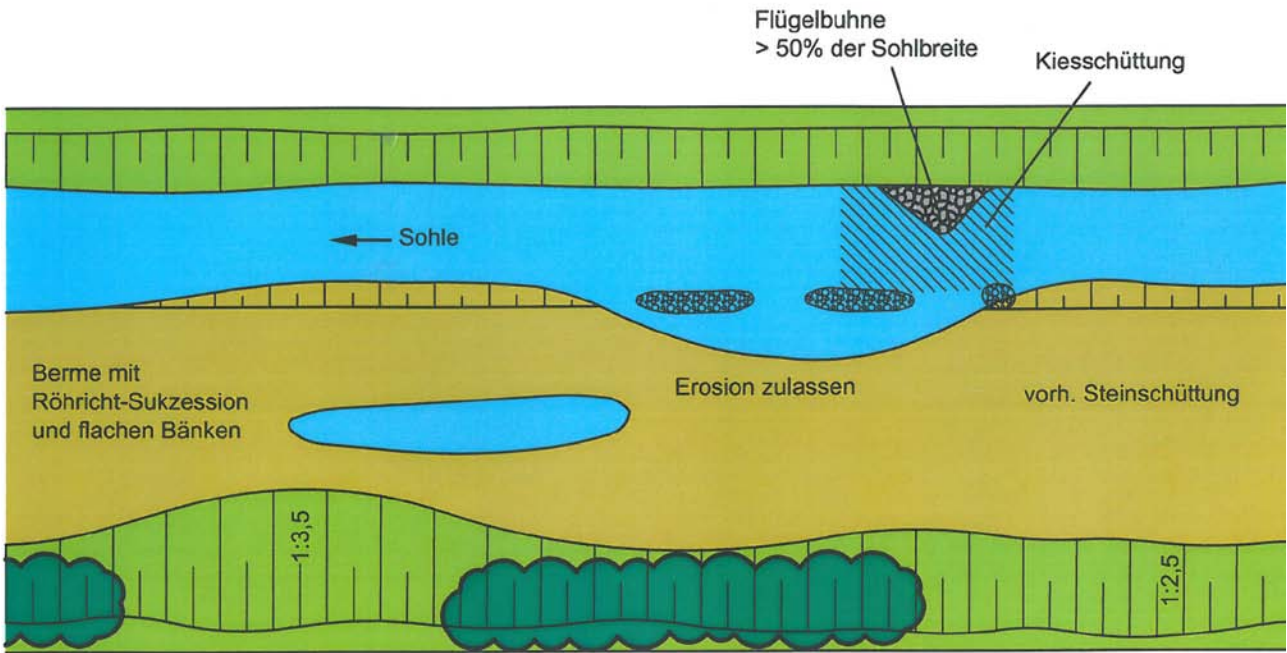
gung oder Böschungsbewuchs. Standort- oder gewässertypische Fauna bzw. Gehölzpflanzungen sind praktisch nicht vorhanden.

Warum ist aus Sicht des Unterhaltungsverbandes die Umgestaltung und Entwicklung gerade dieses Hunteabschnittes so wichtig und am meisten erfolgversprechend für die Dümmersanierung?

Diese Frage kann folgendermaßen beantwortet werden: zum einen entwässert der betrachtete Hunteabschnitt bereits große Teile des Gesamteinzugsgebietes des Dümmers, d. h. positive Auswirkungen auf die Gewässergüte oder Verminderung der Phosphorfrachten betreffen einen erheblichen Anteil des Gesamtzuflusses des Dümmers, zum anderen stehen hier bereits Räumstreifen, teilweise beidseitig, zur Verfügung, die sich bereits im Grundeigentum des Unterhaltungsverbandes befinden und für Umgestaltungen zur Verfügung stehen. Denn ein zusätzlicher Flächenerwerb gestaltet sich vor dem Hintergrund der aktuellen Marktentwicklung als äußerst schwierig und ist schon fast als unrealistisch einzustufen. Zu guter Letzt stellt dieser Abschnitt eine Biotopvernetzung mit dem bereits umstrukturierten Abschnitt dar, ein Aspekt, der insbesondere im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie eine Aufwertung erfährt.

Daher sieht die bestehende Vorplanung im Grunde zwei verschiedene Ausbauvarianten vor: Ausbau innerhalb der bestehenden Flurstücksgrenzen, d. h. im bestehenden Grundeigentum – in der Regel 20 m bis 22 m breit - oder alternativ in einem verbreiterten Ausbauquerschnitt, sofern doch ein Flächenerwerb möglich sein sollte.

Es ist die Schaffung von bermenähnlichen Strukturen oberhalb des Mittelwasserniveaus vorgesehen, die eine Röhrchententwicklung zulassen. Röhrricht ist geeignet, dem Wasser Nährstoffe, also auch Phosphor, zu entziehen. Der punktuelle Einbau von Stummelbuhnen und Totholzstämmen mit Steinauflager als Sicherung ermöglicht eine Varianz sowohl der Fließgeschwindigkeiten als auch der Sohlstruktur. Auf diese Weise wird eine eigendynamische Entwicklung des Gewässerbettes



Gehölzpflanzung aus:
 Strauchweiden, Hartriegel, Faulbaum, Schwarzer Holunder,
 Weißdorn, Wasserschneeball, Traubenkirsche

Abb. 2: Lageplanausschnitt Revitalisierung der Hunte

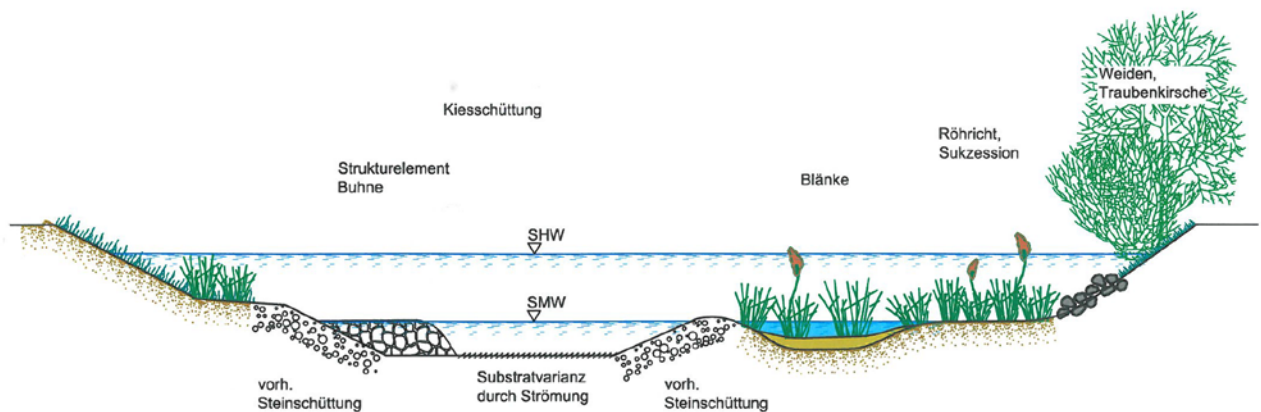


Abb. 3: Regelquerschnitt Revitalisierung der Hunte

zugelassen und eine Mäandrierung und Fließwegverlängerung eingeleitet. Oberhalb des Mittelwasserniveaus wird das Gewässerprofil erheblich aufgeweitet, ansonsten werden die Bermen aber der natürlichen Sukzession überlassen. Hierdurch wird bei hochwasserähnlichen Wasserständen Retentionspotential geschaffen und die Fließgeschwindigkeit durch den insgesamt erheblich größeren benetzten Umfang reduziert - mit allen oben geschilderten Vorteilen hinsichtlich des Verlaufs der Hochwasserwelle und des Sedimentationsverhaltens. Punktuelle standortgerechte Gehölzpflanzungen sind desweiteren an den Ufern vorge-

sehen, dürfen aber nicht zu einer nennenswerten Einschränkung der maschinellen Gewässerunterhaltung führen. Nähere Einzelheiten zum Ausbau sind den Abb. 2 (Lageplanausschnitt) und Abb. 3 (Regelquerschnitt) zu entnehmen.

Der Unterhaltungsverband hat das Projekt zur Erlangung von EU-Fördermitteln aus dem Bau- und Finanzierungsprogramm „Fließgewässerentwicklung“ angemeldet.

4. Zusammenfassung und Fazit

Im Zuge der beabsichtigten Dümmersanierung ist es unerlässlich, die Nährstoffzufuhr über die Hunte zu reduzieren und zu minimieren. Hierzu sind vielfältige Maßnahmen möglich und denkbar, dazu gehören auch Umgestaltungen – Revitalisierungen - in den Gewässern und deren Ufern. Zahlreiche Gewässer im Dümmereinzugsgebiet sind nach Wasserrahmenrichtlinie als stark bis vollständig verändert einzustufen, der Bedarf an der Umsetzung entsprechender Projekte ist dementsprechend hoch. Durch die gezielte Auswahl der Ausbauvarianten können die Projekte nicht nur die Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie erfüllen, sondern auch einen gezielten Beitrag zur Nährstoffreduzierung und zur Dümmersanierung leisten. Für die Umsetzung der Projekte sind immense finanzielle Anstrengungen erforderlich, die nur über Dritte geleistet werden können. Der Unterhaltungsverband Nr. 70 „Obere Hunte“ ist nicht in der Lage, hierzu einen maßgeblichen Anteil zu leisten, wird sich aber initiativ und aktiv als Akteur vor Ort in die Projekte einbringen.

Bodenerosion – eine Quelle für Nährstoffbelastungen von Flüssen und Seen in Norddeutschland

Monika Frielinghaus und Detlef Deumlich

Abstract

Langfristig können wertvolle und nachhaltig funktionsfähige Gewässer in ackerbaulich genutzten Einzugsgebieten nur bei geringen aktuellen Wassererosionsraten erhalten werden. Für die Sicherung des Schutzziels „Funktionsfähige und landschaftstypische Gewässer“ muss die agrarische Nutzung danach ausgerichtet werden. Das bedeutet, in Abhängigkeit von dem ermittelten Erosionsrisiko gemeinsam mit den Landnutzern Schutzkomplexe abzuleiten, die standortspezifisch möglich und erprobt, bezahlbar und nachhaltig wirksam sind.

Untersuchungsziel war es, den Eintrag von Sedimenten in die in Brandenburg typischen Kleingewässer unter den Bedingungen des zunehmenden Maisanbaus besser quantifizieren zu können. Deshalb wurden die für eine mittlere Fruchtfolge im Land Brandenburg mittels allgemeiner Bodenabtragungsgleichung (ABAG) nach DIN 19708 (2005) ermittelten Werte mit den vor Ort erhobenen Messwerten zum Bodenabtrag und –eintrag nach Starkniederschlag verglichen. Dazu wurde im Sommer 2010 ein Kleingewässer genauer untersucht, das sich am Rand eines mit Mais bestellten Feldes befand. Bezüglich der dominierenden Bodenart sowie der vorherrschenden Hangneigung waren landestypische Bedingungen wie im Jungmoränengebiet Brandenburgs. Nach einer insgesamt sehr zögerlichen Jugendentwicklung des Maises kam es Ende Mai 2010 bei einer Bestandeshöhe von etwa 10 cm und einer Bodenbedeckung von 5 % zu ergiebigen Niederschlägen mit Maximalwerten von 33 mm pro Tag. Im Akkumulationsbereich am Rande der Gewässer wurde der Boden an mehreren Stellen bis auf die ursprüngliche Bodenoberfläche aufgegraben und die Stärke der Bodenaufgabe bestimmt. Das insgesamt eingetragene Bodenvolumen betrug 53,5 t und war somit etwa 15-mal so hoch wie durch Anwendung der Bodenabtragungsgleichung (3,5 t) ausgewiesen.

Der Vergleich zeigt, dass die Abschätzung eines potentiellen Erosionsrisikos mittels Modellen nicht ausreichend ist, um wirksame Schutzmaßnahmen einzuleiten. Vielmehr müssen die tatsächlichen Eintragspfade in die Gewässer ermittelt und kartiert werden. Im Ergebnis wird eine Abfolge der Entscheidungsfindung bei der Planung boden- und gewässerschützender Maßnahmen vorgestellt.

Sedimentäre Nährstoffvorräte, Rücklösungspotenziale und die Trophie in Gewässern der Havel/Brandenburg

Rüdiger Knösche

1. Einleitung

Eines der größten Hindernisse bei der Verbesserung der Beschaffenheit von Seen, speziell des Trophie-Grades, ist die Selbstdüngung der Gewässer aus ihren eigenen Nährstoffvorräten im Sediment. Die Mechanismen dieser Nährstoffrücklösung, besonders die des Phosphates, sind bislang sehr intensiv untersucht worden. Für die Praxis des Gewässermanagements besteht dabei allerdings das Problem, die vielen bekannten Einzelmechanismen, in ihrem quantitativen Zusammenwirken für jedes individuelle Gewässer so abzuschätzen, dass am Ende der trophische Zustand des gesamten Gewässers prognostiziert werden kann. Versuche, dieses Problem mit Hilfe von Computermodellen zu lösen, gibt es. Sind diese Modelle sehr einfach strukturiert, erfordern sie meist auch wenig gemessene Parameter, können dann aber das Verhalten des Systems nur grob und nur unter den gegebenen oder eingeschränkten Bedingungen vorhersagen (Jensen et al. 2006, Kneis et al. 2006). Komplexere Modelle implizieren viele Teilprozesse und können dann auch Prognosen unter veränderten Systembedingungen liefern. Sie erfordern aber eine größere Zahl gewässerspezifischer Daten, die nur mit großem Aufwand beschaffbar sind, außerdem fehlen auch genügend Erfahrungen zur Gültigkeit der Modelle innerhalb der ganzen Bandbreite von Gewässertypen (Schauser et al. 2003). Das komplexe Programm Seeinterne Maßnahmen zur Phosphor-Limitierung (Schauser et al. 2003) z.B. verfolgt dabei als Zielgröße auch nur die TP-Konzentration des Wasserkörpers, deren Grad der Umsetzung in Biomasse aber noch sehr variabel sein kann. Daher besteht in der Praxis nach wie vor ein großer Bedarf an einfachen summarischen Zusammenhängen zwischen dem Nährstoffeintrag, den sedimentären Nährstoffvorräten und dem trophischen Zustand des Sees.

Hinsichtlich des P-Eintrages und dessen Wirkung im Gewässer hat das Vollenweider-Modell eine sehr weite Verbreitung gefunden (Vollenweider 1975). Allerdings ist dieses Modell aus Daten dimiktischer Seen abgeleitet und beschreibt nur den langfristigen Gleichgewichtszustand des P-Haushaltes (Jensen et al. 2006). Sas (1989) hat sich mit Methoden der Seenrestaurierung vor dem Hintergrund der Phosphor-Selbstdüngung der Seen aus ihren Sedimenten heraus anhand mehrerer Beispiele auseinandergesetzt. Im Mittelpunkt stand hier neben der Effektivität der Maßnahmen die Frage, wie weit der sedimentäre P-Vorrat vermindert werden muss, um bestimmte Trophiesenkungseffekte zu erzielen. Sas leitet aus den

dargestellten Beispielen auch einen anzustrebenden Wert von 1 mg TP g⁻¹ Sedimenttrockenmasse ab, inwieweit das aber verallgemeinerbar ist bleibt offen.

Hinsichtlich der P-Rücklösung aus dem Sediment bestand zunächst die Hoffnung, dieses Potenzial anhand des TP-Gehaltes des Sedimentes zu prognostizieren. Das hat sich aber sehr schnell als untauglich erwiesen (Hupfer 1995). Einen viel beachteten Fortschritt diesbezüglich erbrachte die dänische Studie von Jensen et al. (1992), in der gezeigt wurde, dass wegen des Immobilisierungspotenzials des Eisens für Phosphor mit ansteigendem TFe:TP-Verhältnis im Sediment die P-Rücklösungsfähigkeit abnimmt. Maassen et al. (2005) erweiterte das sogar auf das allgemeine Metall:TP-Verhältnis und Hupfer (1995) spezifizierte diese Beziehung auf den reduktiv löslichen Phosphor (bicarbonat-dithionit-lösliches Phosphat und Eisen), allerdings nicht mit größerem Erfolg.

Für die Gewässermanagementpraxis ist es nun wichtig, den Schwellwert von 1 mg TP g⁻¹ von Sas und die Bedeutung der TFe:TP-Relation in sehr unterschiedlichen Seentypen zu überprüfen und die Beziehungen zwischen Nährstoffrücklösungspotenzial und Umsetzung in pelagische Biomasse zu klären. Diese Studie soll einen Beitrag zur Lösung dieser Fragestellungen am Beispiel hydrologisch sehr unterschiedlicher Seentypen liefern.

2. Untersuchungsgebiete

Die untersuchten Seen gehören im erweiterten Sinne zum Havel-Gewässersystem zwischen Berlin/Potsdam und Havelberg, mit Ausnahme des Görner Sees bei Friesack (Abb. 1).

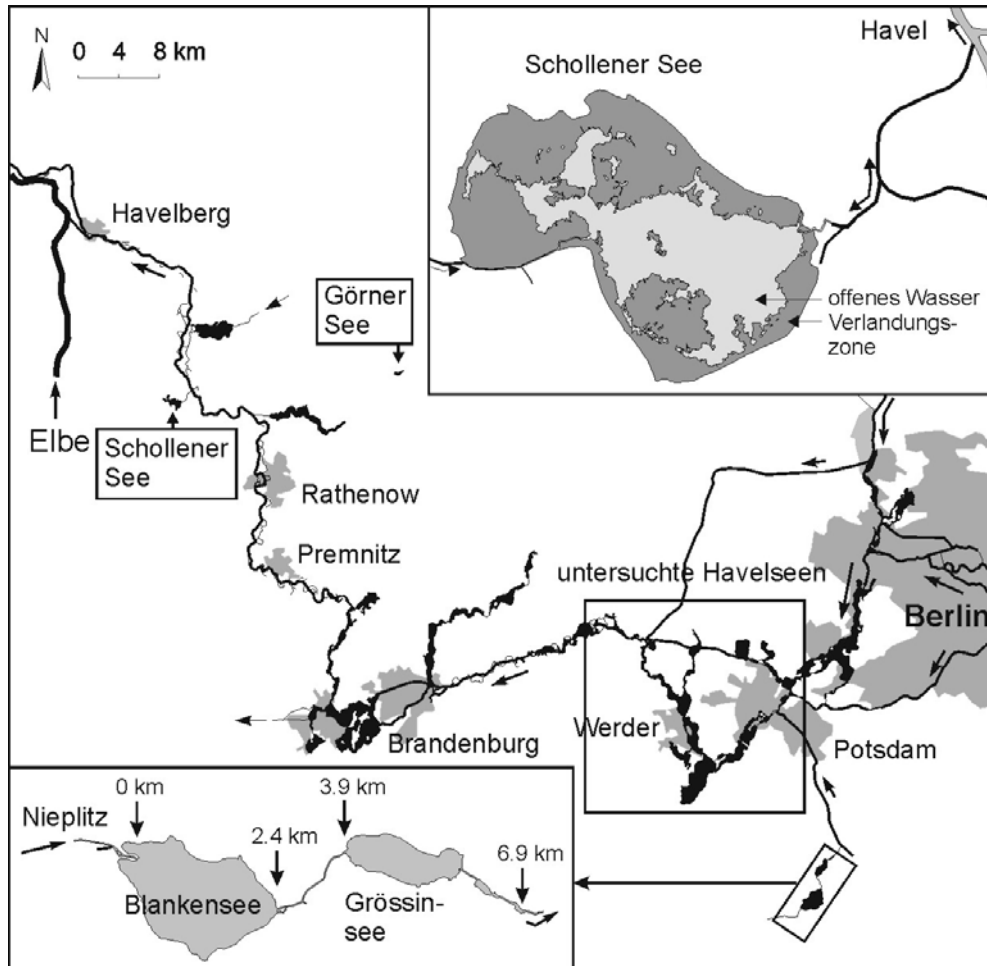


Abb. 1: Untersuchte Havelgewässer zwischen Berlin und Havelberg (eingrahmt).

Wichtige hydrologische Daten der untersuchten Seen sind in der Tabelle 1 dargestellt. Bei der theoretischen Verweilzeit des Wassers wurde nur die Spannweite der Verweilzeiten einzelner Seen angegeben, da eine Aufsummierung der Verweilzeiten in Seenketten die Vergleichbarkeit zwischen den Gewässersystemen beeinträchtigt. Schließlich führt die aufsummierte Verweilzeit in der Potsdamer Havelseenkette keineswegs, wie erwartet, zu einer Akkumulation planktischer Biomasse, weil durch die Verlängerung der Sedimentationsstrecke offensichtlich parallel die Sedimentationsverluste zunehmen (hier nicht dargestellte langjährige Daten des Landesumweltamtes Brandenburg).

Die Einzugsgebiete vom Görner See und Schollener See sind zu über 50% Waldflächen und der Rest sind zu einem hohen Anteil Niedermoore.

Tab.1: Hydrologische Kennwerte der untersuchten Gewässer (GSee: Görner See, SSee: Schollener See, NSeen: Nieplitz-Seen, HSeen: Havel-Seen). Die Verweilzeit des Wassers in Klammern bezieht sich auf den Schwielowsee, der nur am Nordende durchflossen wird. Daten aus: Kneis et al. 2006, Kneis 2002, Knösche & Ellmann 1997, Naumann 1995, Gewässerkataster 1996, Rutter et al. 1994.

	GSee	SSee	NSeen	HSeen
Fläche einzelner Seen (ha)	17	82	4 – 290	35 – 788
Einzugsgebiet (km ²)	6	31	805	16.173
mittlere Gewässertiefe (m)	0,8	0,5 – 2,1	1,2 – 2	3,5
MQ Zufluss (m ³ s ⁻¹)	0,002 – 0,3	0 – 0,16	1,7 – 4,9	44 – 105
theoretische Verweilzeit (d)	>365	ca. 38 – 120	4,7 – 22	1,5 – 38 (94)
Trophie	poly-hyper-	poly-	poly-hyper-	polytroph

3. Methoden

Die Daten in diesem Beitrag sind aus verschiedenen Projekten zusammengestellt. Wasserchemische Daten stammen grundsätzlich aus dem Sommerhalbjahr (Mai – Oktober), sind entweder selbst erhoben (Görner See, Schollener See) oder werden zitiert aus Kneis 2002 (Nieplitz-Seen) bzw. aus dem Projekt „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel“ (Bronstert, A. & S. Itzerott (Hrsg.) (2006), Daten des Landesumweltamtes Brandenburg, Havel-Seen).

Sedimentkerne wurden mit einem Sedimentcorer (6 cm Durchmesser) der Fa. UWITEC entnommen, vor Ort mit Wasser über dem Sedimentkern luftdicht verschlossen und transportiert. Nach einer vertikalen Auftrennung der Sedimentkerne in 2 cm-Abschnitte wurden diese Teilproben den weiteren Analysen (TP, TN, TFe und Sedimentporenwasser) zugeführt. Die Gewinnung von Sedimentporenwasser (5 ml pro Teilprobe) erfolgte spätestens am Tag nach der Probenahme mittels Miniatursaugkerzen (5 cm lang, 2,5 mm Durchmesser). Durch Vorlage von 50 µl 1N HCl im Auffanggefäß am Saugkerzenausgang konnte ein Ausfällen von Fe-gebundenem Phosphat verhindert werden. Im Porenwasser wurden die Phosphat(SRP)- und Ammoniumkonzentrationen gemessen. Die genutzten Bestimmungsverfahren für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Verwendete Verfahren zur Konzentrationsbestimmung im Wasser und Sediment

Organische Substanz (OS)	als Glühverlust, Masseverlust n. Ausglühen bei 550 °C
Gesamtposphat (TP), -stickstoff (TN) und -eisen (TFe) im Sediment	96 % H ₂ SO ₄ -Aufschluss in Gegenwart von H ₂ O ₂ , photometrische Bestimmung von SRP, NH ₄ -N, Fe
Gesamtposphat (TP) im Wasser	Molybdänblau-Reaktion nach K ₂ S ₂ O ₈ -Aufschluss
Gel. reaktives Phosphat (SRP)	Molybdänblau-Reaktion, Photometrie bei 880 nm
Ammonium-N (NH ₄ -N)	Nessler Reagenz, Photometrie bei 425 nm
Gelöstes Eisen-II,III (Fe)	Phenantrolinreaktion, Photometrie bei 510 nm
Chlorophyll im Wasser	photometrisch nach Ethanolextraktion, DIN 38412/16

4. Ergebnisse

In den folgenden Darstellungen werden die Seen und ihre Daten grundsätzlich in der Reihenfolge zunehmender Einzugsgebietsgröße, Zuflussrate und abnehmender theoretischer Verweilzeit des Wassers (vgl. Tab. 1) aufgeführt. Sedimentdaten beziehen sich grundsätzlich auf die oberste Schicht (0 – 4 cm Tiefe). Spannweiten der Daten sind immer die 25%- und 75%-Perzentile.

Die Seen mit dem geringsten Umgebungseinfluss (Görner See und Schollener See), die darüber hinaus von einem sehr breiten Verlandungsgürtel umgeben sind (Abb. 1), enthalten Sedimente mit verhältnismäßig hohem Gehalt organischer Substanz (GSee: 42 – 66%, SSee: 34 – 74%), die vollständig den Seegrund bedecken.

Die TP:OS-Verhältnisse der Sedimente liegen bei 2,0 – 4,1 mg g⁻¹ OS im GSee und 2,7 – 3,1 mg g⁻¹ OS im SSee (Abb. 2). Das TN:OS-Verhältnis ist verhältnismäßig konstant bei 48 ± 9 mg g⁻¹ (GSee) und 52 ± 4 mg g⁻¹ (SSee). Das gilt übrigens auch für die anderen Gewässersysteme (NSeen TN:OS = 51 ± 8 mg g⁻¹, HSeen TN:OS = 50 ± 5 mg g⁻¹) und hat seine Ursache darin, dass Stickstoff nicht wie Phosphor im Sediment anorganisch akkumuliert werden kann. Somit befinden sich die Sedimente im GSee und SSee am unteren Ende der TP:OS-Spanne sedimentierender Sestons. Nach Sterner et al. (2008) liegt das TP:OS-Verhältnis im Seston bei 5,8 ± 1,7 mg g⁻¹ und TN:OS bei 58,6 ± 9,2 mg g⁻¹ (Daten aus 285 Seen. Der dort aufgeführte mesotrophe Biwa-See führt ein Seston mit einem TP:OS = 3,6. Auch oligo- bis mesotrophe nordbrandenburger Seen weisen im Sediment eine TP:OS-Relation von 4,3 mg g⁻¹ auf (Gonsiorczyk et al., 1996). Mit zunehmendem Umgebungseinfluss (Einzugsgebietsgröße, Zuflussrate) steigt das Sediment-TP:OS-Verhältnis erheblich an (Abb. 2). Das ist im Wesentlichen auf den zunehmenden Fe-Gehalt und Beladungsgrad der Fe-Oxide/hydroxide mit P im Sediment zurückzuführen (Abb. 3, siehe auch Jensen et. al. 1992).

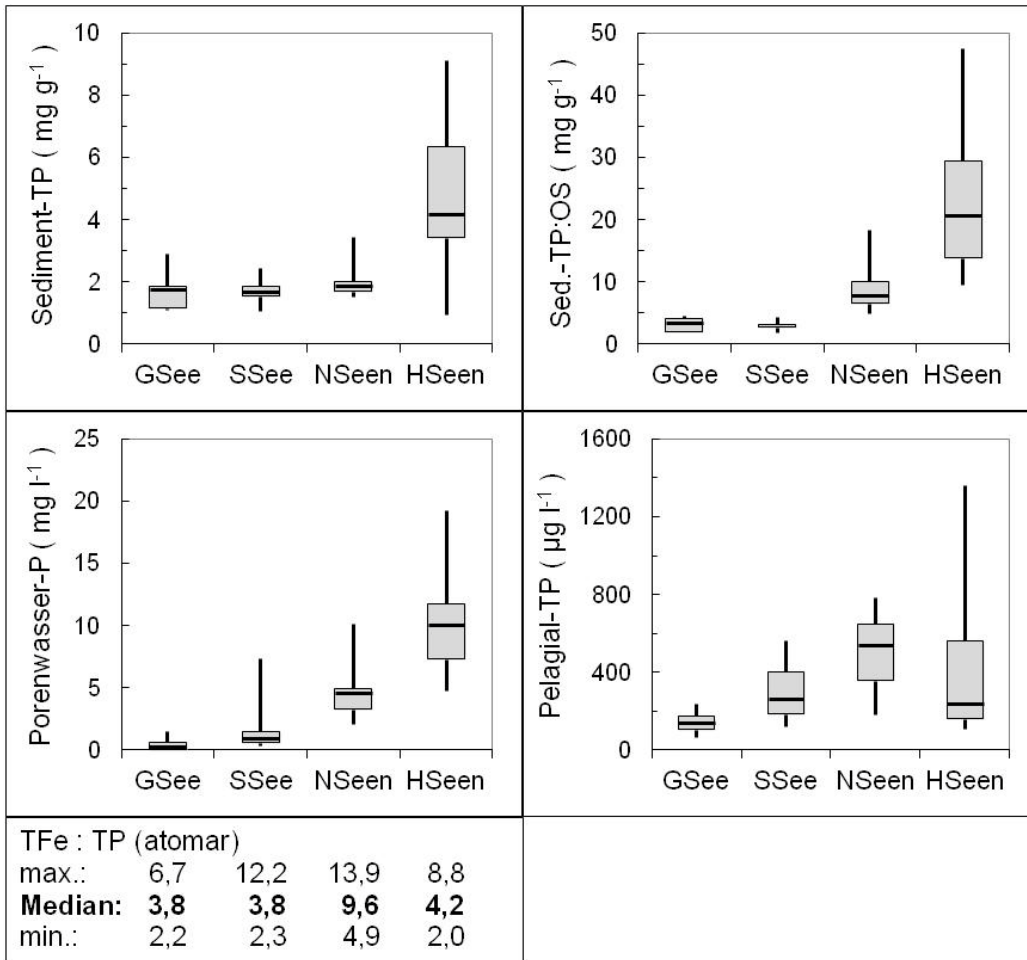


Abb.2: Gesamt-P (TP), Porenwasser-Phosphat und das TFe:TP-Verhältnis der See-Sedimente sowie TP im Wasser-körper (Mediane, Maximum, Minimum und 25%/75%-Perzentile).

Sediment-TP: GSee n=10, SSee n=32, NSeen n=10, HSeen n=28. Porenwasser-P (Juli – Aug.): GSee n=10, SSee n=42, NSeen n=53, HSeen n=72. Pelagial-TP von Mai-Okt., Daten aus Kneis 2002 und Landesumweltamt Brandenburg.

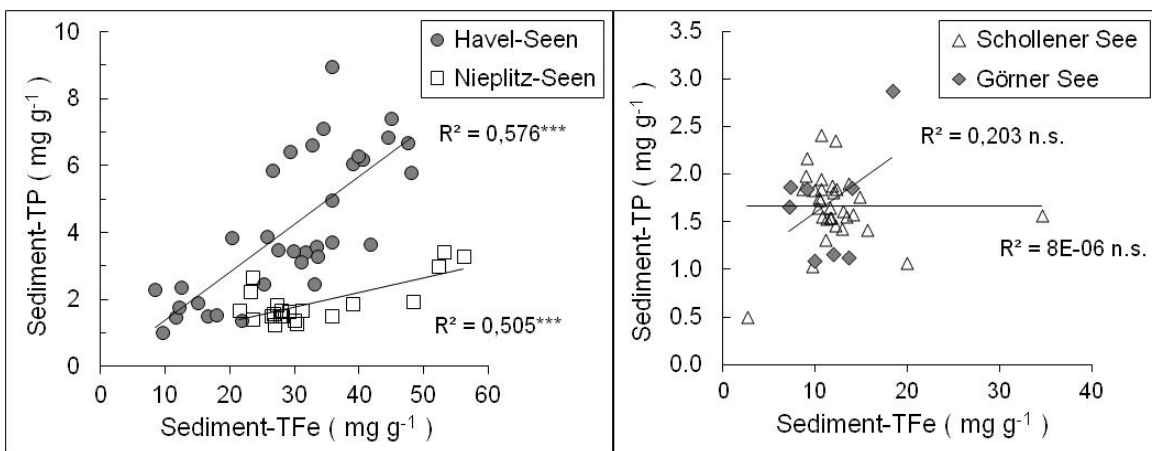


Abb.3: Beziehung zwischen TFe und TP in den obersten 4 cm der Sedimente.

Die Phosphatkonzentration im Sedimentporenwasser, die die entscheidende Triebkraft für die Phosphat-Diffusion in Richtung Wasserkörper ist bzw. die die Rate der P-Rückführung aus dem Sediment durch Resuspension oder Bioturbation bestimmt (Hupfer 1995, Lavery et al. 2001), folgt im Trend dem TP:OS-Verhältnis, jedoch nicht dem abnehmenden Trend des TFe:TP-Verhältnisses, wie nach den Studien von Jensen et al. (1992) und Maassen et al. (2005) zu erwarten wäre (Abb. 2). Die Phosphatkonzentration des Porenwassers ist im GSee und SSee der Ammoniumkonzentration streng proportional ($R^2 = 0,84^{**}$, $R^2 = 0,92^{***}$, $N:P(\text{atomar}) = 33,3 \pm 13,8$ bzw. $23,1 \pm 7,4$). In den NSeen nimmt diese Korrelation bereits deutlich ab ($R^2 = 0,51^* \dots 0,8^{**}$) und $N:P$ sinkt auf $4,6 \pm 4,6$. Die Sedimente der HSeen weisen schließlich zeitweise keine Korrelation zwischen Ammonium und Phosphat im Porenwasser mehr auf ($R^2 = 0,00 \dots 0,40^{**}$) und $N:P$ ist am niedrigsten bei $2,2 \pm 2,0$.

Die pelagische TP-Konzentration folgt in ihrem Trend weder dem TP:OS noch der Phosphatkonzentration im Porenwasser. Mit zunehmender Durchflussrate der Seen sinkt TP im Wasserkörper gegenüber der Erwartung aufgrund der Porenwasser-Phosphatkonzentrationen (Abb. 2). Bei der produzierten planktischen Phytomasse (gemessen als Chlorophyllkonzentration) verstärkt sich dieser Trend noch einmal (Abb. 4). Ganz entsprechend wird das gelöste Phosphat (SRP) zunehmend nicht mehr vollständig in Biomasse umgesetzt (steigende SRP-Konzentrationen bzw. SRP:TP-Verhältnisse, Abb. 4).

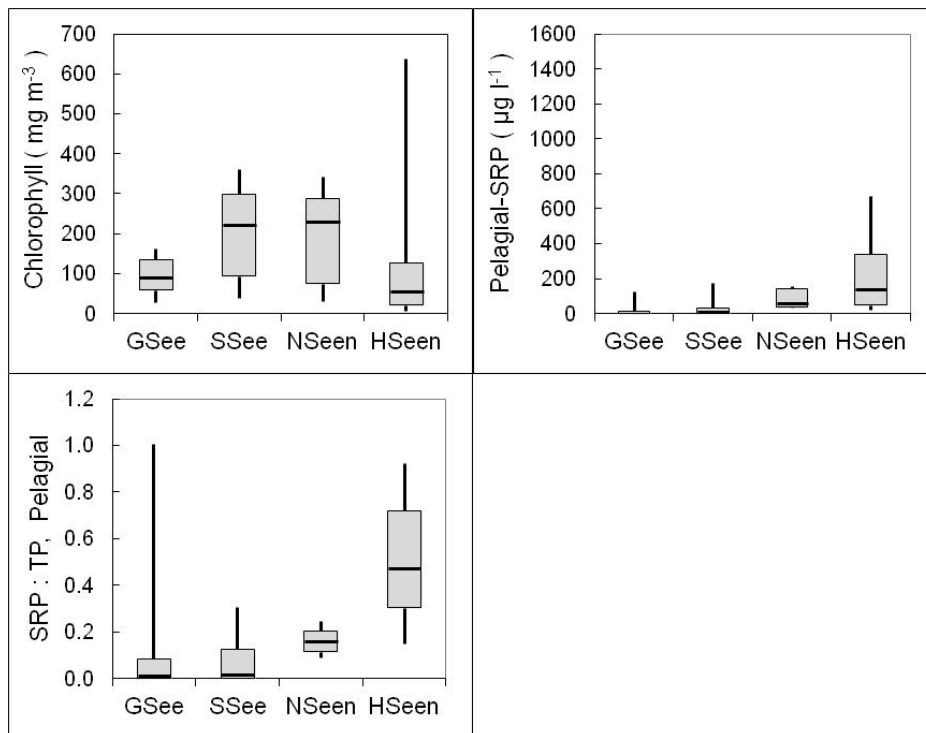


Abb.4: Umsetzung des pelagischen TP (vgl. Abb.2) in Phytoplanktonbiomasse (Chlorophyllkonzentration) und Grad der P-Ausnutzung im Pelagial (nicht in Biomasse gebundenes Pelagial-SRP, SRP:TP).

Trotz der sehr unterschiedlichen P-Vorräte in den Sedimenten und P-Rücklösungspotenziale (Porenwasser-Phosphatkonzentrationen) befinden sich alle Gewässer auf poly- bis hypertrophem Niveau, was sich außerdem in den verhältnismäßig ähnlichen Chlorophyll-Konzentrationen äußert (Abb. 4). Das bedeutet, wenn der gesamte Seegrund von organischen Sedimenten bedeckt ist, können sogar ganz natürliche P- und N-Gehalte der organischen Substanz der Sedimente, wie im GSee und SSee, zu diesen hohen Trophiegraden führen. Solche Seen haben aber durchaus die Möglichkeit Klarwasserzustände einzunehmen. Im SSee war z.B. durch das extreme Elbhochwasser im Sommer 2002 der gesamte Fischbestand vernichtet worden, weil die Havelniederung zur Entlastung der Elbe geflutet wurde und extrem fauliges, sauerstofffreies Wasser in den See eindrang. 2004 hatte sich dann ein ganzjähriger Klarwasserzustand (Chlorophyll nicht messbar oder nahe Null) ausgebildet, obwohl der TP im Wasser bis auf über 217 $\mu\text{g l}^{-1}$ (MW = 135 $\mu\text{g l}^{-1}$) anstieg (Abb. 5). In diesem Klarwasser hatten sich sehr hohe Zooplankton-Dichten gebildet (große Daphniden, überwiegend *Daphnia longispina* – bis zu 1100 Tiere l^{-1} , daneben Cyclopiden und Naupliuslarven – bis zu 550 Tiere l^{-1}). Der See wurde auch sofort stark durch Makrophyten, u.a. auch *Najas marina*, besiedelt (Knösche 2008). Mit der Wiederbesiedlung des Sees durch Fische im Jahr 2005 schwand der Klarwasserzustand (Abb. 5). Auch der GSee weist seit 2010 bis heute einen Klarwasserzustand infolge eines winterlichen Fischsterbens auf (Mitteilung durch die Ortsgruppe des Anglerverbandes), was allerdings nicht messend verfolgt wurde.

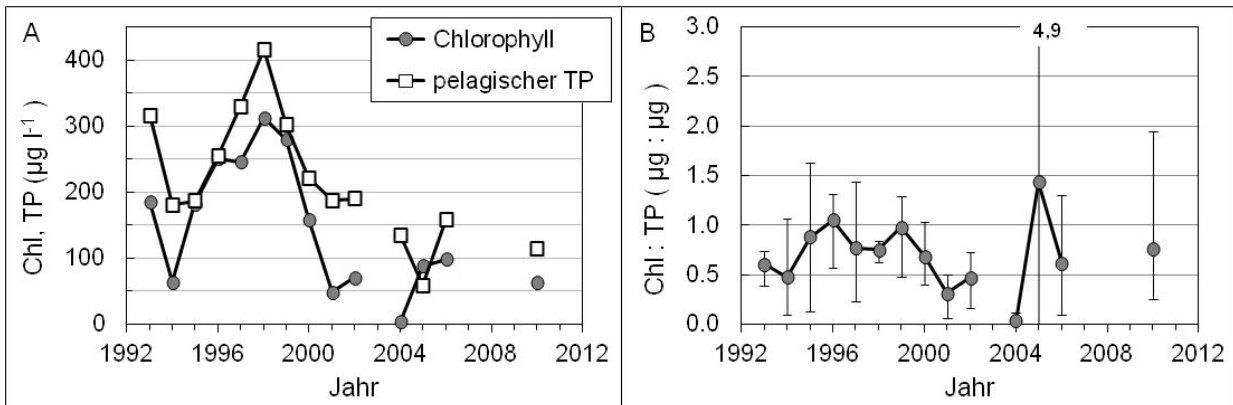


Abb.5: Mittlere sommerliche (Mai – Okt.) Gesamt-P-Konzentrationen (TP) und Chlorophyll-Konzentrationen im Pelagial des Schollener Sees von 1993 bis 2010. A: Konzentrationen, B: Verhältnis von Chlorophyll zu TP als Maß des P-Umsatzes in Planktonbiomasse. 2002: Elbhochwasser (siehe Text).

5. Diskussion

Sas (1989) und Keizer & Sinke (1992) beschreiben eine Reihe von See-Restaurierungsprojekten, in denen durch verschiedene Maßnahmen die sedimentären

Phosphorvorräte gesenkt wurden und auf diesem Wege die Gewässertrophie. Sas leitete aus diesen Ergebnissen sogar die Empfehlung ab, dass der P-Gehalt des Sedimentes bis auf nahe 1 mg P g^{-1} Trockenmasse gesenkt werden sollte. Nun ist diese Angabe wenig praktikabel, weil bei der Bezugsbasis ‚Trockenmasse‘ der Anteil inerter anorganischer Bestandteile, z.B. Sand, erheblich die P-Konzentration verändert. Bei den in vielen Seen üblichen OS-Gehalten von 20% entspricht das einem TP:OS-Verhältnis von 5, also etwas über dem Verhältnis in Seen niedriger Trophiestufe (s.o.). Die Ergebnisse dieser Analyse zeigen aber, dass Flachseen mit hoher Wasseraufenthaltszeit und vollständiger Bedeckung des Seegrundes durch organische Sedimente selbst bei so niedrigen TP:OS-Verhältnissen im Sediment (Abb. 2) poly- bis hypertroph sein können. Hier lässt sich der TP-Vorrat überhaupt nicht weiter senken. Die einzige Möglichkeit hinsichtlich einer Senkung der P-Rücklösungsrate wäre eine Verkleinerung der stoffaustauschenden Oberfläche des nährstoffreichen organischen Sedimentes.

In den Seen mit geringerem Umgebungseinfluss (GSee, SSee), die zugleich Fe-ärmer sind (Abb. 3), ist die redox-gesteuerte Remobilisierung Fe-gebundenem P eher von untergeordneter Bedeutung (kleiner Anteil des P an Fe gebunden – Abb.3), denn hier korreliert das im Porenwasser gelöste Phosphat sehr gut mit dem Ammonium, dessen Konzentration von der Mineralisierungsrate abhängt (Qu et al. 2005, Schönbrunner et al. 2012). Außerdem entsprechen die N:P-Relationen natürlichen Verhältnissen in der Biomasse. Mit zunehmendem Umgebungseinfluss (NSeen, HSeen) schwindet diese Korrelation und N:P wird kleiner. Das sind deutliche Hinweise, dass in diesen Sedimenten bei der P-Remobilisierung über die Mineralisierung hinaus weitere Prozesse wirksam sind. Angesichts des hohen Anteils Fe-gebundenen Phosphates (Abb. 3) kommt dafür die redox-abhängige Remobilisierung in Frage. Das alles erklärt, warum die von Jensen et al. (1992) und Maassen et al. (2005) beschriebene negative Beziehung zwischen dem TFe:TP-Verhältnis und der P-Remobilisierungsrate hier nicht mehr in vollem Umfange gilt. In solchen isolierten Seen reicht offenbar das aktuell durch Mineralisierung freigesetzte Phosphat in Konzentrationen von $< 1 \text{ mg P l}^{-1}$ im Porenwasser der obersten 4cm-Sedimentschicht und $< 1,8 \text{ mg P l}^{-1}$ in 15 cm Sedimenttiefe (Kern-Daten hier nicht dargestellt.) bereits aus, um einen polytrophischen Gewässerzustand zu unterstützen (Abb.2). Wahrscheinlich wird das in diesen sehr flachen Seen durch einen schnellen Turnover des P zwischen Pelagial und Sedimentoberfläche aufgrund des kurzen Weges realisiert (Genkai-Kato & Carpenter 2005, zur Geschwindigkeit des P-Umsatzes siehe auch Hupfer & Lewandowski 2005).

Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass seeinterne Umsteuerungen der Stoffflüsse im Görner See und Schollener See auch in der poly- bis hypertrophen Stufe zu Klarwasserzuständen führen können. Die beschriebene Ereigniskette im Schollener See entspricht dem von Schef-

fer (1989) beschriebenen Switch zwischen Trüb- und Klarwasserzustand infolge einer Umsteuerung im Nahrungsnetz (siehe auch Genkai-Kato & Carpenter 2005). Nach dieser Theorie führt erhöhter Prädationsdruck auf die Friedfischbestände zu einer Schonung des Zooplanktons, das sich gut vermehrt, eine hohe Filtrierleistung aufbringt und so die Phytoplanktonentwicklung stark vermindert. Die so begünstigten Makrophytenbestände sind wiederum Zufluchtsort für das Zooplankton. Im Schollener See war die Prädation auf das Zooplankton sogar gänzlich ausgefallen. Dabei ist allerdings noch unklar, inwieweit in solchen hocheutrophen Flachseen ein Totalausfall der Prädation erforderlich ist, um einen Klarwasserzustand herbeizuführen. Seeinterne Stoffflüsse werden durch diesen Zustandswechsel aber nur teilweise beeinträchtigt, wie die relative hohen pelagischen TP-Werte im Klarwasserjahr 2004 zeigten (Abb. 5). Das aus dem Sediment freigesetzte Phosphat bleibt entweder ungenutzt im Wasser oder fließt sehr schnell in die Zooplanktonbiomasse und in die Makrophytenbestände. Aber auch filtrationsresistente Phytoplanktonarten, wie z.B. *Aphanizomenon flos-aquae*, das makroskopische blattähnliche Trichombündel bildet, können davon profitieren. Diese Art erfuhr im Juli 2005, als der Klarwasserzustand dem Ende entgegen ging, eine Massenentwicklung.

Abschließend ist festzustellen, dass solche in Bezug auf Nährstoffe und Wasser überwiegend autarke Seen nur durch eine Verkleinerung der Sedimentoberfläche oder durch seeinterne Verschiebungen der Stoffflüsse in einen besseren Zustand überführt werden können – beides keine leichten Aufgaben. Natürlich wäre auch eine Durchbrechung der Autarkie, also verstärkter Wasseraustausch, denkbar. Das ist aber nur selten realisierbar.

6. Zusammenfassung

Anhand von Sediment- und wasserchemischen Daten aus mehreren Seen des Havelgebietes zwischen Berlin/Potsdam und Havelberg, die sich im Umgebungseinfluss (Einzugsgebietsgröße, Wasserzufluss bzw. Wasseraustauschrate) stark unterscheiden, sollte geprüft werden, ob in allen Seetypen allein durch eine drastische Senkung des Sediment-Phosphorgehaltes eine Trophiesenkung möglich ist. Es zeigte sich, dass in stärker isolierten Seen, deren Seegrund vollständig mit organischem Sediment bedeckt ist, sogar Sediment-P-Gehalte, die denen unbelasteten Sestons entsprechen, poly- bis hypertrophe Gewässerzustände unterstützen. In den Sedimenten dieser Seen ist nur eine kleine Menge P an Metalloxide gebunden. Es ist zu erwarten, dass solche Seen in ihrem trophischen Zustand nur auf eine Flächenreduzierung der organischen Sedimente oder auf eine Beeinflussung seeinterner Stoffflüsse reagieren. Letzteres äußerte sich in der Ausbildung ganzjähriger Klarwasserzustände in diesen polytrophen Seen z.B. nach Verlust der Fischbestände.

Literatur

- Bronstert, A. & S. Itzerott (Hrsg.) (2006):** Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel, Abschlußbericht zum BMBF-Projekt. Brandenburgische Umwelt-Berichte (Schriftenreihe der Math.-Nat. Fakultät der Universität Potsdam) 18: 211 S.
- Genkai-Kato, M. & S.R. Carpenter (2005):** Eutrophication due to phosphorus recycling in relation to lake morphometry, temperature, and macrophytes. *Ecology* 86: 210-219
- Gewässerkataster und angewandte Gewässerökologie e.V. (1996):** Die Seen im Brandenburgischen Jungmoränenland, Teile 1 u. 2, Landesumweltamt Brandenburg, unveröffentlicht
- Gonsiorczyk, T., P. Casper & R. Koschel (1996):** Wechselwirkungen zwischen der Sediment- und Gewässerbeschaffenheit in nordbrandenburger Seen. *Deutsche Ges. f. Limnologie (DGL) - Tagungsbericht 1996, Bd. II: 405 - 409*
- Hupfer, M. (1995):** Bindungsformen und Mobilität des Phosphors in Gewässersedimenten. In: Steinberg, C., H. Bernhardt & H. Klapper (Hrsg.), *Handbuch Angewandte Limnologie*, Verl. Ecomed, S. IV-3.2
- Hupfer, M. & J. Lewandowski (2005):** Retention and early diagenetic transformation of phosphorus in Lake Arendsee (Germany) - consequences for management strategies. *Archiv für Hydrobiologie* 164: 143-167
- Jensen, H.S., P. Kristensen, E. Jeppesen & A. Skytthe (1992):** Iron:phosphorus ratio in surface sediment as an indicator of phosphat release from aerobic sediments in shallow lakes. *Hydrobiologia* 235/236: 731-743
- Jensen, J.P., A.R. Pedersen, E. Jeppesen, & M. Søndergaard (2006):** An empirical model describing the seasonal dynamics of phosphorus in 16 shallow eutrophic lakes after external loading reduction. *Limnology & Oceanography* 51: 791-800
- Keizer, P. & A.J.C. Sinke (1992):** Phosphorus in the sediment of the Loosdrecht lakes and its implications for lake restoration perspectives. *Hydrobiologia* 233: 39-50
- Kneis, D. (2002):** Die Verkürzung der Verweilzeit des Wassers – Eine Option zur Verbesserung der Gewässergüte eines See-Fluss-Systems? Diplomarbeit, Univ. Potsdam, Inst. f. Geoökologie
- Kneis, D., R. Knösche & A. Bronstert (2006):** Analysis and simulation of nutrient retention and management for a lowland river-lake system. *Hydrology and Earth System Sciences* 10: 575 – 588
- Knösche, R. (2008):** Wiederfund von *Najas marina* L. ssp. *marina* im Schollener See (Elbe-Havel-Winkel, Sachsen-Anhalt). *Mitteilungen zur floristischen Kartierung in Sachsen-Anhalt (Halle)* 13: 41-51
- Knösche, R. & H. Ellmann (1997):** Hydrologische und hydrochemische Untersuchungen im NSG "Görner See". Unveröffentl. Studie im Auftrage der Unteren Naturschutzbehörde Havel-land, Auftragnehmer Ingenieurbüro Ellmann/Schulze GbR Sieversdorf
- Lavery, P.S., C.E. Oldham & M. Ghisalberti (2001):** The use of Fick's First Law for predicting porewater nutrient fluxes under diffusive conditions. *Hydrological Processes* 15, 2435–2451
- Maassen, S., D. Uhlmann & I. Röske (2005):** Sediment and pore water composition as a basis for the trophic evaluation of standing waters. *Hydrobiologia* 543: 55-70
- Naumann, A. (1995):** Hydrographische und hydrologische Charakteristik. Die Havel, Studien und Tagungsberichte, Landesumweltamt Brandenburg, Bd.8: 11-14

- Qu, W., R.J. Morrison, R.J. West & C. Su (2005):** Diagenetic stoichiometry and benthic nutrient fluxes at the sediment-water interface of Lake Illawarra, Australia. *Hydrobiologia* 537: 249-264
- Rutter, S., H. Ellmann, R. Mühle & R. Knösche (1994):** Studie zu Verlandungsproblemen des Schollener Sees, 2. Etappe. Im Auftrage des Regierungspräsidiums Magdeburg, Abtl. Naturschutz, Auftragnehmer IHU Geologie u. Analytik Stendal
- Sas, H. (1989):** Lake restoration by reduction of nutrient loading. Academia Verlag Richarz, 497 pp.
- Schauser, I., J. Lewandowski & M. Hupfer (2003):** Seeinterne Maßnahmen zur Beeinflussung des Phosphor-Haushaltes eutrophierter Seen – Leitfaden zur Auswahl eines geeigneten Verfahrens. *Berichte des IGB, H. 16*, 106 S.
- Scheffer, M. (1989):** Alternative stable states in eutrophic shallow fresh water systems: a minimal model. *Hydrobiological Bulletin* 23: 73-84
- Schönbrunner, I. M., S. Preiner & T. Hein (2012):** Impact of drying and re-flooding of sediment on phosphorus dynamics of river-floodplain systems. *Science of the Total Environment* 432: 329-337
- Sterner, R.W., T. Andersen, J.J. Elser, D.O. Hessen, J.M. Hood, E. McCauley & J. Urabe (2008):** Scale-dependend carbon : nitrogen : phosphorus seston stoichiometry in marine and fresh-waters. *Limnology & Oceanography* 53: 1169-1180
- Vollenweider, R.A. (1975):** Input-output models, with special reference to the phosphorus loading concept in *Limnology*. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 37: 53 - 84