

## Phytoplankton in großen europäischen Fließgewässern – nährstoffsensitive Bewertungsverfahren und unzählige Störfaktoren

*Mischke Ute, Markus Venohr & Judith Mahnkopf*

<sup>1</sup> Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin, DE; Email: [mischke@igb-berlin.de](mailto:mischke@igb-berlin.de)

**Keywords:** Eutrophierung, Flüsse, Europa

### Einleitung

In Europa wurden in den letzten Jahren verschiedene nationale Bewertungsverfahren für sehr große Fließgewässer mittels Phytoplankton zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in 13 Ländern entwickelt. Folgende Fragen stellen sich, wenn man die Struktur der Verfahren und ihr Bewertungsergebnis miteinander in der sogenannten Interkalibrierung europaweit vergleicht:

Auf welche Belastungskombinationen zielen die Verfahren ab? Gibt es einen Nachweis für nährstoffsensitive Bewertungsverfahren für große Ströme? Welche Gruppierungen (Subtypen) können aufgrund der unterschiedlichen Reaktion des Phytoplanktons auf Belastung sinnvoll gebildet werden? Welche Hintergrundwerte nimmt man an, wenn angesichts flächendeckender Belastung der sehr großen Ströme, Referenzgewässer und ein Gradient in der Belastungsintensität national fehlen? Gibt es einen gemeinsamen Schwellenwert für die Biomasse, ab dem die EU-Staaten ein großes Fließgewässer für bewertungswürdig halten? Welche Kenngrößen charakterisieren die taxonomische Zusammensetzung und welche von ihnen erweisen sich als nährstoffsensitiv?

Am Beispiel von Fließgewässern im Elbegebiet wurde im Rahmen des EU-Projektes MARS eine Multi-Faktoren-Analyse durchgeführt. Welche Faktoren interagieren mit der Nährstoffbelastung und haben eine verstärkende oder vermindemde Wirkung auf die resultierende Biomasse als Vegetationsmittel von Chlorophyll a? Welche Handlungsoptionen bestehen, um die Eutrophierungserscheinungen in großen Fließgewässern zu mindern?

### Material und Methoden

#### *Untersuchungsparameter und -gebiete*

Für Phytoplankton: Chlorophyll a- Konzentration (Chl\_a), Artzusammensetzung (Utermöhl-Verfahren) und. Umwelt: Nährstoffkonzentrationen (Gesamt (TP, TN) und gelöste Fraktionen), Chlorid, Trockengewicht (DW) und BO<sub>5</sub>, Gebietsgröße (km<sup>2</sup>) und Abflusspende (Liter km<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Die Probenahme erfolgt zumeist monatlich aus der fließenden Flussmitte im April-Oktober. Die Überwachungsdaten wurden zu einem Jahresmittelwert zusammengefasst und Indexwerte von biologischen Metrics u.a. TIP nach Mischke et al. (2011) und Q-Index nach Borics et al. (2007) berechnet.

Die Untersuchungsdaten stammen aus drei Quellen: 1. Einer Datensammlung für 630 Jahresmittelwerte auf europäischer Ebene aus 13 Ländern für sehr große Flüsse (Mischke et al. 2016a;

(XGIG\_LR\_PP\_DB.accdb; IGB Berlin), 2. den Überwachungsdaten für Phytoplankton in Flüssen der Bundesländer 2005-2013 und 3. von 105 Messorten aus Elbe und den Zuflüssen (Mischke et al. 2016b).

### *Statistische Analyse*

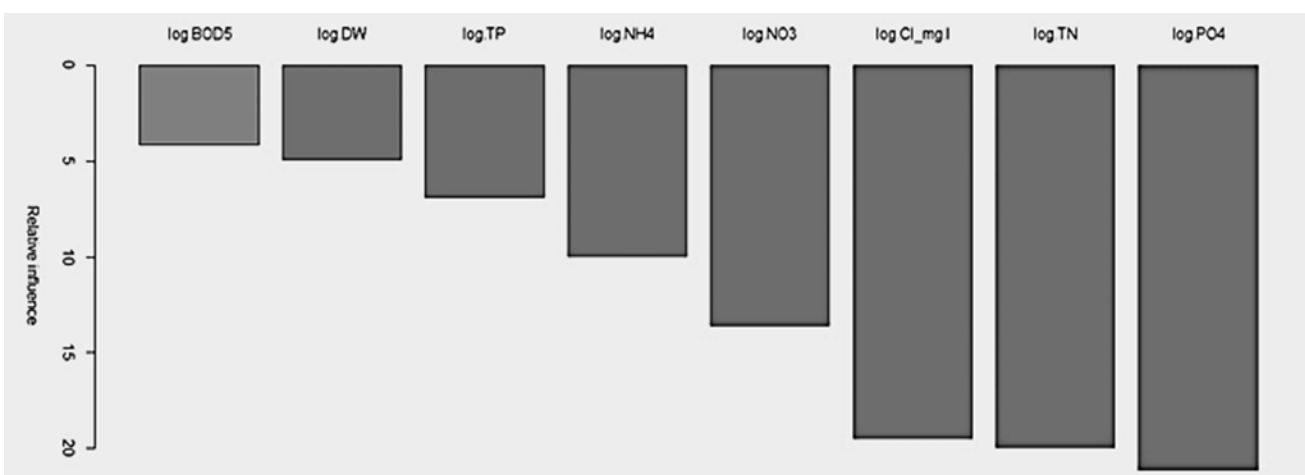
Neben korrelativen Analysen zwischen Umweltparametern und dem Phytoplankton (zumeist Chl\_a) in Gewässertypgruppen wurden auch Multi-Faktoren-Analysen mit empirischen Modellen (GLM, GLMM) mit dem Programm R mit log-transformierten Werten durchgeführt (Feld et al. 2016).

Ein prozess-basiertes Modell (PhytoBasinRisk, Mischke et al. 2016) wurde mit empirischen Daten für das gesamte Flussgebiet Mittlere Elbe, unterteilt in 722 Teileinzugsgebieten, für 100 verfügbare Messstellen kalibriert. Für den Sensitivitätstest wurde ein synthetischer Datensatz produziert: Die Eingangsdaten jedes Teileinzugsgebiet unter MQ- Bedingungen (2005-2010) wurden verändert mit Reduktion von TP um 20% bzw. 30%, Erhöhung der Wassertemperatur um 2 °C und Steigerung des vorhandenen Anteils an Ufergehölzen auf 80% -100%.

## **Ergebnisse**

### *Belastungsfaktoren*

Aus der Dokumentation der europäischen Bewertungsverfahren (Mischke et al. 2016) geht hervor, dass neben Verfahren, die ausschließlich hinsichtlich einer Sensitivität gegenüber Gesamtphosphor (TP) kalibriert wurden (DE, CZ, LV, SK), einige Verfahren (HU, RO) weitere Umweltparameter (N, BO5) einbeziehen. Zur Überprüfung wurde ein GLM-Modell aus den Beobachtungswerten der Untersuchungsparameter abgeleitet, um deren Einfluss auf die Reaktionsgröße Chl\_a zu berechnen. Das Modell lieferte ein Ranking der Einflussstärke für die 10 Umweltparameter, wobei wie erwartet PO4, TN und Chlorid den größten Einfluss auf Chla haben (Abbildung 1). Es ist das Vorzeichen der Koeffizienten in der GLM-Ausgabe zu beachten: Im Fall des gelösten Phosphors (PO4) war dies negativ: abnehmende Konzentrationen an PO4 korrelieren mit steigendem Chl\_a. Dieses Phänomen wurde auch für die empirische Modellierung von Chl\_a an in der Mittleren Elbe beobachtet und durch die Konsumption von gelöstem P durch das Phytoplankton als kausal erklärt (Mischke et al. 2016b). Chl\_a reagiert hingegen wie erwartet auf TP mit steigender Konzentration.

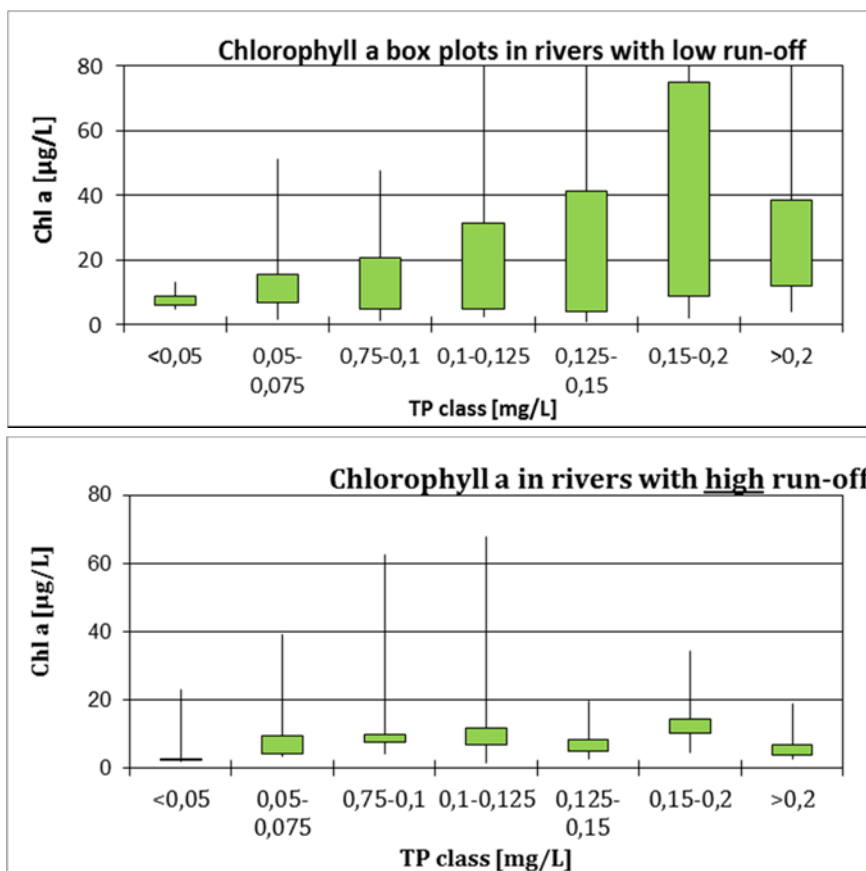


**Abb. 1: Relativer Einfluss der Umweltfaktoren auf die Chlorophyll a –Konzentration in sehr großen Flüssen in Europa (von rechts nach links: BO5, DW, TP, NH4, NO3, Cl, TN, PO4).**

Basierend auf dem festgestellten zusätzlichen Einfluss von Stickstoff und Chlorid und einer Optimierung der Korrelation zur Bewertung der Gewässer durch die Länder (EQR) wurde im europäischen Vergleichsprozess eine kombinierter Index aus TP, TN und log Cl als Messlatte zur Bestimmung der Belastungsgröße definiert (Mischke et al. 2016).

### Nährstoffsensitive Bewertungsverfahren

Metrik „Biomasse“ (Chl\_a): Im DE-Verfahren PhytoFluss werden die Fließgewässer eingeteilt in solche mit großer und kleiner Abflusspende ( $< > 10 \text{ l km}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), da zum Beispiel die Elbe sehr viel mehr Biomasse bildet als der Rhein (Mischke et al. 2011). Die Überprüfung der Typunterscheidung im europäischen Datensatz bestätigte, dass nur in Flüssen mit kleiner Abflusspende wie Elbe/Labe, Weser, Vistula und Odra das 75%-Perzentil mit steigendem TP zu nimmt, während in Gewässern wie Donau und Rhein kein Zusammenhang besteht (Abbildung 2 unten), so auch im Gesamtdatensatz ( $r^2 = 0.03$ ).



**Abb. 2: Verteilung der Chl\_a Jahresmittelwerte in Klassen mit steigender Gesamtposphor-Konzentration (TP) unterteilt nach großen Flüssen mit kleiner (oben) und großer Abflusspende (Grafik unten).**

Metrik „Taxonomische Zusammensetzung“: Von den 8 getesteten nationalen Metrics erwiesen sich der auf Indikatortaxa basierte TIP (Mischke et al. 2011;  $r^2 = 0,293$ ) und der auf eine funktionelle Gruppenzuordnung basierende Q-Index (Borics et al. 2011;  $r^2 = 0,049$ ) als sensitiv gegenüber der kombinierten Belastungsgröße (s.o.), jedoch jeweils mit erheblicher Streuung.

Die aus Chl\_a, TIP und Q-Index kombinierte allgemeine Bewertung („common metric“) ist für die europäischen Messstellen zur Belastungsgröße deutlich besser korreliert ( $r^2 = 0.5668$ , Mischke et al. 2016a) als die Einzelgrößen und umspannt einen weiten Belastungsgradienten.

## Hintergrundwerte

Da Referenzgewässer fehlen, wurden chemische Hintergrundwerte zur Verankerung der Bewertung herangezogen. Die Hintergrundwerte wurden sehr unterschiedlich hergeleitet:

- H/G-Grenze TP 50µg/L - Rekonstruktion aus Modellierung TP > Regression zu Chl\_a je Gewässertyp > Referenzbiomasse (Mischke et al. 2011)
- Perzentilanalyse unter Einbeziehung kleinerer Flüsse (10% Perc.)
- Expertenmeinung und habitat-basierte Analogie zu Seenexpertise für funktionelle Gruppen (Borics et al. 2007)

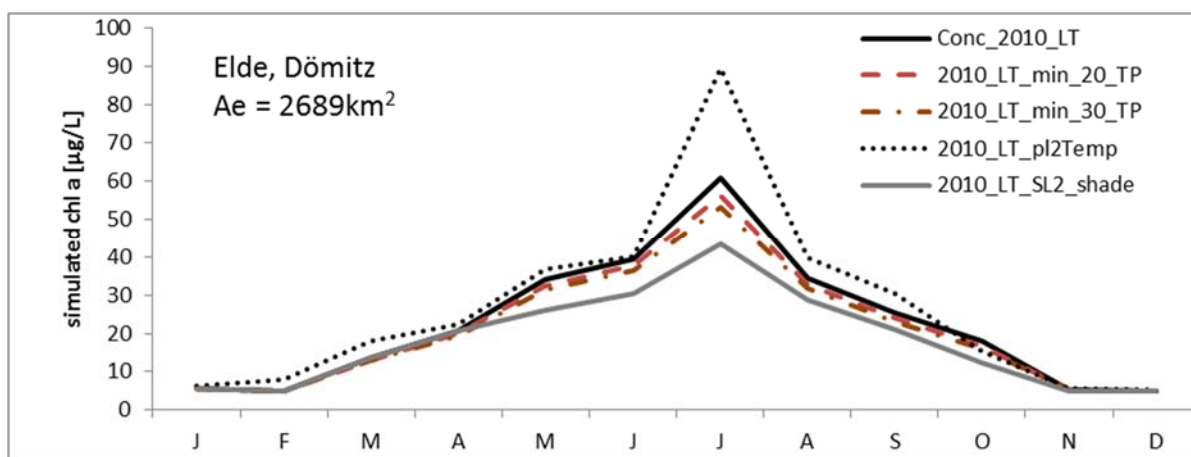
In Europa konnte man sich bisher nicht auf gemeinsame Hintergrundwerte für Nährstoffe in Flüssen einigen. Anstelle dessen wurde durch das sogenannten „continuous benchmarking“ der biologische Indexwert der allgemeinen Bewertung (s.o.) an der Klassengrenze sehr gut zu gut und gut zu mäßig durch den Mittelwert der Grenzwerte aller beteiligten Länder festgelegt. Indirekt korrespondiert dazu der Level der kombinierten Belastungsgröße, was rückgerechnet auf die Klassengrenze gut / mäßig etwa Konzentrationen (in mg/L) von 0,12 für TP, 2 für TN und 100 für Chlorid ergibt.

## Interaktion von Einflussgrößen

Im empirischen GLM-Modell für die Elbe und ihren Nebenflüssen wurden synergistische Interaktionen der Faktoren Einzugsgebietsgröße zu Nitrat (Ae \* NO<sub>3</sub>) und zu Gesamtposphor (Ae \* TP) identifiziert (Mischke et al. 2016b). Die Integration der Interaktionsterme verbesserte das GLM-Modell erheblich.

## Handlungsoptionen

Als Handlungsoption zur Verminderung der Eutrophierung in Flüssen des Elbegebiets ist u.v.a. eine Förderung von beschattenden Ufergehölzen möglich. Der Effekt einer Beschattung durch Uferbäume an 80-100% aller kleinen und mittelgroßen Flüsse wurde mit dem neuen Modell PhytoBasinRisk für die Reaktionsgröße Chl\_a simuliert (Mischke et al. 2016b).



**Abb. 3: Monatlich simulierte Chl\_a-Konzentrationen unter historischen (Conc\_2010\_LT) und den davon synthetisch abgeänderte Bedingungen (+2°C; TP -20%, -30%; Ufergehölze an 80-100% am Oberlauf) für den Ort Elde bei Dömitz als Beispiel für einen von 95 kalibrierten Orten.**

Das Sommermaximum von Chl\_a wird in der Beschattungssimulation für kleine Fließgewässer deutlich reduziert (Abbildung 3, SL2\_shade). In Flüssen mit großem Einzugsgebiet ist diese Beschattung wenig wirksam. Antagonistisch zur Beschattung wirkt eine um 2 °C erhöhte Wassertemperatur (s.

Abbildung 3). Chl<sub>a</sub> reagiert für die meisten Modellberechnungen kaum auf eine 20 bzw. 30% Reduktion von TP, da limitierende P-Konzentrationen nicht erreicht wurden.

## **Zusammenfassung/Schlussfolgerungen**

Die ökologische Bewertung für die EU-WRRL soll für Einflussgrößen sensitiv sein, die durch eine anthropogene Belastung verändert werden. Dazu gehören im Fall „Phytoplankton“ die Nährstoffe.

In allen drei umfangreichen Datensätzen konnte die Biomasse des Phytoplanktons nur in einem sehr geringen Maße durch TP empirisch vorausgesagt werden. Dies wurde durch die Einbeziehung von Stickstoff und Chlorid und durch Einbeziehung eines Typkriteriums (Abflusspende) verbessert.

Eine kombinierte Bewertung mittels Biomasse und taxonomischer Zusammensetzung wird durch die EU-WRRL gefordert und erweist sich im Fall „Phytoplankton in großen Flüssen“ als sensitiver als eine Bewertung mit der Einzelkomponente „Biomasse“. So erfolgt in 13 Ländern eine kombinierte WRRL-Bewertung von großen Flüssen, in der die taxonomische Zusammensetzung eine wichtige Bedeutung hat. Dies gilt insbesondere für abflussreiche Ströme wie Donau, für die man keinen korrelativen Zusammenhang von Biomasse zu Nährstoffen ableiten kann und die Chlorophyll<sub>a</sub>-Konzentrationen zumeist gering sind (<20 µg/L).

Prozess-basierte longitudinale Simulationen der Biomasse in Flüssen verdeutlichen, dass weitere Einflussgrößen wie Lichtbedingungen, Abfluss, Temperatur und der Wegfraß durch Grazer (Hardenbicker et al. 2016, Mischke et al. 2016) maßgeblich bestimmend sein können.

## **Danksagung**

Diese Untersuchung entstand im Rahmen dreier Projekte: LAWA O 8.14 im Länderfinanzierungsprogramm, „Weiterentwicklung von Bewertungsverfahren“ (UBA, FKZ 3714 22 211 0) und in MARS gefördert durch die European Union im 7th Framework Programme, Grant Agreement 603378 in Kooperation mit der FGG Elbe. Die Daten von europäischen Flüssen wurden durch folgende Kollegen zur Verfügung gestellt: Georg Wolfram (AT), Jeroen VanWichelen (BE-FL), Daša Hlúbiková (BG), Detelina Belkinova (BG), Libuse Opatrilova (CZ), Kai Piirsoo (EE), Igor Stanković (HR), Gabor Varbiro (HU), Gabor Borics (HU), Jolanta Jekabsone (LV), Jurgita Stankeviciene, Tomas Virbickas (LT), Joanna Picińska-Fałtynowicz, Piotr Panek (PL), Nicoleta Rotaru, Ruxandra Garbea (RO), Maria Placha (SK)

## **Literatur**

- Borics, G., Várbiró, G., Grigorsky, I., Krasznai, E., Szabo, S. & Kiss, K. T. (2007): A new evaluation technique of potamo-plankton for the assessment of the ecological status of rivers. Arch. Hydrobiol. Suppl., 161(3.4), 465-486
- Feld, C.K., Segurado, P., Gutiérrez-Cánovas C. (2016): Analysing the impact of multiple stressors in aquatic biomonitoring data: A ‘cookbook’ with applications in R, Sci Total Environ. 573:1320-1339 3
- Hardenbicker, P., M. Weitere, S. Ritz, F. Schöll, H. Fischer (2016): Longitudinal Plankton Dynamics in the Rivers Rhine and Elbe. River Res. Applic. 32: 1264–1278
- Mischke, U., Venohr, M., Behrendt, H.(2011): Using Phytoplankton to Assess the Trophic Status of German Rivers. International Revue of Hydrobiology 96 (5): 578-598
- Mischke, U. et al. (2016a): Milestone 6 Report - Intercalibrating the national classifications of ecological status for very large rivers in Europe Biological Quality Element: Phytoplankton – December 2016
- Mischke, U., Mahnkopf, J., Gericke, A., Venohr, M. (2016b): Deliverable chapter 5.2: Elbe, Havel and Saale (Germany). In: D4.1 Case study synthesis - Final Report –Ferreira et al. 2016. Project MARS Download: [www.mars-project.eu](http://www.mars-project.eu)