

Steffen BIELE, Olaf GEHM, Burkhard VOIGT & Mathias KRECH

## **Praktische Aspekte der nachhaltigen Sanierung kleiner Einzugsgebiete am Beispiel des Saaler Baches (Landkreis Nordvorpommern, Mecklenburg-Vorpommern)**

**Practical aspects of sustainable redevelopment of small river catchment areas as shown for the Saaler Bach (County of Northern Pommerania, State of Mecklenburg-Western Pommerania)**

### **Abstract**

The current nutrient balance of the Darß-Zingst-Bodden chain as derived from a modelling approach still shows a very high nutrient input originating from diffuse sources within the river catchment area. Local farmers operating in the catchment area are very sceptical towards these results and regard other sources, like sewage water outlets and the sediments of rivers flowing into the Bodden chain as being the main factors causing nutrient pollution. A field study based on measurements of nutrient sources within a representative part of the catchment area of the Darß-Zingst-Bodden chain confirms that diffuse emissions from agricultural areas are the main nitrogen source. In contrast to this, the study seems to indicate that regarding total phosphorus input, the majority of emissions into the Darß-Zingst-Bodden chain originate in sewage work outlets. The aquatic sediments examined do not contribute significantly to the internal nutrient input.

**Keywords:** nutrient emission, diffuse sources, sediment, phosphorus, nitrogen, Baltic Sea, Darß-Zingst-estuary, Mecklenburg-Western Pomerania

## **1 Einleitung**

Im Rahmen des Aktionsprogramms Lokale Agenda 21 wurde für die Region der Darß-Zingster Boddenkette unter Beteiligung einer breiten Öffentlichkeit (ca. 150 teilnehmende Akteure) ein leitbildorientiertes Entwicklungskonzept erarbeitet, das die regionalen Entwicklungsperspektiven und Zielvorstellungen hinsichtlich der Themenschwerpunkte Gewässerschutz, Landnutzung, Tourismus und Verkehr sowie Umweltbildung und Jugend berücksichtigt. Das Entwicklungskonzept setzt sich aus einem regionalen Leitbild, thematisch gegliederten Zielstellungen und Maßnahmenkatalogen zusammen. Verbindlichkeit erfuhr das Projekt durch einen Beschluss des

Kreistages des Landkreises Nordvorpommern vom 10.05.2004 ([www.agenda-nvp.de.vu](http://www.agenda-nvp.de.vu)).

Zu den zentralen Zielstellungen der Konzeption gehört die nachhaltige Verbesserung der Gewässergüte des gegenwärtig hocheutrophen Boddensystems. Als wichtigste Handlungsfelder werden die weitere Verringerung der Nährstoff-Emissionsbelastungen, insbesondere der anhaltend hohen diffusen Stickstoffeinträge, sowie die Reduzierung der trophiebestimmenden internen Phosphor-Belastung angesehen (SCHLUNGBAUM et al. 2001a, 2001b, 2001c; KRECH 2003).

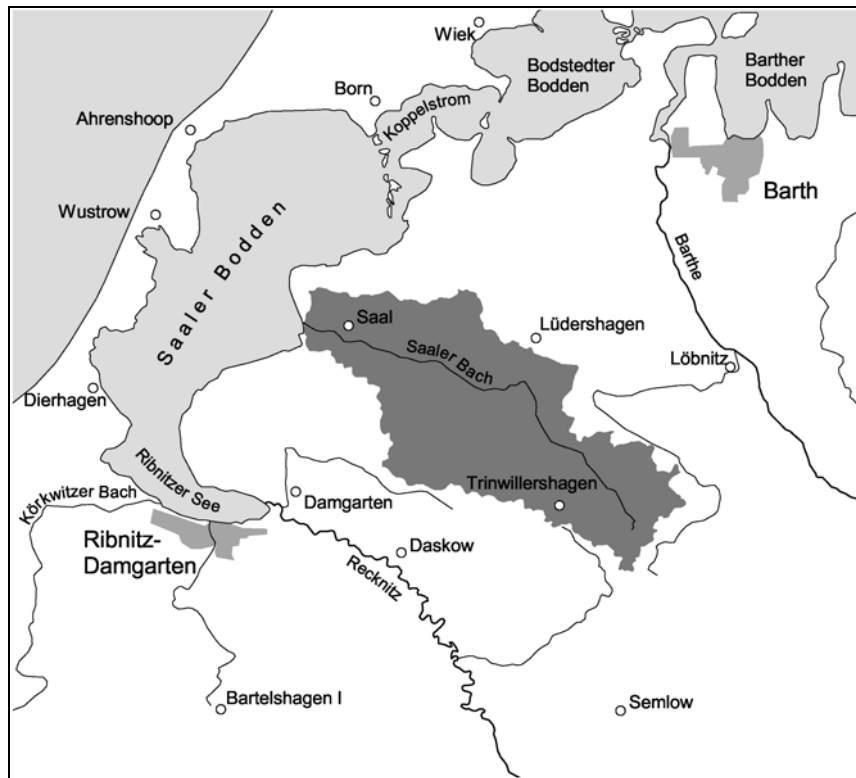
In Vorbereitung der Erarbeitung einer abgestimmten Maßnahmenkonzeption wurden bilaterale Treffen mit Vertretern der Land- und Forstwirtschaft durchgeführt. Der Schwerpunkt dieser Diskussionsrunden lag auf der Analyse diffuser Nährstoffemissionsquellen im Einzugsgebiet sowie der Erarbeitung möglicher Gewässerschutzmaßnahmen. Bereits beim ersten Treffen stellte sich heraus, dass den Landwirten die detaillierten Nährstoffbilanzen für die Teileinzugsgebiete der Darß-Zingster Bodden nicht zu vermitteln sind. Die im Einzugsgebiet tätigen Landwirtschaftsbetriebe sahen die Ursachen der Belastung nach wie vor in anderen Quellen, wie z.B. Kläranlagen oder auch den Sedimenten der Fließgewässer. Von Seiten der Landwirtschaft wurde deshalb eine flächenscharfe Emissionsanalyse gefordert, um die Belastungen quantitativ und damit für den betroffenen Betrieb nachvollziehbar darzustellen.

Die Wasserbehörden des Landkreises Nordvorpommern und das Staatliche Amt für Umwelt und Natur Stralsund gaben daher im November des Jahres 2003 ein zweijähriges Untersuchungsprogramm in Auftrag, dass die Quantifizierung diffuser Nährstoffemissionen aus der Landwirtschaft zum Inhalt hat. Als repräsentatives Untersuchungsgebiet wurde das Teileinzugsgebiet des Saaler Baches gewählt, dessen Nitrat-Belastung die Klasse IV der chemischen Güteklassifikation nach LAWA (1998) nur selten unterschreitet.

## **2 Material und Methoden**

Die topographische Lage des Fließgewässers Saaler Bach im Einzugsgebiet der Darß-Zingster Boddenkette zeigt die Abb. 1. Das ca. 66 km<sup>2</sup> große Einzugsgebiet wird hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt (79 % Flächenanteil). Davon entfallen 73 % auf Ackerland bzw. 6 % auf Grünland. Wälder und Gehölze nehmen einen Flächenanteil von 13 % ein (LAUN 1991-1995).

Das Untersuchungsprogramm umfasste Durchfluss- und Gütemessungen an fünf Messstellen im Einzugsgebiet. Es wurden vier Teileinzugsgebiete ausgewählt, die sich durch eine weitgehend einheitliche Vegetations- und Flächennutzungsstruktur auszeichnen und keine Direkteinleitungen aufweisen (Tab. 1). Eine fünfte Messstelle im Unterlauf des Saaler Baches (MP5) repräsentiert die hydrologische und hydrochemische Situation des Gesamteinzugsgebietes. Die Lage der Messstellen und Teileinzugsgebiete zeigt die Abb. 2.



**Abb. 1** Lage des Einzugsgebietes Saaler Bach in der Darß-Zingster Boddenlandschaft

**Tab. 1** Charakterisierung der untersuchten Teileinzugsgebiete

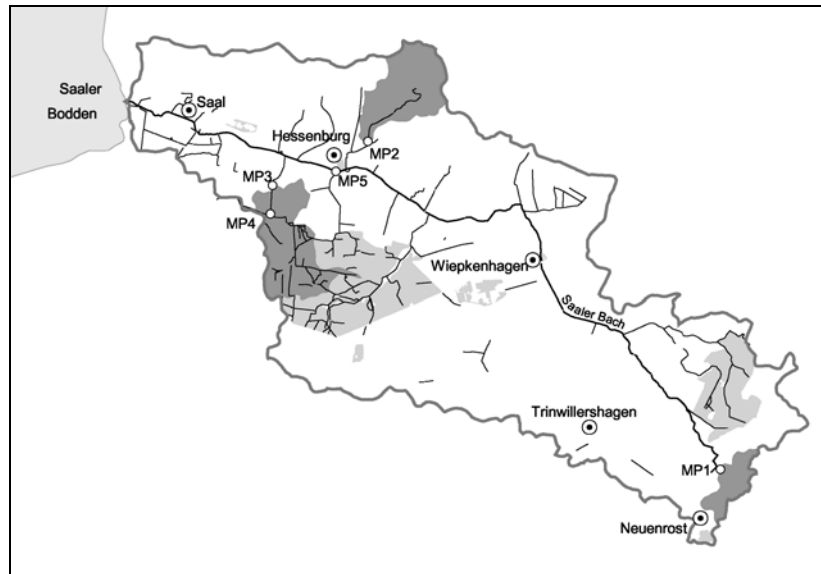
Messstelle	Einzugsgebiet	Böden	Nutzung (2003/2004)
MP1	76 ha	Lehme, Tieflehme, Niedermoor	Acker (Winterweizen)
MP2	218 ha	Tieflehme, Lehme, Tone	Acker (Winterweizen)
MP3	64 ha	Lehme, Tieflehme	Acker (Winterweizen)
MP4	191 ha	Lehme, Tieflehme	Laubwald

Die Durchflussmessungen erfolgten über Messwehre, an denen über Drucksonden stündlich der Wasserstand aufgezeichnet wird. An der Messstelle im Unterlauf (MP5) befindet sich kein Messwehr, hier wurden die Durchflüsse mittels induktivem Strömungsmessgerät ermittelt.

Die Wasserbeschaffenheit (Sondenparameter, N- und P-Verbindungen) wurde wöchentlich untersucht. Auf der Basis der Durchfluss- und Beschaffenheitsdaten wurden kumulative Nährstofffrachten nach der folgenden, von LAMMEL (1990) übernommenen Formel berechnet:

$$\text{Fracht (kg)} = 10^{-3} \sum_{i=1}^n (c_i + c_{i-1})(Q_i - Q_{i-1}) \cdot 0,5$$

$c_i$  = Konzentration der aktuellen Probe [ $\text{mg l}^{-1}$ ]  
 $Q_i$  = Abflusssumme bis zur Probe  $i$  [ $\text{m}^3$ ]  
 $n$  = Anzahl der Proben  
 $i$  = aktuelle Probe



**Abb. 2** Lage der Messpunkte und untersuchten Teileinzugsgebiete

Des Weiteren erfolgte eine Kartierung der Ausdehnung und Mächtigkeiten der organischen Sedimentablagerungen im Saaler Bach. Mittels Ekmann-Bodengreifer (Ausstichfläche 203 cm<sup>2</sup>, Eindringtiefe 5 cm) wurden dabei insgesamt fünf Sedimentproben entnommen und laboranalytisch untersucht. Vor dem Hintergrund potenzieller Entschlammungsarbeiten, die mit einer gewässerexternen Verwertung des anfallenden Baggergutes verbunden wären, wurde entsprechend dem Entwurf BAGGERGUT-KONZEPT MECKLENBURG-VORPOMMERN (2002) bei der Sedimentanalytik das Mindestuntersuchungsprogramm für die landseitige Verbringung von Sedimenten durchgeführt. Die Laboranalysen umfassten weiterhin die Bestimmung der Nährstoffgehalte (N, P, C) einschließlich der Ermittlung der Phosphor-Bindungsformen nach PSENNER et al. (1984) zur Abschätzung des Phosphor-Freisetzungspotentials.

Die jährliche Nährstoffemission durch Kommunalabwässer wurde unter Berücksichtigung einer P-Emission von 1,8 g P je Einwohner und Tag [(E d)<sup>-1</sup>] bzw. einer N-Emission von 11 g N (E d)<sup>-1</sup> sowie der Eliminationsleistungen der vorhandenen Klärtechnik über die spezifischen Phosphor- bzw. Stickstoffemission der einzelnen Gemeinden ermittelt (Methodik in Anlehnung an BEHRENDT et al. 1999).

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Sedimentbelastung

Die Sedimentkartierung im ca. 17 km langen Bachlauf ergab, dass die Sohle überwiegend durch geringmächtige Organo- und Silikatmudden gebildet wird. Schlammablagerungen beschränken sich auf einen Flächenanteil von 10 % der Gewässersohle. Größere Akkumulationsräume wurden nicht festgestellt, die Schlammmächtigkeiten erreichten maximal 10 cm.

Die Sedimentproben waren allgemein durch einen relativ hohen Salzgehalt und einen entsprechend hohen Leitfähigkeitswert gekennzeichnet (Tab. 2). An zwei Pro-

bestellen wurden bei den Schwermetallen Kupfer und Zink die Vorsorgewerte der BUNDES-BODENSCHUTZ- UND ATLASTENVERORDNUNG (1999) überschritten, die das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden regeln. Die ermittelten Nährstoffgehalte lagen bei Stickstoff zwischen 470 und 4.700 mg kg<sup>-1</sup> Trockensubstanz. Für Phosphor ergaben sich Werte von 370 bis 2.000 mg kg<sup>-1</sup>, der Anteil leicht rüklösbarer Phosphate erreichte 34 bis 79 %. Der Stickstoffvorrat aller organogenen Sedimente des Fließgewässersystems lässt sich auf 4 t bilanzieren und beträgt damit etwa 2 % der Jahresfracht im Untersuchungszeitraum 2003/2004. Die Größenordnung des gesamten mobilisierbaren Phosphor-Vorrates im Bachlauf lässt sich auf rund 115 kg schätzen, was etwa 25 % der ermittelten Jahresfracht entspricht.

**Tab. 2** Ausgewählte Ergebnisse der Sedimentanalytik

Parameter/ Sedimentprobe		S1	S2	S3	S4	S5
Salzgehalt	mg kg <sup>-1</sup>	930	3700	1900	1800	1800
Elektrische Leitfähigkeit	µS cm <sup>-1</sup>	678	852	837	727	724
Rohdichte	g cm <sup>-3</sup>	1,85	1,27	1,52	1,55	1,43
Trockenrückstand	%	72,1	31,3	54	57,7	47,8
Kohlenstoff, gesamt i.Tr.	%	1,4	7,2	3,8	3,3	4,6
Stickstoff, gesamt i.Tr.	mg kg <sup>-1</sup>	470	4100	1700	1500	2900
Phosphor, gesamt i.Tr.	mg kg <sup>-1</sup>	370	2000	1500	580	1200
Σ H <sub>2</sub> O-P, BD-P, NaOH-NRP	%	34	79	72	50	56
Arsen	mg kg <sup>-1</sup>	<1	5,2	2,4	2,1	8,8
Blei	mg kg <sup>-1</sup>	2	12	8,4	4,2	9,5
Cadmium	mg kg <sup>-1</sup>	<0,2	0,27	0,22	<0,2	0,32
Chrom	mg kg <sup>-1</sup>	5,4	14	0,53	10	17
Kupfer	mg kg <sup>-1</sup>	5,5	28*	22*	8,1	37
Nickel	mg kg <sup>-1</sup>	3,5	8,8	5	6,4	16
Quecksilber	mg kg <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Zink	mg kg <sup>-1</sup>	21	130*	120*	29	73

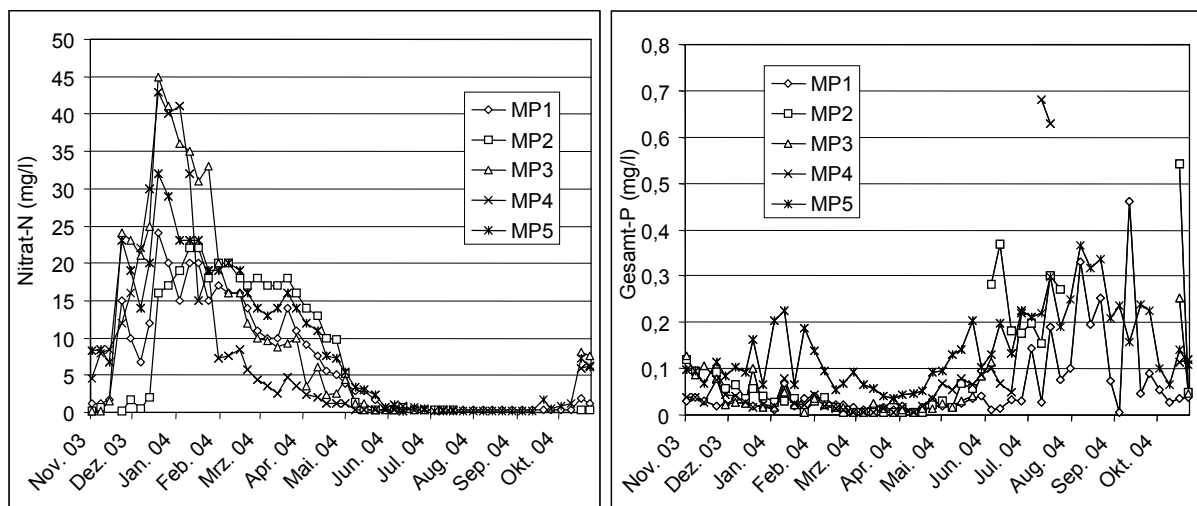
\* Überschreitung der Vorsorgewerte der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung

Bei der Interpretation dieser auf Einzelmesswerten basierenden Nährstoffbilanzen für das Sediment ist zu beachten, dass es sich um Richtwerte zur Abschätzung der Nährstoffaustragspotenzials handelt, die bedeutend über den realen Austrägen liegen können. Grundsätzlich gilt, dass der autochthone Nährstoffumsatz im Bach selbst – verglichen mit der relativ hohen Menge an allochthonen anorganischen Stoffen aus dem Einzugsgebiet – von untergeordneter Bedeutung ist (LAMPERT & SOMMER 1993). Auch SCHWOERBEL (1987) geht davon aus, dass der Stoffhaushalt typischer Fließgewässer in viel stärkerem Maße durch das Einzugsgebiet und in geringerem Umfang durch internen Metabolismus gekennzeichnet ist, als es für stehende Gewässer der Fall ist. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse lassen auch für den Saaler Bach den Schluss zu, dass dem Sediment als Nährstoffquelle für das Gewässer nur eine untergeordnete Bedeutung zukommt.

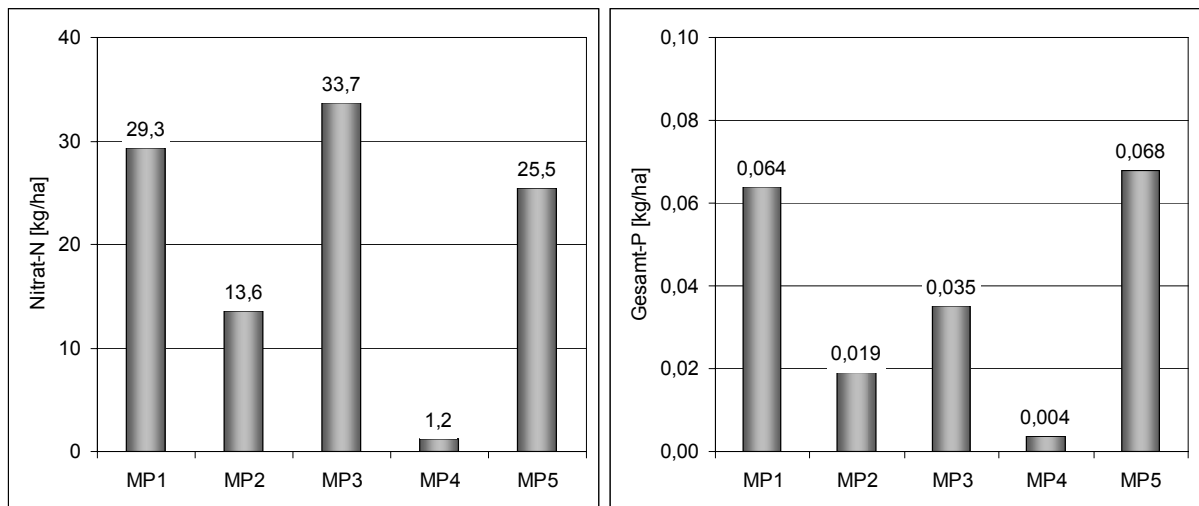
## 4.2 Nährstoffaustrag

Das hydrologische Jahr 2003/2004 zeichnete sich insbesondere in den ackerbaulich genutzten Einzugsgebieten durch ein saisonal variables Abflussregime aus, wobei 94 bis 99 % des Gesamtabflusses und damit verbunden 80 bis nahezu 100 % des gesamten Stoffaustrages bereits im Winterhalbjahr erreicht waren. Die Abflüsse setzten z. T. erst Ende November ein; die höchsten Abflusswerte wurden im Februar erreicht. An den Messstellen MP2 bis MP4 wurde von Juni bis Mitte Oktober kein Abfluss festgestellt. Der Gesamtabfluss im hydrologischen Jahr 2003/2004 erreichte etwa 84 % eines Normaljahres.

Die Konzentrationswerte des Nitrats als dominierendem Anteil am Gesamt-Stickstoff zeigten an den Messstellen einen sehr ähnlichen Verlauf (Abb. 3). Mit steigenden Abflüssen im November und Dezember 2003 kam es zu einem sprunghaften Anstieg der Nitrat-N-Gehalte mit Maximalwerten bis zu  $45 \text{ mg l}^{-1}$ . Im Sommerhalbjahr lagen die Konzentrationen fast ausschließlich unter der Nachweisgrenze von  $0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Der Gesamt-P-Gehalt zeigte dagegen im Sommerhalbjahr die höchsten Werte, insbesondere bei stagnierenden Abflüssen oberhalb der Messwehre. Aufgrund der äußerst geringen Durchflüsse wurden die hohen Phosphor-Konzentrationen bis zu  $680 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  in den Frachten kaum wirksam.



**Abb. 3** Ganglinien der Nitrat-N und Gesamt-P Konzentrationen im hydrologischen Jahr 2003/2004



**Abb. 4** Austräge an Nitrat-N und Gesamt-P im hydrologischen Jahr 2003/2004

Auf Grundlage der berechneten Jahresfrachten wurde für die Teileinzugsgebiete der Nährstoffaustrag pro Hektar bilanziert, welcher als flächenspezifischer Austrag bezeichnet wird. In Abb. 4 sind diese Austräge an Gesamt-Phosphor und Nitrat-Stickstoff im Abflussjahr 2003/2004 für die untersuchten Teilgebiete dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass die Austräge der Ackerflächen (MP1 - MP3) die des Waldeinzugsgebietes (MP4) erheblich übertreffen. Für Nitrat-Stickstoff ergeben sich bei den Ackerflächen 12- bis 30-mal höhere Austräge im Vergleich zum Wald, das Maximum wurde mit  $33,7 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für das Einzugsgebiet der Messstelle MP3 ermittelt. Bei den Phosphorausträgen wurden auf den Ackerflächen Werte bis zu  $64 \text{ g P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ermittelt, was dem ca. 16-fachen Betrag des Waldgebietes entspricht.

Die Nährstofffracht des Saaler Baches für den Saaler Bodden (MP5) entspricht bei Nitrat-N mit  $25,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  etwa dem Mittelwert der diffusen Nährstoffausträge der untersuchten Ackerflächen. Bei Phosphor hingegen erreicht der Flächenaustrag für das Gesamteinzugsgebiet mit  $68 \text{ g ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  einen höheren Wert als den der ermittelten diffusen Emissionen, was als Hinweis auf eine stärkere Bedeutung von Punktquellen gedeutet wird. Die unterschiedlichen Austräge der einzelnen Ackerstandorte sind auf der Grundlage des gegenwärtigen Kenntnisstandes nur schwer interpretierbar, da z. B. noch keine Angaben zum Dränflächenanteil bzw. zur Bewirtschaftungspraxis vorliegen.

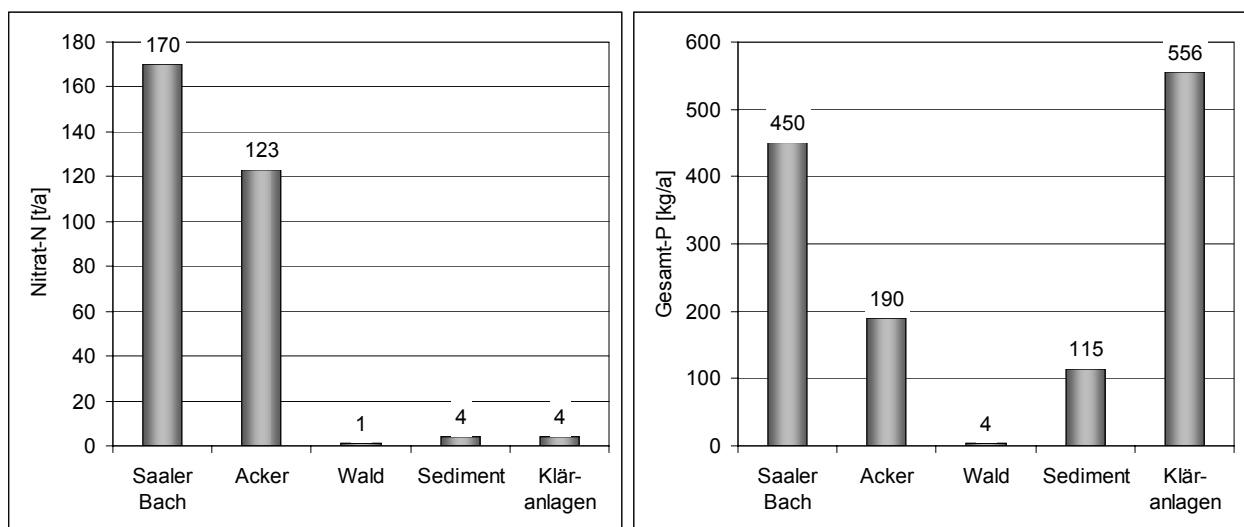
### 4.3 Ermittelte Nährstoffemissionen und Gesamtracht (Immission)

Die sich aus der Hochrechnung der ermittelten Nährstoffausträge auf das Gesamteinzugsgebiet ergebenden diffusen Emissionsbelastungen aus den Acker- und Waldflächen sind in der Abb. 5 den bilanzierten Vorräten im Sediment, dem geschätzten Eintrag aus Punktquellen und der berechneten Gesamtracht des Saaler Baches (Immission) gegenübergestellt.

Für Nitrat-Stickstoff erweist sich der diffuse Austrag aus den Ackerflächen mit 123 t als bedeutendste Belastungsquelle im ersten Untersuchungsjahr. Punktuelle

Einträge aus kommunalen Kläranlagen sind mit 4 t nur von untergeordneter Bedeutung.

Die Bedeutung weiterer diffuser Eintragspfade wie Deposition und Streu, urbane Flächen sowie landwirtschaftliche Direkteinträge kann indirekt unter Berücksichtigung des Retentionsvermögens im Einzugsgebiet beurteilt werden. Nach einem Modellansatz von BEHRENDT (1996) für die Flussgebiete Mecklenburg-Vorpommerns, der vom Anteil der Gewässerfläche im Einzugsgebiet ausgeht, lässt sich für den Saaler Bach ein Verhältnis von N-Fracht zu N-Emission von 0,8 bestimmen. Danach wäre mit Gesamtemissionen von ca. 220 t zu rechnen, die zu 98 % aus diffusen Quellen verursacht werden.



**Abb. 5** Kalkulierte Gesamtfracht und die Eintragspfade für Nitrat und Gesamtphosphor

Für Gesamt-P zeichnen sich dagegen die Punktquellen deutlich als Hauptbelastungspfad ab. Die Ackerflächen erreichen mit 190 kg nur ein Drittel der geschätzten Emissionen aus kommunalen Kläranlagen. Auffällig an der Gegenüberstellung der Belastungsquellen ist der deutliche Unterschied zwischen Emissionen und Immission, zumal nicht alle diffusen Eintragspfade bilanziert worden sind. Das Einzugsgebiet des Saaler Baches zeichnet sich demnach durch ein hohes P-Rückhaltevermögen aus, welches nach BEHRENDT (1996) insbesondere von der Abflussspende bestimmt wird. Mit der für das hydrologische Jahr 2003/2004 ermittelten Abflussspende von  $4,01 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  lässt sich nach dem Ansatz von BEHRENDT ein theoretisches Verhältnis von P-Fracht zu P-Emission von 0,3 ermitteln, wobei die zugrunde liegende Beziehung für kleine Einzugsgebiete vermutlich nur eingeschränkt anwendbar ist.

## 5 Ausblick

Auf der Grundlage der bisher erzielten Ergebnisse sollten die Gespräche mit den landwirtschaftlichen Flächennutzern wieder aufgenommen und die Bedeutung des Sediments sowie die Konsequenzen der unterschiedlichen Nutzungsformen und

-intensitäten für die Nährstoffemissionen erneut diskutiert werden. In Kooperation mit den Landwirten ist dabei auch die Bewirtschaftungspraxis auf den untersuchten Teilflächen einzubeziehen, um z.B. die festgestellten Unterschiede im Stoffaustrag der einzelnen Standorte besser interpretieren sowie mit Ergebnissen ähnlicher Untersuchungen (z.B. BOCKHOLT et al. 1996, KAHLE & LENNARTZ 2003, LENGSELD et al. 2004, LMS 2001) vergleichen zu können.

## Danksagung

Das Projekt wird im Auftrag des Landkreises Nordvorpommern durchgeführt und durch das Staatliche Amt für Umwelt und Natur Stralsund finanziell unterstützt. Ein besonderer Dank gilt der Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern/Schleswig-Holstein für die konstruktive Diskussion landwirtschaftlicher Aspekte des Projektvorhabens.

## Literatur

- BEHRENDT, H. (1996): Quantifizierung der Nährstoffeinträge aus Flussgebieten in Mecklenburg-Vorpommern. Materialien zur Umwelt in Mecklenburg-Vorpommern, **2**: 78 S., Güstrow-Gülzow.
- BEHRENDT, H.; HUBER, P.; OPITZ, D.; SCHOLZ, G. & UEBE, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flußgebiete Deutschlands. UBA-Texte, **75**: 288 S.
- BAGGERGUTKONZEPT MECKLENBURG-VORPOMMERN. (2002): Überarbeitung des Entwurfs der Interministeriellen Arbeitsgruppe „Baggergutkonzept“. 35 S., Schwerin, Stand: Mai 2002.
- BOCKHOLT, R. ; KAPPES, K. & KÖNKER, H. (1996): Stoffaustrag über Entwässerungssysteme im Einzugsgebiet der Warnow - ein aktueller Vergleich zwischen Mineralbodenackerland und Niedermoorgrünland; Rostocker agrar- und umweltwissenschaftliche Beiträge, **5**: 145-149.
- BUNDES-BODENSCHUTZ- UND ALTLASTENVERORDNUNG (BBodSchV) vom 12. Juli 1999. BGBl. I 1999, S. 1554
- KAHLE, P. & LENNARTZ, B. (2003): Stoffausträge aus gedränten landwirtschaftlichen Nutzflächen – Prozessidentifikation und Management. Handbuch Umweltwissenschaften. Ausgabe 2003/2004. ALPHA Informations-GmbH, Lampertheim: 217-222.
- KRECH, M. (2003): Leitbildorientierte Bewertung und Analyse der ökologischen Beschaffenheitssituation der inneren Küstengewässer im südlichen Ostseeraum sowie Möglichkeiten ihrer Verbesserung als Grundlage für die fachliche Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Dissertation Universität Rostock. 169 S.
- LAMPERT, W. & SOMMER, U. (1993): Limnoökologie. Thieme, Stuttgart. 440 S.
- LAMMEL, J. (1990): Nährstoffausträge durch Vorfluter und Dräne. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, H 386, Landwirtschaftsverlag; Münster-Hiltrup. 147 S.
- LAUN – LANDESAMT FÜR UMWELT UND NATUR DES LANDES MECKLENBURG-VORPOMMERN (1991-1995): Biotop- und Nutzungstypenkartierung auf der Grundlage der CIR-Luftbildauswertung. Unveröffentlichter Datenbestand. Güstrow.
- LAWA – LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – Chemische Gewässergüteklassifikation. Kulturbuchverlag Berlin. 35 S.
- LENGSELD, H.; GELBRECHT, J. & OPITZ, D. (2004): Sanierungsmaßnahmen zur Erhöhung des Phosphorrückhaltes in einem kleinen Teileinzugsgebiet der Spree (Demnitzer Mühlenfließ). Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, **13(3)**: 116-124.
- LMS – LANDWIRTSCHAFTSBERATUNG MECKLENBURG-VORPOMMERN (2001): Gewässerschutzberatung in der Landwirtschaft – ein Pilotprojekt in Mecklenburg-Vorpommern. 5. Bericht, Endbericht. Bad Doberan. 218 S.
- PSENNER, R., PUCSKO, R. & SAGER, M. (1984): Fraktionierung der Phosphorverbindungen von Sedimenten. Arch. Hydrobiol. Suppl., **70**: 112-149.
- SCHLUNGBAUM, G., BAUDLER, H., KRECH, M. & KWATOWSKI, G. (2001a): Die Darß-Zingster Bodden – eine Studie. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Heft 1/2001: 209 S.

- SCHLUNGBAUM, G.; BAUDLER, H. & KRECH, M. (2001b): Das Eutrophierungsproblem der Darß-Zingster Bodden – Nährstoffeinträge/Nährstoffbilanzen. Meer und Museum, Stralsund, Band **16**: 25-34.
- SCHLUNGBAUM, G.; KWIATKOWSKI, G. & KRECH, M. (2001c): Die Vielfalt innerer Küstengewässer an der südlichen Ostsee - eine Übersicht von der Flensburger Förde bis zum Kurischen Haff. Teil 2: Verschiedenheit der naturbedingten und anthropogen geprägten Eutrophierungsprozesse - eine Diskussion zur möglichen ökologischen Qualität entsprechend der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Rostocker Meeresbiologische Beiträge, **8**: 63-112.
- SCHWOERBEL, J. (1987): Einführung in die Limnologie. 6. überarb. Aufl. Fischer, Stuttgart. 269 S.  
[www.agenda-nvp.de/vu/](http://www.agenda-nvp.de/vu/): Homepage der Lokalen Agenda 21 Darß-Zingster Boddenlandschaft (Möglichkeit zum Download des Enddokuments)

#### Autoren:

Steffen Biele & Olaf Gehm  
UmweltPlan GmbH Stralsund  
Tribseer Damm 2  
18437 Stralsund

Email: [sb@umweltplan.de](mailto:sb@umweltplan.de)

Dr. Mathias Krech  
Universität Rostock  
Medizinische Fakultät  
Ernst-Heydemann-Str. 6  
18057 Rostock

Burkhard Voigt  
Landkreis Nordvorpommern  
Untere Wasserbehörde  
Bahnhofstraße 12/13  
18507 Grimmen