

Michael FEIBICKE

Was können künstliche Feuchtgebiete zum Rückhalt von Nährstofffrachten aus diffusen Einträge leisten?

Which potential do constructed wetlands have for the retention of nutrient loadings from non-point sources?

Abstract:

For improving the trophic status of a hypertrophic shallow lake (Dümmer, Lower Saxony, Germany) by reducing high nutrient inputs from non-point-sources, a large constructed wetland was proposed to act efficiently as a matter sink. This constructed wetland should be situated in the catchment of the river Hunte, shortly above the lake. To derive threshold values for the dimensioning and the expected nutrient retention efficiency of such a large-scale reed polder, a 1 ha small experimentally constructed wetland was built and operated over a 5-years period. Water level and flow as well as nutrient concentrations of in- and outflow were monitored daily. Nutrient budgets on monthly and yearly basis were calculated. During this study, the standing crop of reed increased steadily reaching finally c. 3.1 kg DM. Finally, the yearly shoot production reached about 700 - 800 g C m⁻² a⁻¹. *Phragmites australis* was the dominant reed compound followed by *Glyceria* spp. . The impact of periphyton could only be assessed for diatoms on the basis of a silicate budget. The long-term mean silicate retention of 153 g SiO₂ m⁻² a⁻¹ indicated a mean net production of c. 120 g C m⁻² a⁻¹. The retention of phosphorus was mainly controlled by the hydraulic residence time indicating that the sedimentation of P-bound particles was the most important process. On a yearly basis, a residence time ≥1.8 d resulted in a P-retention of more than 50 % (input of P = loading >30 mg P m⁻² d⁻¹). The retention of nitrogen based primarily on the denitrification of nitrate reaching a relative retention of c. 40 % (input of N = loading >320 mg N m⁻² d⁻¹). Based on these results, different scenarios for the lake recovery highlight that a large-scale reed polder of 200 ha would have a relevant impact by reducing the P-loading to a sufficient extent. Furthermore, some advantages and disadvantages focusing on the general use of constructed wetland for reducing high loadings from non-point sources are given.

Keywords: phosphorus, nitrogen, silicate, *Phragmites*, periphyton, management, lake Dümmer, Lower Saxony

1 Einleitung und Zielsetzung

Feuchtgebiete sind nicht nur für Natur- und Artenschutz wichtig, sie fungieren u. a. auch als stoffliche Senken, in dem sie Nähr- und Schadstoffe aus Fließgewässern effizient zurückhalten (Succow & Jeschke 1986; Hammer 1992a). Dort, wo keine natürlichen Feuchtgebiete verfüg- und nutzbar sind, können auch künstlich geschaffene „Feuchtgebiete aus 2. Hand“ („constructed wetlands“) diese Funktion übernehmen. Sie werden bereits vielerorts zur Reinigung von Punktquellen mit kommunalen, gewerb- oder landwirtschaftlichen Abwässern eingesetzt (u. a. bei Deponien, Erz- und Kohlebergbau, Papierherstellung) (Moshiri 1992; Kadlec & Knight 1996). Auch bei hohen diffusen Nährstoffeinträgen wie sie vielerorts durch eine intensive Landnutzung gegeben sind, gewinnen künstlich geschaffene und functionsoptimierte Feuchtgebiete an Bedeutung (Hammer 1992b; Poltz & Rippl 1989).

Leistungseckwerte aus herkömmlichen Schilfkläranlagen wie sie zur Klärung kommunaler Abwässern eingesetzt werden, sind kaum direkt auf „constructed wetlands“ übertragbar, da sich u. a. die Stoffkonzentrationen und das Abflussgeschehen in Fließgewässern deutlich von solchen Schilfkläranlagen unterscheiden. Um „constructed wetlands“ zur Senkung diffuser Einträge in Fließgewässern einzusetzen, sind daher Vorort-Studien notwendig. Dabei werden die besonderen örtlichen Gegebenheiten und die spezielle zeitliche Dynamik (u. a. Nährstoffniveau, Anteil gelöster und partikulärer Fraktionen, saisonale Muster bei Abflüssen und Frachten) berücksichtigt und können für die weitere Planung verwendet werden.

In diesem Zusammenhang wurde bereits Anfang der 80er Jahre vorgeschlagen, u. a. einen großen Schilfpolder als künstliches Feuchtgebiet zu bauen, um den Dümmer, einen hypertrophen Flachsee (Poltz & Wille 1977; Poltz 1982), durch die Senkung der Nähr- und Trübstofffrachten der Hunte, seines Hauptzuflusses, entscheidend zu entlasten (Ripl 1983).

1988 wurde daher ein Versuchsschilfpolder an der Hunte (Pegel Schäferhof, Abb. 1) durch das Land Niedersachsen fertig gestellt, der vom Staatliches Amt für Wasser und Abfall Sulingen betreut wurde. Die Gesellschaft für Gewässerbewirtschaftung mbH führte in Zusammenarbeit mit der TU Berlin und im Auftrage des Niedersächsischen Landesamt für Ökologie die chemischen Analysen sowie die Gesamtauswertung in einem Untersuchungszeitraum von 5 Jahren durch (Ripl *et al.* 1994).

1.1 Dümmer und Hunte

Der Dümmer ist Niedersachsens zweitgrößter See (12 km² Wasserfläche, 1,1 m mittlere Wassertiefe, Einzugsgebiet EG 419 km²) und wird von der Hunte, seinem wichtigsten Zufluss (EG: 403 km²) gespeist (Abb. 1). Im langjährigen Mittel (1990 - 94) erreichte der Jahresabfluss der Hunte etwa 104 Mill. m³ a⁻¹ (=3,30 m³ s⁻¹; Min: 0,04, Median: 1,9, Max: 36,2 m³ s⁻¹) (Pegel Schäferhof oberhalb des Dümmer) (NUM 1994; Rippl *et al.* 1994).

Im Einzugsgebiet lebten Anfang der 90er Jahre ca. 48 000 Einwohner. 23 kommunale und 5 betriebliche Kläranlagen behandelten ca. 86 % der Abwassers

(Hunte bis Oldenburg) (NUM 1994). Ca. 67 % der Fläche wurden landwirtschaftlich genutzt (61 % Acker, 39 % Grünland) (NUM 1994). Die intensive landwirtschaftliche Nutzung sowie umfangreiche Meliorationsmaßnahmen an Niedermooren in früheren Jahrzehnten führten zu hohen Nährstofffrachten, die bei der Hunte im langjährigen Mittel etwa 30 t Ges-P a⁻¹ und 1000 t Ges-N a⁻¹ erreichten (1990 - 94). Durch den stetigen Ausbau der Abwasserbehandlung von Punktquellen im Einzugsgebiet lag der Anteil aus Klärwerken am Gesamt-Frachtaufkommen beim Phosphor schätzungsweise bei 13 - 25 % und beim Stickstoff bei 6,5 %, d. h. der weitaus größte Frachtanteil wurde aus diffusen Quellen eingetragen (NUM 1994; Rippl *et al.* 1994).

Der Bornbach, ein Nebenfluss der Hunte oberhalb des Dümmer, stellte bei 20 % der Einzugsgebietsfläche ca. 50 - 60 % der P-Fracht der Hunte (Poltz 1989a). Zur Nähr- und Trübstoffentlastung des Sees wurde bereits 1983 vorgeschlagen, neben dem Bau eines Großpolders oberhalb des Sees auch den Bornbach durch Anschluss an den Dümmer-Randkanal am See vorbeizuleiten (Rippl 1983) (Abb. 1).

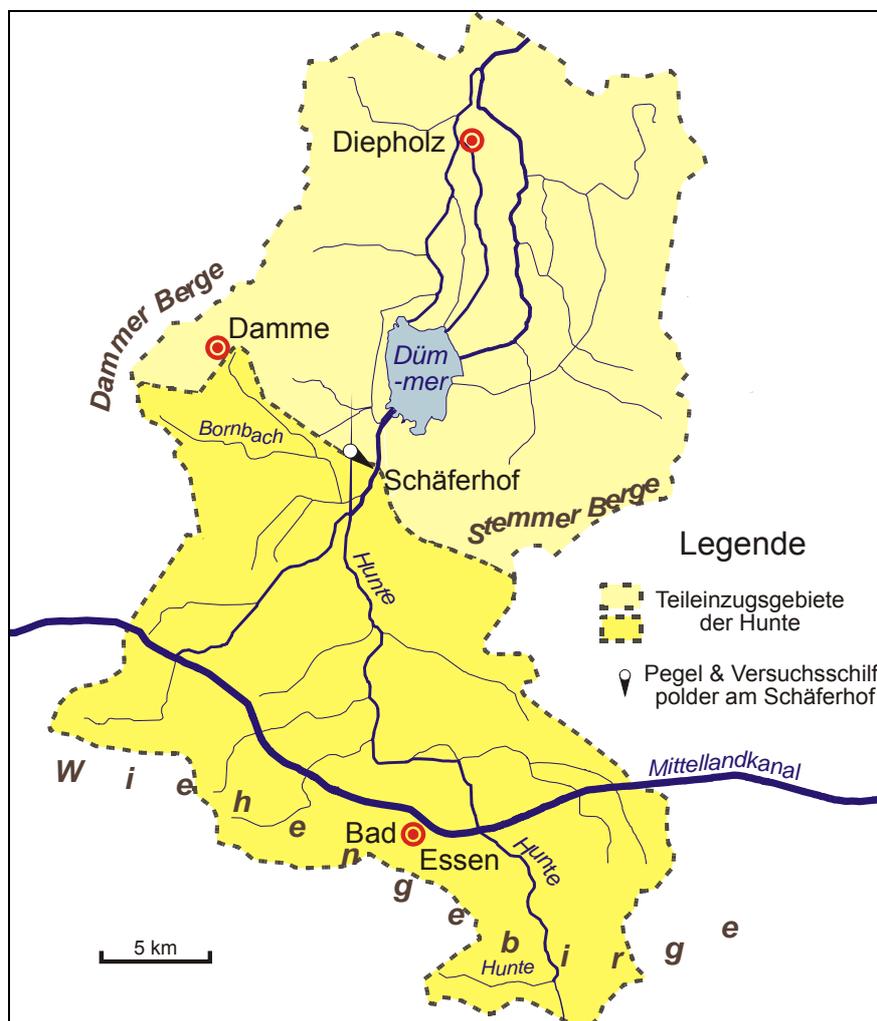


Abb. 1 Teileinzugsgebiete der Oberen Hunte mit Dümmer und Lage des Versuchsschilfpolders am Pegel Schäferhof

2 Aufbau und Betrieb Versuchspolder

Die Versuchsanlage bestand aus zwei eingedeichteten Teilpoldern mit ca. 1 ha Gesamtfläche (Abb. 2). Um Versickerungsverluste zu vermeiden, wurde der Poldergrund durch eine Teichfolie abgedichtet, auf die etwa 0,4 m Niedermoorboden und darüber 0,1 m Seeschlamm aus dem Dümmmer aufgebracht wurden. Über Rohrschneckenpumpen wurde Wasser aus dem Vorfluter in die Anlage geleitet. Das Wasser floss oberirdisch wie bei einem überstauten Feuchtgebiet ab. Der Wasserstand wurde innerhalb der Polder durch sog. Mönche reguliert. Die Wassermenge im Zu- und Ablauf der Polder wurde quasikontinuierlich durch Einsatz von Messwehren und automatischen Pegeldrucksonden ermittelt. Chemische Analysen erfolgten an Tagesmischproben, die durch automatische Probenehmer im 30-Minutentakt gezogen wurden (weitere Details s. Ripl *et al.* 1994).

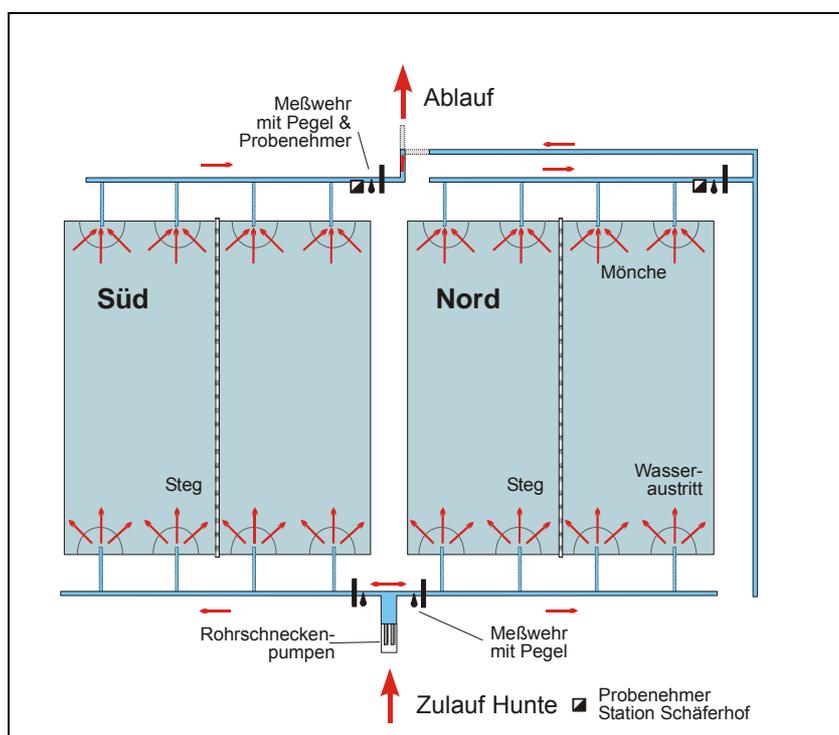


Abb. 2 Aufbau der Versuchsanlage (vereinfacht) mit Polderhälfte Süd und Nord

2.1 Bepflanzung und Bestandsentwicklung

Die Erstbepflanzung erfolgte mit vorgezogenen Topfpflanzen von *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Um die Schilfausbreitung zu beschleunigen und die zunächst sehr wuchskräftige Pioniervegetation (*Polygonum persicaria* L., *Alopecurus geniculatus* L., *Glyceria fluitans* (L.) R. Br., *Typha latifolia* L., *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb. zurückzudrängen sowie Verluste durch Fraß (Wasservogel, Bisam) und Witterung auszugleichen, wurden in den ersten Jahren wiederholt Nachpflanzungen (Halmstecklings-, Topf-, Matten- und Bultpflanzungen) durchgeführt. Erst nach 3 Betriebsjahren zeigte der Schilfbestand einen kräftigen Nettozuwachs.

Um das Wachstum weiter zu fördern und Detritus anzureichern, wurde das Schilfrohr im Winter wiederholt gemäht, danach gehäckselt und vor Ort im Polder versenkt.

Am Ende des 5. Versuchsjahres wurde eine Gesamtröhrichtbiomasse von etwa 1,5 - 4,5 kg TS m⁻² (Nord- und Südteil; Gesamtmittel 3,1 kg TS m⁻²) in den Teilflächen ausgebildet. Der Anteil der oberirdischen Biomasse lag bei 0,5 - 1,9 kg TS m⁻² (etwa 42 - 48 % der Gesamtphytobiomasse). Das Schilfrohr stellte im südlichen Polderteil nahezu 100 % und im nördlichen ca. 42 - 93 % der Biomasse des Röhrichtbestandes. Hier trat zusätzlich Wasserschwaden (*Glyceria*) auf. Die mittlere Streu-Produktion des Röhrichts am Ende der 5jährigen Untersuchungsreihe wurde auf etwa 700 - 800 g C m⁻² a⁻¹ geschätzt.

3 Ergebnisse des Versuchsbetriebes

3.1 Stoffbilanzen

Da die hydraulische Last in beiden Polderteilflächen weitgehend identisch war, wurde der Polder bilanztechnisch als funktionelle Einheit behandelt. Der Wasserumsatz wurde aus dem Zulauf, dem Niederschlag und einer geschätzten Verdunstung kalkuliert. Versickerungsverluste waren Bauart bedingt auszuschließen. Die Stoffbilanzierung, die auf der Wasserbilanz aufbaute, erfolgte als interne Nettobilanz auf Tagesbasis. Bilanztage mit größeren Wassermengendifferenzen zwischen Zu- und Ablauf wurden als unplausibel von der Bilanz ausgeschlossen. Anschließend wurden Monats- bzw. Jahresmittel berechnet. Die Tabelle 1 gibt die Betriebslagen als Mittel- und Extremwerte auf Jahresbasis für die Abflussjahre 1990 - 94 wieder.

Tab. 1 Kenndaten zum Wasserumsatz und zur Nährstoffbilanz des Versuchsschilfpolders (Abflussjahre 1990-94) (Gesamtjahresmittel und Extrema)

	Mittel	Min	Max
Wasseraufenthaltszeit (h)	27	17	61
Ges-P-Last (mg Ges-P m ⁻² d ⁻¹)	27,8	13,0	37,7
P-Retention (mg Ges-P m ⁻² d ⁻¹)	10,0	1,7	22,9
P-Retention (% P-Last)	34	5	61
Ges-N-Last (mg Ges-N m ⁻² d ⁻¹)	1000	779	1323
N-Retention (mg Ges-N m ⁻² d ⁻¹)	287	156	426
N-Retention (% N-Last)	29	15,4	40

Die Retentionswirkung des Schilfpolders basiert zum einen auf Prozesse, die an Oberflächen untergetauchter Schilfhalme auftreten und zum anderen auf der Verlängerung der Wasseraufenthaltszeit innerhalb des Polders (allg. Steigerung der Effizienz einzelner Retentionsprozesse). Durch die Schilfhalme wird die Sedimentation von Partikeln gefördert. Zum anderen werden zusätzliche Siedlungsflächen für Aufwuchsgemeinschaften gebildet, die zusätzlich Nährstoffe als Biomasse binden bzw. bakteriell umsetzen. Die Oberflächenvergrößerung durch untergetauchte Halme erreichte am Ende der Studie 0,7 m² je m² Poldergrund.

Die Abbildung 3 zeigt die Jahresmittelwerte für hydraulische Last und Wasserumsatz, Stofffracht (=Last) sowie die absolute und relative Stoff-Retention für Stickstoff und Phosphor im Zeitraum 1990 - 94. In Abbildung 4 werden die Abhängigkeiten der Stoffretention von der Zulaufkonzentration, vom Wasserumsatz sowie von der Last für Stickstoff und Phosphor dargestellt.

Die Phosphor-Retention beruhte hauptsächlich auf der Sedimentation von partikulär gebundenem Phosphor (Tab. 1, Abb. 3). Nach Untersuchungen von Poltz (1989b) lag der partikuläre Anteil im Wasser der Hunte am Pegel Schäferhof bei etwa 50 % des Ges-Phosphors. Daneben wurden in geringerem Umfang auch gelöste anorganische Anteile durch den autotrophen Aufwuchs aus der fließenden Welle entfernt.

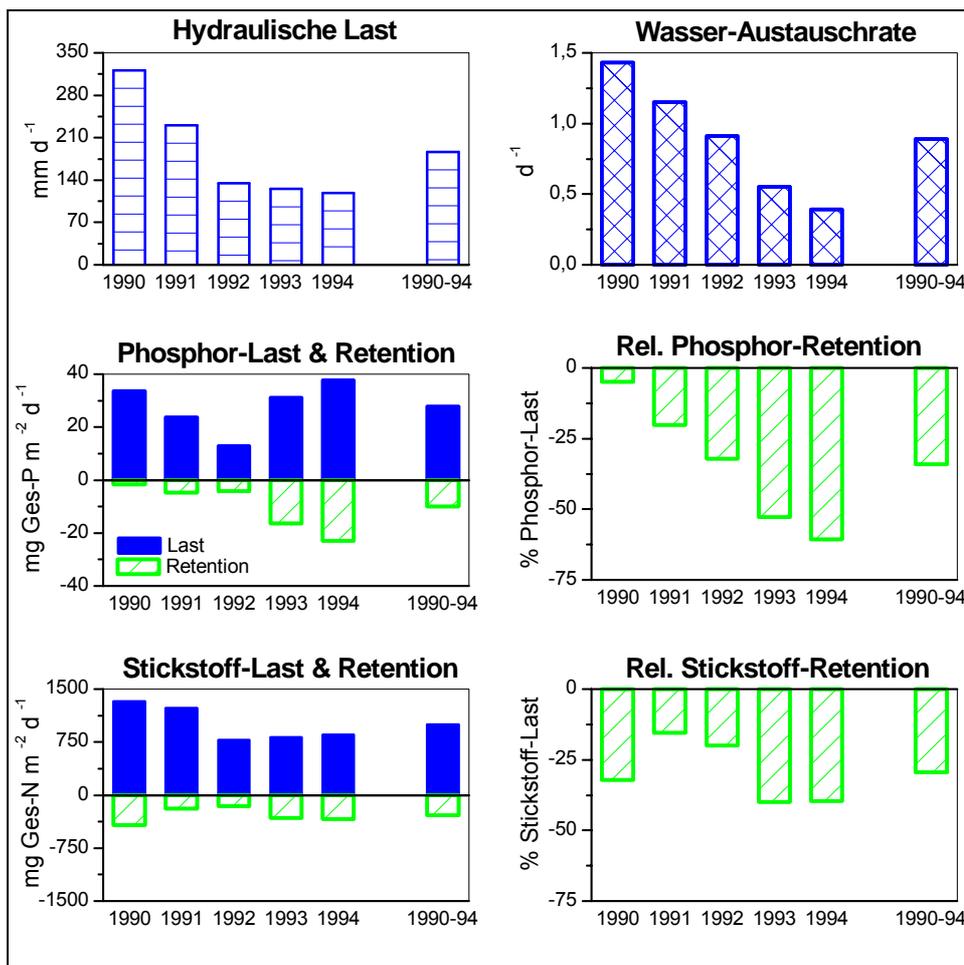


Abb. 3 Jahresbilanzen von Phosphor, Stickstoff sowie Wasserzulauf und -austausch im Versuchsschilfpolder

Die Zunahme der P-Retention während des Versuchsbetriebes war auf die Zunahme des Schilfbestandes im Laufe des Projektes sowie auf die optimierte Steuerung des Versuchspolders in Bezug auf Wasserstand (Stauhöhe) und Wasserumsatz zurückzuführen (Abb. 3). Unter optimierten Betriebsbedingungen konnte eine 75 %ige Retention erzielt werden. Entsprechend zeigte die Phosphor-Retention eine große Abhängigkeit zur Zulaufkonzentration und zum Wasserumsatz

(Abb. 4). Bei Aufenthaltszeiten unter 24 h, Konzentrationen $<0,1 \text{ mg Ges-P l}^{-1}$ und niedrigen Wasserständen traten z. T. auch Nettofreisetzungen auf (Ausspülung durch Partikelresuspension).

Die Stickstoff-Retention hingegen wurde weitgehend durch die bakterielle Denitrifikation getragen, die sich in Biofilmen wie auch an der Sediment-Wasser-Kontaktschicht des Bodensubstrats vollzog (Tab. 1, Abb. 3). Aus der Stoffbilanz und der Sedimentzusammensetzung liess sich der Denitrifikationsanteil an der N-Retention auf etwa 83 % schätzen. Der Nitratanteil im Zulauf (Hunte, Pegel Schäferhof) betrug im Mittel etwa 87 % Ges-Stickstoff. Durch längere Aufenthaltszeiten des Wassers und Konzentrationssteigerungen im Zulauf bis auf 4 - 5 mg Ges-N l^{-1} wurden Retentionssteigerungen bis etwa $500 \text{ mg Ges-N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ erreicht. Durch die raumlimitierte Stoffwechselleistung der Denitrifikanten (u. a. Polderfläche) wirkten sich Konzentrationserhöhungen $>5 \text{ mg Ges-N l}^{-1}$ nicht mehr retentionssteigernd aus (Abb. 4).

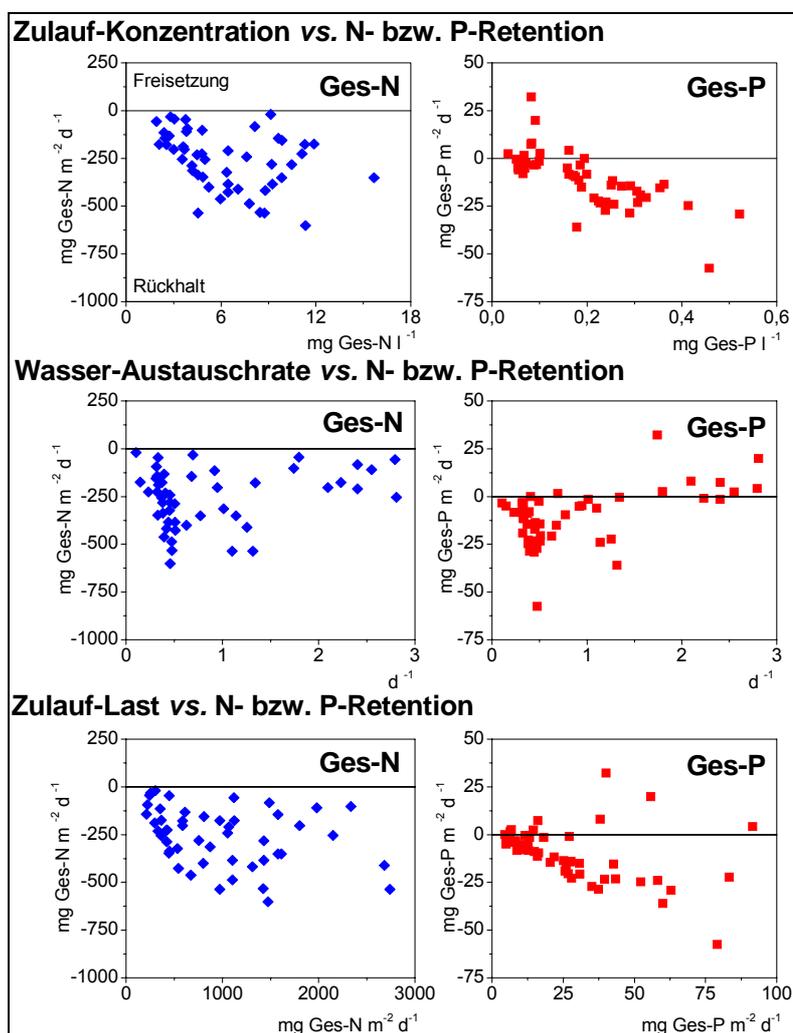


Abb. 4 Zulaufkonzentration, Wasserumsatz und Last (Fracht) in Abhängigkeit zur Retentionsleistung von Stickstoff und Phosphors (Monatsmittelwerte 1990-94)

Der Beitrag des Periphytons an der Primärproduktion ließ sich nicht direkt aus den P- und N-Bilanzen ableiten, jedoch konnte er mit Hilfe der Silikatbilanz für

periphytische Kieselalgen abgeschätzt werden. Dabei wurde vereinfacht angenommen, dass die Silikatversorgung der Gräser (Röhrichte) ausschließlich über Wurzelwerk und Rhizome aus dem Porenwasser der Sedimente erfolgte, die nicht zum Bilanzraum (= fließende Welle) gehörten. Die Mindest-Nettoproduktion periphytischer Kieselalgen ließ sich so auf etwa $120 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ grob abschätzen. Ein Wachstumsmaximum wurde im April mit einer Zehrungsrate von $1 \text{ g SiO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ erreicht. Die Retention lag im Jahresmittel bei $419 \text{ mg SiO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Die relative Retention erreichte mit 19 - 38 % der Last ähnliche Leistungen wie beim Stickstoff (Mittel 29 %).

Die hohe stoffliche Retention und pflanzliche Produktion in einem solchen Feuchtgebiet wurde auch durch eine hohe Depositionsrate ausgewiesen. Anhand der Stoffbilanzen und Sediment-Substrat-Untersuchungen am Ende der Studie wurden im langjährigen Mittel 9 mm a^{-1} und bei optimierten Betriebsbedingungen und wüchsigen Röhrichtbestand 21 mm a^{-1} deponiert.

4 Szenarien zur Dümmersanierung

Auf der Basis 5jähriger Betriebserfahrungen mit dem Versuchspolder ließ sich ableiten, dass ein Großpolder zur Entlastung des Dümmers etwa 200 ha Polderfläche benötigt, um eine ausreichende Leistung durch Einstau von Wasser in der Fläche insbesondere beim Phosphor zu erzielen (Details zur Modellbildung s. Ripl *et al.* 1994). Bei einer Szenarien-Betrachtung, bei der das Abfluss- und Frachregime des Zuflusses sowie die Retentionsleistung des Großpolders saisonal auf der Basis langjähriger Zeitreihen modelliert wurde, könnten durch einen solchen Großpolder und ohne Umleitung des Bornbachs etwa 58 % der P-Fracht und 26 % der N-Fracht zurückgehalten werden (Abb. 5). Wird zusätzlich auch der Bornbach um den See umgeleitet, sinkt zwar die Effektivität des Polders etwas ab, da die Nährstofflast in seinem Zulauf sinkt. Für den Dümmers würde bei einer kombinierten Lösung jedoch eine höhere Frachtentlastung erreicht, die beim Phosphor zu einem 80 %igen und beim Stickstoff zu einem 47 %igen Frachtrückgang führen würde (Abb. 5).

Dieser Frachtrückgang im Zulauf würde auch durch einen erheblichen Konzentrationsrückgang begleitet werden. Beim Phosphor würde das derzeitige Jahresmittel von $0,19 \text{ mg Ges-P l}^{-1}$ auf etwa $0,05 - 0,06 \text{ mg Ges-P l}^{-1}$ absinken. Bei saisonaler Betrachtung sind noch ausgeprägtere Konzentrations- und Frachtrückgänge während der abflussärmeren Vegetationsperiode zwischen $0,01 - 0,03 \text{ mg Ges-P l}^{-1}$ zu erwarten.

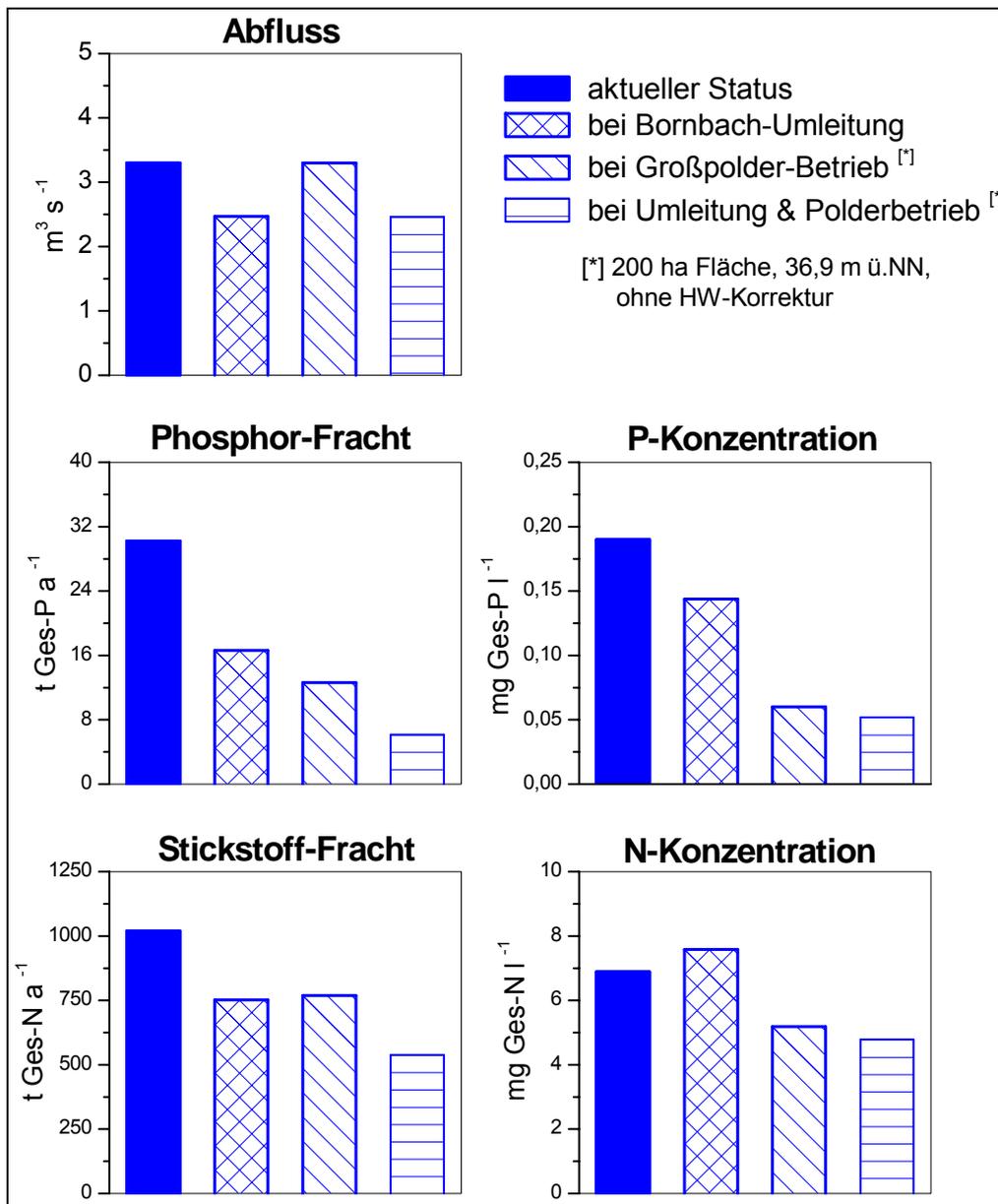


Abb. 5 Szenarien zur Dümmer-Sanierung - Jahresfrachten und mittlere Nährstoffgehalte der Hunte (aktueller Status sowie Einträge nach Bornbach-Umleitung und Schilfpolder-Betrieb)

4.1 Planungsumsetzung und Realisierung

Im Rahmen einer Vorentwurfsplanung des StAWA Sulingen (1997) zum Bau des 200 ha großen Schilfpolders am Dümmer wurden verschiedene Planungsvarianten auf 2 Optionsflächen betrachtet. Durch das dortige ungünstige Geländeprofil wurde eine bautechnisch aufwendige Unterteilung in kleinere jeweils eingedeichte Teilpolder (9 - 17) vorgesehen, um ausreichend Wassereinstau und Retentionsleistung zu erzielen. Als Basis dienten die Daten der 5jährigen Versuchspolderstudie. Durch Dämme, Wehre und Verteiler usw. wären nach dieser Planung Baukosten in Höhe von ca. 15 Mio. € zu erwarten. Bei einem rein wasserwirtschaftlichen Betrieb, der auf jede zusätzliche Nutzung der Ressourcen

eines solches künstlichen Feuchtgebietes verzichten würde, wurden Unterhaltungskosten für den Großschilfpolder (200 ha) in Höhe ca. 250.000 € kalkuliert. Dabei wurde auch die Entsorgung von Überschussschlamm bzw. Röhrichtbiomasse berücksichtigt, die bei einer mittel- und langfristigen Bewirtschaftung anfallen.

5 Vor- und Nachteile von “constructed wetlands“ zur Senkung diffuser Einträge

Die Einrichtung künstlicher Feuchtgebiete zur Senkung von Frachten aus diffusen Quellen wird allgemein kontrovers diskutiert. Folgende Vor- und Nachteile werden hierbei häufig aufgeführt:

Nachteile

- „Constructed wetlands“ können - je nach Fließgewässer und Entlastungsziel - einen relativ hohen Flächenbedarf (hier: 200 ha) benötigen. Außerdem müssen solche Flächen an strategisch günstigen Positionen innerhalb des Einzugsgebietes verfügbar sein, um Einrichtungskosten zu minimieren.
- Beim Bau eines „constructed wetland“ ist die maximale Retentionsleistung erst nach Ausbildung eines dichten Röhrichtbestandes nach 5 - 10 Jahren erreicht.
- Es sind oft zusätzliche wasserbauliche technische Einrichtungen wie Dämme, Wehre und Verteiler notwendig.
- Die Folgen bei Extrem-Hochwässer auf die wasserbaulichen Einrichtungen und auf mögliche stoffliche Ausspülungen aus den Retentionsflächen wie auch die Folgen eines Rückstaus von Fließgewässern auf die Anlieger sind bei der Planung zu berücksichtigen.
- Daraus resultieren aufwendige Planungen. Bei ungünstigen lokalen Bedingungen sind hohe Bau- und Investitionskosten zu erwarten (hier: 15 Mio. €).
- Die laufenden Betriebskosten für Unterhalt und Pflege eines Großschilfpolders sind erheblich (Kosten: hier ca. 250.000 € a⁻¹, bei rein wasserwirtschaftlichem Betrieb).
- Solche „natürliche“ Systeme altern und müssen mittel- und langfristig bewirtschaftet werden. Wirtschaftlich nutzbares Schilfrohr entwickelt sich nicht immer zwangsläufig, da häufig andere Röhrichtgesellschaften aufwachsen.
- Neben dem Verjüngen der Röhrichtbestände fällt u. a. Schlamm und Rhizombiomasse als „Abfall“ an, der entfernt werden muss. Bei einer „Sedimentneubildung“ von 1 - 2 cm a⁻¹ reduzieren sich sonst die Wassereinstauhöhen nach 10 Jahren um 10 bis 20 cm, was ohne Bewirtschaftung langfristig die Wasseraufenthaltszeiten verkürzen und die Retentionsleistung reduzieren würde.

Vorteile:

- + Es werden natürliche Retentions-Prozesse mit geringem Fremdenergieeinsatz genutzt, insbesondere, wenn Fremdenergieeinsatz zum Pumpen oder Schöpfen von Wasser entfällt.
- + Beim Bau von „constructed wetlands“ wird durch optimale Auslegung und gleichmäßige Einstauhöhen durch relativ ebene Polderflächen eine Maximierung der Retention von Nähr- und Trübstoffen erzielt.
- + Es werden Feuchtgebiete geschaffen, die landschaftsgestaltend sind und indirekt auch einen Beitrag zum Arten- und Naturschutz sowie zur Stärkung des Landschaftswasserhaushalts liefern.
- + Auch natürliche Feuchtgebiete können - wenn verfügbar - bei geringerem Einrichtungsaufwand zur Senkung diffuser Einträge funktionsoptimiert gestaltet werden. Sie nutzen dieselben Retentionsprozesse, jedoch werden sie nicht die hohe flächenspezifische Leistung von „constructed wetlands“ erreichen, so dass ein größerer Flächenbedarf bestünde.
- + Es sind Parallelnutzungen (Multifunktionalität) dieser Feuchtgebiete möglich, die die Unterhaltungskosten solcher Systeme deutlich senken könnten, indem Biomasse energetisch und/oder stofflich genutzt würde (Energiegewinnung, Vermarktung von Dachreet, usw.). Damit wäre ein finanzieller Beitrag zur Bewirtschaftung solcher Systeme geleistet.
- + Die Bestandsentwicklung des K-Strategen *Phragmitis australis* wird durch günstige Substrat- und Nährstoffbedingungen wie auch durch Auswahl geeigneter Ökotypen (überwiegend vegetative Vermehrung) gefördert. Die Auswahl geeigneter Klone wäre wichtig, um die Langzeitstabilität der Bestände zu sichern.
- + Die Attraktivität so genutzter Feuchtgebiete kann auch für eine breite Öffentlichkeit in Form von Lehrpfaden zur Naturbeobachtung, Weiterbildung und Tourismus lokal genutzt werden und damit auch regionale Impulse setzen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass am Anfang der Maßnahmen-diskussion zu klären ist, inwieweit die Ursachen diffuser Einträge durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung mittels Änderung der Bewirtschaftungsweise vor Ort reduziert werden können. Alle Maßnahmen, die dort zur Senkung beitragen, sind als prioritär und kosteneffizient anzusehen.

Sind diese landwirtschaftlichen Einträge nicht oder nicht genügend absenkbar, kann die Leistung von Feuchtgebieten als natürliche Filter und Stoffsenken genutzt werden.

Hier könnte die Retentionsoptimierung von natürlichen Feuchtgebieten (Auen-bereiche, Altarme, Verlandungszonen, usw.) Vorrang haben, wenn sie an günstigen Abschnitten innerhalb des Einzugsgebiets liegen und Einrichtungskosten sowie -unterhalt geringer ausfallen als bei einem Neubau eines constructed wetland. Wegen geringerer spezifischer Flächenleistung steigt jedoch der Gesamt-flächenbedarf an, um die gewünschten Frachtlentlastungen zu erreichen. Die Entlastungsziele sollten klar definiert und begründet sein, um eine solide Planung zu ermöglichen und später auch die Überprüfung der Maßnahme zu ermöglichen. Konflikte mit dem Arten- und

Naturschutz sind zu erwarten, da jede Funktions-optimierung einen Eingriff in bestehende Feuchtgebietsstrukturen darstellt.

Sind keine natürlichen Feuchtgebiete verfügbar, stellen „constructed wetlands“ eine Alternative dar. Sie verursachen höhere Einrichtungskosten, können jedoch auch funktionsoptimiert und mit vergleichsweise höherer flächenspezifischer Leistung realisiert werden (Wetzel 1993; Kadlec & Knight 1996).

In beiden Fällen sollte eine Mehrfachnutzung von Feuchtgebieten überprüft werden, um Kosten für deren Unterhaltung zu senken. Die extensive stoffliche- bzw. energetische Nutzung von Röhrichten ist dabei ein wichtiger Ansatzpunkt. Dazu sind bereits eine Reihe von Studien verfügbar, bei denen auch die technische Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit geprüft wurde (z. B. Granéli 1980; Granéli *et al.* 1982; Succow 1998). Röhrichtgesellschaften mit *Phragmites australis* gehören zu den produktivsten Ökosystemen unserer Breiten (Björk 1967; Rodewald-Rudescu 1974; Granéli 1990), so dass eine zusätzliche Nutzung angesichts aktuell stark steigender Energiekosten nicht nur möglich, sondern auch sinnvoll ist.

Danksagung

Das Projekt wurde vom Land Niedersachsen finanziert und in Kooperation mit dem Staatlichen Amt für Wasser und Abfall Sulingen durchgeführt.

Literatur

- Björk S (1967) Ecologic investigations of *Phragmites communis*. Studies in theoretic and applied limnology. Thesis. Lunds universitet, L.W.K. Gleerup, Lund, 248 p
- Graneli W (1980) Energivass rapport etapp, III, Limnologiska institutionen, Lunds universitet, Lund 39 p
- Graneli W (1990) Standing crop and mineral content of reed *Phragmites australis* (Cav) Trin ex Steudel in Sweden - Management of reed stands to maximize harvestable biomass. Folia geobotanica & phytotaxonomica 25: 291-302, Czechoslovak academy of sciences Prag
- Graneli W, Enell M, Unosson L (1982) Energivass rapport etapp IV, Limnologiska Institutionen, Lunds universitet. Lund 162 p
- Hammer DA (1992a) Creating freshwater wetlands. Lewis Publisher, Boca Raton, 298 p
- Hammer DA (1992b) Designing constructed wetlands systems to treat agricultural nonpoint source pollution. Ecological Engineering 1: 49-82
- Kadlec RH, Knight RL (1996) Treatment wetlands. CRC Press, Boca Raton, 893 p
- Moshiri GA (ed.) (1993) Constructed wetlands for water quality improvement. CRC Press, Boca Raton, p. 632
- NUM - Niedersächsische Umweltministerium (1994) Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung Hunte (Entwurf). Hannover
- Poltz J (1982) Der Dümmer. Nutzungsansprüche, Probleme, Sanierungsmaßnahmen. Mitteilungen aus dem Niedersächsischen Landesamt für Wasserwirtschaft Hildesheim 8: 100-159
- Poltz J (1989a) Umleitung des Bornbaches: Teilmaßnahme im Gesamtkonzept zur Sanierung des Dümmers - Stellungnahme des Niedersächsischen Landesamt für Wasserwirtschaft, Hildesheim
- Poltz J (1989b) Phosphat in der oberen Hunte Untersuchungen zur Nährstoffbelastung des Dümmers - Mitteilungen aus dem Niedersächsischen Landesamt für Wasserwirtschaft Hildesheim 7: 157-234
- Poltz J, Rippl W (1989) Nährstoffelimination aus einem gering belasteten Fließgewässer mit Hilfe eines bewirtschafteten Schilfpolders Grundlagen und Konzept eines Untersuchungsprogramms. Mitteilungen aus dem Niedersächsischen Landesamt für Wasserwirtschaft 8: 97-112
- Poltz J, Wille W (1977) Limnologische Untersuchung des Dümmers 1964-1974. Mitteilungen aus dem Niedersächsischen Landesamt für Wasserwirtschaft Hildesheim 2: 1-80

- Ripl W (1983) Limnologisches Gutachten Dümmersanierung. Endbericht im Auftrage des Hunte Wasserverbands Diepholz. TU Berlin Institut Ökologie FG Limnologie, Berlin, 154 p
- Ripl W, Feibicke M, Heller S, Markwitz M (1994) Nährstoffelimination aus einem gering belasteten Fließgewässer mit Hilfe eines bewirtschafteten Schilfpolders. Endbericht im Auftrage der Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ). Gesellschaft für Gewässerbewirtschaftung mbH & TU Berlin, Berlin 91p
- Rodewald-Rudescu L (1974) Das Schilfrohr (*Phragmites communis* Trinius). In: Die Binnengewässer 27 – Schweizerbarth, Stuttgart, 302 p
- StAWA (Staatliches Amt für Wasser und Abfall) Sulingen (1997) Vorentwurf Schilfpolderanlage – Obere Hunte. Im Auftrage des Landes Niedersachsen. Sulingen, Sammelordner mit 14 Anlagen
- Succow M (ed.) (1998) Sanierung eines degradierten Niedermoores mittels Anbau von Schilf als nachwachsender Rohstoff unter Verwertung gereinigter kommunaler Abwässer. 4. Zwischenbericht im Auftrage der Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Projekt AZ 06708). Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 153 p
- Succow M & Jeschke L (1986) Moore in der Landschaft: Entstehung, Haushalt, Lebenswelt Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore. Harri Deutsch, Thun, 268 p
- Wetzel RG (1993) Constructed wetlands: scientific foundations are critical. In: Moshiri GA (ed.)(1993): 3-7

Autor:

Dr. Michael Feibicke
Umweltbundesamt
FG IV 2.5, Versuchsfeld Marienfelde
Schichauweg 58
D-12307 Berlin

Email: michael.feibicke@uba.de