



DGL

Deutsche Gesellschaft
für Limnologie e. V.

(German Limnological Society)

Ergebnisse der Jahrestagung 2021

der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL)
und der deutschen und österreichischen Sektion der
Societas Internationalis Limnologiae (SIL)

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)
Leipzig

Leipzig, 27. September – 1. Oktober 2021



(German Limnological Society)

Ergebnisse der Jahrestagung 2021

der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL)
und der deutschen und österreichischen Sektion der
Societas Internationalis Limnologiae (SIL)

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)
Leipzig

Leipzig, 27. September – 1. Oktober 2021

Impressum:

Deutsche Gesellschaft für Limnologie e.V.:
vertreten durch das Präsidium der DGL;
Rellinghauser Str. 334f, 45136 Essen
Ergebnisse der Jahrestagung in Leipzig 2021
Eigenverlag der DGL, Essen 2022

Redaktion und Layout:

Geschäftsstelle der DGL, Tanja Pottgiesser

Druck:

Hubert & Co. GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 6, 37079 Göttingen

ISBN-Nr. 978-3-9818302-6-2

Bezug über die Geschäftsstelle der DGL:
Rellinghauser Str. 334f
45136 Essen
Tel.: 0201 – 61 76 30 51
Fax: 0201 – 61 76 30 53
E-Mail: geschaeftsstelle@dgl-ev.de
Homepage: www.dgl-ev.de

Kosten inkl. Versand: Druckversion: € 25,--

Inhaltsverzeichnis

NACHWUCHSPREISTRÄGER (in alphabetischer Reihenfolge).....	13
Fraßschutz auf Kosten des Wachstums – wie die Form eines Trade-offs die Jahresdynamik von funktionellen Phytoplanktoneigenschaften steuert	
Elias Ehrlich; Nadja J. Kath; Ursula Gaedke	14
Effects of phosphorus enrichment on the control of stream periphyton	
Alessandra Iannino; Alexander T.L. Vossage; Markus Weitere, Patrick Fink.....	15
Zooplankton carcasses stimulate microbial turnover of allochthonous particulate organic matter	
Darshan Neubauer; Olesya Kolmakova; Jason Woodhouse; Robert Taube; Kai Mangelsdorf; Michail Gladyshev; Katrin Premke; Hans-Peter Grossart.....	16
POSTERPREISTRÄGER (in alphabetischer Reihenfolge).....	17
Exposure and effects of agricultural run-off on microphytobenthic communities in small agricultural streams	
Franziska Fiolka; Martin Krauss; Hannah Schäfer; Floriane Larras; Bastian Polst; Olof Berglund; Mechthild Schmitt-Jansen	18
Nachweis von Polyamid-Partikeln in Larven und Imagines von Chaoborus spec.	
Diana Michler-Kozma; Lukas Kruckenfellner; Anna Heitkamp; Klaus Peter Ebke, Friederike Gabel	23
Influence of preservation methods for phytobenthos samples on the detection of microbial communities through eDNA metabarcoding – first results	
Demetrio Mora, Julia Kleinteich; Jonas Zimmermann; Helmut Fischer; Sascha Krennek	29
VORTRÄGE.....	37
Großes Flussholz in der Renaturierung: Effekte auf Biodiversität und Ökosystemfunktion	
Christine Anlanger; Markus Weitere; Katrin Attermeyer; Sandra Hille; Mario Brauns	38
Balancing small run-of-river hydropower and ecological continuity: optimal design tools to preserve fish migratory routes	
Stefano Basso; Gianluca Lazzaro; Marina Bovo; Chris Soulsby; Gianluca Botter	39
Bedeutung der Stechmückenbekämpfung im Spannungsfeld mit dem Naturschutz	
Norbert Becker	40
Requirements for better documenting and understanding biological invasions using the example of genetic weatherfish <i>Misgurnus</i> sp. specimen assignment	
Christina Belle; Jürgen Geist.....	41
Urban wastewater treatment plants as hot spots for the release of antibiotic resistances to the aquatic environment	
Thomas U. Berendonk	42
Targeted non-invasive bioindicator species detection in eDNA water samples to assess and monitor the integrity of vulnerable alpine freshwater environments	
Lucas Blattner; Stefanie von Fumetti; Joshua Ebner; Jakob Zopfi	43
Von Gaslöslichkeit über Sättigung bis zur Blasenbildung in Seen: Vom Arendsee zum Kivusee	
Boehrer Bertram.....	44

Inhaltsverzeichnis

Relevance of climate and geography for the distribution of protists - lessons learned from a continental lake plankton survey Jens Boenigk	45
Gütewirtschaftliche Konsequenzen veränderter Bewirtschaftungsvorgaben für die Talsperre Kelbra - eine Modelluntersuchung Dirk Böhme	46
Ausbreitung der Krebspest <i>Aphanomyces astaci</i> über 2 Jahre in einem Gewässersystem mit Edelkrebsen und Steinkrebsen – Einfluss von Gewässerbarrieren sowie Hinweise auf menschliche und tierische Vektoren Jürgen Böhmer	47
Wie lässt sich durch die energetische Nutzung von Seen nicht nur Energie gewinnen, sondern auch die Wasserbeschaffenheit des Seewassers verbessern ? Klaus-Jürgen Boos	58
Organic matter sources in riverine food webs: Importance of hydromorphology and season Mario Brauns; Markus Weitere	60
Verbreitung der gebietsfremden invasiven Quagga-Muschel <i>Dreissena rostriformis bugensis</i> (Andrusov, 1897) (Bivalvia: Dreissenidae) in Deutschland Franz Brümmer; Jennifer Tersteegen; Lea Rapp; Nadia Shegeftfard; Steffen Scholz; Derk Remmers; Silke Oldorff; Alexander Ramm; Werner Vetter; Ralph-Walter Müller; Ralph O. Schill	61
Comparison of temporary rivers in different climates according to intermittency state Andrea Burfeid Castellanos	62
„Das Leipziger Auensystem – Probleme und Lösungsansätze aus naturschutzfachlicher Sicht Ingrid Carmienke, Heiko Rudolf, Christian Wirth, Christian Franke & Mathias Scholz	63
Bionischer Öladsorber nach dem Vorbild des Schwimmfarns <i>Salvinia</i> Petra Ditsche, Mail, M., Beek, L., Akdere, M., Klopp, K., Barthlott, W.	72
A new global hydrographical dataset at 90m resolution Sami Domisch; Jaime García Márquez; Jens Kiesel; Shen Longzhu; Tushar Sethi; Holger Virro; Dean Mehinovic; Giuseppe Amatulli	73
Der Oelbach in Bochum – die Sanierung eines hochbelasteten Fließgewässersystems Jörg Drewenskus	74
Evaluierung des Zooplankton-Metabarcodings zur Optimierung des gemeinsamen Monitorings der Bodenseeanrainerstaaten Iris Dröschner; Thorsten Rennebarth; Bernd Wahl	86
Phytoplankton analysis with multispectral imaging flow cytometry & deep learning Susanne Dunker	87
The domino effects of wetland restoration on mosquito populations Tarja Dworak; Ellen Kiel	88

Inhaltsverzeichnis

Thermal Biology of an Alpine Glacial Relict: Proteome Dynamics Following Acclimation Highlight Molecular Mechanisms Underlying Thermal Adaptation Joshua Ebner; Mirjam Wyss; Danilo Ritz; Stefanie von Fumetti.....	90
Working together towards better predictions - Ensemble lake modeling as a community project Johannes Feldbauer; Thomas Petzoldt; Robert Ladwig; Jorrit Mesman; Tadhg Moore	91
Biofilm pads - an easy method to manufacture artificial biofilms embedded in an alginate polymer matrix Patrick Fink; Timm Reinhardt; Jana Moelzner; Thomas R. Neu	92
Biogeochemical and microbiological characterization of rust tubercles induced by microbial activity Annika Fiskal; Lipi Raghunatha Reddy; Ilona Herrig; Sven-Erik Wulf; Jutta Meier; Helmut Fischer	93
Mixed in - Sediment migration modulates the structural and functional colonisation of freshly incoming soil from bank erosion Insa Franzmann; José Schreckinger; Anna Oprei; Michael Mutz; Ute Risse-Buhl	94
Klimawandel und Bundeswasserstraßen: Vorstellung des DAS-Basisdienstes „Klima und Wasser“ mit Fokus auf die Wassergüte von Rhein und Elbe Marieke Frassl; Claudius Fleischer; Enno Nilson; Helmut Fischer	95
Auswirkungen der letzten Trockenperiode auf die Bewirtschaftung und Rohwasserbereitstellung ausgewählter sächsischer Trinkwassertalsperren Karin Freier; Tilo Hegewald; Ralf Sudbrack	96
Possible pitfalls in fish passage research and how to avoid them Jürgen Geist; Melanie Mueller; Josef Knott; Leonhard Egg; Joachim Pander	97
Zeitliche Veränderungen der Makrozoobenthosdiversität in urbanen Fließgewässern – Ergebnisse einer 12-jährigen Monitoringstudie Diana Goertzen; Anne-Kathrin Schneider; Frank Suhling.....	98
Langzeitentwicklungen in Seen der Mecklenburgischen Seenplatte Thomas Gonsiorczyk, Peter Casper, Mark Gessner, Michael Hupfer, Peter Kasprzak, Georgiy Kirillin, Rainer Koschel, Eckhard Kohlhas & Ilona Korczynski	99
Phosphor-Retentionsmodelle für pH-neutrale Tagebauseen Björn Grüneberg; Ina Hildebrandt; Jacqueline Rücker; Yvonne Kreutziger; David Kneis; Wilfried Uhlmann; Dirk Seiler; Thomas Petzoldt; Adrian Horn; Thomas Gonsiorczyk; Dieter Leßmann; Michael Hupfer.....	108
Nahrungsqualität versus Nahrungsquantität – Einblicke in die Nahrungsansprüche der Flussperlmuschel Felix Grunicke; Annekatriin Wagner; Antje Kuhr; Thomas Berendonk	109
The potential of sulphate reduction to impede a long-term effect of iron amendments on sedimentary phosphorus retention Lena Heinrich; Michael Hupfer	110

Inhaltsverzeichnis

„Faktencheck Artenvielfalt“ in Binnengewässern und Auen Daniel Hering; Claudia Pahl-Wostl; Ursula Schmedtje; Christian Feld; Phillip Haubrock; Hanh Nguyen; Peter Haase	111
Evaluation eines Modellkonzeptes für die Prognose der Wasserbeschaffenheitsentwicklung von Bergbaufolgeseen Ina Hildebrandt; Kai-Uwe Ulrich; Adrian Horn; Lutz Weber; Claus Nitsche	112
Mikroplastikaufnahme von Zooplanktonorganismen mit filtrierender Ernährungsweise: Geringes Futterangebot und erhöhte Temperatur verstärken die Belastung Nadine Hoffschröer	113
Erhöhung der Klimaresilienz des Ruhrverbands-Talsperrensystems Christian Huber	114
Die rätselhafte Eutrophierung des Stechlinsees: Einblicke in die Mechanismen durch detaillierte Analysen des Phosphorhaushaltes Michael Hupfer; Thomas Gonsiorczyk; Mark Gessner; Peter Casper	115
Taxonomic shift over a phosphorus gradient affects the stoichiometry and fatty acid composition of stream periphyton Alessandra Iannino; Alexander T.L. Vossage; Markus Weitere; Patrick Fink	116
Saisonale Variabilität der Einflüsse von geografischer Lage, Morphometrie und Klimawandel auf die Wassertemperatur von deutschen Trinkwasser-Talsperren Kathrin Jäschke; Thomas Petzoldt; Lothar Paul	117
Der Graben als „Futtertrog“? Eklektorfänge in ausgewählten Gräben Nordwestdeutschlands Kena Jürgens; Lisa Tunder; Ellen Kiel	118
Lagrangian profile of riverine autotrophy, organic matter transformation, and micropollutants at extreme drought Norbert Kamjunke; Markus Weitere	119
Langzeitmonitoring eines künstlichen Gewässers mit Badebetrieb und Angelfischerei Albert Keim	120
Effects of multiple stressors on invertebrate communities in shallow freshwater habitats Nora Kipferler; Gregorio A. López Moreira; Franz Hölker; Vinita Vijayaraj; Bastian H. Polst; Joey Allen; Joséphine Leflaive; Mechthild Schmitt-Jansen; Sabine Hilt; Martin Laviale; Elisabeth M. Gross	126
Cyanobakterienblüten in der Mosel: Ausnahmephänomen oder neue Normalität? Julia Kleinteich; Marieke Frassl; Annette Becker; Andreas Schoel; Sonja Courth; Björn Baschek; Tobias Brehm; Manoj Schulz; Arne Wick; Helmut Fischer	127
Methodenstudie zur Erfassung von Makroinvertebraten in Gräben Elisabeth Kliment; Lisa Tunder; Jakob Kalus; Ellen Kiel	128
Diverse microbial communities can serve as a barrier against antimicrobial resistance Uli Klümper; Thomas U. Berendonk	129

Inhaltsverzeichnis

Patterns of antibiotic resistance in river bottom sediments David Kneis; Stefanie Heß; Thomas Petzoldt; Thomas Berendonk	130
Genetische Vielfalt der Schleie (<i>Tinca tinca</i>) in Deutschland Christoph Köbsch; Sascha Krenek; Thomas Schiller; Thomas Berendonk	131
Gesamträumliches, integriertes Auenentwicklungskonzept für die Elster-Luppe-Aue - vom Leitbild zum Entwicklungsziel Uwe Koenzen, Joachim Steinrücke; Franziska Löffler	132
Rückhalt von Wasser und Nährstoffen durch Makrophyten in einem Flachlandfluss – Sinn und Unsinn der Entkrautung Jan Köhler	133
Welche Fragen zu Wasserkraftanlagen sind aus limnologischer Sicht zu beantworten? Ralf Köhler	134
Was kann Limnologie leisten, um Xenobiotika-Wirkungen in Seen zu reduzieren? Welche neuen Wege sind im Handling von Xenobiotika zu gehen? Ralf Köhler	135
Iron from lignite mining enhances phosphorus uptake in lake sediments of River Spree (NE Germany) Giulia Friedland; Björn Grüneberg; Michael Hupfer	136
Ökosystemare Aspekte von ökotoxikologischen Effekten in Seen als möglicher Schlüssel für eine realistische und pragmatische Risikobewertung. Christiane Krambeck	137
Benthische Organismen beeinflussen die Redoxzonierung von littoralen Sedimenten: Auswirkungen auf den Abbau organischer Spurenstoffe während der Uferfiltration Anna Lena Kronsbein; Jonas L. Schaper; Jörg Lewandowski; Sabine Hilt.....	147
Dancing with the sediment - The response of meiobenthos to migrating ripples of sandy lowland streams Mariia Kryvokhyzhyna; Nabil Majdi; Ute Risse-Buhl; Anna Oprei; Michael Mutz.....	148
An environmentally-driven stage-structured population model for temperate Aedine mosquitoes Bernhard Kühn; Felix Sauer; Norbert Becker; Bernd Blasius; Ellen Kiel.....	149
Test des schweizerischen Indexes zur Beurteilung der Verletzlichkeit der EPT-Arten gegenüber dem Klimawandel Daniel Küry; Pascal Stucki; Emmanuel Contesse; Christian Imesch	150
Burial of microplastics in freshwater sediments facilitated by iron-organo flocs Rico Leiser; Maja Schumann; Tallent Dadi; Katrin Wendt-Potthoff	151
Modelling the distribution of submerged macrophyte species in Bavaria under climate and land use change Anne Lewerentz; Juliano Sarmento Cabral	152

Inhaltsverzeichnis

Pflanzenschutzmittel und ihre Transformationsprodukte in stehenden Kleingewässern Lukas Paul Loose; Uta Ulrich; Nicola Fohrer	153
Methane emissions from impounded rivers Andreas Lorke	154
Gewässerrenaturierung und ihr Effekt auf verschiedene Artengemeinschaften - Fallbeispiel Große Goorley, Kamp-Lintfort Marc Nagel; Carmen Gallas; Thorsten Rath; Daniela Lud	155
Mosquitoes as vectors of emerging pathogens in Germany Renke Lühken	161
Kostengünstiger Nachweis von Mikroplastik mittels UV-Lampe in Fütterungsexperimenten Jan Maxein; Sonja Ehlers; Jochen Koop	162
Metabarcoding für Phytoplankton- und benthische Diatomeenarten durch das Projekt Eco- AlpsWater – Erfahrungen für bayerische Gewässer Ute Mischke, Rainer Kurmayer, Nico Salmaso, Tina Elerseck, Fabio Lepori, Jochen Schaumburg, Frederic Rimet, Valentin Vasselon; Isabelle Domaizon	163
Einfluss mikroklimatischer Bedingungen in Bruthabitaten von <i>Culex pipiens</i> s.l. (Diptera: Culicidae) auf ihre Populationsentwicklung Johann Musculus; Felix Sauer; Carmen Villacañas de Castro; Ellen Kiel	171
Manche machen mehr daraus – eine trophische Betrachtung zur Transformation von Phosphor in Phytoplanktonbiomasse Brigitte Nixdorf; Jacqueline Rücker	172
Der Obersee in Berlin-Lichtenberg – ein extrem eutrophierter Flachsee Ariane Nowak; Jens Nowak; Heribert Rustige; Alicja Berger . Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Entwicklung eines Verfahrens zur Methangaselimination aus Stauräumen Mara Offermann; Laura Backes; Lediane Marcon; Felix Schreiber; Andreas Lorke; Christian Jokiel; Michael Detering	185
A chemical key to biological invasion – A comparative analysis of antipredator defences induced by fish bile salts in the zooplankton species <i>Daphnia lumholtzi</i> Kathrin Otte; Meike Hahn; Johanna Ahlers; Eric von Elert	186
Identification of distribution components from antibiotic resistance data - Opportunities and challenges Thomas Petzoldt; David Kneis; Thomas Berendonk; Stefanie Heß	187
Regime shifts in shallow aquatic ecosystems induced by multiple agricultural stressors in the context of climate change Bastian H. Polst; Sabine Hilt; Gregorio Alejandro López Moreira Mazacotte; Franz Hölker; Herwig Stibor; Joséphine Leflaive; Elisabeth M. Gross; Mechthild Schmitt-Jansen	188

Inhaltsverzeichnis

RoBiMo - Robotergestütztes Binnengewässer Monitoring zur Untergrunderfassung, Wasserparametermessung und Respirationmessung Sebastian Pose; Lisa Jarosch; Otto Dreier; Gero Licht; Eric Röder; Thomas Grab; Tobias Fieback	189
Die Epilimnische Entnahme an der Talsperre Bautzen – ein geeignetes Instrument zur Begrenzung der Blaualgenentwicklung in einem hocheutrophen Gewässer Alice Rau; Elisa Brode.....	190
Prognosen und adaptive Handlungsoptionen für Deutschlands größte Trinkwassertalsperre im 21. Jahrhundert Karsten Rinke; Thomas Shatwell; Chenxi Mi	191
Migrating streambeds – ecological and biogeochemical consequences of fine sediment transport Ute Risse-Buhl; Shai Arnon; Edo Bar-Zeev; Anna Oprei; Aaron I. Packman; Ignacio Peralta- Maraver; Anne Robertson; Yoni Teitelbaum; Michael Mutz	192
Phosphorausträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und Phosphordynamik angeschlossener Grünlandgräben unterschiedlicher Landschaftsräume Nordwestdeutschlands Anna-Lena Rotenhagen; Luise Giani.....	193
Schwamm drüber! <i>Spongilla lacustris</i> in der Seetherapie in Zeiten des Klimawandels. Tilman Rott.....	194
Charakterisierung naturnaher Bruthabitate von Stechmücken Felix Sauer; Tarja Dworak; Daniel Döding; Ellen Kiel	195
Spatial and temporal stressor patterns determine the interaction between multiple stressors Ralf B. Schäfer; Noel Juvigny-Khenafou; Lucas Streib.....	196
Fatty acid accumulation in feeding types of a natural freshwater fish population Kristin Scharnweber; Fernando Chaguaceda; Peter Eklöv	197
Berliner Biodiversitätsdaten für ein EBV-basiertes Langzeitmonitoring Nike Sommerwerk; Jörg Freyhof; Sandra Heinze; Martina Lutz; Katharina Kasper	198
Der Nordamerikanische Ochsenfrosch <i>Lithobates catesbeianus</i> (Shaw, 1802) als invasives Neozoon im Raum Karlsruhe – Untersuchungen an den Larven zur Altersstruktur der Population, zur Überwinterungsstrategie und Verbreitung sowie zur exakten Artbestimmung Jennifer Tersteegen; Ralph Schill; Valentin Gutekunst; Steffen Scholz; Franz Brümmer....	199
ScienceDIVER - Harmonisierung des wissenschaftlichen Tauchens in Europa Ralph Schill; Kimon Papadimitriou; Konstantinos Tokmakidis; Angelos Manglis; Fabio Bruno; Rumen Stoyanov; Fabio Figurella; Franz Brümmer	200
Interaction of bottom-up and top-down control of structure and functions of stream biofilm Alexandra Schlenker; Mario Brauns; Patrick Fink; Markus Weitere.....	201
Pegelstandsänderungen im Bodensee und ihre Beziehung zu Veränderungen in der Makrophytenbesiedlung der Abflüsse des Bodensee-Ober- und Untersees Klaus Schmieder; Bernd Wahl; Michael Dienst; Irene Strang; Gunnar Franke; Martin Mainberger	202

Inhaltsverzeichnis

Regime shifts in freshwater ecosystems exposed to multiple stressors under climate change - the CLIMSHIFT-project Mechthild Schmitt-Jansen; Joey Allen; Nora Kipferler; Bastian Polst; Vinita Vijayaraj; Martin Laviale; Gregorio López; Franz Hölker; Joséphine Leflaive; Herwig Stibor; Sabine Hilt; Elisabeth M. Gross	203
Von Sauren, Salz- und Soda-Seen zu Lake Magadi Soda - Chemische Modellexperimente zur Umweltbildung Wolfgang Schmitz	204
Monitoring von Auentümpeln (Makrozoobenthos, Hydrophyten) im NSG "Neue Lippe Mündung" im Jahr 2019 Gerhard Schoolmann	205
Light or mechanics: What drives phototrophic and heterotrophic microbial activity in sandy sediments? José Schreckinger; Michael Mutz; Insa Franzmann; Ute Risse-Buhl	206
Technisches Sicherheitsmanagement (TSM) Georg Schrenk	207
Genetisches Monitoring zur Wiederansiedlung des Atlantischen Lachses (<i>Salmo salar</i>) im Rheingebiet (GeMoLaR) Anne Schrimpf; Christopher Bridges; Thomas Schmidt; Ralf Schulz	208
Zweite Restaurierung des Barleber Sees nach 33 Jahren Martin Schultze; Kurt Friese; Olaf Mietz; Karsten Rinke	209
Colonization of salt-affected running waters by non-diatom benthic algae: A case study from Thuringia (Germany) Elisabeth Pohlen; Claus-Jürgen Schulz; Antje Gutowski	210
Ökologische Durchgängigkeit: Auch für Holz relevant Michael Seidel	211
Unravelling winter diatom blooms in temperate lakes using high frequency data and ecological modeling Tom Shatwell; Xiangzhen Kong; Michael Seewald; Tallent Dadi; Kurt Friese; Chenxi Mi; Bertram Boehrer; Martin Schulze; Karsten Rinke	212
Interaction of temperature and nutrients and its short-term effects on metabolic pathways in the hyporheic zone Tatjana Simčič; Monika Poklukar; Nataša Mori	213
Homogenization through environmental stressors – Impacts of climate change and pollution legacy on spring plant communities Timothy J. Smith	214
Does warming promote cold-adapted cyanobacteria in a stratified lake? Erik Sperfeld; Barbara Bauer; Ulrich Sinsch	216

Inhaltsverzeichnis

Einfluss von Konnektivität auf Vorkommen und Verbreitung von Laufkäfern in den Elbauen Franziska Struller; Kathrin Januschke; Daniel Hering; Peter Horchler	217
Effects of anthropogenic organic micropollutants on population genetic diversity of freshwater amphipods Vid Švara; Till Luckenbach; Stefan Michalski; Stephan Geuchen; Martin Krauss; Tobias Schulze; Werner Brack	218
Elbe- und Havel-Auen und Auengewässer-Besonderheiten - Beispiele aus dem Elbe-Havel-Winkel und der unteren Havelniederung im Biosphärenreservat Mittelelbe (Sachsen-Anhalt, Deutschland) Lothar Täuscher	219
Loss of functional traits in freshwater ecosystems: what are the impacts on phytoplankton-zooplankton dynamics? Jessica Titocci; Patrick Fink; Maria Stockenreiter; Herwig Stibor	225
Integrating freshwater fish biodiversity into spatial prioritization in Colombia Thomas Tomiczek; Jaime Garcia Marquez; Sami Domisch	226
Nitrogen (nitrate and ammonium) as driver of phosphorus use efficiency in phytoplankton? Gabriele Trommer; Patrick Lorenz; Patrick Fink; Monika Poxleitner; Herwig Stibor	227
Entwicklung eines Biomonitoring-Verfahrens in Grünlandgräben Lisa Tunder; Anna-Lena Rotenhagen; Luise Giani; Ellen Kiel	228
Vorhabens- und Sanierungspläne als Lösungsansatz zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele von Oberflächenwasserkörpern in Sachsen Kai-Uwe Ulrich; Adrian Horn; Johannes Kranich; Frank Herbst; Christine Stevens	229
Biochemically stimulated sludge degradation with a new method - first experiences from feasibility studies Kai-Uwe Ulrich; A. Rau; T. Willuweit	238
Omnipräsentes Auftreten von Herbizid-Transformationsprodukten in allen Wasserkörpertypen eines landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebietes Uta Ulrich; Matthias Pfannerstill; Guido Ostendorp; Nicola Fohrer	247
Long-term research on springs and headwaters in the Engiadina Val Müstair UNESCO biosphere reserve Stefanie von Fumetti	248
Auswirkungen des Klimawandels auf Überleben und Wachstum der Flussperlmuschel (<i>Margaritifera margaritifera</i> L.) Annekatriin Wagner; Felix Grunicke; Thomas Schiller; Daniel Linke; Thomas Berendonk	249
Die Leitwirkung eines horizontal schräg angeströmten Fischschuttrechens an einer Wasserkraftanlage und deren Bedeutung für den Fischschutz am Standort Falko Wagner; Peter Warth; Wolfgang Schmalz	250
Non-linear dynamics drive single-cell populations Johannes Werner; Tobias Romankiewicz; Frank Hilker; Hartmut Arndt	251

Inhaltsverzeichnis

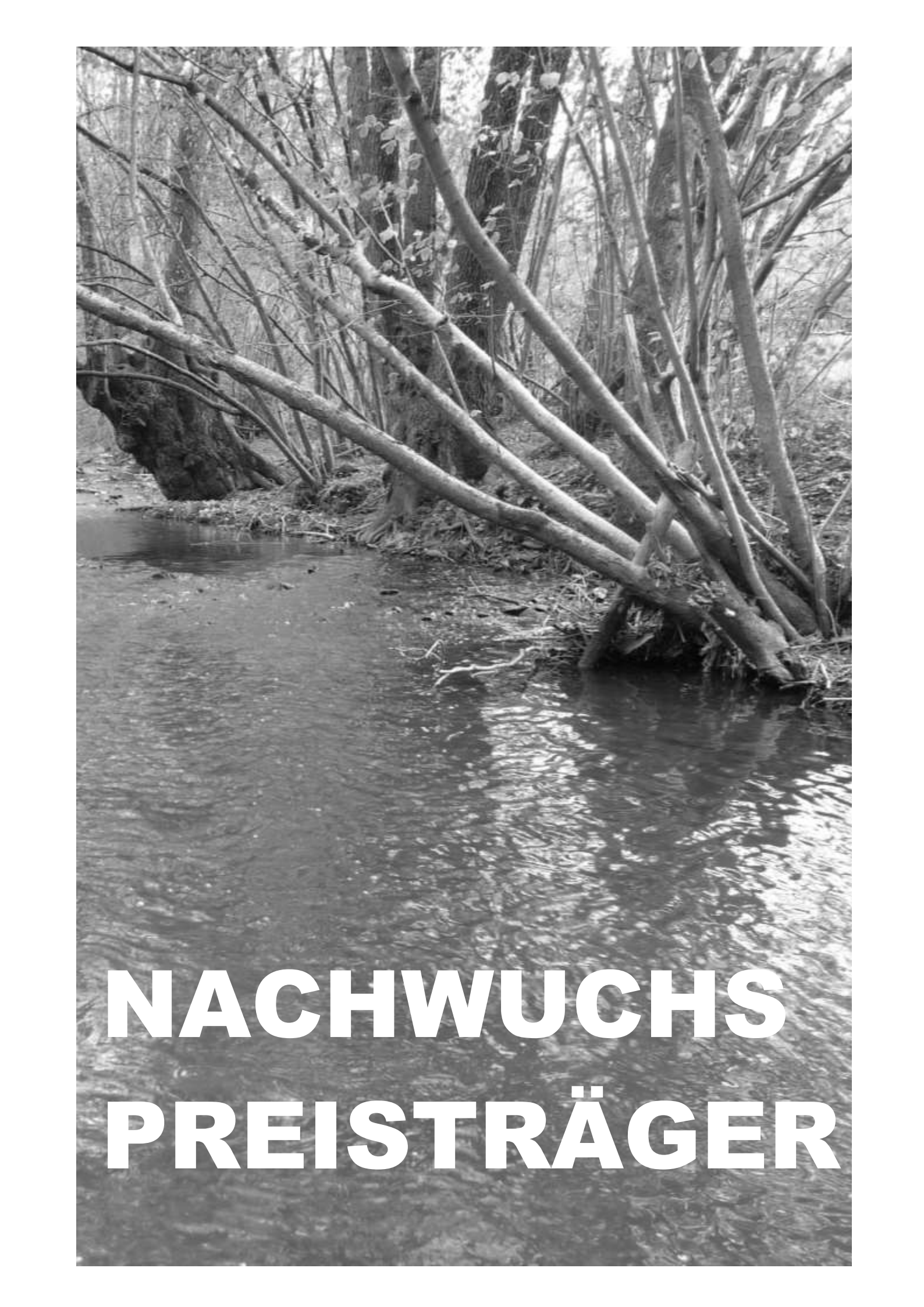
Quantitative Abschätzung der Plankton-Elimination durch den Biofilm im Rhein Jennifer Werner; Vera Kersten; Leandra Hamann; Anja Scherwaß; Hartmut Arndt	252
Influences of pesticides, nutrients, and local environmental variables on phytoplankton communities in lentic small water bodies in a German lowland agricultural area Lishani Wijewardene; Naicheng Wu; Yueming Qu; Kun Guo; Beata Messyas; Stefan Lorenz; Tenna Riis; Uta Ulrich; Nicola Fohrer	253
Functional diversity alters the effects of a nutrient pulse on the dynamics of tritrophic plankton food webs Laurie A. M. Wojcik; Ruben Ceulemans; Ursula Gaedke	254
Bewertung der Mortalität von Fischen an Wasserkraftanlagen Christian Wolter; Dirk Bernotat; Jörn Gessner; Anika Brüning; Jan Lackemann; Johannes Radinger.....	255
POSTER.....	256
Bewertung zweier urbaner Standgewässer in Köln Eileen Hannah Becker; Anja Scherwaß; Hartmut Arndt.....	257
Der Leipziger Limnologen-Stammtisch: Interdisziplinärer Austausch von limnologisch relevanten Fachinformationen über den Tellerrand hinaus Leipziger Limnologenstammtisch	258
Diversity within phytoplankton species isolated from a subalpine lake Domiziani Christini; Lutz Becks	261
Emergent patterns of water and matter fluxes in a coupled catchment-lake model: a case study Maria Determann; Andreas Musolff; Karsten Rinke; Marieke Frassl; Tom Shatwell	262
Einfluss von Mikroplastik auf physiologische Kenngrößen von <i>Daphnia magna</i> Lisa Ellenberger; Bettina Zeis	263
Determination of surface water characteristics using Raman Spectroscopy Jieping Xu; Kaiyi Zhao; Thomas Johann Tewes; Ute Hansen	264
Levels of coliform bacteria, enterococci and NPOC detected in a suburban river over six weeks in November and December 2020 Kaiyi Zhao; Jieping Xu; André Wenda; Ellen Tjisse-Klasen; Ute Hansen.....	267
Vier Jahrzehnte Langzeitmonitoring an der Talsperre Saidenbach - Wasserbeschaffenheitsentwicklung im gesellschaftlichen und klimatischen Wandel Tilo Hegewald; Dirk Geissler; Peter Reichelt; Karin Freier	272
DNA-basierte Gewässerüberwachung in der behördlichen Praxis Sascha Krenek; Julia Kleinteich; Demetrio Mora; Saskia Schmidt; Andreas Schöl; Franz Schöll; Helmut Fischer	273
Diversity in trade-off strategies among resurrected alga Richard Lambrecht; T. Réveillon; Lutz Becks	274

Inhaltsverzeichnis

Projektvorstellung: Analyse und Bewertung der ökologischen Belastungen von Seen durch Fahrgast- und Freizeitschiffahrt im Spannungsfeld von Gewässerschutzzielen und Nutzungsansprüchen: Mitigationsstrategien für eine dauerhaft umweltverträgliche Lenkung Frank Peeters; Ralf Köhler; Ole Lessmann; Wolfgang Ostendorp	275
Classification of lichenized and free-living forms of <i>Prasiola</i> with simple machine learning algorithms Mitchell Kennedy; Claire Kowalewski; Paul Nätke; Daniela Lud.....	276
Controlling metalimnetic blooms of <i>Planktothrix rubescens</i> with a novel water withdrawal strategy: a modelling study Mi Chenxi; P. David Hamilton; Marieke A. Frassl; Tom Shatwell; Xiangzhen Kong; Bertram Boehrer; Yiping Li; Karsten Rinke.....	280
Wissenschaft macht Schule – Eine Wanderausstellung zu (Mikro)plastik Antje Nieber; Per-Olaf Walter; Friederike Gabel; Katrin Wendt-Potthoff	281
Vergleich von Prognose- und Monitoringdaten nach Umsetzung der Maßnahme am Mortelbach in Waldheim (Sachsen) Sandra Niebergall; Ulrike Haase; Rima Alshomaree; Luise Richter; Thomas Berendonk ...	282
Bewertung des ökologischen Zustandes der Münsteraner Schlossgräfte Mariya Poryazova; Melisa Gündogan; Elisabeth I. Meyer; Bettina Zeis	283
Untersuchung der Fließgewässerqualität unter Einbeziehung einer Bestimmungs-App Judith Rosenbach; Anja Scherwaß; Hartmut Arndt	284
Herausforderungen der TP-Bestimmung in pH-neutralen Tagebauseen Jacqueline Rücker; Gudrun Lippert; Yvonne Kreutziger; Ina Hildebrandt; Björn Grüneberg	285
Analysing the diversity of fauna in the River Rhine and nearby aquatic systems – Comparison of morphological and metabarcoding techniques Dominik Scepanski; Alexandra Schoenle; Ann-Marie Waldvogel; Hartmut Arndt.....	286
Bundestaxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands (BTL): Taxaliste für Monitoring und Naturschutz - Herausforderungen am Beispiel der Kieselalgen Petra Schilling; Gabriele Hofmann; Wolf-Henning Kusber	287
Vergleich genetischer und morphologischer Art-Identifikation des Makrozoobenthos in den Bundeswasserstraßen Saskia Schmidt; Franz Schöll	294
Ein Habitateignungsmodell für die Finte im Weser- und Elbeästuar Michael Schöning; Joost Vanoverbeke; Nele Wendländer; Jens Wyrwa; Carsten Viergutz; Andreas Schöl.....	295
Hybride Atlantischer Lachse (<i>Salmo salar</i>) im deutschen Rheineinzugsgebiet? Stefan Theobald; Christopher Bridges; Thomas Schmidt; Ralf Schulz; Anne Schrimpf	296

Inhaltsverzeichnis

Digitale Wissenschaftskommunikation: Die Lebenswelt des Fischotters als interaktives Storyboard - Virtuelle Geländeübung in der Online-Lehre.	
Antje Stöckmann; Matthias Holzgreve.....	297
Ist die Beeinträchtigung von <i>Daphnia magna</i> durch Cyanobakterien temperaturabhängig?	
Simon Tulatz; Bettina Zeis.....	302
Phytoplankton communities and their response to environmental modifications	
Phuong-Anh Vu; Lutz Becks; Mark van Kleunen.....	303
Das Zooplankton im Elbästuar und dessen Bedeutung als Nahrung für die Larven der Finte (<i>Alosa fallax</i>)	
Nele Wendländer; Michael Schöning; Carsten Viergutz; Jens Wyrwa; Andreas Schoel.....	304
Entwicklung eines satellitenbasierten Monitorings von Seen in Baden-Württemberg – das Projekt SAMOSEE-BW	
Thomas Wolf; Kristina Popp; Hendrik Bernert.....	305
Entwicklung des Zooplanktons nach einer ausgeprägten Hypoxie-Situation in einem eutrophen Flachsee (Aasee, Münster)	
Ramona Winkens; Victoria-Sophia Scheuerer; Elisabeth Meyer; Bettina Zeis.....	306
German Barcode of Life 2 (GBOL2) — Kieselalgen DNA-Barcoding und eDNA Metabarcoding im Kontext von Biodiversitätsforschung, Taxonomie und EU Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EC)	
Jonas Zimmermann, Nélida Abarca, Jana Bansemer, Juliane Bettig, Gabi Droege, Wolf-Henning Kusber, Katja Luther, Heba Mohamad, Demetrio Mora, Sebastian Proft, Katherina Schimani, Oliver Skibbe, Anh Tu Van & Regine Jahn.....	307
ARBEITSKREISE.....	312
Der Geiseltalsee, ein wertvolles kalkhaltiges Gewässer mit Grundrasen aus Armleuchteralgen	
Silke Oldorff, Jens Möhlmann, Ellen Kiel, Markus Eßer, Volker Krautkrämer, Tom Kirschey, Elena Oldorff.....	313

A black and white photograph of a riverbank. Several young, slender trees are leaning over the water, their trunks forming a dense, diagonal pattern. The water is dark and reflects the light. The background shows more trees and foliage, creating a sense of a forest or wooded area.

NACHWUCHS PREISTRÄGER

Fraßschutz auf Kosten des Wachstums – wie die Form eines Trade-offs die Jahresdynamik von funktionellen Phytoplanktoneigenschaften steuert

Elias Ehrlich, Nadja J. Kath, Ursula Gaedke

Universität Potsdam, AG Ökologie / Ökosystem-Modellierung

Darwinsche Dämonen sind hypothetische Organismen mit unbegrenztem Ressourcenzugang und optimaler Anpassung an alle denkbaren Umweltfaktoren. In der Realität existieren solche Organismen nicht, da bei der Anpassung unterschiedlicher funktioneller Eigenschaften (Traits) Kompromisse eingegangen werden müssen, sogenannte Trade-offs. So kann z. B. eine bessere Verteidigung gegen Fraß die Wachstumsrate eines Organismus reduzieren. Generelle Theorien besagen, dass diese Trade-offs wichtig für den Erhalt der Biodiversität sind und die Anpassung von Artengemeinschaften an veränderte Umweltbedingungen zentral beeinflussen, aber direkte empirische Hinweise dafür gibt es wenige. Wir untersuchten die Traitdynamiken (Verteidigung gegen Prädatoren, maximale Wachstumsrate und Phosphataffinität) im Phytoplankton des Bodensees unter saisonal schwankenden Umweltbedingungen. Dafür nutzten wir Trait-Literaturdaten sowie eine hochauflösende Biomassezeitreihe von 21 Jahren. Die Traitdaten zeigten einen konkaven Trade-off zwischen Fraßschutz und Wachstum im Phytoplankton auf, welcher, im Einklang mit der Theorie, schnell wachsende Arten mit mittlerer Verteidigung förderte. Bei saisonal ansteigendem Fraßdruck verschob sich die Artenzusammensetzung in Richtung höherem Fraßschutz auf Kosten einer geringeren Wachstumsrate entlang dieser Trade-off-Kurve. Abweichungen einzelner Arten von der Trade-off-Kurve konnten mit einer dritten Traitdimension, der Phosphataffinität, erklärt werden. In der Studie diskutieren wir zudem, wie geringe Fitnessunterschiede, die aus unseren Modellsimulationen abgeleitet werden konnten, und stabilisierende Mechanismen auf Basis weiterer Traitdimensionen zum Erhalt der Phytoplanktondiversität beitragen können. Als Schlussfolgerung zeigt unsere Studie, dass das Quantifizieren von Trade-offs von zentraler Bedeutung für die Vorhersage der Zusammensetzung von Artengemeinschaften in einer sich ändernden Umwelt ist.

Effects of phosphorus enrichment on the control of stream periphyton

Alessandra Iannino^{1,2}, *Alexander T.L. Vossage*¹, *Markus Weitere*¹, *Patrick Fink*^{1,2}

¹ UFZ Magdeburg, Department of River Ecology, ² Institute of Zoology at the University of Cologne

The release of nutrients into aquatic ecosystems has been dramatically increasing over the past decades as a consequence of human activities, often leading to an excessive growth of primary producers. While the effects of harmful algal blooms in lakes have been widely studied, less is known about the consequences of nutrient enrichment for stream food webs, which are strongly dominated by benthic habitats. The growth of benthic algal communities (periphyton) in streams is controlled by nutrient availability (bottom-up control) and by the grazing activity of herbivores (top-down control), which is known to counteract the effects of nutrient enrichment on algal biomass. However, nutrient availability may also affect the nutritional quality of periphyton, which can in turn influence the growth and behaviour of grazers and hence the strength of top-down control.

demonstrated that phosphorus enrichment could lead to a weaker top-down control of stream periphyton, because grazers need lower amounts of nutrient-rich food to maintain an optimal soft body stoichiometry, compared to nutrient-poor food. In addition, phosphorus enrichment may lead to an overall lower periphyton nutritional quality for grazers in the long term, by favouring the growth of cyanobacteria and chlorophytes over diatoms. I demonstrated for the first time that, when such a taxonomic shift occurs, phosphorus enrichment decreases the relative phosphorus content of periphyton, because cyanobacteria and chlorophytes generally have higher C:P ratios than diatoms.

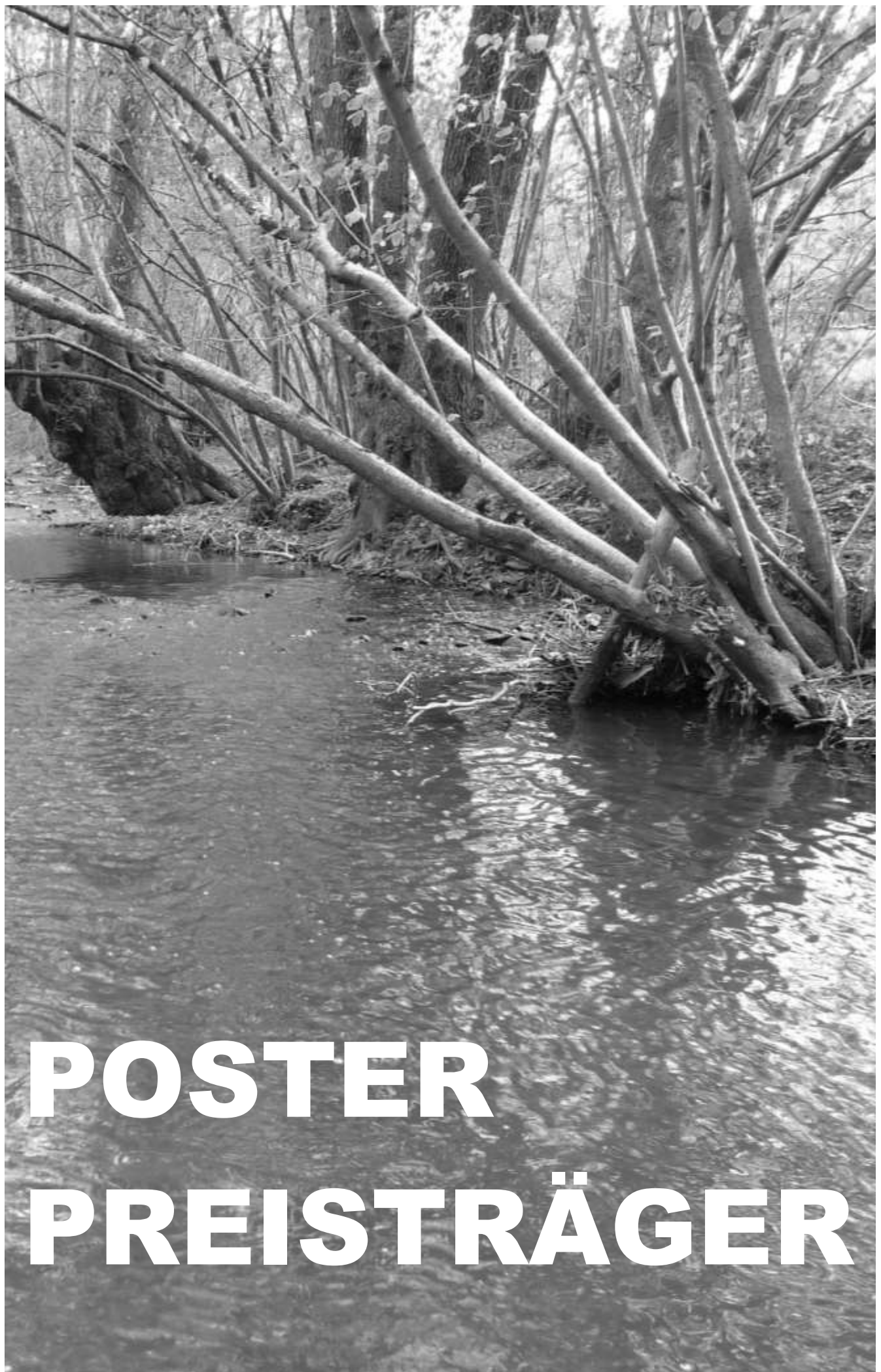
My studies show that nutrient enrichment can have a significant impact on the control of stream periphyton. In addition to directly increasing algal production, it can alter periphyton nutritional quality and therefore affect the growth and behaviour of grazers. Nutrient enrichment can thus interfere with the balance between bottom-up and top-down control of stream periphyton, with possibly harmful consequences for stream food webs.

Zooplankton carcasses stimulate microbial turnover of allochthonous particulate organic matter

Darshan Neubauer^{1,2}; *Olesya Kolmakova*^{3,4}; *Jason Woodhouse*¹; *Robert Taube*^{2,6}; *Kai Mangelsdorf*⁵; *Michail Gladyshev*^{3,4}; *Katrin Premke*⁶; *Hans-Peter Grossart*^{1,2}

¹ Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Department of Experimental Limnology, Stechlin, Germany, ² Institute of Biochemistry and Biology, Potsdam University, Germany, ³ Institute of Biophysics SB RAS, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, Russia, ⁴ Siberian Federal University, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Krasnoyarsk, Russia, ⁵ GFZ German Research Centre for Geosciences, Helmholtz Centre Potsdam, Section 3.2 Organic Geochemistry, Germany, ⁶ Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Department of Chemical Analytics and Biogeochemistry, Berlin, Germany

Carbon turnover in aquatic environments is dependent on biochemical properties of organic matter (OM) and its degradability by the surrounding microbial community. Non-additive interactive effects represent a mechanism where the degradation of biochemically persistent OM is stimulated by the provision of bioavailable OM to the degrading microbial community. Whilst this is well established in terrestrial systems, whether it occurs in aquatic ecosystems remains subject to debate. We hypothesised that OM from zooplankton carcasses can stimulate the degradation of biochemically persistent leaf material, and that this effect is influenced by the daphnia:leaf OM ratio and the complexity of the degrading microbial community. Fresh *Daphnia magna* carcasses and ¹³C-labelled maize leaves (*Zea mays*) were incubated at different ratios (1:1, 1:3 and 1:5) alongside either a complex microbial community (<50 µm) or solely bacteria (<0.8 µm). ¹³C stable-isotope measurements of CO₂ analyses were combined with phospholipid fatty acids (PLFA) analysis and DNA sequencing to link metabolic activities, biomass and taxonomic composition of the microbial community. Our experiments indicated a significantly higher respiration of leaf-derived C when daphnia-derived OM was most abundant (i. e. daphnia:leaf OM ratio of 1:1). This process was stronger in a complex microbial community, including eukaryotic microorganisms, than a solely bacterial community. We concluded that non-additive interactive effects were a function of increased C–N chemodiversity and microbial complexity, with the highest net respiration to be expected when chemodiversity is high and the degrading community complex. This study indicates that identifying the interactions and processes of OM degradation is one important key for a deeper understanding of aquatic and thus global carbon cycle.



POSTER PREISTRÄGER

Exposure and effects of agricultural run-off on microphytobenthic communities in small agricultural streams

Franziska Fiolka^{1,3}; *Martin Krauss*²; *Hannah Schäfer*¹; *Floriane Larras*^{1,4}; *Bastian Polst*¹; *Olof Berglund*³; *Mechthild Schmitt-Jansen*³

¹ Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Dept. Bioanalytical Ecotoxicology, ² Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Dept. Effect-Directed Analysis, ³ Lund University, ⁴ INRAE, Lyon, France

Keywords: multiple stressors, passive sampling, biofilms, pesticide mixtures

Introduction

Pesticides are omnipresent in agricultural streams and pose a clear risk to the ecosystem and its functions, which are provided by aquatic communities (Ricart, Guasch et al. 2010, Smedbol, Gomes et al. 2018, Ulrich, Pfannerstill et al. 2021). Biofilms, consortia of several taxa such as bacteria, microalgae, fungi and meiobenthos embedded in extracellular polymeric substances (EPS), are ubiquitous in aquatic ecosystems (Sabater, Guasch et al. 2007, Venkatachalapathy and Karthikeyan 2015). Biofilms are known to be sensitive towards pollution which resulted in the development of a variety of pollution detection methods, such as the pollution-induced community tolerance (PICT) approach (Soininen 2007). The PICT concept is based on community composition changes induced via pollution (selection phase) which leads to induced community tolerance, detectable in changed tolerance towards a chosen endpoint (detection phase) (Blanck 1985, Tlili, Berard et al. 2016). The aim of this research is to examine pollution-induced community tolerance (PICT) of biofilm communities in agricultural streams induced by chemical mixtures typical for agricultural landscapes, and to characterize the related eco-exposome.

Material & Methods

Sample Sites

A total of 10 study sites located in four German federal states were selected due to their nearby intense agricultural land-use (average 84%, using Copernicus Land Monitoring Service (2019)). 4 sites were chosen as reference sites (average 0.5 %, using Copernicus Land Monitoring Service (2019)). The samples were taken in April, May, and June. Biofilms were grown on artificial substrate (glass, 48cm²) placed vertically in the waterbody parallel to the flow direction. After 6 weeks (April-May) and 4 weeks (May-June) the biofilms were sampled.

Methods

In situ biofilms grown on artificial substrate from all 14 sites located in agricultural areas were used to conduct a PICT short-term experiment. The PICT approach consists of a selection phase, where community composition changes occur due to pollution, and a detection phase, where differences in

community tolerance are detected based on differences in previous pollution. The selection phase took place as the biofilms grew on the artificial substrate, exposed to pollution on site for 4-6 weeks. As the communities are re-exposed to their original pollution during selection phase, different effects can be observed between previously unaffected reference samples and pre-exposed samples. For this detection phase a chemical mixture was created based on previously collected data, which surveyed the water phase concentration of about 120 chemicals and their toxicity for microalgae. The artificial chemical mixture representing the pollution in the field consisted of 15 chemicals, mainly herbicides including PSII inhibitors. The chemical mixture consists of terbuthylazine, flufenacet, diflufenacet, difenoconazole, chlortoluron, azoxystrobin, isoproturon, acifluorfen, metribuzin, prosulfuron, epoxiconazole, metazachlor, chloridazon-desphenyl, MCPA, and dimethamid. To assess the effect of the pollution on the photosynthesis of microalgae, their photosynthetic fluorescence was measured in a concentration-response scheme using a I-PAM fluorometer (Heinz WALZ GmbH, Effeltrich, Germany). The maximum and effective fluorescence quantum yield for the collected stream biofilms were measured and the pollution-related inhibition was calculated. To derive comparable tolerance values (effect-concentration, EC₅₀ values) concentration-response curves (4 parametric Hill model) were modelled. Differences in EC₅₀ values deriving from the concentration-response curves were used to quantify the PICT between reference and polluted sites. A Welch two-sample t-test was performed.

Further, to assess the chemical exposure of biofilms, a protocol for chemical extraction of chemicals from the biofilm matrix was used adapting a QuEChERS method (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe, (Anastassiades, Lehotay et al. 2003)) after using cell disruption. The extraction protocol was based on Desiante, Minas et al. (2021) and used freeze-dried biofilms. Extracted chemicals were measured using a LC-HRMS complex. The concentrations were weight and surface normalized, stated concentrations apply for dry-weight biofilm. The difference in chemical contamination was examined using the Mann-Whitney-U test.

Results

Pollution-induced community tolerance

Biofilm communities from agriculturally impacted streams (n=10) were more tolerant to pesticides than those from reference streams (n=4). EC₅₀ values were up to 6 times higher for exposed communities than for reference communities, located outside of agricultural areas. Regarding the agricultural sites, higher effect concentrations (EC₅₀) were detected in 9 out of 10 communities (Figure 1). Here, we found EC₅₀-values up to 20 times higher than in reference sites (Figure 1).

Chemical pollution

The chemicals surveyed in the biofilms belonged to a variety of compound classes, where fragrances and pesticides were found in the highest concentrations. Pesticides and fragrances dominated the pollution profiles in agricultural streams, while fragrances dominated at the reference sites. Regarding all detected chemicals, biofilms derived from agricultural streams had up to ten times higher concentrations of pollutants (all detected chemicals) in comparison to the reference sites. Regarding the pesticides, the agricultural stream biofilms showed up to 30 times higher concentrations than the reference biofilms. The three chemicals detected with the highest concentration in biofilm (May) were the pesticide MCPA, (CAS 94-74-6) (7700 ng/g), the pesticide chloridazon (CAS 1698-60-8) (6500 ng/g), and the fragrance tonalide (CAS 21145-77-7) (3200 ng/g). The most frequently detected

chemical (sum of detection in all May samples) in biofilm was the fragrance compound tonalide (CAS 21145-77-7).

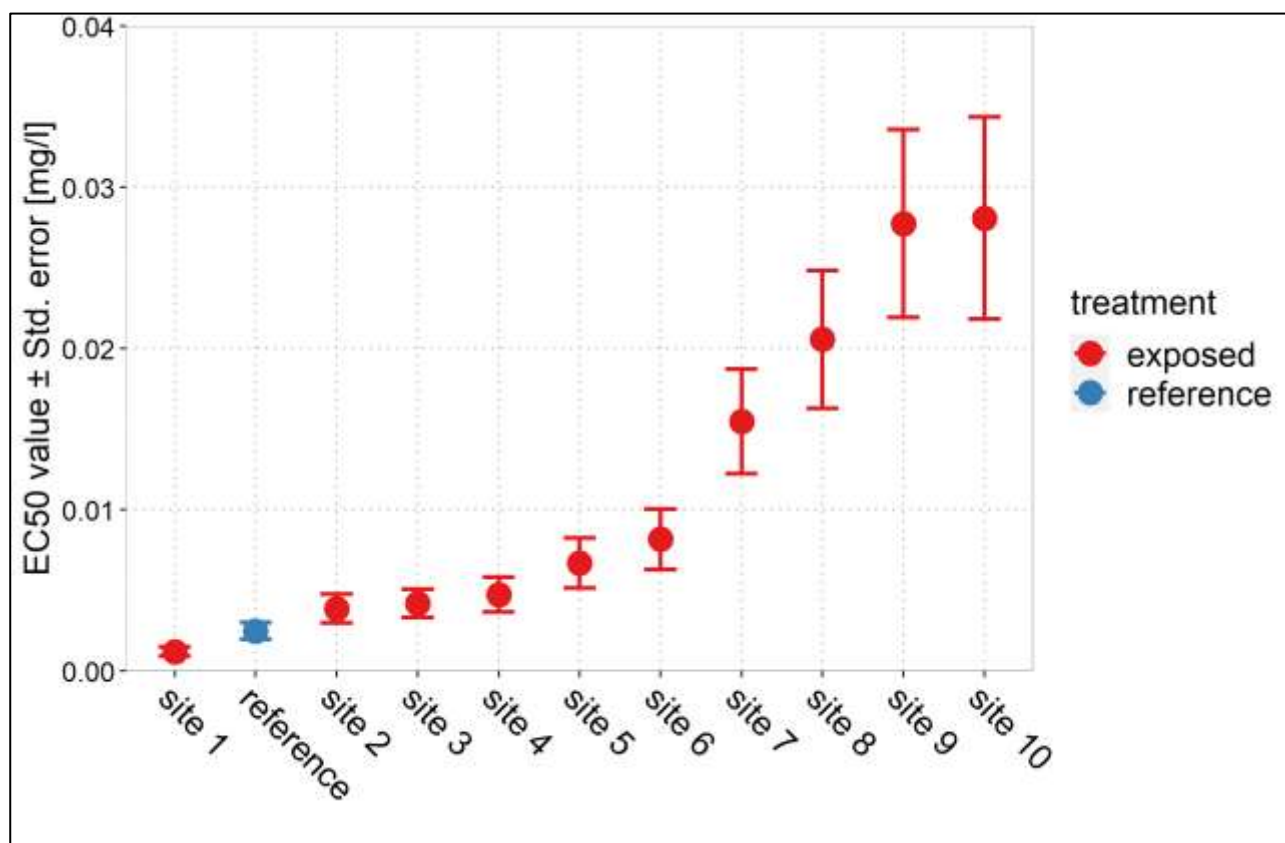


Fig. 1: EC50 values $\pm$ standard error (in mg/l) of the sum concentration of the applied mixture, derived from concentration response curve models of photosynthetic Yield I after 1h of exposure. All sites except site 1 are significantly different from the pooled reference sites (mean of $n=4$) (t-test, $p < 0.05$).

Discussion

The overall high concentrations of pesticides in agricultural stream biofilms were expected (Neale, Braun et al. 2020), however the concentrations of fragrances in both agricultural streams and reference streams are surprising. Fragrances in aquatic ecosystems are well known (Lee, Kim et al. 2014), mainly due to their overall use in cleaning products and cosmetics. However, their entry route in remote areas of the reference sites is unknown as these streams are expected to be mainly influenced by surface run-off (Stehle and Schulz 2015). This might show the unexpected human impact on aquatic ecosystems due to omnipresent pollution. The second most frequent compound class, the pesticides, are designed to adversely affect organisms and therefore pose a high risk to environmental organisms (Malaj, Von Der Ohe et al. 2014). Potential effects on one important ecosystem component, the microphytobenthic community, was quantified in this study by using the PICT approach.

In contrast to previous studies in this field, this study used a pre-selected artificial mixture in the PICT detection phase experiment. These pre-selected chemicals were also found in the field biofilm samples and therefore must have been present during selection phase, illustrating the feasibility of the approach. The great benefit of the pre-selected mixture is the possibility to now investigate the biological response and the chemical contamination of the sample, simultaneously. Further, the study

illustrated the applicability of the PICT approach in agricultural landscapes and revealed community effects in 9 out of 10 sites, evidencing severe effects of pesticides in agricultural streams. This is further corroborative as the sites were in spatial variation across four German Federal states.

Regarding the ecological consequences, the overall seen induced community tolerance reflects the influence agriculture poses to aquatic ecosystem despite of laws and regulations regarding the pesticide usage.

Conclusion

The results of this study suggest that the PICT approach can be applied in situ to evidence agricultural impacts on microphytobenthic communities, which further strengthens its use as an ecotoxicological monitoring tool. The use of a pre-selected chemical mixture during the PICT short-term experiment was feasible and allows for simultaneous assessment of chemical analysis and biological effects in the same sample. As chemical pollution in agricultural streams exaggerates those in reference streams for magnitudes, the regulatory threshold levels applied in agriculture need to be reconsidered.

Acknowledgement

Diese Untersuchung entstand im Rahmen einer Masterarbeit.

References

- Anastassiades, M., S. J. Lehotay, D. Stajnbaher and F. J. Schenck (2003). "Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and "dispersive solid-phase extraction" for the determination of pesticide residues in produce." *J AOAC Int* **86**(2): 412-431.
- Blanck, H. (1985). "A simple, community level, ecotoxicological test system using samples of periphyton." *Water Res* **19**: 1168-1176.
- Desiante, W. L., N. S. Minas and K. Fenner (2021). "Micropollutant biotransformation and bioaccumulation in natural stream biofilms." *Water Res* **193**: 116846. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116846>
- Lee, I.-S., U.-J. Kim, J.-E. Oh, M. Choi and D.-W. Hwang (2014). "Comprehensive monitoring of synthetic musk compounds from freshwater to coastal environments in Korea: With consideration of ecological concerns and bioaccumulation." *Science of The Total Environment* **470-471**: 1502-1508. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.070>
- Malaj, E., P. C. Von Der Ohe, M. Grote, R. Kühne, C. P. Mondy, P. Usseglio-Polatera, W. Brack and R. B. Schäfer (2014). "Organic chemicals jeopardize the health of freshwater ecosystems on the continental scale." *Proceedings of the National Academy of Sciences* **111**(26): 9549-9554. <https://doi.org/10.1073/pnas.1321082111>
- Neale, P. A., G. Braun, W. Brack, E. Carmona, R. Gunold, M. König, M. Krauss, L. Liebmann, M. Liess, M. Link, R. B. Schäfer, R. Schlichting, V. C. Schreiner, T. Schulze, P. Vormeier, O. Weisner and B. I. Escher (2020). "Assessing the Mixture Effects in In Vitro Bioassays of Chemicals Occurring in Small Agricultural Streams during Rain Events." *Environ Sci Technol* **54**(13): 8280-8290. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02235>
- Ricart, M., H. Guasch, D. Barceló, R. Brix, M. H. Conceição, A. Geiszinger, M. J. L. d. Alda, J. C. López-Doval, I. Muñoz, C. Postigo, A. M. Romani, M. Villagrana and S. Sabater (2010). "Primary and complex stressors in polluted mediterranean rivers: Pesticide effects on biological communities." *Journal of Hydrology* **383**(1-2): 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.014>
- Sabater, S., H. Guasch, M. Ricart, A. Romani, G. Vidal, C. Klunder and M. Schmitt-Jansen (2007). "Monitoring the effect of chemicals on biological communities. The biofilm as an interface." *Anal Bioanal Chem* **387**(4): 1425-1434. <https://doi.org/10.1007/s00216-006-1051-8>
- Smedbol, E., M. P. Gomes, S. Paquet, M. Labrecque, L. Lepage, M. Lucotte and P. Juneau (2018). "Effects of low concentrations of glyphosate-based herbicide factor 540(R) on an agricultural stream freshwater phytoplankton community." *Chemosphere* **192**: 133-141. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.128>

- Soininen, J. (2007). "ENVIRONMENTAL AND SPATIAL CONTROL OF FRESHWATER DIATOMS—A REVIEW." *Diatom Research* **22**(2): 473-490. <https://doi.org/10.1080/0269249x.2007.9705724>
- Stehle, S. and R. Schulz (2015). "Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale." *Proc Natl Acad Sci U S A* **112**(18): 5750-5755. <https://doi.org/10.1073/pnas.1500232112>
- Tlili, A., A. Berard, H. Blanck, A. Bouchez, F. Cássio, K. M. Eriksson, S. Morin, B. Montuelle, E. Navarro, C. Pascoal, S. Pesce, M. Schmitt-Jansen and R. Behra (2016). "Pollution-induced community tolerance (PICT): towards an ecologically relevant risk assessment of chemicals in aquatic systems." *Freshwater Biology* **61**(12): 2141-2151. <https://doi.org/10.1111/fwb.12558>
- Ulrich, U., M. Pfannerstill, G. Ostendorp and N. Fohrer (2021). "Omnipresent distribution of herbicides and their transformation products in all water body types of an agricultural landscape in the North German Lowland." *Environ Sci Pollut Res Int.* <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13626-x>
- Venkatachalapathy, R. and P. Karthikeyan (2015). Application of Diatom-Based Indices for Monitoring Environmental Quality of Riverine Ecosystems: A Review. *Environmental Management of River Basin Ecosystems*: 593-619. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13425-3_28

Nachweis von Polyamid-Partikeln in Larven und Imagines von *Chaoborus spec.*

Diana Michler-Kozma¹, Lukas Kruckenfellner², Anna Heitkamp¹, Klaus Peter Ebke², Friederike Gabel¹

¹ Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie, Heisenbergstraße 2, 48149 Münster, diana.michler@uni-muenster.de

² Mesocosm GmbH, Institut für Gewässerschutz, Homberg (Ohm)

Keywords: Chaoborus, Polyamid, Ontogenese, Makrozoobenthos

Einleitung

Die Belastung durch Mikroplastik stellt eine potentielle Bedrohung für unsere Gewässer dar und hat in den letzten Jahren vermehrt öffentliche und wissenschaftliche Aufmerksamkeit erregt. Gerade Organismen, die sich durch das Filtern von Wasser oder Sediment ernähren, können durch das Mikroplastik besonders betroffen sein, da sie die Plastikpartikel unselektiert aufnehmen (Thompson et al. 2009).

Die Ingestion von Mikroplastikpartikeln ist bereits für mehrere wirbellose Taxa dokumentiert und kommt bei diversen Ernährungsweisen und Lebensstadien vor (z. B. Browne et al. 2008; Cole et al. 2013; Scherer et al. 2017). Beispielsweise konnten Silva et al. (2019) in ihrer Studie feststellen, dass *Chironomus riparius* Polyethylenterephthalat (PET) aufnimmt und dass dies negative Auswirkungen auf das Wachstum der Larven und die Emergenz der Imagines hat. Neben diesen Effekten konnte in einer weiteren Studie eine Verringerung der Größe der Kopfkapseln und Antennen von *Chironomus tepperi* festgestellt werden, sobald Polyethylen (PE) in das Probensediment beigemischt wurde (Ziajahromi et al. 2018). Auch ein trophischer Transfer von Mikroplastik konnte bereits nachgewiesen werden; beispielsweise von Larven von *Culex pipiens* auf Larven von *Chaoborus flavicans* (Cuthbert et al. 2019). Plastikpartikel bewegen sich außerdem vermutlich nicht nur über die Nahrungskette, sondern können auch ontogenetisch innerhalb eines Individuums von der Larve zum Imago übertragen werden. Dies wurde bereits bei *Culex pipiens* (Al-Jaibachi et al. 2019) und *Chironomus riparius* (Setyorini et al. 2021) beobachtet. Der Verbleib und die Effekte von Mikroplastik in aquatischen Organismen und Ökosystemen ist somit äußerst komplex und die Forschung beschränkt sich bisher vorwiegend auf Laborstudien. In solchen Versuchen entsprechen die Expositionszeit, die Auswahl an Nahrung und viele andere Parameter häufig keinem realen Szenario im Freiland, was Rückschlüsse auf mögliche Effekte von Mikroplastik auf Populationsebene schwierig macht.

In der vorliegenden Freilandstudie wurde erstmals der trophische Transfer von Mikroplastik mit anschließender ontogenetischer Übertragung in einem naturnahen Mesokosmenexperiment untersucht. Als künstliches Ökosystemmodell beherbergen die Mesokosmen eine umfangreiche Biozönose und bilden so die typischen Trophieebenen mit stabilen Populationen ab.

Methoden

Mesokosmen

Für die Durchführung der Studie wurden eine Reihe von Mesokosmen erstellt, indem Edelstahlzylinder, mit jeweils einem Gesamtvolumen von ca. 1000 l, in einem Becken der Versuchsanlage der Mesocosm GmbH eingelassen wurden (Abb. 1).



Abb. 1: Aufbau der Mesokosmenanlage mit abgetrennten Becken von je 1000 L Fassungsvermögen (links) und Querschnitt durch ein Mesokosmenbecken mit Fangvorrichtungen (rechts).

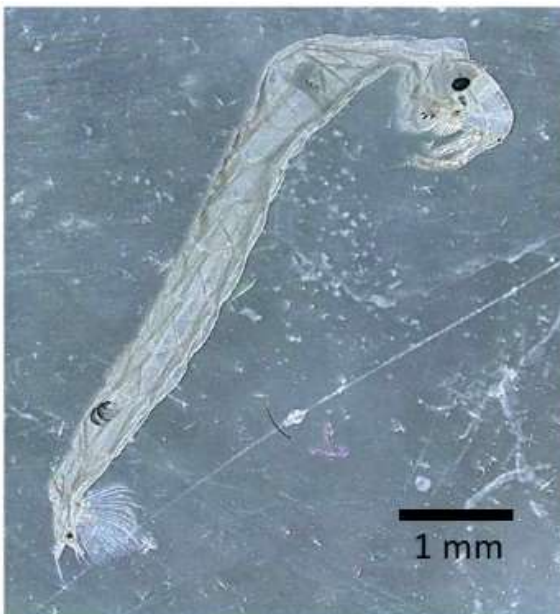


Abb. 2: *Chaoborus*-Larve unter dem Lichtmikroskop.

Das Becken wurde zuvor mit einer 10 cm dicken Lehmschicht gefüllt. Auf dieser Schicht wurde eine ca. 10 cm hohe Sedimentschicht, welche aus einem See vor Ort entnommen wurde, aufgebracht. Das Wasser zum Befüllen des Beckens wurde ebenfalls aus dem See entnommen, um eine natürliche Besiedlung durch Zooplankton und anderen Organismen zu gewährleisten. Zusätzlich fand eine Besiedlung durch die Luft statt.

Um die Effekte von Mikroplastik auf die Populationen und Nahrungsnetze zu testen wurde Polyamid (PA) in Form eines kugelförmigen Polyamidpulvers mit 5-50 µm Korngröße gewählt. PA ist ein halbkristallines, weißes Technik-Thermoplast und wird in der Industrie für monomere Gießverfahren genutzt (GoodFellow 2021). Das Polyamidpulver wurde in eine Suspension überführt und in drei Konzentrationen von 1,5-150 mg/L in die einzelnen Mesokosmen verteilt. Die

Applikation erfolgte graduell über einen Zeitraum von 10 Tagen. Insgesamt gab es 16 Mesokosmen, davon 5 Kontrollen ohne jegliche Zugabe.

Es erfolgten regelmäßige Beprobungen von verschiedenen Organismengruppen. Für die hier vorliegende Arbeit wurden die Proben von Larven und Imagines von *Chaoborus spec* untersucht. Es wurden zunächst nur Proben aus der höchsten Konzentration (150 mg/L) sowie der Kontrolle berücksichtigt. *Chaoborus spec.* (Chaoboridae) wurde als Modellorganismus gewählt, um einen trophischen Transfer der Plastikpartikel zu verifizieren. Die aquatisch lebenden Larven ernähren sich räuberisch von kleinen wirbellosen Tieren wie Zooplankton (Oosterbroek 2006).

Detektion von Mikroplastik

Zur Detektion der PA-Partikel wurde der Fluoreszenzfarbstoff Nilrot gewählt, mit welchem gezielt Polymere gefärbt werden können. Der Farbstoff erleichtert dank der Fluoreszenz die Unterscheidung zwischen Mikroplastikpartikeln und organischen sowie anorganischen Substanzen, ist im Vergleich zur chemischen Analytik eine schnellere und kostengünstigere Methode und kann somit insbesondere für die Wiederfindung von appliziertem Plastik verwendet werden (Tamminga et al. 2017).

Um die PA-Partikel sicherer identifizieren zu können, wurde zuerst eine Mazeration durchgeführt. Bei einer Mazeration werden starke Basen wie Kaliumhydroxid (KOH) eingesetzt, wodurch Proteine denaturieren und Muskeln und Gewebe entfernt werden können (Jin et al. 2009). Das Aufhellen von Thorax und Abdomen ist zudem für die Untersuchung des Darminhaltes nützlich, da so Mikroplastikpartikel leichter erkannt werden können. Die Methode in diesem Versuch orientiert sich an der Studie von Erdbeer und Kiel (2019). Die Versuchstiere wurden mit einer 13%igen KOH-Lösung für 48 Std. mazeriert, bis Thorax und Abdomen durchsichtig waren. Daraufhin wurden sie zehn Minuten mit destilliertem Wasser gewaschen und anschließend mit einer Ethanolreihe fixiert.

Zur Färbung wurde das Nilrotpulver in einer Konzentration von 1 mg/L in Azeton gelöst (Tamminga et al. 2017) und die fixierten Tiere darin 2 h gefärbt.

Die mit Nilrot behandelten *Chaoborus spec.* wurden mit dem Fluoreszenzmikroskop DM5500 B von Leica auf das Vorkommen von PA-Partikeln untersucht. Für jedes Individuum wurde die Anzahl und Größe der gefundenen Partikel dokumentiert. Insgesamt wurden pro Konzentration 200 (Larven) bzw. 100 (Imagines) Tiere ausgezählt.

Ergebnisse

In etwa der Hälfte der Larven aus der Exposition mit 150 mg/L PA konnten Partikel nachgewiesen werden (Tab. 1).

Tab. 1: Anzahl und Anteil gefundener PA-Partikel in Larven und Imagines von *Chaoborus spec.*

Probe	Larve		Imago	
Konzentration	150 mg/L	Kontrolle	150 mg/L	Kontrolle
n untersuchte Ind.	200	200	100	100
Anteil Ind. mit MP (%)	46	2	1	0
Partikel gesamt	245	7	2	0

Ein Großteil dieser Partikel wurde dabei im Pharynx festgestellt, der durch die Präparation teilweise ausgestülpt wurde (Abb. 3-B). Die Anzahl der Partikel variierte dabei von einigen wenigen bis zu

>20 pro Larve. Neben den PA-Partikeln konnten die Schalen von Daphnien und Ostracoden im Pharynx nachgewiesen werden (Abb. 3-A/B). Im Darm waren dagegen nur wenige Partikel vorhanden (Abb. 3-C). In den Kontrollproben der Larven wurden 7 Partikel als Plastik identifiziert. Unter den Imagines war nur ein Individuum mit zwei PA-Partikeln zu finden. In der Kontrolle fiel kein Plastik auf.

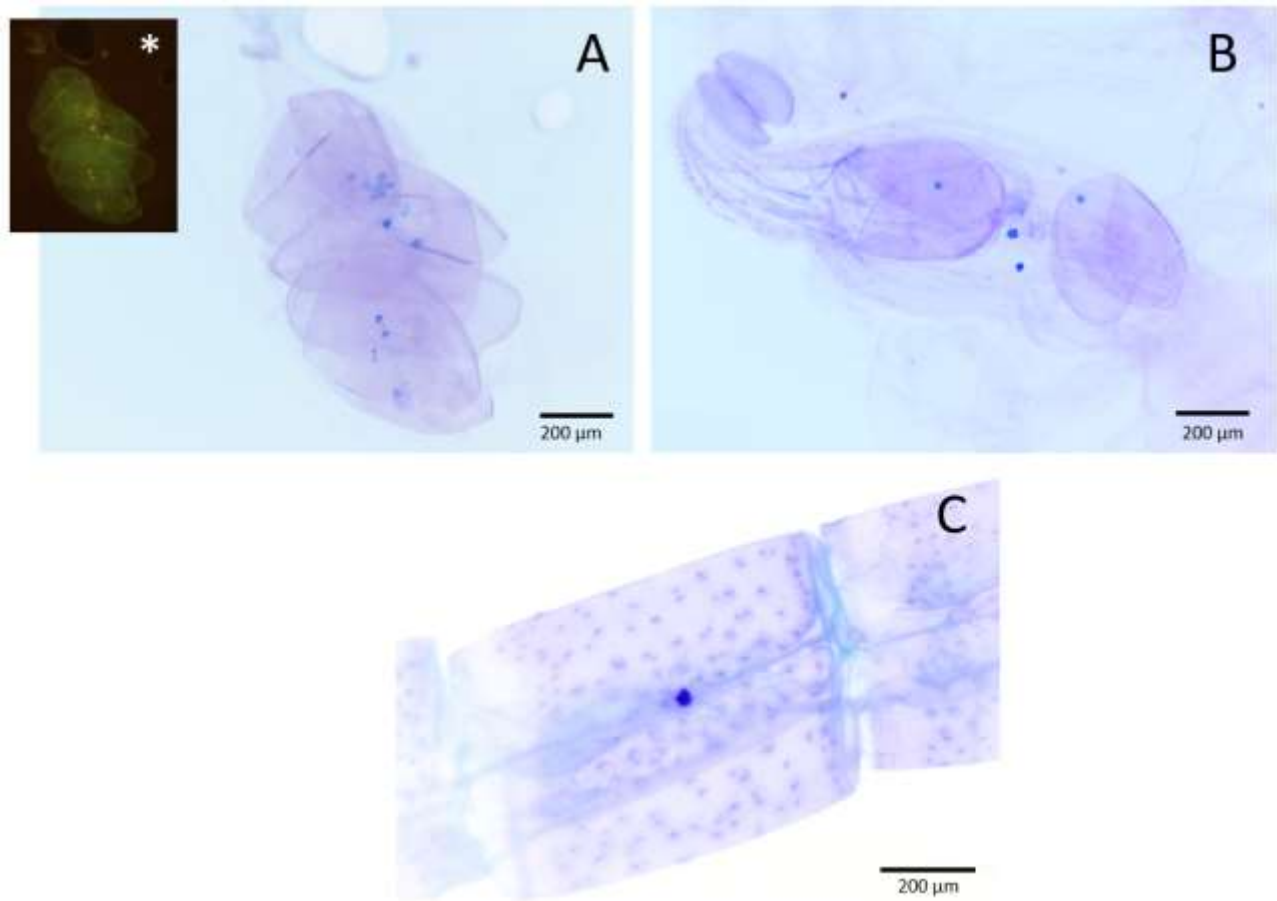


Abb. 3: Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme von Polyamidpartikeln (blau) in *Chaoborus*-Larve mit Ostrakodenschalen nach Exposition mit 150 mg/L PA (A & B) und Polyamidpartikel im Darm von *Chaoborus*-Imago nach Exposition mit 150 mg/L PA (C). Farben sind invertiert (* zeigt Originalaufnahme).

Diskussion

Viele Studien über Aufnahme und Wirkung von Mikroplastik in Süßwasserorganismen finden unter kontrollierten Laborbedingungen in kleinem Maßstab statt (z. B. Cuthbert et al. 2019; Al-Jaibachi et al. 2019), was diverse Variablen der Umwelt jedoch nicht widerspiegelt (Al-Jaibachi et al. 2020). Die in dieser Arbeit untersuchten Proben stammen aus einer großen Mesokosmenanlage, in welcher Experimente unter Freilandbedingungen durchgeführt werden können. Der Vorteil von Mesokosmen gegenüber Laborexperimenten liegt darin, dass in dieser Experimentiereinheit ein realistische Exposition des Mikroplastik geschaffen und Interaktionen zwischen Trophieebenen ermöglicht und untersucht werden können (Setälä et al. 2016). Es ist wahrscheinlich, dass Mikroplastik, das in eine natürliche Umgebung gelangt, nicht stationär bleibt, sondern stattdessen zwischen Umweltkompartimenten transportiert wird (Wagner und Lambert 2018). In Mesokosmen besteht die Möglichkeit, ein besseres Bild des tatsächlichen Verbleibs von Mikroplastik innerhalb einer Lebensgemeinschaft zu erhalten und dessen Auswirkungen auf Lebensgemeinschaften und

Populationen zu untersuchen (Setälä et al. 2016). Süßwasser-Mesokosmen sind zudem dafür bekannt, dass sie eine große und regionale Vielfalt an Wirbellosen beherbergen und schnell von einer Vielzahl von Organismen besiedelt werden können (Céréghino et al. 2010).

Ein trophischer Transfer von Mikroplastikfragmenten in Invertebraten konnte hier erstmal unter annähernd natürlichen Bedingungen nachgewiesen werden. Es zeigt sich somit, dass nicht nur Filtrierer und Sedimentfresser von einer Belastung durch Mikroplastik betroffen sind, sondern auch Prädatoren diese Partikel aufnehmen. Die Larven von *Chaoborus spec* ernähren sich von Zooplankton, wie etwa Daphnien und Ostracoden, welche die hier applizierten PA-Partikel mit 5-50 µm Größe aus der Wassersäule filterten. Unter dem Mikroskop waren deutlich die Schalen dieser Organismen im Verdauungstrakt der *Chaoborus*-Larven zu sehen und ein Großteil der Partikel schien zum Zeitpunkt der Beprobung noch in den Beutetieren verblieben zu sein (vgl. Abb. 3A).

Neben dem trophischen Transfer von Mikroplastik über die Nahrungskette, wurde auch eine ontogenetische Übertragung der Partikel überprüft. Im Falle von *Chaoborus spec* scheint jedoch ein Großteil der aufgenommenen Partikel vor oder kurz nach der Metamorphose ausgeschieden zu werden, sodass in adulten Tieren nur ein Bruchteil der Menge an Mikroplastik nachweisbar war. Es besteht die Möglichkeit, dass die Imagines nach der Emergenz ihren Darmtrakt ausleeren und somit die PA-Partikel ausscheiden. Es ist bekannt, dass neu geschlüpfte *Aedes aegypti* in den ersten Stunden ihrer adulten Phase ihre Flugbereitschaft durch Wasserverluste mittels Darmentleerung steigern (Gillett 1982). Eine Studie an *Chironomus sancticarloi* belegt außerdem die Ausscheidung von Nylonpartikeln sechs Stunden nach Expositionsende (Horton et al. 2016). Dies könnte auch auf andere Dipteren wie *Chaoborus spec.* zutreffen und erklären, warum hier nur bei einem Individuum Mikroplastik nachzuweisen war, denn zusammen mit der Ausscheidung des Darminhaltes würde entsprechend die Mikroplastikkonzentration im Verdauungstrakt sinken. Ein ontogenetischer Transfer ist somit für das hier gewählte Material unter den hier untersuchten Bedingungen selten. Die ausgeschiedenen Partikel verbleiben im aquatischen Ökosystem und wirken dort weiterhin potentiell schädlich auf andere Organismen.

In Zukunft sind weitere Studien zum Verbleib und der Wirkung von Mikroplastik auf aquatische Ökosysteme in Mesokosmen notwendig, um die komplexen Effekte dieser Stoffe besser einschätzen zu können. Untersucht werden sollten weitere häufig in der Umwelt vorkommenden Mikroplastikmaterialien wie z. B. Polypropylen, Polystyrol und Polyvinylchlorid. Viele Mikroplastikpartikel enthalten außerdem zusätzliche Inhaltsstoffe wie z. B. Weichmacher oder kommen in anderen Formen vor, die sich wiederum auf die Verteilung im Ökosystem und der Biozönose auswirken können.

Danksagung

Das Verbundprojekt MikroPlaTaS wird gefördert von Bundesministerium für Bildung und Forschung und ist Teil der Initiative „Plastik in der Umwelt – Quellen, Senken, Lösungsansätze“. Die hier vorgestellten Untersuchungen werden im Rahmen zweier Doktorarbeiten der Universität Münster sowie der Mesocosm GmbH durchgeführt. An dem Verbundprojekt sind außerdem die Universitäten Potsdam und Bielefeld sowie Ecossa unter der Projektkoordination von K. Wendt-Potthoff vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung beteiligt.

Literatur

- Al-Jaibachi, R.; Cuthbert, R. N.; Callaghan, A. (2019): Examining effects of ontogenic microplastic transference on *Culex* mosquito mortality and adult weight. *The Science of the total environment* 651 (Pt 1), S. 871–876.
- Al-Jaibachi, R.; Laird, W. B.; Stevens, F.; Callaghan, A. (2020): Impacts of polystyrene microplastics on *Daphnia magna*: A laboratory and a mesocosm study. *The Science of the total environment* 705, S. 135800.
- Browne, M. A.; Dissanayake, A.; Galloway, T. S.; Lowe, David M.; Thompson, R. C. (2008): Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L). *Environmental science & technology* 42 (13), S. 5026–5031.
- Céréghino, R.; Ruggiero, A.; Marty, P.; Angélibert, S. (2010): Biodiversity and distribution patterns of freshwater invertebrates in farm ponds of a south-western French agricultural landscape. *Pond Conservation in Europe*. Dordrecht: Springer Netherlands, S. 43–51.
- Cole, M.; Lindeque, P.; Fileman, E.; Halsband, C.; Goodhead, R.; Moger, J.; Galloway, T. S. (2013): Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science & Technology* 47 (12), S. 6646–6655.
- Cuthbert, R. N.; Al-Jaibachi, R.; Dalu, T.; Dick, J. T. A.; Callaghan, A. (2019): The influence of microplastics on trophic interaction strengths and oviposition preferences of dipterans. *The Science of the total environment* 651 (Pt 2), S. 2420–2423.
- Erdbeer, L.; Kiel, E. (2019): Methodische Entwicklung zur Sichtbarmachung von Mikroplastik in Chironomiden. Ergebnisse der Jahrestagung 2018 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) und der deutschen und österreichischen Sektion der Societas Internationalis Limnologiae (SIL) in Kamp-Lintfort. Deutsche Gesellschaft für Limnologie e.V, Essen.
- Gillett, J. D. (1982): Diuresis in newly emerged, unfed mosquitoes. I. Fluid loss in normal females and males during the first 20 hours of adult life. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 216 (1203), S. 201–207.
- Horton, A. A.; Palacio-Cortes, A. M.; Lahive, E.; Newbold, L.; Pereira, M. G.; Disner, R. G. et al. (2016): Ingestion of microplastics by the chironomid *Chironomus sancticaroli* and effects on the microbiome in the presence of PBDEs. *SETAC Europe 26th Annual Meeting, Nantes, France*.
- Jin, Y.; Li, H.; Mahar, R. B.; Wang, Z.; Nie, Y. (2009): Combined alkaline and ultrasonic pretreatment of sludge before aerobic digestion. *Journal of Environmental Sciences* 21 (3), S. 279–284.
- Oosterbroek, P. (2006): The European families of the Diptera. Identification, diagnosis, biology. Utrecht: KNNV Pub.
- Scherer, C.; Brennholt, N.; Reifferscheid, G.; Wagner, M. (2017): Feeding type and development drive the ingestion of microplastics by freshwater invertebrates. *Scientific reports* 7 (1), S. 17006.
- Setälä, O.; Norkko, J.; Lehtiniemi, M. (2016): Feeding type affects microplastic ingestion in a coastal invertebrate community. *Marine pollution bulletin* 102 (1), S. 95–101.
- Setyorini, L.; Michler-Kozma, D.; Sures, B.; Gabel, F. (2021): Transfer and effects of PET microfibers in *Chironomus riparius*. *The Science of the total environment* 757, S. 143735.
- Silva, C. J. M.; Silva, A. L.; Gravato, C.; Pestana, J. L. T. (2019): Ingestion of small-sized and irregularly shaped polyethylene microplastics affect *Chironomus riparius* life-history traits. *The Science of the total environment* 672, S. 862–868.
- Tamminga, M.; Hengstmann, E.; Fischer, E. K. (2017): Nile Red Staining as a Subsidiary Method for Microplastic Quantification: A Comparison of Three Solvents and Factors Influencing Application Reliability. *JESES* 2 (2).
- Thompson, R. C.; Moore, C. J.; vom Saal, F. S.; Swan, S. H. (2009): Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 364 (1526), S. 2153–2166.
- Wagner, M.; Lambert, S. (2018): Freshwater Microplastics. Cham: Springer International Publishing (58).
- Ziajahromi, S.; Kumar, A.; Neale, P. A.; Leusch, F. D. L. (2018): Environmentally relevant concentrations of polyethylene microplastics negatively impact the survival, growth and emergence of sediment-dwelling invertebrates. *Environmental pollution* 236, S. 425–431.

Influence of preservation methods for phytobenthos samples on the detection of microbial communities through eDNA metabarcoding – first results

Demetrio Mora¹, Julia Kleinteich¹, Jonas Zimmermann², Helmut Fischer¹ & Sascha Krenek¹

¹ Referat U2 – Mikrobielle Ökologie, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz, mora@bafg.de, kleinteich@bafg.de, helmut.fischer@bafg.de, krenek@bafg.de

² Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 6-8, 14195 Berlin, j.zimmermann@bo.berlin

Keywords: DNA degradation, ethanol, sample freezing, preservative, storage temperature

Introduction

Over the last decade, environmental DNA (eDNA) metabarcoding has transformed the way biological communities are analysed, allowing rapid identification of whole communities from environmental samples, e. g., water, soil, sediment, biofilm and air (Taberlet et al. 2012; Deiner et al. 2017a; Pawlowski et al. 2020). Apart from its use in biodiversity studies, there is an increasing interest in the applicability of eDNA metabarcoding in the regulatory context, e. g., for assessing the ecological status of freshwater ecosystems under the EU Water Framework Directive (WFD) (Kelly 2019; Macher et al. 2020; Meyer et al. 2021; Pont et al. 2021). Consequently, there is a growing scientific community developing protocols and methods tailored for each Biological Quality Element (BQE), and addressing the challenges of standardising those protocols and methods to make them comparable and reproducible across space and time (Bohmann et al. 2021).

One key step in the metabarcoding workflow is the preservation of field samples, aimed at protecting DNA from degradation, in order to avoid deviations in community composition, which might lead to erroneous biodiversity estimates, as well as inaccurate quality scores when using eDNA metabarcoding in ecological assessment (Sales et al. 2019; Dully et al. 2021; Guerrieri et al. 2021).

Freshwater phytobenthos is one of the most widely used BQE in ecological assessment studies. The great majority of those studies target diatoms, which are used as proxies for phytobenthos under the EU WFD. By surveying the eDNA metabarcoding literature, several methods for sample preservation are listed, with the most popular being the use of ethanol at a final concentration of 70% and sample storage at 4°C before DNA extraction (Bailet et al. 2021; Duleba et al. 2021; Tapolczai et al. 2021). There are other variations to this, e. g., the use of RNAlater as preservative (Kelly et al. 2020), no addition of preservatives at all but freezing at different temperatures, e. g., -20°C or -80°C (Visco et al. 2015; Smucker et al. 2020; Zimmermann et al. 2015), as well as varied combination of ethanol and freezing temperatures (Mora et al. 2019; Kelly et al. 2020; Zimmermann et al. 2021). However, no systematic tests have been conducted to investigate the effect of sample treatment before DNA extraction and how that might impact DNA yields, and eventually community composition and quality scores in ecological assessment.

In this context, and as part of our project aimed at evaluating *i)* the biodiversity of phytobenthos in the federal waterways of Germany through eDNA metabarcoding, and *ii)* its applicability in ecological status assessment according to the EU WFD (Schmidt et al. 2021), we tested different treatments (ethanol as preservative, and several temperatures for storage) on phytobenthos samples to determine their influence on DNA yields and community composition (the latter is work in progress, therefore not presented here).

Material and methods

Phytobenthos samples were collected in two sampling campaigns in autumn 2020 (October and November) at the Rheinlache in Koblenz, anabranch of the Rhine river. Sampling was conducted following the European standard (EN 13946:2014, CEN, 2014): biofilms were scrapped with a pocket knife from the upper surface of ten boulders (ca. 10 cm² from each boulder) and merged to a composite sample, with samples taken in triplicate (field replicates). The length of the sampling transect was ca. 30 m. Samples were collected as described in Mora & Jung (2021) to account for the large water-level fluctuations in large rivers and to ensure that the sampled substrates were submerged for at least four weeks prior to sampling.

Aliquots of 12.5 ml from the field replicates were distributed among a reference and five treatments (Fig. 1): A) reference, DNA extraction within two hours after sampling; B) direct freezing at -80°C within one hour after sampling, no preservative added; C) freezing at -20°C within one hour after sampling, no preservative added. Treatments D-F were preserved by adding 30 ml of 99.7% undenatured ethanol to reach a final concentration of 70%, and samples were stored as follows within one hour after sampling: D) -80°C; E) -20°C, F) room temperature, i.e., ca. 20°C. Additionally, three negative controls were made to account for contamination in the field, i.e. field blanks, composed of undenatured ethanol added in the field in the same manner as in treatments D-F. Field blanks were stored as in treatments D-F, one per treatment. Furthermore, one aliquot of each biological replicate was preserved as in F for morphological analyses. For A-C, to simulate for the same final dilution volume per sample as in treatments D-F, 30 ml of distilled water was added to the samples in the laboratory; thus, all collection tubes contained the same volume, i.e., 42.5 ml. To account for potential contamination, three aliquots of 2 ml of the distilled water were handled in the same way as in the treatments for later extractions, hereinafter referred to as water control.

DNA extractions for replicates of the reference treatment (A) and its respective water controls were performed within two hours after sample collection. For treatments B-F, field blanks and water controls, DNA extractions were conducted three months after sample collection. Aliquots of 2 ml per field replicate and field blank were extracted in triplicate (technical replicates), i.e. nine extractions per treatment. Aliquots of water controls were extracted as stand-alone samples, i.e., not in replicate. Furthermore, one negative extraction control was extracted per each batch of nine technical replicates.

DNA extractions were conducted with the NucleoSpin® Soil kit (Macherey-Nagel, Germany) according to manufacturer instructions with minor modifications. In order to extract 2 ml of sample and given the capacity of the Bead Tubes Type A containing ceramic beads, addition of the sample was conducted in two rounds, by adding 1 ml of homogenized sample each time, followed by centrifugation at 18,000×g for 10 minutes, then discarding the supernatant by pipetting it with filter tips and avoiding the pellet. Lysis buffer SL2 was used instead of SL1, pre-heated at 40°C. Enhancer SX was used in the recommended amount (150 µl). Filtration of the lysate through the inhibitor removal column (red ring) was done by pipetting 600 µl of lysate instead of the 700 µl recommended in the user manual, to avoid cross-contamination by micro-drops while closing the columns. For the

four washing steps in the soil column (green ring), centrifugation was done for 60 seconds instead of 30. Elution buffer was pre-heated at 50°C before usage, and 50 µl were used for elution. Please note that due to an initially missing vortex adapter for horizontal bead beating, bead tubes of the very first DNA extractions (reference treatment, i.e., A, October collection campaign) were vertically vortexed and not horizontally as recommended by the manufacturer.

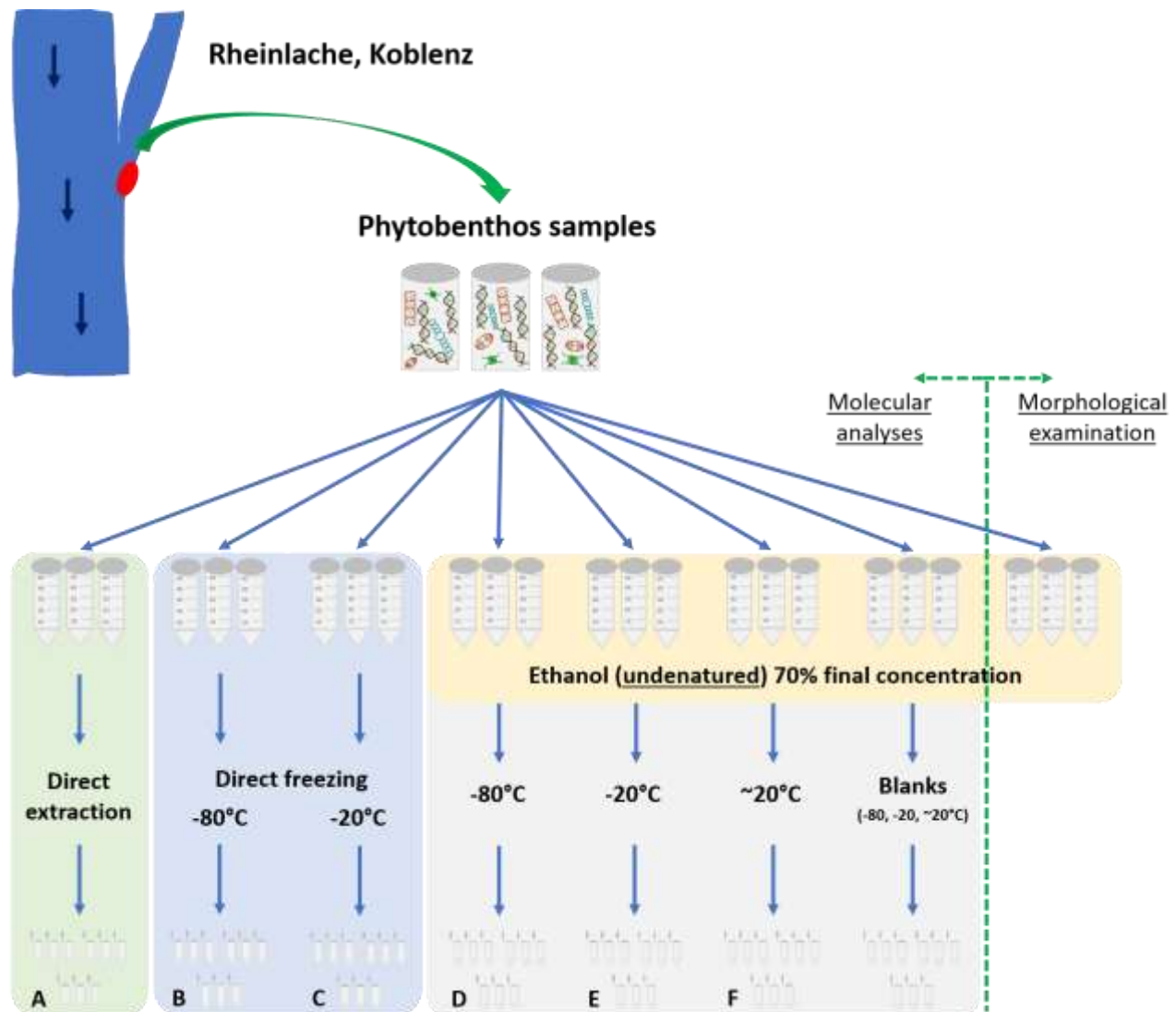


Fig. 1. Study design: composite phytobenthos samples were collected in triplicates (field replicates) and DNA extractions were done in triplicate (technical replicates, $n=9$). Treatments: A) reference, direct extraction; B) freezing at -80°C , no preservative; C) freezing at -20°C , no preservative. D-F) preserved with ethanol at a final concentration of 70%, and samples stored at: D) -80°C ; E) -20°C ; and F) room temperature. Field blanks were also taken, as well as one aliquot per biological replicate was preserved as in F for morphological analyses.

DNA concentrations were measured with a NanoDrop™ One^C spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific). To test for statistically significant differences among treatments per sampling campaign, one-way Kruskal-Wallis rank-sum test followed by pairwise comparisons (Mann-Whitney U-tests) with sequential Bonferroni correction was used, with a significance threshold of $p<0.01$. The three technical replicates for each of the three field replicates per treatment were combined into sets ($n=9$) for further analyses, instead of averaging the technical replicates, in this way accounting for both the biological variation (field replicates) as well as the variation associated with the handling of the

samples in the laboratory (technical replicates) (Blainey et al. 2014). Analyses were made in the software PAST version 4.07b (Hammer et al. 2001).

Results

In both sampling campaigns, total DNA concentrations were significantly higher in samples that were either extracted directly after sampling or frozen after collection with no addition of ethanol as preservative, compared to the samples preserved with ethanol (Fig. 2).

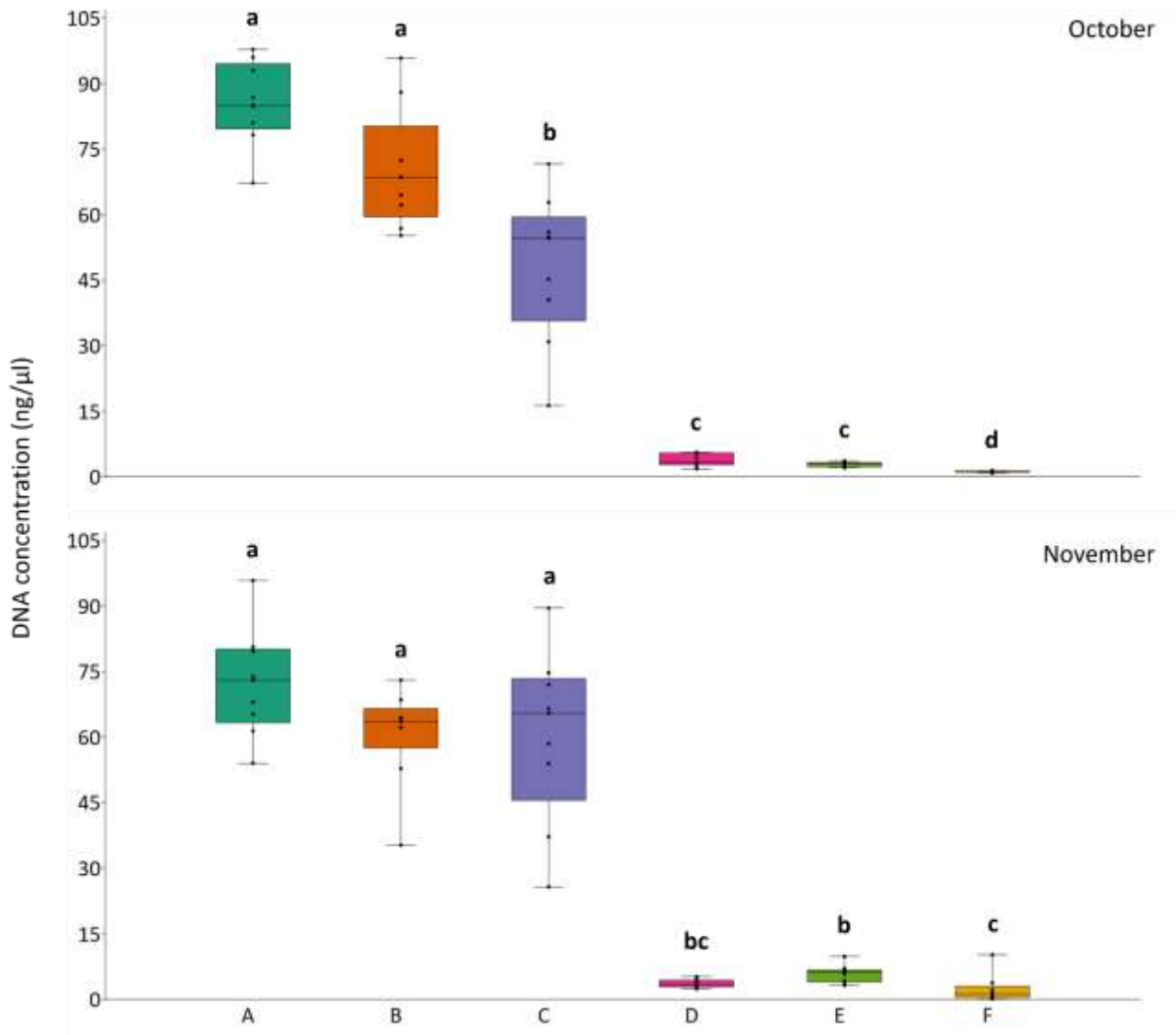


Fig. 2. Total DNA concentrations for each treatment per sampling campaign. A) reference, direct extraction; B) freezing at -80°C , no preservative; C) freezing at -20°C , no preservative. D-F) preserved with ethanol at a final concentration of 70%; samples stored at: D) -80°C ; E) -20°C ; and F) room temperature. One-way Kruskal-Wallis test followed by Mann-Whitney pairwise comparisons with sequential Bonferroni correction ($p < 0.01$). Letters above the boxplots indicate significant differences.

Total DNA concentrations from the first sampling campaign (October 2020) ranged from 0.8 to 97.8 ng/μl, with a significant difference amongst the samples (Kruskal-Wallis $\chi^2=48.54$, $p<0.001$). All samples preserved with ethanol (treatments D-F) had concentrations one order of magnitude lower than samples without ethanol added (A-C), being significantly different according to pairwise comparisons (Mann-Whitney, $p<0.001$) (Fig. 2). There were significant differences among some of the treatments that were not preserved with ethanol, i.e., between A and C ($p<0.001$) and between B and C ($p<0.01$). There were also significant differences among the treatments preserved with ethanol: between D and F, and between E and F, both highly significant ($p<0.001$). Despite the fact that samples extracted directly after collection (treatment A) yielded higher DNA concentrations in the October campaign, we argue that those concentrations could have been even higher if mechanical disruption of the material would have been done horizontally and not vertically (see ‘Material and methods’).

For the second sampling campaign (November), DNA concentrations ranged from 0.1 to 95.8 ng/μl, with a significant difference between the samples (Kruskal-Wallis $\chi^2=43.74$, $p<0.001$). As in the first sampling campaign, all the samples preserved with ethanol (D-F) had concentrations significantly lower than those not containing ethanol ($p<0.001$, Fig. 2). However, there were no significant differences among the three treatments with no ethanol added as preservative (A-C, $p>0.01$). Among the ethanol-preserved samples, treatments E and F were significantly different ($p<0.01$).

Discussion

Sample preservation and storage procedures before nucleic acid extraction is a key part of any eDNA metabarcoding study, since they can influence DNA degradation before extraction as well as extraction efficiency. Degradation rates of DNA are not homogeneous and depend on the state of the sampled eDNA, e. g. dissolved, particle-adsorbed, intra-cellular and organellar (Mauvisseau et al. 2021) and differ also between target species (Stein et al. 2015; Marquina et al. 2021). Previous studies have demonstrated that the choice of preservative and storage conditions can have not only an effect on DNA recovery, but also on biodiversity inventories (Sales et al., 2019; Guerrieri et al. 2021). However, quality scores in ecological assessment are not necessarily affected, since only the most abundant taxa are considered for this purpose (Dully et al. 2021).

Despite the steady increase in studies testing the effects of preservation and storage methods for metabarcoding targeting diverse organism groups, the freshwater phyto-benthos has received little attention. Most studies sampling phyto-benthos for metabarcoding have relied on ethanol for preservation at a final concentration of 70%. However, our results showed that this concentration is sub-optimal for DNA preservation, with ethanol-preserved samples yielding DNA concentrations significantly lower (one order of magnitude) than samples that were either extracted directly after sampling or frozen soon after collection with no addition of ethanol as preservative. Such a low concentration (70%) might be too low for the denaturation of enzymes responsible for degrading nucleic acids (e. g., DNases), as well as in deactivating the microbes that decompose eDNA and use it as growth resource (Flournoy et al. 1996; Morrissey et al. 2015; Mauvisseau et al. 2021). In addition to lower yields, it can be expected that samples preserved at low ethanol concentration contain relatively lower amounts of high-molecular-weight DNA compared to fresh or frozen samples; this is of high relevance to long-read metabarcoding studies (Deiner et al. 2017b; Krehenwinkel et al. 2018; Tedersoo et al. 2021), since they target far larger fragments than the usual 200-500 bp targets in short-read metabarcoding.

Our preliminary results concur with studies showing that ethanol at low concentrations ($\leq 90\%$) is not suitable for DNA preservation, e. g., in mock communities of insects (Marquina et al. 2021). Majaneva et al. (2018) found that preservation of filters with ethanol is a poor choice compared to other

preservation methods, e. g., lysis buffer, by drying the filters, or by keeping them at low temperatures. However, more tests on freshwater phyto benthos samples are still required, increasing replication (field replicates) and exploring a more diverse set of environmental conditions (e. g., water chemistry of the sampling sites) that might impact preservation and DNA recovery, and ultimately biodiversity estimates, and ecological assessment.

Conclusion and perspectives

Preservation of phyto benthos with ethanol at a final concentration of 70% is suboptimal for sample preservation prior to DNA extraction, regardless of the storage temperature. Despite these limitations, ethanol might remain a practical solution for the overall conservation of nucleic acids in phyto benthos studies, since it is widely available, is inexpensive compared to other preservation media (e. g., RNA later, LifeGuard solution), and it does not involve logistical difficulties in remote areas where sample freezing is not an option. An alternative for achieving higher final concentrations of ethanol in phyto benthos samples could be the replenishment with fresh ethanol after a given time, e. g., one day after the initial fixation, as it is routinely conducted in metabarcoding studies targeting macroinvertebrates. The next step of our study is to amplify and sequence partial fragments of the 16S- and 18S-rRNA genes to evaluate if there are any changes in community composition among treatments.

Acknowledgements

This work is part of the project “TG02: Molecular Methods for Biodiversity Assessment and Ecological Evaluation of the Federal Waterways”, funded by the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI). Thanks to P. Jung for helping with sample collection and preparation.

References

- Baillet, B., Apothéloz-Perret-Gentil, L., Baričević, A., Chonova, T., Franc, A., Frigerio, J.-M., Kelly, M., Mora, D., Pfannkuchen, M., Proft, S., Ramon, M., Vasselon, V., Zimmermann, J., Kahlert M. (2020): Diatom DNA metabarcoding for ecological assessment: comparison among bioinformatics pipelines used in six European countries reveals the need for standardization. *Science of the Total Environment* 745: 140948. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140948>
- Blainey, P., Krzywinski, M., Altman, N. (2014): Replication. *Nature Methods* 11: 879–880. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3091>
- Bohmann, K., Chua, P., Holman, L.E., Lynggaard, C. (2021): DNAqua-Net conference unites participants from around the world with the quest to standardize and implement DNA-based aquatic biomonitoring. *Environmental DNA* 3(5): 884–888. <https://doi.org/10.1002/edn3.207>
- CEN (2014). EN 13946:2014 Water quality – Guidance for the routine sampling and preparation of benthic diatoms from rivers and lakes. Comité Européen de Normalisation.
- Duleba, M., Földi, A., Micsinai, A., Várbiro, G., Mohr, A., Sipos, R., Szabó, G., Buczkó, K., Trábert, Z., Kiss, K.T., Bíró T., Vadkerti, E., Ács, E. (2021): Applicability of diatom metabarcoding in the ecological status assessment of Hungarian lotic and soda pan habitats. *Ecological Indicators* 130: 108105. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108105>

- Deiner, K., Bik, H.M., Mächler, E., Seymour, M., Lacoursière-Roussel, A., Altermatt, F., Creer, S., Bista, I., Lodge, D.M., de Vere, N., Pfrender M.E., Bernatchez, L. (2017a): Environmental DNA metabarcoding: transforming how we survey animal and plant communities. *Molecular Ecology* 26(21): 5872–5895. <https://doi.org/10.1111/mec.14350>
- Deiner, K., Renshaw, M.A., Li, Y., Olds, B.P., Lodge, D.M., Pfrender, M.E. (2017b): Long-range PCR allows sequencing of mitochondrial genomes from environmental DNA. *Methods in Ecology and Evolution* 8(12): 1888–1898. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12836>
- Dully, V., Rech, G., Wilding, T.A., Lanzén, A., MacKichan, K., Berrill, I., Stoeck, T. (2021): Comparing sediment preservation methods for genomic biomonitoring of coastal marine ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 173, Part B: 113129. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113129>
- Flournoy, L.E., Adams, R.P., Pandey, R.N. (1996): Interim and archival preservation of plant specimens in alcohols for DNA studies. *Biotechniques* 20(4): 657–660.
- Guerrieri, A., Bonin, A., Münkemüller, T., Gielly, L., Thuiller, W., Ficetola, G.F. (2021): Effects of soil preservation for biodiversity monitoring using environmental DNA. *Molecular Ecology*: 30(13): 3313–3325. <https://doi.org/10.1111/mec.15674>
- Hammer, Ø., Harper, D.A., Ryan, P.D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* 4(1): 9 pp. Available from: <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>
- Kelly, M. (2019): Adapting the (fast-moving) world of molecular ecology to the (slow-moving) world of environmental regulation: lessons from the UK diatom metabarcoding exercise. *Metabarcoding and Metagenomics* 3: e39041. <https://doi.org/10.3897/mbmg.3.39041>
- Kelly, M.G., Juggins, S., Mann, D.G., Sato, S., Glover, R., Boonham, N., Sapp, M., Lewis, E., Hany, U., Kille, P., Jones, T., Walsh, K. (2020): Development of a novel metric for evaluating diatom assemblages in rivers using DNA metabarcoding. *Ecological Indicators* 118: 106725. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106725>
- Krehenwinkel, H., Fong, M., Kennedy, S., Huang, E. G., Noriyuki, S., Cayetano, L., Gillespie, R. (2018): The effect of DNA degradation bias in passive sampling devices on metabarcoding studies of arthropod communities and their associated microbiota. *PLoS ONE* 13(1): e0189188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189188>
- Macher, T.H., Arle, J., Beermann, A., Hartmann-Fatu, C., Hering, D., Koschorreck, J., Rolauffs, P., Zimmermann, J., Leese, F. (2020): Wie valide und plausibel ist DNA-Metabarcoding für die ökologische Zustandsbewertung der Fließgewässer? Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Ergebnisse der Jahrestagung 2019 (Münster), Eigenverlag der DGL, Essen: 76.
- Majaneva, M., Diserud, O.H., Eagle, S.H.C., Boström, E., Hajibabaei, M., Ekrem, T. (2018): Environmental DNA filtration techniques affect recovered biodiversity. *Scientific reports* 8(1): 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23052-8>
- Marquina, D., Buczek, M., Ronquist, F., Łukasik, P. (2021): The effect of ethanol concentration on the morphological and molecular preservation of insects for biodiversity studies. *PeerJ* 9: e10799. <http://doi.org/10.7717/peerj.10799>
- Mauvisseau, Q., Harper, L., Sander, M., Hanner, R.H., Kleyer, H., Deiner, K. (2021): The multiple states of environmental DNA and what is known about their persistence in aquatic environments. *Authorea Preprints*. <https://doi.org/10.22541/au.163638394.41572509/v1>
- Meyer, A., Boyer, F., Valentini, A., Bonin, A., Ficetola, G.F., Beisel, J.N., Bouquerel, J., Wagner, P., Gaboriaud, C., Leese, F., Dejean, T., Taberlet, P., Usseglio-Polatera, P. (2021): Morphological vs. DNA metabarcoding approaches for the evaluation of stream ecological status with benthic invertebrates: Testing different combinations of markers and strategies of data filtering. *Molecular Ecology* 30(13): 3203–3220. <https://doi.org/10.1111/mec.15723>
- Mora, D., Abarca, N., Proft, S., Grau, J., Enke, N., Carmona, J., Jahn, R., Zimmermann, J. (2019): Morphology and metabarcoding: a test with stream diatoms from Mexico highlights the complementarity of identification methods. *Freshwater Science* 38(3): 448–464. <https://doi.org/10.1086/704827>
- Mora, D., Jung, L. (2021): Exploring new territories: sampling phytobenthos in large rivers. In: *Diatom of the Month*, a monthly series of blog posts on diatoms, International Society for Diatom Research (ISDR). Available from: <https://isdr.org/exploring-new-territories-sampling-phytobenthos-in-large-rivers/>
- Morrissey, E.M., McHugh, T.A., Preteska, L., Hayer, M., Dijkstra, P., Hungate, B.A., Schwartz, E. (2015): Dynamics of extracellular DNA decomposition and bacterial community composition in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 86: 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.03.020>

- Pawlowski, J., Apothéloz-Perret-Gentil, L., Altermatt, F. (2020): Environmental DNA: What's behind the term? Clarifying the terminology and recommendations for its future use in biomonitoring. *Molecular Ecology* 29(22): 4258–4264. <https://doi.org/10.1111/mec.15643>
- Pont, D., Valentini, A., Rocle, M., Maire, A., Delaigue, O., Jean, P., Dejean, T. (2021): The future of fish-based ecological assessment of European rivers: from traditional EU Water Framework Directive compliant methods to eDNA metabarcoding-based approaches. *Journal of Fish Biology* 98(2): 354–366. <https://doi.org/10.1111/jfb.14176>
- Sales, N.G., Wangenstein, O.S., Carvalho, D.C., Mariani, S. (2019): Influence of preservation methods, sample medium and sampling time on eDNA recovery in a neotropical river. *Environmental DNA* 1(2): 119–130. <https://doi.org/10.1002/edn3.14>
- Schmidt, S., Mora, D., Krensek, S., Kleinteich, J., Schöll, F., Fischer, H. (2021): Establishing (e)DNA-Methods for Governmental Biomonitoring Efforts and Ecological Assessment in German Federal Waterways (2021). ARPHA Conference Abstracts 4: e64809. <https://doi.org/10.3897/aca.4.e64809>
- Smucker, N.J., Pilgrim, E.M., Nietch, C.T., Darling, J.A., Johnson, B.R. (2020): DNA metabarcoding effectively quantifies diatom responses to nutrients in streams. *Ecological Applications* 30: e02205. <https://doi.org/10.1002/eap.2205>
- Stein, E.D., White, B.P., Mazor, R.D., Miller, P.E., Pilgrim, E.M. (2013): Evaluating ethanol-based sample preservation to facilitate use of DNA barcoding in routine freshwater biomonitoring programs using benthic macroinvertebrates. *PLoS One* 8: e51273. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051273>
- Taberlet, P., Coissac, E., Pompanon, F., Brochmann, C., Willerslev, E. (2012): Towards next-generation biodiversity assessment using DNA metabarcoding. *Molecular Ecology* 21: 2045–2050. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05470.x>
- Tapolczai, K., Selmeczy, G.B., Szabó, B., Viktória, B., Keck, F., Bouchez, A., Rimet, F., Padisák, J. (2021): The potential of exact sequence variants (ESVs) to interpret and assess the impact of agricultural pressure on stream diatom assemblages revealed by DNA metabarcoding. *Ecological Indicators* 122: 107322. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107322>
- Tedersoo, L., Albertsen, M., Anslan, S., Callahan, B. (2021): Perspectives and benefits of high-throughput long-read sequencing in microbial ecology. *Applied and Environmental Microbiology* 87(17): e00626-21. <https://doi.org/10.1128/AEM.00626-21>
- Visco, J.A., Apothéloz-Perret-Gentil, L., Cordonier, A., Esling, P., Pillet, L., Pawlowski, J. (2015): Environmental monitoring: inferring the diatom index from next-generation sequencing data. *Environmental Science and Technology* 49:7597–7605. <https://doi.org/10.1021/es506158m>
- Zimmermann, J., Glöckner, G., Jahn, R., Enke, N., Gemeinholzer B. (2015): Metabarcoding vs. morphological identification to assess diatom diversity in environmental studies. *Molecular Ecology Resources* 15: 526–542. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12336>
- Zimmermann, J., Mora, D., Tapolczai, K., Proft, S., Chonova, T., Rimet, F., Bouchez, A., Fidlerová, D., Makovinská, J., Weigand, A. (2021): Metabarcoding of phytobenthos samples. In: Joint Danube survey 4, scientific report: a shared analysis of the Danube River (Ed. by I. Liška, F. Wagner, M. Sengl, K. Deutsch, J. Slobodník & M. Paunović). ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna: 145–156. Available from: <http://www.danubesurvey.org/jds4/publications/scientific-report>



VORTRÄGE

Großes Flussholz in der Renaturierung: Effekte auf Biodiversität und Ökosystemfunktion

Christine Anlanger¹; Markus Weitere¹; Katrin Attermeyer²; Sandra Hille¹; Mario Brauns¹

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ; ² WasserCluster Lunz – Biologische Station GmbH / Universität Wien

Flussholz bestimmt als integraler Bestandteil wesentlich die ökologische und biologische Integrität und Funktionsfähigkeit natürlicher Flussökosysteme. Flussholz schafft zusätzliche Habitate, was sich wiederum positiv auf die biologische Vielfalt sowie den Nährstoffhaushalt im Fluss auswirken kann. Das künstliche Einbringen von nicht vorhandenem Flussholz ist heute eine häufig praktizierte Renaturierungsmaßnahme. Während in großen Flüssen meist nur geomorphologische Aspekte untersucht wurden, wurden Auswirkungen auf Biodiversität und Funktionsfähigkeit meist nicht berücksichtigt. Im Rahmen eines Renaturierungsprojekts an einem kiesgeprägten Tieflandfluss wurde Flussholz eingebaut und nach einem Jahr hinsichtlich seiner Makrozoobenthos-Besiedlung sowie dem benthischen und pelagischen Sauerstoffumsatz untersucht. Deutliche Unterschiede in der Zusammensetzung des Makrozoobenthos zeigten sich zwischen Borke und Sohlsediment, wobei die Artengemeinschaft auf Borke einen signifikant höheren Anteil an strömungsliebenden Arten aufwies. Dagegen konnte keine Erhöhung der Diversität des Makrozoobenthos durch das Flussholz im Vergleich mit Sohlabschnitten ohne Flussholz festgestellt werden. Ebenso verbesserte sich die ökologische Zustandsklasse nach EG-WRRL nicht. Überraschend war die substantiell höhere mikrobielle Respirationsrate auf der Borke, die dreifach über der Rate des Sohlsediments lag. Die räumlich extrapolierten Respirationsraten zeigten jedoch, dass das Flussholz auf Ebene des gesamten Flussabschnittes von untergeordneter Bedeutung war. So erhöhte die Borke, aufgrund ihrer geringen, relativen Fläche, die Gesamtraten um nur 3 %. Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Einbau des Flussholzes zu einer messbaren Erhöhung der lokalen Funktionalität führte, diese aber aufgrund des geringen Flächenanteils für das funktionale Geschehen des gesamten Flussabschnittes von untergeordneter Rolle war. Daraus lässt sich für das Management in kiesgeprägten Flüssen ableiten, dass der Holzanteil ausreichend groß sein muss, um die ökologische Funktionsfähigkeit des gesamten Flusses substantiell zu verändern.

Balancing small run-of-river hydropower and ecological continuity: optimal design tools to preserve fish migratory routes

Stefano Basso¹; Gianluca Lazzaro²; Marina Bovo³; Chris Soulsby⁴; Gianluca Botter³

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Germany; ² i4 Consulting S.r.l., Padova, Italy; ³ University of Padua, Padova, Italy; ⁴ University of Aberdeen, Aberdeen, Scotland, UK; Leibnitz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries - IGB, Berlin, Germany

The international agenda and national strategies on renewable energy foster a further exploitation of river flows for hydropower production, especially by means of small run-of-river plants. The variety of incommensurable interests at stake when discharges of river basins are concerned raises questions on their optimal allocation between contrasting uses and demands tools to provide quantitative estimates of their effects which can guide water management choices.

In this work, such an analytical tool to reconcile energy production and the conservation of relevant ecosystem services is presented, and an exemplary application to the design and management of small run-of-river power plants in streams that are important spawning sites for salmons provided. The tool is grounded on a probabilistic approach to quantify hydropower production and salmon migration into spawning streams, and on the concept of Paretian efficiency, which identifies options for which any improvement in one goal can only be obtained at the detriment of other objectives.

Profitable designs which comply with current environmental regulation determine significant economic losses without effectively safeguarding salmons' access to migration routes. On the contrary, considering the minimum flow discharge a design variable that can assume values higher than the one set by law, more economically appealing plant configurations which guarantee almost unaltered hydrologic connectivity between intake and outflow emerge. Results provide general indications on strategies to design small hydropower plants and preserve specific ecosystem services regulated by hydrological connectivity. The approach offers an objective basis to identify effective management and policy actions also when additional ecosystems services are considered.

Bedeutung der Stechmückenbekämpfung im Spannungsfeld mit dem Naturschutz

Norbert Becker

Institut für Dipterologie (IfD), Georg-Peter-Süß-Str. 3, 67346 Speyer

Obwohl so klein sind die Stechmücken global gesehen die gefährlichsten Tiere, wenn man bedenkt, dass jedes Jahr nahezu eine halbe Million Menschen durch einen infektiösen Stechmückenstich sterben. An erster Stelle ist nach wie vor die Malaria zu nennen, was aber die jährliche Zahl der Infektionen angeht, laufen die Arbovirosen, wie Dengue, Zika, Chikungunya und West Nile Fieber, der Malaria den Rang ab. Mit der Ausbreitung der Asiatischen Tigermücke *Aedes albopictus* in Deutschland, die ein sehr guter Vektor von wichtigen Arboviren ist, wird die Problematik der von Stechmücken übertragenen Krankheiten noch verschärft. Es ist eine Frage der Zeit bis unter dem Aspekt der Klimaveränderung auch in Deutschland von *Aedes albopictus* Arbovirosen übertragen werden. Seit 2020 sind die Stechmücken in Deutschland nicht nur Lästlinge, sondern erstmals mit den ersten Fällen von West-Nil-Fieber beim Menschen von human-medizinischer Bedeutung. Darüber hinaus sind die Stechmücken der Gattung *Aedes* (Überschwemmungsmücken) entlang von Flussläufen und Seen mit Wasserstandschwankungen erhebliche Lästlinge, die die Lebensqualität stark reduzieren. Es ist daher nicht verwunderlich, dass der Ruf nach der Stechmückenbekämpfung in Gebieten wie dem Oberrheingebiet laut ist. Oft brüten die Überschwemmungsmücken in ökologisch wertvollen Gebieten, wie z. B. Auenbereiche mit einer hohen Biodiversität. Eine Bekämpfung muss daher nicht nur effektiv, sondern vor allem auch umweltverträglich sein. Der Eingriff muss so vorgenommen werden, dass er den Schutz des Menschen und der Natur gleichermaßen berücksichtigt. Dies gewährleistet der Einsatz von Formulierungen auf der Basis von *Bacillus thuringiensis israelensis*, dessen Eiweiße gezielt nur Mückenlarven abtötet und alle anderen Organismen unbeschadet lässt. Eine Kartierung der Brutstätten der relevanten Stechmückenarten, aber auch von seltenen störungsempfindlichen Organismen erlaubt das Erarbeiten einer Bekämpfungs- und Anwendungsstrategie die von Biologen realisiert nur die Zielorganismen trifft und somit die plagerregenden Stechmücken auf ein erträgliches Maß reduziert und die Biodiversität nicht messbar beeinträchtigt. Im Vortrag werden die einzelnen Elemente einer biologischen Bekämpfung von Culiciden aufgezeigt.

Requirements for better documenting and understanding biological invasions using the example of genetic weatherfish *Misgurnus* sp. specimen assignment

Christina Belle; Jürgen Geist

Aquatic Systems Biology Unit, Technical University of Munich (TUM)

Early and accurate detection and documentation of non-native species is crucial for the management of biological invasions, yet accurate species identification is often complicated. One recent example is the genetic specimen assignment of exotic weatherfish species introduced into Europe. Due to their hidden life cycles and overlapping meristic features, introduction and establishment of cryptic species within this genus remained unnoticed in many areas for long time. We use the example of weatherfish to illustrate and discuss the challenges associated with accurate species identification in this group, comprising unnamed taxa and ‘hidden’ texts, ongoing taxonomic name changes, incomplete molecular genetic reference databases, and frequent interspecific hybridisation.

Based on a phylogeny of 289 weatherfish COI barcodes from NCBI and BOLD, the existence of distinct phylogenetic clusters is evident, proving the general validity of genetic specimen assignment in this group. Except for the endangered Central European species *Misgurnus fossilis* and an unnamed cluster from Vietnam, all groups were polyphyletic. In addition, the clusters did not always reflect the currently valid species names, illustrating the difficulties to morphologically assign the specimens belonging to the barcode sequences, even within the native ranges. Haplotype sharing was frequently observed, as well as specimens only labelled to genus or higher taxonomic levels, all confirming a partially incomplete and unresolved classical and molecular taxonomy.

We conclude that genetic analysis of type specimens including type regions is mandatory to fully resolve the underlying taxonomy. This would also facilitate accurate species identification in the weatherfish group. Such information is crucial in assessing their worldwide distribution, ecosystem impact, and invasive potential. As molecular genetic databases are constantly growing, new taxa names are being proposed, and taxonomies are changing in light of new data added, it is obligatory to consider past publications with regard to the dynamics of species names and phylogenies. We still recommend early sharing of exotic species records since such knowledge is crucial for the management of invasive species. A standardisation of the identification keys and molecular methods used in assigning exotic species would facilitate setting up databases on invasion records in weatherfishes, as well as in other challenging taxonomic groups.

Urban wastewater treatment plants as hot spots for the release of antibiotic resistances to the aquatic environment

Thomas U. Berendonk

Technical University Dresden, Institut für Hydrobiologie

There is increasing public concern regarding the fate of antibiotic resistance genes (ARGs) and antibiotic resistant bacteria (ARB) during wastewater treatment, their persistence during the treatment process and potential impacts on the receiving water bodies and in the context of wastewater reuse. To illustrate the international context of antimicrobial resistance in the aquatic environment, I will present results of studies that determine the abundance ARGs and an integrase-coding gene in several wastewater treatment plants (WWTP) from several different European countries. In order to assess the impact on the receiving water bodies, results on gene abundances in the latter compartment will also be presented. The results depend on several complementary approaches: metagenomics, genomics, quantitative PCR and cultivation. Generally, the studies show that antibiotic resistance genes vary among different European nations and that a considerable diversity of ARGs are released into the environment via the water cycle.

Targeted non-invasive bioindicator species detection in eDNA water samples to assess and monitor the integrity of vulnerable alpine freshwater environments

Lucas Blattner¹; Stefanie von Fumetti²; Joshua Ebner²; Jakob Zopfi²

¹ Forschungsgruppe Geoökologie/Universität Basel; ² University of Basel

Due to a high number of specialized species and unique environmental conditions, alpine spring ecosystems are particularly vulnerable to environmental change and human impact. Therefore, the assessment of ecosystem integrity through habitat monitoring over long periods of time is of particular importance, especially in protected areas. Bioindication by conventional ecosystem assessment and monitoring includes sampling whole communities and morphological species identification. This approach, however, brings along major drawbacks such as high invasiveness, low reproducibility, low specificity and is relatively time-consuming. To overcome these issues, we developed a targeted bioindicator species eDNA detection approach for representative freshwater macroinvertebrate species and contrasted the results with detection through conventional sampling. Macroinvertebrates of 15 springs, located in the Swiss National Park and the UNESCO biosphere reserve Engiadina Val Müstair, were sampled using a hand-net and species were morphologically identified. We selected six spring-bound species: *Hygrobates norvegicus*, *Partnunia steinmanni*, *Dictyogenus fontium*, *Protonemura lateralis*, *Lithax niger* and *Wormaldia occipitalis* and designed novel, species-specific qPCR primers and hydrolysis probes. Spring eDNA was collected by filtering 1.5 l water through cellulose nitrate filter funnels and DNA extracts were screened by qPCR for the selected bioindicator species. Results showed congruence between conventional and eDNA qPCR-based species detection. The newly developed eDNA based qPCR protocols allow detecting highly indicative species in alpine springs and represent a non-invasive, sensitive and specific, cost- and time-effective alternative to conventional biomonitoring approaches. Particularly in protected areas such as National Parks, the implementation of indicator species detection in eDNA filtered water samples can be beneficial and fosters sustainable freshwater ecosystem monitoring and assessment.

Von Gaslöslichkeit über Sättigung bis zur Blasenbildung in Seen: Vom Arendsee zum Kivusee

Boehrer Bertram

UFZ

Gase in Seen haben besonders durch ihre Bedeutung für den Kohlenstoffkreislauf und damit für das Klima in letzter Zeit großes wissenschaftliches Interesse bekommen. Darüber hinaus sind natürlich Gase und deren Austausch mit der Atmosphäre für die Organismen in Gewässern extrem wichtig.

Wir demonstrieren an einigen Beispielseen, welche Gase wesentlich zum Gasdruck beitragen. Wir besprechen Grundsätzliches wie Löslichkeit, Gasdruck und Sättigung und zeigen, welche Prozesse den Gasdruck beeinflussen und welche Effekte schließlich Blasenbildung auslösen können. Wir erläutern den Zusammenhang zwischen Gasdrücken und Blasenzusammensetzung. Anhand von einigen Seen in Sachsen Anhalt demonstrieren wir die übliche Gasdynamik in Seen ausgehend von eher üblichen Beispielen zu etwas spezielleren, um dann mit einigen spektakulären Beispielen von extremen Gasdrücken wie Nyossee, der für seine limnische Eruption berüchtigt ist, die in den 1980er Jahren 1700 Menschenleben gekostet hat, und Kivusee, dessen immense Menge an gelöstem Methan seit kurzem zur Stromgewinnung ausgebeutet wird, zu enden.

Literatur

- Boehrer B., von Tuempling, W., Mugisha, A., Rogemont, C., Umutoni, A. (2019): Reliable reference for the methane concentrations in Lake Kivu at the beginning of industrial exploitation. In: *Hydrology & Earth System Sciences* 23 (11).
- Boehrer B., Saiki K., Ohba T., Tanyileke G., Rouwet D., Kusakabe M., (2021) Carbon dioxide in Lake Nyos, Cameroon estimated quantitatively from sound speed measurements; *Frontiers in Earth Science* (accepted)
- Boehrer B., Jordan S., Leng, P., Waldemer, C., Schwenk C., Hupfer M., Schultze M., (2021) Gas pressure dynamics in small and mid size lakes. *MDPI Water*, (accepted)

Relevance of climate and geography for the distribution of protists - lessons learned from a continental lake plankton survey

Jens Boenigk

Universität Duisburg - Essen

Is climate change and in particular temperature a factor driving distribution pattern of microbial eukaryotes on a continental scale? If so, past cold-adapted taxa and communities may be conserved at least partially in azonal cool islands such as high mountain ranges. Alternative strategies preventing or buffering local extinctions upon warming could be high dispersal capabilities with respect to either geographic distance or habitat type or both. High geographic dispersal capabilities should be reflected by a missing or negligible biogeography of taxa while a high capability to invade potential retreat habitats should be reflected by a high taxon overlap between these habitats. We investigated these aspects based on the molecular diversity of lake plankton on a European scale. Our analyses demonstrate that protists have a restricted geographical distribution even though biogeographic pattern do not mirror pattern known from macroorganisms. In particular, many OTUs were found exclusively in high mountain lakes and several putatively endemic OTUs occurred in mountain regions. High proportions of region-specific alpine OTUs indicate an increased occurrence of distinct lineages within each mountain range and thus, suggested either separated glacial refugia or post-glacial diversification within mountain ranges. However, a few alpine specialists were shared between mountain ranges suggesting a post-glacial recolonization from a common lowland pool. Regarding the ability to invade different habitats we show that the overlap of organisms co-occurring in freshwater and soil habitats is surprisingly low. Even though closely related taxa occur in both habitats distinct OTUs were mostly habitat-specific and most OTUs occur exclusively in either soil or freshwater. The distribution pattern of the few co-occurring lineages indicates that their presence in both habitat types is probably based on a stochastic drift of particularly abundant but habitat-specific taxa rather than on established populations in both types of habitats. In sum, these analyses demonstrate the potential and limitations of microbial eukaryotic taxa to respond to climate and temperature change.

Gütewirtschaftliche Konsequenzen veränderter Bewirtschaftungsvorgaben für die Talsperre Kelbra - eine Modelluntersuchung

Dirk Böhme

BWWU Büro für Wasserwirtschaft und Umwelt

Die Talsperre (TS) Kelbra in Sachsen-Anhalt (604 ha, 12,5 Mio. m³) wurde 1962-1966 errichtet und dient primär dem Hochwasserschutz. Nebennutzungen waren von Anfang an Speisekarpfenmast (inzwischen aufgegeben) und Erholung (Baden, Camping, Segelsport). Zur Freimachung von HW-Schutzraum wird die Sperre alljährlich im Herbst weitgehend entleert und im Frühjahr wieder gefüllt. Der sommerliche Stauwasserkörper bringt seit der Inbetriebnahme trotz deutlicher Reduzierung der externen Nährstoffeinträge sowohl extreme Cyanobakterienblüten als auch gelegentliche Makrophyten-Massenentwicklungen hervor. Die zügige Leerung der TS ist nicht ohne erhebliche Biomasse- und Feststoffeinträge in den unterliegenden OWK der Helme möglich. In den letzten Jahren wurden von unterschiedlichen Interessenten (Ornithologen, Anglerverband, Segler) spezifische Forderungen zum Betriebsregime zugunsten der jeweils verfolgten Zwecke vorgebracht und teilweise sehr konfrontativ präsentiert. Im Ergebnis gibt es massive Zielkonflikte, die bei der Neufassung des Bewirtschaftungsplanes der TS zu bewältigen sind. Daher war es naheliegend, die möglichen gütewirtschaftlichen Konsequenzen unterschiedlicher Bewirtschaftungsregimes mit einem Gütemodell zu untersuchen. Unter Nutzung der frei verfügbaren Modellsoftware AQUATOX (U.S. EPA) wurde ein ökologisches Modell eines polymiktischen Flachsees mit mehreren trophischen Ebenen aufgebaut und angepasst. Die damit gerechneten Varianten repräsentieren sowohl unterschiedliche Steuervarianten (veränderte Mengenverteilung TS-Zufluss/Umfluter, veränderte Stauziele und -zeiträume, jeweils für eine Folge von charakteristischem Nass-, Mittel- und Trockenjahr) als auch retrospektive Rechenläufe einer realen 12-jährigen Reihe mit reduzierten Nährstoff-Eintragsfrachten (durch Flussgebietsmanagement beeinflussbar) und modifizierten hydrometeorologischen Rahmenbedingungen (nicht beeinflussbare externe Steuergrößen, Klimawandel). Im Vortrag werden die Modellstruktur und ausgewählte Modellergebnisse vorgestellt und diskutiert. Schwerpunkte bilden dabei die Cyanobakterienblüten, das erlangte Systemverständnis sowie die Grenzen der Beeinflussbarkeit und Vorhersagbarkeit einzelner Effekte in einem singulären, extrem dynamischen Staugewässer.

Ausbreitung der Krebspest *Aphanomyces astaci* über 2 Jahre in einem Gewässersystem mit Edelkrebsen und Steinkrebsen – Einfluss von Gewässerbarrieren sowie Hinweise auf menschliche und tierische Vektoren

Jürgen Böhrer

Bioforum GmbH, Sudetenstr. 34, 73230 Kirchheim/Teck, juergen.boehmer@uni-hohenheim.de

Keywords: Krebspest, Flusskrebse, Ausbreitung, Neobiota, Edelkrebs, Steinkrebs

Einleitung

„Krebspest“ ist eine Bezeichnung für den Eipilz *Aphanomyces astaci* sowie die durch diesen verursachte Krankheit. Trotz Ähnlichkeiten mit Pilzen handelt es sich nicht um einen solchen sondern sie ist näher mit Braun- und Kieselalgen verwandt (Söderhäll & Cerenius, 1999). *A. astaci* wurde in Europa in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch nordamerikanische Flusskrebse eingeschleppt, die sich zwar infizieren, aber in der Regel kaum beeinträchtigt werden. In der Folge starb ein Großteil der einheimischen Flusskrebsbestände aus (Alderman 2003, Holdich, Reynolds, Souty-Grosset, & Sibley 2009).

Der Erreger dringt in die Kutikula aller Flusskrebse ein, das Hyphenwachstum wird in den resistenten nordamerikanischen Krebsen aber durch Melanisierung blockiert, während es in den heimischen Flusskrebsarten (Edelkrebs *Astacus astacus*, Steinkrebs *Austropotamobius torrentium* sowie Dohlenkrebs *Austropotamobius pallipes*) in die inneren Gewebe vordringt, was zum raschen Tod führt. *Aphanomyces astaci* verbreitet sich durch begeißelte Zoosporen, die mittels Chemotaxis innerhalb von 2-8 Wochen Überlebensdauer einen neuen Wirt finden müssen. Während dieser Zeit können sie sich mehrfach enzystieren und erneut schlüpfen (Alderman 2003, Söderhäll & Cerenius, 1999).

Bislang ist vieles zur Ausbreitung, möglichen Vektoren, Reservoirwirten, oder möglichem Überleben des Erregers außerhalb von Flusskrebsen noch nicht erforscht. Eine Zusammenfassung aller relevanten Informationen zu *A. astaci* finden sich beispielsweise in Svoboda et al. (2017) und OIE-World Organisation for Animal Health (2018)

Im September 2019 wurde die Krebspest in Edelkrebsen des Trinkbachs (Landkreis Esslingen nahe Stuttgart) nachgewiesen und bis zur Niederschrift dieser Publikation (November 2021) weiter beobachtet. Diese Fallstudie soll das Grundlagenwissen zur Krebspest erweitern und zum Schutz einheimischer Flusskrebse beitragen.

Material und Methoden

Sofort nach der Entdeckung erster toter Krebse wurde eine engmaschige Kartierung des betroffenen Baches und dessen Zuflüsse vorgenommen. Zusätzlich wurden die bekannten Flusskrebsvorkommen

des Vorfluters und dessen Zuflüsse überprüft. Aufgrund einer zuvor im selben Jahr erfolgten Kartierung im 1-2 km-Raster waren die Flusskrebsvorkommen in diesem Einzugsgebiet bekannt (Böhmer & ILN 2021, vgl. Abb. 1). Um die Absterbefront der Flusskrebse zunächst grob einzugrenzen wurde bachabwärts - von den obersten bekannten Flusskrebsvorkommen bis zum Fundort der ersten toten Krebse - alle 300-600m nach vitalen Krebsen gesucht. Nachfolgend wurde der Trinkbach von der Mündung bis zum selben Punkt komplett abgelaufen, um tote Flusskrebse zu erfassen.

Zur genaueren Ermittlung der Absterbefront wurde direkt danach der Bereich von etwa 200 m oberhalb des letzten untersten Nachweises vitaler Krebse bis zum obersten Fundpunkt toter Krebse abgelaufen (bachabwärts, mit gewechselter desinfizierter Ausrüstung!). Diese Suche wurde weiterhin in Intervallen von 2-3 Wochen wiederholt, außer Mitte Dezember bis Ende Februar und sofern kein Hochwasser herrschte. Falls dabei keine lebenden Krebse mehr vorzufinden waren, erfolgte eine erneute Suche weiter oberhalb. Zur Bestätigung des Negativnachweises wurden dann am letzten Ort der Lebendnachweise zusätzlich beköderte Reusen über eine Nacht ausgebracht (mind. 5 Stück des Typs Pirat mit Katzentrockenfutter). Falls sterbende Krebse gesichtet wurden, wurde der oberste Fundort als Absterbefront angenommen, andernfalls die Mitte zwischen unterstem Nachweisort lebender Krebse und oberstem Totfund. Bei stagnierender Absterbefront (z.B. an Wanderbarrieren) wurden Reusen zum schonenderen und punktgenaueren Nachweis lebender Krebse eingesetzt.

Die Desinfektion der Stiefel und Gerätschaften erfolgte meist durch Säubern mit anschließendem komplettem Durchtrocknen über mindestens zwei Tage. Hände und Arme wurden mit 80%igem Isopropylalkohol desinfiziert. Zur Bearbeitung mehrerer Gewässer am Tag wurden Mehrfachausrüstungen mitgeführt. In Einzelfällen erfolgte eine Desinfektion der Stiefel, Kescher etc. im Gelände.

Der definitive Nachweis der Krebspest erfolgt üblicherweise mittels real-time PCR (Kozubikova & al 2011, OiE 2017; Vrålstad & al 2009), für die vorliegende Studie zunächst am Institut für Umweltwissenschaften der Universität Koblenz-Landau oder später auch am CVUA (Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart).

Zur Blockade der weiteren Ausbreitung der Krebspest wurden im Zusammenwirken mit den zuständigen Gemeinden, dem Landratsamt Esslingen und dem Regierungspräsidium Stuttgart mehrere temporäre Wanderbarrieren aus Holz mit einem Überzug aus Teichfolie errichtet (zwischen 15 und 50 cm Stauhöhe, Termine s. Ergebnisse).

Ergebnisse

Erstnachweis und Verbreitung der Krebspest zu Beginn der Untersuchungen

Mittels PCR wurde die Kamberkrebsvariante der Krebspest festgestellt, obwohl im gesamten Einzugsgebiet des Vorfluters weder Kamberkrebse noch andere nicht-einheimische Flusskrebse nachgewiesen werden konnten. Folglich muss von einer Einschleppung der Krankheit über einzelne freigelassene Krebse, Fischbesatz, kontaminierte Geräte oder sonstige Tiere etc. ausgegangen werden. Die bekannte Verbreitung der einheimischen Edel- und Steinkrebse ist in Abb. 1 dargestellt. Kamberkrebse befanden sich erst mehrere km westlich des Kartenausschnitts (ein See sowie Fluss Neckar).

Das Ergebnis der Suche nach lebenden und toten Flusskrebsen im September 2019 zeigt Abb. 2. Die Obergrenze toter oder sterbender Flusskrebse befand sich 100 m oberhalb der Erstbeobachtungsstelle

an einem Naturabsturz (Sediment-hinterfüllte Totholzansammlung, s. Foto in Abb. 2). Fünf Meter oberhalb dieses Absturzes lebten noch gesund erscheinende Edelkrebse (Reusennachweise). Unterhalb davon (im Bereich der bachabwärts treibenden Krebspestsporen!) waren weder im Trinkbach, noch den nachfolgenden Lindach und Lauter Flusskrebse nachweisbar, auch keine der invasiven Arten. Im Jahre 2017 wurde jedoch eine einzelne Wollhandkrabbe in der Lauter gefunden (s. Ortsmarkierung in Abb. 1; Bildbeleg eines Mitglieds des örtlichen Fischereivereins).



Abb. 1: Verbreitung der Flusskrebse im Untersuchungsgebiet vor Ausbruch der Krebspest (Böhmer & ILN 2021 für das Jahr 2019 und eigenen nicht publizierten Beobachtungen über Jahre davor) sowie Ort der Erstbeobachtung der Krebspest.

In einem Versuch zur Blockade der weiteren Ausbreitung der Krebspest wurden Ende September drei temporäre Wanderbarrieren 40, 60 und 100 m oberhalb des Naturabsturzes errichtet (s. Abb. 2).

Weitere Ausbreitung der Krebspest

In den folgenden 4-5 Monaten wurde konnte keine weitere Ausbreitung des Krebssterbens beobachtet werden. Reusenfänge direkt oberhalb der untersten Barriere lieferten bis Mitte Dezember noch den Nachweis zahlreicher vitaler Edelkrebse, während diese unterhalb davon weder mittels Reusen, noch händischer Suche nachweisbar waren. Bis Ende März waren dann wegen Winterruhe und anhaltenden Hochwässern (bis etwa fünfjährlich!) keine Nachweise möglich. Danach waren die Ufer um die Barrieren herum erodiert. Die Barrieren waren somit durchgängig geworden. In der Folgezeit gelangen dort keine Nachweise lebender oder toter Krebse mehr, jedoch ließen sich Anfang April vitale Krebse 200 m oberhalb der Barrieren nachweisen.

Der durch die ausbleibenden Nachweise bei den Sperren aufgekommene Verdacht auf ein weiteres Fortschreiten der Krebspest bestätigte sich in der nachfolgenden Niedrigwasserphase Ende April am

Ort der zuvor genannten Lebendnachweise: Es wurden ca. 45 Edelkrebse >5cm Körperlänge auf ca. 20 m Bachlänge im dortigen Poolbereich gefunden, darunter einige eiertragende Weibchen. In einem erneuten Versuch die Krankheit aufzuhalten, wurden vier weitere Sperren eingebaut, drei in den Trinkbach und eine weitere in den mit Steinkrebsen besiedelten Seebach (s. Abb. 3).

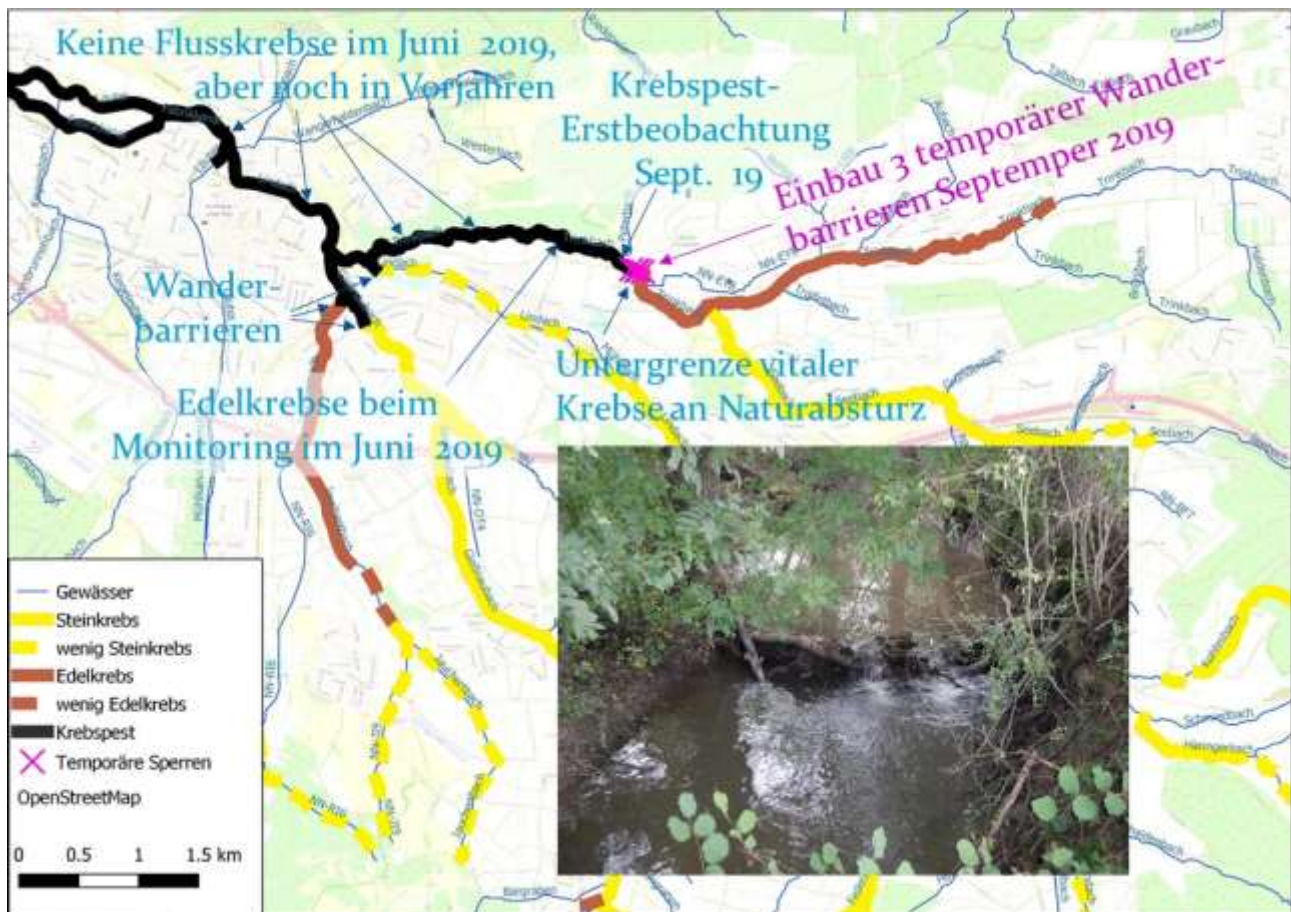


Abb. 2: Von der Krebspest betroffene Gewässerbereiche bis zur Zeit der Erstbeobachtung im September 2019. Tote Flusskrebse oder Reste davon waren nur bis etwa 600 m unterhalb der Erstbeobachtungstelle aufzufinden, aufwärts bis zu einem Naturabsturz 100 m oberhalb. Unterhalb davon gelangen keine Flusskrebse nach, auch nicht mehr in den untersten Abschnitten der verbundenen Gewässer (jeweils bis zur untersten Wanderbarriere). Daher wurden alle diese Bereiche als Krebspest-betroffen klassifiziert. Die Untergrenze vitaler Krebse befand sich jeweils direkt oberhalb all dieser Wanderbarrieren.

Die weitere Ausbreitung der Absterbefront bis September 2021 zeigt Abb. 3. Aufgrund der lang anhaltenden Niedrigwasserphasen (meist unter MNQ) waren tote oder sterbende Krebse gut auffindbar (s. auch Abb. 5). Die jeweiligen Bereiche sterbender Krebse konnten daher meist auf 10-20m genau festgestellt werden. In den folgenden 8 Wochen bis Mitte Juni 2020 verlagerte sich dieser Bereich um ca. 250 m bachauf (entspricht durchschnittlich rund 30 m pro Woche), war somit aber immer noch knapp 200 m unterhalb der einen Monat zuvor errichteten Sperren.

Ende Juni, nur eine Woche später wurde der erste tote Edelkrebs oberhalb aller Sperren im Trinkbach gefunden. Die ausgiebige Nachsuche ergab nur tote Krebse im Trinkbach unterhalb der Seebachmündung und nur vitale Krebse oberhalb davon. Im Seebach lag die neue Absterbefront etwa 1,5 km oberhalb der eine Woche zuvor ermittelten, am Rand des Ortes Holzmaden.

In den folgenden zwei Monaten breitete sich die Krebspest wieder langsamer aus (rund 100 m/Woche im Steinkrebsbestand des Seebachs und rund 20 m/Woche im Edelkrebsbestand des Trinkbachs), bis Mitte September ein erneuter Sprung über 1,2 km im Trinkbach erfolgte (s. **Abb. 3**). Dieser ging bis kurz unterhalb der Ortschaft Ohmden.

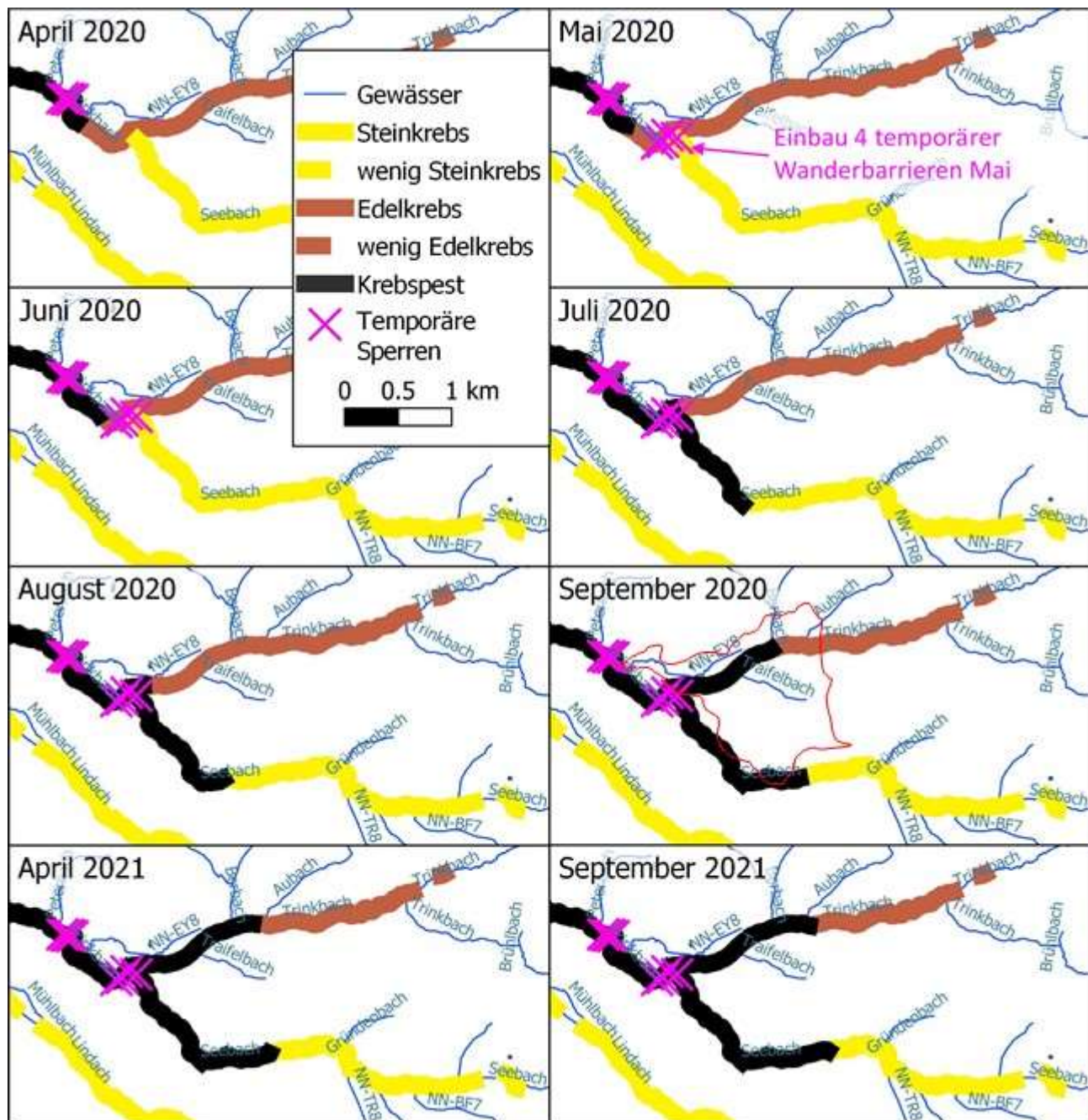


Abb. 3: Von der Krebspest betroffene Gewässerbereiche von April 2020 bis September 2021 (Stand jeweils für die Monatsmitte). Mit Ausnahme zweier plötzlicher großer Sprünge Ende Juni 2020 (1,5 km in den Seebach, s. Stand Mitte Juli) und September 2020 (1,2 km aufwärts im Trinkbach) wanderte die Absterbefront nur langsam aufwärts, insbesondere im Jahr 2021. Beim ersten Sprung wurden auch die vier im Mai 2020 errichtete Sperren überwunden (1 im Seebach, 3 unterhalb davon im Trinkbach). Rote Linie für September 2020: Weg eines kurz danach badend beobachteten Hundes entlang der Bäche (s. Abb. 4).

Mitte Oktober lagen die Absterbefronten beider Gewässer jeweils innerhalb der Ortschaften. Bedingt durch die dort überwiegend mangelhafte Gewässerstruktur und kleineren Gewässergrößen, waren die Krebsdichten dort viel geringer und somit die Nachweise lebender oder toter Krebse schwieriger.

In den folgenden 12 Monaten verlangsamte sich die weitere Ausbreitung stark. Die dadurch verkleinerten Absterbebereiche in Verbindung mit häufigeren Hochwässern und nur noch kurzen Niedrigwasserphasen führten dazu, dass nur noch selten absterbende oder tote Flusskrebse gefunden werden konnten. Daher konnten die Absterbefronten fast nur noch über die untersten Lebendnachweise bestimmt werden, was bei den geringen Krebsdichten Ungenauigkeiten von bis über 100 m verursachte.

Über den Winter erfolgte dabei bis April kaum eine weitere Ausbreitung der Krebspest (Seebach ca. 100 m, Trinkbach ca. 200 m). Auch danach, von April bis September 2021, schritt die Krebspest viel langsamer voran als im Sommer 2020 (Seebach und Trinkbach jeweils ca. 200-250 m, s. Abb. 3). Insgesamt bedeutet dies eine durchschnittliche Ausbreitung von rund 10 m/Woche im Sommer 2021 gegenüber den 20 bis 100 m/Woche im Sommer zuvor (ohne Einbeziehung der großen Sprünge).

Pilotversuch zum Nachweis der Krebspest bei Bachflohkrebsen

Um die Möglichkeit der Übertragung der Krebspest durch Gammariden zu prüfen, wurden in einem Pilotversuch am 2.5.20 von 20 m unterhalb des Trinkbach-Absterbebereichs und am 2.7.20 von 150 m unterhalb des neuen Trinkbach-Absterbebereichs je 10 Bachflohkrebse (*Gammarus fossarum*) per PCR auf Krebspest-DNA geprüft. In beiden Fällen war die Krebspest nachweisbar (6 von 10 Flohkrebse beim ersten und 4 von 10 beim zweiten Termin).

Diskussion

Ursache und Beginn der Krebspest

Zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung der Krebspest waren nur auf etwa 50-70m komplette tote oder noch sterbende Krebse, und auf weiteren 900m stromab fortschreitend weiter zerfallene Krebsreste aufzufinden, und darunter nichts mehr. Dies lässt darauf schließen, dass sich *A. astaci* mindestens seit einiger Zeit fortschreitend stromauf ausgebreitet hat. Da 800m unterhalb der Absterbefront 9 Wochen zuvor im Rahmen eines Monitorings noch vitale Krebse aufgefunden worden waren (Böhmer, J. & ILN Südwest 2021) muss die Krankheit mit mindestens rund 90m/Woche vorangeschritten sein.

Rund 1 km weiter stromab (und überall darunter) waren bei diesem Monitoring im Gegensatz zu früheren Jahren keine Flusskrebse auffindbar gewesen. Wahrscheinlich war dort die Krebspest zu dieser Zeit schon durchgegangen. Es ist also gut möglich, dass die Krankheit weit unterhalb ihren Ausgang nahm und sich schon Monate bis Jahre aufwärts ausgebreitet hat. Ein Kandidat für den Ausgangspunkt der Krebspest wäre zwar die die 2017 aufgefundene Wollhandkrabbe, aufgrund der damals geringen Krebsdichten an diesem weit unterhalb gelegenen Ort (höchstens Einzeltiere, s. **Abb. 1**) ist es sehr unwahrscheinlich, dass die Krankheit von dort ausging. Aber die Wollhandkrabbe könnte viel weiter oben entlaufen oder ausgesetzt worden sein.

Ausbreitung und Ausbreitungsgeschwindigkeit

Da die Schwimmleistung der Zoosporen von *Aphanomyces astaci* nicht ausreicht, gegen die Strömung im Fließgewässer anzuschwimmen, erfolgt die Ausbreitung der Krankheit stromab zwar mit der Geschwindigkeit des strömenden Wassers, kann stromauf aber nur durch die infizierten Krebse selbst, oder durch an Vektoren anhaftende Sporen erfolgen (Nylund & al. 1993). Als Vektoren

kommen unter anderem Fische sowie Makroinvertebraten in Frage (Alderman & al. 1987, Rennerfelt 1936), sogar auch durch Fischkot nach Verzehr von infizierten Krebsen. Der Kot diverser getesteter Fischarten erwies dann noch als infektiös, nicht jedoch bei warmblütigen Tieren, da bei 37°C nach 12 Stunden keine infektiösen Sporen von *Aphanomyces astaci* mehr aufzufinden waren (Oidtmann et al. 2002). Für Fische konnte in vitro sogar eine Weiterentwicklung von *A. astaci* auf Salmoniden-Schuppen beobachtet werden (Häll und Unestam 1980, Halder und Ahne 1988). Häufig ist auch der Mensch für die Übertragung der Krebspest verantwortlich. Durch den Gebrauch von Netzen, Watstiefeln, Geräten oder Transportkisten können Zoosporen verschleppt werden (Alderman & al. 1987).

Ferner ist auch eine Übertragung durch anhaftende Sporen an Vögeln und anderen Wildtieren denkbar, Unestam (1973 a) konnte jedoch beobachten, dass bei Seen, die nur durch Tierfluktuation in Kontakt miteinander standen, keine Übertragung des Erregers durch Wasservögel und Säugetiere stattfand. Auch die eigenen Beobachtungen sprechen dafür, da in den ersten vier Monaten der Studie häufig Wechsel von Enten und Reiher über die Barriere zwischen den infizierten und nicht infizierten Bereichen beobachtet wurden, und auch Waschbärenspuren häufig angetroffen wurden, ohne dass die Krankheit übertragen wurde. Vermutlich perlt an den Wildtieren so viel Wasser ab (im Gegensatz zu langhaarigen Hunden), dass die Anzahl übertragener Sporen nicht für eine Infektion im Fließgewässer ausreicht (LD50 von 3 Sporen pro ml im Labor nach Unestam & Weiss 1970).

In den Sommerhalbjahren erfolgte die Ausbreitung langsam (< 100 m pro Woche, überwiegend aber nur 10-20 m/Woche) oder in plötzlichen Sprüngen bis über 1 km, wobei auch Barrieren überwunden wurden. In den Winterhalbjahren (Oktober bis März) kam die Ausbreitung praktisch zum Stillstand. Ohne die Sprünge wurden im Sommer 2020 ca. 600 m stromauf überwunden, im Sommer 2021 dagegen nur 200-250 m. Andere Studien nennen mit 3 km/Jahr (Westman & Nylund 1979), über 1,5 km monatlich (Hastein & Gladhaug 1972) bis zu 20-25 km pro Jahr (Mannsfeld 1942) deutlich höhere Geschwindigkeiten, die selbst mit den Sprüngen nicht erreicht wurden. Dies könnte daran liegen, dass der Trinkbach im Gegensatz zu den anderen Studien wegen den extrem trockenen Jahren 2018-2020 nur eine sehr geringe Dichte an Fischen als Vektoren aufwies, die zudem relativ standortstreu sind (Bachforellen, Groppen und Bachschmerlen) und oft mangels Wasser nicht wandern konnten.

Weitere Faktoren bei der Ausbreitungsgeschwindigkeit sind die Wasserführung, Temperatur, Krebsbestandsdichte sowie auch die Krebspestvariante (Oidtmann & Hoffmann 1998, Svoboda & al. 2017). In der vorliegenden Untersuchung handelte es sich um die überwiegend als weniger virulent beschriebene Variante der Krebspest, die vom Kamberkrebs übertragen wird, während in den meisten der zuvor beschriebenen Fällen die Krebspest vom Signalkrebs ausging. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit war dabei im Jahr 2020 bei höheren Populationsdichten und viel niedrigeren Wasserständen deutlich größer als 2021.

Diese beobachteten großen Sprünge müssen jedoch durch Vektoren verursacht worden sein, nicht aber durch Fische, weil die überwundenen Barrieren für Fische höchstens bei Hochwasser überwindbar waren, und der zweite Sprung zudem in einer längeren Phase extremen Niedrigwassers erfolgte, in der die Riffles für Fische nicht passierbar waren. Als wahrscheinlichste Vektoren kommen Hunde in Frage, weil an den bachbegleitenden Wegen in den entscheidenden Bereichen ständig unangeleinte Hunde zu sehen waren und an schönen Tagen mehr als 1 badender Hund pro Stunde beobachtet werden konnte (trotz Beschilderungen, Zeitungsartikel sowie Allgemeinverfügungen mit Anleinpflcht für Hunde und Bachbetretungsverboten; s. auch Abb. 3 für September 2020 sowie Abb. 4).

Wirksamkeit von Barrieren

Die Krebspest breitete sich in die Zuflüsse nur bis zu den ersten Wanderbarrieren aus, einer Verdolung mit Absturz sowie einer langen glatten Rampe, obwohl direkt oberhalb davon heimische Flusskrebse vorhanden waren. In den zwei Untersuchungsbächen ohne künstliche Barrieren konnte sich die Krankheit jedoch ungehindert ausbreiten. Nur durch eine sedimenthinterfüllte Totholzverklausung und die temporären Sperren wurde die weitere Ausbreitung über mehrere Monate verhindert, bis sie durch Hochwässer durchgängig wurden.

Insgesamt wurde die Ausbreitung der Krebspest über den Wasserweg also durch Barrieren wirksam verhindert solange sie undurchgängig für die heimischen Krebse und die vorhandenen Fische waren.



Abb. 4: Badender Hund inmitten von an der Krebspest verendeter Edelkrebse im Trinkbach (links) und typische Situation in den dortigen Gumpen am selben Tag: Auf etwas über einem m² fotografierten Fläche waren 16 frisch verendete Edelkrebse deutlich erkennbar (rote Kreise). Bei der äußerst geringen Wasserführung von < 0,5 l/sec zu dieser Zeit muss von einer extrem hohen Sporenkonzentration im Wasser ausgegangen werden, welche im Fell des Hundes haften blieben. Das Tier war an diesem Tag mit seinen Besitzern unangeleint im kompletten Bereich der beobachteten Krebspest-Sprünge beider Bäche unterwegs (s. Abb. 3).

Empfehlungen für den Bau temporärer Sperren

Über die angenommenen Grundanforderungen hinaus (Mindestabsturzhöhe von 20 cm, Mindesteinbautiefe von 20 cm, Sicherung der Sperrenbretter mit Eisenstangen sowie möglichst schwer überwindbare Uferbereiche) können aus den Erfahrungen mit den temporären Sperren weitere Empfehlungen für deren Funktionstüchtigkeit abgeleitet werden:

- Flussbausteine unterhalb des Absturzes: Diese sind notwendig, um eine Auskolkung und Unterspülung hinter der Barriere zu verhindern. Wenn durch die Steine die Wassertiefe im Unterwasser sehr falch gehalten wird, können Fische die Barriere nicht überspringen.
- Flussbausteine zur Ufersicherung am Rand: Ufererde und Kies allein konnten eine Ufererosion mit nachfolgender Umspülung der Barrieren nicht verhindern, Flussbausteine verhinderten das.
- Anrampen mit Sediment oberhalb bis zur Sperrenoberkante: Dadurch wird bei Hochwasser der Pralldruck des Wassers und des mitgeführten Totholzes vermindert, und es verhindert Totholzstaus oberhalb.

- Überzug der Holzbretter mit Teichfolie: Die glatte Folie verhindert ein Überklettern durch Bachflohkrebse.

Die beobachteten Ausbreitungssprünge können dadurch natürlich nicht verhindert werden, so dass derartige Sperren nur bei geringem Publikumsverkehr erfolgsversprechend sein können.

Ausblick und offene Fragen

Die weitere Ausbreitung der Krebspest im Untersuchungsgebiet sollte auf jeden Fall überwacht werden, vor allem um gegebenenfalls die Gewässernutzungsbeschränkungen aufrecht zu erhalten, und um das Risiko einer Übertragung auf weitere Bäche zu minimieren.

Es steht zu erwarten, dass die Krebspest oberhalb der nur dünn mit Flusskrebse besiedelten innerörtlichen Bereiche wieder schneller voranschreiten und damit auch wieder leichter zu beobachten sein wird. Bei den noch nicht infizierten ungefähr 1,7 km Edelkrebsbestand im Trinkbach und rund 2 km Steinkrebsbestand im Seebach kann es aber noch durchaus 2 Jahre dauern bis die kompletten Populationen ausgelöscht sind, und damit auch die Krebspest erlischt. Im Seebach besteht aber die Hoffnung, dass die Krebspest in einem 200 m langem krebsfreien und größtenteils verdolten Abschnitt unterhalb der Autobahn und der benachbarten ICE-Trasse zum Stillstand kommt, so dass ein Rest bestand oberhalb überleben könnte.

Aus den Untersuchungsergebnissen ergab sich eine Reihe von Fragen, die für Maßnahmen gegen die Krebspest wichtig sein könnten. So breitete sich die Krankheit auch bei extremem Niedrigwasser kontinuierlich weiter aus, als die Riffles über einige Wochen nicht mehr für Fische passierbar waren und Wasser manchmal nur noch in den Pools vorhanden war. Die Flusskrebse waren nicht mehr auffindbar, überlebten diese Zeiten aber in Wohnröhren und unterspülten Ufern, und einige konnten über Nacht in den Pools sogar noch mit Reusen gefangen werden. Aber lebende Bachflohkrebse *Gammarus fossarum* waren in den Riffles immer noch aktiv sobald auch nur eine minimale Wassermenge floss. PCR-Pilotanalysen ergaben positive Krebspestnachweise in *Gammarus*proben. Stellen Bachflohkrebse (und anderes mobiles MZB?) also entscheidende Vektoren für die Krebspest dar?

Ein weiteres Rätsel stellt das Wiederaufflammen der Krebspest im Frühjahr 2020 dar: Wie konnten die Erreger überleben nachdem ein Massensterben der Edelkrebse unterhalb der Barrieren erfolgt war, diese danach dort auch nicht mehr nachweisbar waren, während sie wenige Meter oberhalb noch drei Monate lang (bis Mitte Dezember) in mehreren Exemplaren pro Nacht ohne Krankheitssymptome in die Reusen gingen? Konnten doch noch einzelne infizierte Flusskrebse unterhalb überleben obwohl dort kilometerweit kein permanenter Zufluss als Refugium existierte? Oder waren die Krebse oberhalb schon symptomlos infiziert, aber die Krankheit brach über mindestens ein Vierteljahr nicht aus? Beides ist nach bisherigen Erkenntnissen aus der Literatur eher unwahrscheinlich. Eine weitere Möglichkeit wird deutet eine polnische Studie an: Nach (allerdings nur lichtmikroskopischen) Befunden von Czezuga & al. (1999) wächst und sporuliert *A. astaci* gelegentlich auf toten Makrozoobenthosorganismen, unter anderem auf dem im Trinkbach dominanten *Gammarus fossarum*.

Zusammenfassung/Schlussfolgerungen

Im Trinkbach bei Stuttgart wurde im September 2019 mittels PCR die Kamberkrebsvariante der Krebspest trotz Abwesenheit nicht-einheimischer Flusskrebsarten nachgewiesen und zwei Jahre lang weiter verfolgt (Beobachtungen sowie Hand- und Reusenfänge). In einem Versuch die weitere Ausbreitung stromauf zu verhindern, wurden temporäre Barrieren in den Bach eingebaut, welche

zunächst die Ausbreitung aufhielten, nach starken Hochwässern aber nicht mehr funktionstüchtig waren. In der Folge schritt die Krebspest stromauf wieder voran, durchschnittlich mit 10 bis 100 m/Woche in den Sommerhalbjahren und weniger als 100 m im Winterhalbjahr. Zusätzlich traten zwei Ausbreitungssprünge auf (über 1,7 und 1,2 km). Für die Sprünge müssen tierische oder anthropogene Vektoren angenommen werden, wahrscheinlich Hunde. Ohne diese Sprünge betrug die zurückgelegte Gesamtstrecke nur 600 m im Sommer 2020 und 200-250 m im Sommer 2021, deutlich weniger als die 3-25 km/Jahr laut Literatur. Dies könnte an Fischen als Vektoren liegen, die im Falle der vorliegenden Studie weitgehend ausgeschlossen werden können. Hier gibt es aber Hinweise darauf, dass *Gammarus fossarum* als Vektor beteiligt sein könnte. Insgesamt stellten sich Wanderbarrien als geeignet heraus, die Krebspest stromauf aufzuhalten, sofern keine Sprünge über diese hinweg erfolgen. Daher werden Empfehlungen zur Errichtung temporärer Sperren gegeben.

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Auftrag und finanzieller Unterstützung des Regierungspräsidiums Stuttgart durchgeführt. Den Gemeinden Kirchheim/Teck und Holzmaden danke ich für die Errichtung der temporären Sperren sowie Dr. Anne Schrimpf / Uni Landau sowie Dr. Elisabeth Nardy / CVUA Stuttgart für die PCR-Nachweise.

Literatur

- Alderman, D.J. (2003): Aphanomycosis of crayfish: crayfish plague. A report prepared for the Environment Agency and English nature. R&D Technical report w2-064.
- Alderman, D. J., Polglase, J. L., Frayling, M. (1987): Aphanomyces astaci: pathogenicity under laboratory and field conditions. Journal of Fish Diseases 10, 385-393
- Böhmer, J., ILN Südwest (2021). "Aktionsprogramm Steinkrebs" - Auswertung bereits erfolgter stichprobenhafter Erfassungen von Flusskrebsen und Ableitung von Maßnahmen zur Sicherung und Förderung von Steinkrebspopulationen (Los 3). Abschlussbericht zur Kartierung 2019/2020 für das Regierungspräsidium Stuttgart.
- Dieguez-Urbeondo, J., Huang T.-S., CERENIUS L.; SODERHALL K. (1995): Physiological adaptation of an Aphanomyces astaci strain isolated from the freshwater crayfish Procambarus clarkii. Mycol. Res., 99, 574– 578.
- Halder, M., Ahne, W. (1988): Virologische und mykologische Untersuchung an Krebspestbeständen verschiedener Herkunft. Bayrische Landesanstalt für Wasserforschung; München
- Häll, L., Unestam, T. (1980): The effect of fungicides on the survival of crayfish plague fungus, Aphanomyces astaci, Oomycetes, growing on fish scales. Mycopathologia 72, 131-134
- Håstein T., Gladhaug O. (1975): The present status of the crayfish plague in Norway. Freshwater Crayfish 2(1):273-276. doi: 10.5869/fc.1975.v2.273
- Holdich, D. M., Reynolds, J. D., Souty-Grosset, C., & Sibley, P. J. (2009): A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 394–395, 11. <https://doi.org/10.1051/kmae/2009025>
- Mannsfeld, W. (1942): Die Krebspest im Generalbezirk Lettland in den Jahren 1924- 1938. Zeitschrift für Fischerei 40, 395-417
- Nylund, V., Kirjavainen, J., Tulonen, J. und Wetsman, K. (1993): The spread of crayfish plague (Aphanomyces astaci) and its effects in the Noble Crayfish (Astacus astacus) population in the Lake Ormajärvi waterway in Finland in 1988-1991. Freshwater Crayfish IX, 273-279
- OiE. (2017): Infection with Aphanomyces astaci (Crayfish plague). Chapter 2.2.2. Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals 2017 (ed. W.O.f.A. Health), pp. 1-18. Paris: OiE (Office International des Epizooties)
- Oidtmann, B., Heitz, E., Rogers, D., Hoffmann, R. W. (2002): Transmission of crayfish plague. Diseases of Aquatic Organisms Vol. 52, 159-167
- Oidtmann, B., R.W. Hoffmann (1998): Die Krebspest. In: Stapfia 58 (= Kataloge des OÖ. Landesmuseums, Neue Folge Nr. 137), S. 187–196

- Rennerfelt, E. (1936): Untersuchungen über die Entwicklung und Biologie des Krebspestpilzes *Aphanomyces astaci* Schikora. Mitteilungen der Anstalt der Binnenfischerei 10, 1-21. Drottningholm, Stockholm
- Söderhäll, K., Cerenius, L. (1999): The crayfish plague fungus: History and recent advances. *Freshwater Crayfish*, 12, 11–35.
- Svoboda, J., Mrugala, A., Kozubikova-Balcarova, E., Petrusek, A. (2017): Hosts and transmission of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci*: A review. *Journal of Fish Diseases*, 40, 127–140. <https://doi.org/10.1111/jfd.12472>

Wie lässt sich durch die energetische Nutzung von Seen nicht nur Energie gewinnen, sondern auch die Wasserbeschaffenheit des Seewassers verbessern ?

Klaus-Jürgen Boos

Büro für Gewässerkunde und Landschaftsökologie

Ausgangssituation

Seen können energetisch genutzt werden, indem mittels Wärmepumpen dem Seewasser Wärme entzogen und zum Beispiel auf ein Heizsystem bzw. eine Warmwasserversorgung übertragen wird oder indem kaltes Seewassers direkt zur Raumkühlung (Klimatisierung) eingesetzt wird. Das Verfahrensprinzip der thermischen Nutzung von Seewasser ist mittlerweile vielfach erprobt.

Zwangspunkte der Umsetzung

Die geothermische Seewassernutzung begegnet Widerständen, wenn negativen Folgen für die Seewasserbeschaffenheit entstehen können. In Seen sind anthropogene Veränderungen der Seewassertemperatur zu vermeiden. Dies gilt um so mehr für Seen, deren Größe 50 ha überschreitet und für die nach EU-WRRRL ein Verschlechterungsverbot oder sogar ein Verbesserungsgebot gilt.

Differential Cooling als Vorbild für Kompensationsmaßnahmen

Ein wichtiges Steuerungselement für den Temperatur- und Sauerstoffhaushalt eines Sees ist das sogenannte Differential Cooling, worunter die verstärkte Abkühlung des Seewassers in flacheren Uferbuchten zum Beginn der Zirkulationsphase im Herbst verstanden wird. Dieses kältere Wasser fließt in die tieferen Seebereiche ab und intensiviert damit das Zirkulationsgeschehen sowie den Sauerstoffeintrag in den Tiefenwasserkörper. Der Effekt des Differential Cooling kann bei der geothermischen Seewassernutzung durch eine für den Einzelfall optimierte Entnahme- und Rückleitungstechnik adäquat nachgebildet werden, so dass mit der energetischen Nutzung des Seewassers zugleich eine Verbesserung der Seewasserqualität ermöglicht wird.

Projektbeispiel

An einem Projektbeispiel kann gezeigt werden, wie - bei gleichzeitiger Verbesserung der Seewasserbeschaffenheit - mittels geothermischer Nutzung eines ca. 20 ha großen, 24 m tiefen ehemaligen Baggersees ein Bürogebäude mit 70.000 m² Bürofläche teilweise beheizt und klimatisiert werden kann. Grundlage für eine nachhaltige, güte neutrale oder güteverbessernde Nutzung ist die limnologische Erfassung der jeweiligen Gegebenheiten, wie:

- die tolerierbare Abkühlung und Erwärmung des Seewasserkörpers
- die Beeinflussung der Zirkulationseffekte
- das Ausmaß der Stofftransportprozesse
- die biotischen und abiotischen Wechselwirkungen.

Im Ergebnis wurden insbesondere bei einer an das jahreszeitliche Einschichtungsverhalten des Sees angepassten Entnahme und Rückleitung des Seewassers deutliche Verbesserungen für die Wasserqualität im Vergleich zum Istzustand prognostiziert.

Organic matter sources in riverine food webs: Importance of hydromorphology and season

Mario Brauns & Markus Weitere

Department of River Ecology, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Brückstraße 3a, 39114 Magdeburg, Germany

Determining the origin and significance of particulate organic matter that fuels benthic food webs remains a central goal of ecological research in large rivers. However, the role of small-scale spatial variation induced by riverine geomorphologic units received less attention. We quantified resource use by macroinvertebrate primary consumers using stable isotopes of carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) sampled from a point bar, thalweg and cut-bank in the Mulde River (Germany). We used mixing models to calculate the contributions of major organic matter resources to diets and overlap analysis to test if geomorphologic units were the more important driver of resource use. We also tested if hydromorphological degradation by bank stabilization (rip rap) affected these patterns. Our results show that geomorphologic units were the more important driver for macroinvertebrate resource use than season. Moreover, resource use at shorelines stabilised by a rip-rap differed substantially from natural banks. We conclude that the hydromorphology of large lowland rivers is an important regulator of organic matter flows in food webs.

Verbreitung der gebietsfremden invasiven Quagga-Muschel *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897) (Bivalvia: Dreissenidae) in Deutschland

Franz Brümmer¹; Jennifer Tersteegen²; Lea Rapp²; Nadia Shegeftard²; Steffen Scholz³; Derk Remmers; Silke Oldorff⁴; Alexander Ramm⁵; Werner Vetter; Ralph-Walter Müller²; Ralph O. Schill⁶

¹ Universität Stuttgart, IBBS/BioDiv; ² Wissenschaftliche Tauchgruppe Universität Stuttgart (WiTUS); ³ Karlsruher Institut für Technologie (KIT)/IAI; ⁴ NABU Bundesfachausschuss Lebendige Seen, Berlin; ⁵ Tauchclub Borna, Neukieritzsch; ⁶ aquatil gGmbH, Tübingen

Die Einschleppung von Neobiota hält bis heute an. Neue, als invasiv eingestufte Neobiota bergen gerade in aquatischen Lebensräumen viel Konfliktpotenzial, da sie in Konkurrenz zu heimischen Arten treten können, negative Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften und Nahrungsnetze haben und oftmals auch Krankheiten übertragen können. In aquatischen Lebensräumen ist eine entsprechende Beobachtung der Veränderungen unter Wasser schwieriger und bleibt oft nur Taucher*innen vorbehalten.

In Deutschland erfolgte im Jahr 2007 der erste Fund der Quagga-Muschel (*Dreissena rostriformis bugensis*) im Main; im Jahr 2016 wurde sie erstmals im Bodensee von Tauchern beobachtet. Mittlerweile hat sie dort die gesamte Flachwasserzone des Bodensees erobert und am Ufer und Badestrände des Bodensees zeugen mancherorts Aufwürfe mit großen Mengen an Muschelschalen von der extremen Vermehrung. Den Unternehmen der Wasserversorgung bereitet diese enorme Ausbreitung große Sorgen.

Die Quagga-Muschel stammt ursprünglich aus dem Schwarzen Meer und dessen Zuflüssen. Über Byssusfäden kann sich die Muschel auf festem Untergrund, wie Steinen, Holz, Wasserleitungen, Filteranlagen, Einbauten, aber auch Tieren und Pflanzen festheften und sie ist in der Lage, sich unter Zuhilfenahme des Fußes fortzubewegen.

In einem Citizen Science-Projekt „Monitoring invasiver Quagga-Muscheln“ haben Sporttaucher*innen während ihrer freizeithlichen Tauchgänge die Bestände der invasiven Quagga-Muschel sowie der ebenfalls eingewanderten Zebra-Muschel (*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)) erfasst. Hierfür wurden neu entwickelte, beschreibbare Unterwassertafeln verteilt, die alle notwendigen Informationen zu den Muscheln enthalten. Während der Tauchgänge konnte das Vorkommen und die Verbreitung erfasst und direkt nach dem Tauchgang zur wissenschaftlichen Erfassung und Bewertung gemeldet werden. Daraus entstand eine erste Verbreitungskarte für Deutschland. Im Rahmen des Projekts konnte so die Quagga-Muschel bisher in 29 Gewässern in Deutschland, sowie in jeweils einem Gewässer in Frankreich und in der Schweiz nachgewiesen werden. Zudem konnten wir beobachten, dass das Bewusstsein und die Aufmerksamkeit bezüglich Neobiota bei den Sporttaucher*innen zunahm.

Durch Einsatz entsprechender Tauchtechniken (Kreislauftauchgeräte) wurde erstmals auch die Verbreitung der Quagga-Muscheln in der Tiefenzone an Steilwänden des Bodensees bis über 100 Meter Wassertiefe erfasst und dokumentiert.

Comparison of temporary rivers in different climates according to intermittency state

Andrea Burfeid Castellanos

Universität Duisburg – Essen, Arbeitsgruppe Phykologie

Diatoms are photosynthetic organisms of both marine and freshwater habitats that are able to survive and resist desiccation following connectivity loss in temporary streams. The intensive studies in recent years have shown, that ecological and population disruption can have an effect on the ecological quality of the water. Most of the studies on temporary streams have focussed on tropical and subtropical climates, due to their immediate danger regarding climate change driven droughts. However, also continental (oceanic) climates have shown an increasing tendency for summer droughts, and studies are also starting to focus on the rivers of these climates. In this study we compare the communities found in a karstic temporary river in a continental climate to those of Mediterranean intermittent streams. We observed similarities in functional, diversity and diatom community composition according to state of flow (flowing, dry or pooled).

„Das Leipziger Auensystem – Probleme und Lösungsansätze aus naturschutzfachlicher Sicht

Ingrid Carmienke¹, Heiko Rudolf², Christian Wirth³, Christian Franke⁴ & Mathias Scholz⁵

¹ I. R. auentuerkis@posteo.de ² Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Regionalgruppe Leipzig, Bernhard-Göring-Straße 152, 04277 Leipzig, heiko.rudolf@bund-leipzig.de ³ AG Spezielle Botanik und funktionelle Biodiversität, Universität Leipzig und Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, Johannisallee 21-23, 04103 Leipzig, cwirth@uni-leipzig.de ⁴ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Förder- und Fachbildungszentrum Wurzen, Sachgebiet Naturschutz, Kantstr. 1, 04808 Wurzen, christian.franke@smkul.sachsen.de ⁵ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Department Naturschutzforschung, Permoserstraße 15, 04318 Leipzig, mathias.scholz@ufz.de

Keywords: Leipziger Auensystem – Flussgebiet Weiße Elster - Defizitärer Gebietswasserhaushalt - Revitalisierung und Dynamisierung von Flussauen – Naturschutz

Einleitung

Das Fluss- und Auensystem der Weißen Elster und ihrer Nebengewässer zwischen Zeitz, Leipzig und Halle (Saale) ist eine seit über 7.000 Jahren vom Menschen geprägte Kulturlandschaft. Heute leben im Ballungsraum Leipzig-Halle mehr als zwei Millionen Menschen. Die Tendenz der Bevölkerungsentwicklung ist steigend. Dazu trägt auch die in der Bergbaufolgelandschaft entstandene attraktive Seenlandschaft bei.

Vor allem die wasserbaulichen Eingriffe ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts waren mit massiven Veränderungen von Natur und Landschaft verbunden. Die ursprünglich weit verzweigte, mäandrierende Flusslandschaft, die teilweise ein Binnendelta bildete, wurde nachhaltig beeinträchtigt und in Teilen zerstört. Gleiches geschah großflächig mit den flussbegleitenden Auen. Der weiträumige Auenverbund wurde, teils irreversibel, unterbrochen. Mit dem Aufschluss von Großtagebauen zum Abbau von Braunkohle im Leipziger Revier (Abbildung 1) war die Devastierung von über 130 km Wasserläufen verbunden. Durch die zum Abbaubetrieb nötige Vorfeldentwässerung wurde der Grundwasserspiegel über viele Jahrzehnte abgesenkt, in Teilgebieten um mehr als 50 m. Die verbliebenen Abschnitte der Weißen Elster, der Pleiße und ihrer Nebengewässer wurden auf großen Strecken begradigt, eingedeicht und tiefer gelegt. Die Auen sind seitdem fast vollständig von ihren Flüssen getrennt. Auentypische Strukturen und Habitate wie Steilufer, Kiesheger und Laufverlagerungen können nicht mehr neu entstehen. Flussauen, Altarme und viele Kleingewässer wurden und werden durch die tiefen Sohllagen geschädigt, entwässert und trockneten z. T. über mehrere Jahrzehnte aus.

Seit dem Bau des Elsterbeckens, dem zentralen Punkt des „Leipziger Gewässerknotens“ (fertig gestellt 1925), und der Neuen Luppe (teilweise fertig gestellt 1938, abgeschlossen 1968; vgl. Abbildung 2) ist die Weiße Elster nicht bzw. nur stark eingeschränkt längsdurchgängig für Sedimente und Wasserorganismen. Die Bauten erfolgten zum Schutz vor Hochwasser sowie Siedlungs- und Industrieabwasser, aber auch aus stadtarchitektonischen Gründen: Die Stadt Leipzig, um 1900 die

viertgrößte und eine der reichsten Städte Deutschlands, wollte es Hamburg gleichtun und auch ein „Alsterbecken“ haben.

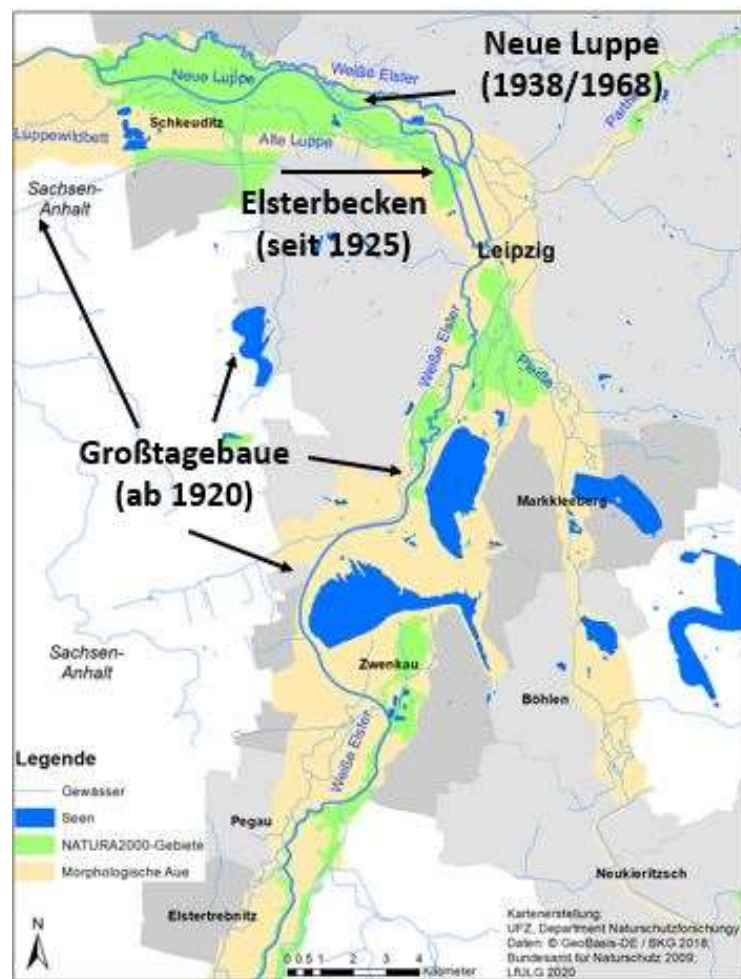


Abbildung 1: Kartografische Übersicht zum Leipziger Auensystem (aus Wirth et al 2020, überarbeitet) mit Lagehinweis auf Elsterbecken und Neue Luppe als zentrale Bestandteile des Leipziger Gewässerknotens

Das Elsterbecken und die zahlreichen Wehre am Oberlauf wirken allerdings als Sedimentfallen, was flussabwärts in der Neuen Luppe einen starken Geschiebehunger verursacht. Die Sohle der als Flutrinne konzipierten Neuen Luppe lag schon 1938 rund drei bis vier Meter unter dem ursprünglichen Auenniveau. Sie hat sich seitdem in einigen Abschnitten nochmals um 1,5 m und mehr eingetieft. Das führte zu einer massiven Absenkung des Grundwasserspiegels und zur Entwässerung der Leipziger Nordwestaue. Die in den Wehrrückstauen abgelagerten Sedimente – allein im Elsterbecken mehrere 100.000 m³ - widerspiegeln die Industrie- und Siedlungsgeschichte der letzten 100 Jahre in den Einzugsgebieten von Weißer Elster und Pleiße, darunter Karbochemie und Produktion von Organozinn-Verbindungen. Sie sind deshalb z. T. hoch belastet, u.a. mit Schwermetallen.

Durch den Rückstau der Wehre an Pleiße und Weißer Elster wird außerdem die Wasserspiegellage im Stadtgebiet und im südlichen Auenbereich nivelliert und schwankt zwischen Niedrigwasser und kleineren Hochwässern nur noch um wenige Dezimeter. Auentypische Überflutungen und die charakteristischen Wechsel von Hoch- und Niedrigwasserphasen mit entsprechenden Amplituden von Oberflächen- und Grundwasserständen finden nicht mehr oder nur noch bei seltenen Extremereignissen statt.



Abbildung 2: Neue Luppe bei Schkeuditz-Modelwitz – Künstliche Tieflage und Deiche trennen Fluss und Aue (Foto: H. Rudolf)

Manifestiert werden die Defizite im Gebietswasserhaushalt durch eine gesteuerte Wasserverteilung zuungunsten der Aue. So wird die untere Weiße Elster - der Flussabschnitt unterhalb des Elsterbeckens am nördlichen Talrand - für den Betrieb kleiner Wasserkraftanlagen permanent mit konstanter Wasserführung beaufschlagt. Trotz fast geländegleicher Wasserspiegellage ufer der Fluss nicht aus. Hochwasser wird, mit Ausnahme von Extremereignissen, über die Neue Luppe an der Aue vorbei abgeleitet. Die Deiche „schützen“ so auch die Aue vor einer Überflutung – mit schwerwiegenden Folgen für alle auenabhängigen Schutzgüter.

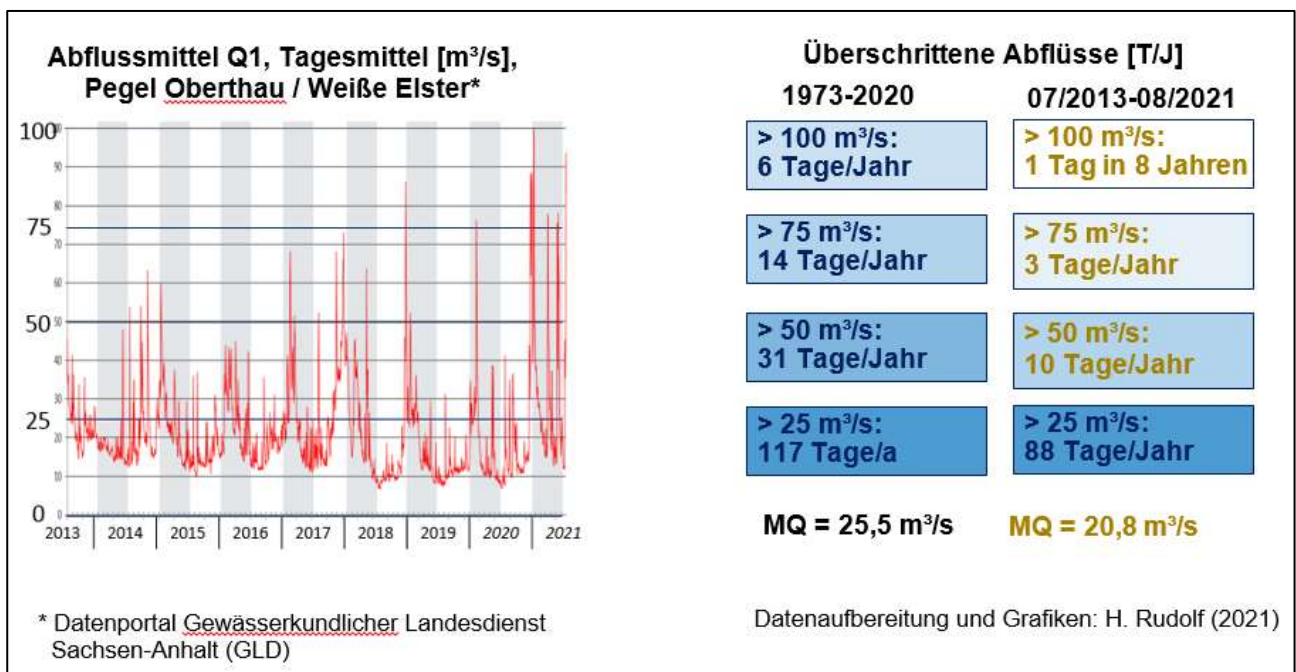


Abbildung 3: Tagesmittel der Abflüsse am Pegel Oberthau / Weiße Elster und überschrittene Abflüsse für den Zeitraum 07/2013 – 08/2021 / Vergleich 1973-2020

Zu diesen „alten“ Problemen kommen nun die deutlichen Auswirkungen des Klimawandels. Sowohl die mittleren Abflüsse als auch die für die Wiederherstellung von Auendynamik essenziellen jahreszeitlichen Hochwasserführungen sind zurückgegangen (Abbildung 3). Hier wirkten sich nicht nur die trockenen, heißen Jahre 2018 bis 2020 aus (Wirth et al. 2021), sondern auch die abnehmenden Eis- und Schneedeckentage im Einzugsgebiet (Vogtland), die weniger Frühjahrshochwasser und eine reduzierte Grundwasserneubildung zur Folge haben.

EU-Wasserrahmenrichtlinie und Naturschutz

Angesichts des defizitären Gebietswasserhaushalts und der hohen strukturellen Defizite verwundert es nicht, dass derzeit keiner der Oberflächenwasserkörper an den gebietsprägenden Flüssen Weiße Elster, Pleiße, Neue Luppe, Alte Luppe und Parthe die Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie erfüllt. Ein mindestens guter Zustand bzw. ein mindestens gutes ökologisches Potenzial ist mit dem vorhandenen Ausbauzustand und der derzeitigen Wasserverteilung auch nicht erzielbar. Ein Ausnahmeverfahren von dieser europarechtlichen Regelung ist nicht möglich und nicht zielführend, Revitalisierung und Renaturierung dagegen schon. Vor allem in der Nordwestaue sind die Raumwiderstände vergleichsweise gering und zahlreiche ursprüngliche Strukturen noch vorhanden.

Umso mehr überrascht es, dass das Leipziger Auensystem trotz der beschriebenen Defizite noch heute ein Hotspot der Biodiversität mit einer großen Vielfalt naturschutzrechtlich geschützter, hoch wertvoller Strukturen und Arten ist:

- Das FFH-Gebiet 050 E „Leipziger Auensystem“ weist in seinen Erhaltungszielen Habitate von zwölf nach Anhang I FFH-Richtlinie geschützten Arten und acht nach Anhang II FFH-Richtlinie geschützte Lebensraumtypen auf (GVO FFH 050E).
- Das Vogelschutzgebiet SPA V05 „Leipziger Auenwald“ beinhaltet Erhaltungsziele für 22 europarechtlich geschützte Brutvogelarten. Besonders hervorzuheben ist der Mittelspecht (*Dendrocopos medius*), der als Indikatorart alter, totholzreicher Wälder im Leipziger Auensystem eines seiner bedeutendsten Brutgebiete für Sachsen hat (GVO SPA V05).
- Das Landschaftsschutzgebiet 110 „Leipziger Auwald“ dient explizit der Sicherung der in Nordwestsachsen einzigartigen Flussauenlandschaft mit autotypischen Strukturen wie Hartholzaue, Weichholzbeständen, Altwässern und -armen, Feuchtwiesen, Röhrichten und sonstigen wertgebenden Strukturen feuchter Standorte (VO LSG).
- vier Naturschutzgebiete, 17 gesetzlich geschützte Biotoptypen und zahlreiche Flächen-naturdenkmale sowie
- über 300 gesetzlich geschützte Arten und 47 Vogelarten.

Die Erhaltungszustände der wertgebenden, das Gebiet prägenden, autotypischen FFH-Lebensraumtypen und -Arten zeigen allerdings den dringenden Handlungsbedarf, wenn ihr Fortbestehen nachhaltig gesichert und europäisches Naturschutzrecht eingehalten werden soll (Tabelle 1). Da die verfügbare Datengrundlage teilweise veraltet ist und die Auswirkungen der Trockenjahre 2018 bis 2020 nicht erfasst sind, ist für den derzeitigen Zustand eine weitere Verschlechterung zu befürchten (Wirth et al. 2021, Schnabel et al. 2021).

Tabelle 1: Erhaltungszustand der auenspezifischen FFH-Lebensraumtypen und –Arten im FFH-Gebiet 050E „Leipziger Auensystem“ (Zusammenstellung: C. Franke 2020, Daten: LfULG)

Name (FFH-Lebensraumtyp/-Art)	FFH-Code	Managementplan (Ersterfassung 2006)			Sachsen (2013-2018)
		hervorragend (günstig)	gut (günstig)	schlecht (ungünstig)	
Eutrophe Stillgewässer	3150	1	30	14	unzureichend
Fließgewässer mit	3260	0	18	0	unzureichend
Feuchte Hochstaudenfluren	6430	3	3	0	unzureichend
Brenndolden-Auenwiesen	6440	4	9	0	unzureichend
Weichholzauenwälder	91E0	0	18	1	unzureichend
Hartholzauenwälder	91F0	0	501	219	unzureichend
Bitterling	1134	0	1	19	günstig
Kammolch	1166	0	861	240	unzureichend
Rotbauchunke	1188	0	76	131	unzureichend

Zwei Lebensraumtypen, für die das Gebiet nach europäischem Naturschutzrecht eine besondere Verantwortung hat, sind die Brenndolden-Auenwiesen (Lebensraumtyp 6440) und die Hartholzauenwälder (Lebensraumtyp 91F0). Im Leipziger Auensystem liegen die mit Abstand größten und wertvollsten Flächen beider Lebensraumtypen Sachsens.

Brenndolden-Auenwiesen (Abbildung 4) benötigen im Spätwinter eine Überflutung, von Juni bis September dagegen Trockenheit. Durch die konstant auf Mittelwasser gesteuerte Wasserführung der unteren Weißen Elster sind sie hochgradig in ihrer Existenz gefährdet. Sowohl Überflutungen als auch Trockenphasen bleiben aus, wodurch die wertgebende Vegetation dieser Stromtalwiesen zugunsten feuchtigkeitsliebender „Allerweltsarten“ verloren geht.

Die hiesigen Hartholzauenwälder sind die zweitgrößten innerstädtischen Deutschlands (Kasperidus und Scholz 2011). Sie benötigen großflächige Überflutungen und auentypische Schwankungen von Grund- und Oberflächenwasser um drei bis vier Meter im Jahresverlauf. Eine Besonderheit der Leipziger Hartholzauenwälder – vor allem im Südteil – ist, dass sie aufgrund der geologischen und siedlungshistorischen Verhältnisse auch in historischer Zeit vermutlich seltener und kürzer überflutet wurden als ihre Pendants an Elbe oder Vereinigter Mulde.

Gegenwärtig finden Überflutungen im Gebiet nur noch bei Extremhochwässern statt (z. B. Polder Nordwestaue) oder in Form von Druckwasser. Eine kleine Ausnahme bildet das Paußnitz-Pilotprojekt der Stadt Leipzig im südlichen Auenwald. Hier findet eine künstliche 14-tägige Überstauung im zeitigen Frühjahr auf ca. 5 ha statt. Diese kann in ihrer auenökologischen Wirkung nicht mit einer natürlichen Überflutung gleichgesetzt werden, die sich durch langsam fließendes und sauerstoffreiches Wasser auszeichnet. Die Leipziger Hartholzauenwälder sind aufgrund des defizitären Gebietswasserhaushalts bzw. der fehlenden Überflutungsdynamik akut in ihrem Fortbestand gefährdet.



Abbildung 4: Brenndoldenauenwiese (Lebensraumtyp 6440) und einige charakteristische Pflanzenarten in der Nordwestaue bei Schkeuditz

Erforderliche Maßnahmen

Wirth et al. (2020) legten eine umfangreiche Analyse („Thesenpapier“) zur aktuellen Situation des Leipziger Auensystems vor. Die skizzierten Maßnahmen zielen im Kern auf eine priorisierte Dynamisierung der wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen von Wäldern und Offenland. Die in 10 Thesen zusammengefassten Kernaussagen sind in Abbildung 5 dargestellt, für Weiteres wird auf die Originalarbeit verwiesen. Zahlreiche gebietsbezogene Maßnahmen wurden hinsichtlich ihrer Wirkungen pro bzw. contra Auenrevitalisierung bewertet. Die Zusammenstellung kann als Referenz für künftige Planungen im Gebiet genutzt werden.

Für die Erhaltung und Revitalisierung des Leipziger Auensystems sind essenziell erforderlich:

- Wiederherstellung des autotypischen Gebietswasserhaushalts mit natürlicher Dynamik von Grund- und Oberflächenwasser; **diese Maßnahme ist die wichtigste Voraussetzung!**
- Renaturierung der Hauptfließgewässer entsprechend ihres Fließgewässertyps (WRRL)
- Steuerungsänderung des Gewässerknotens zugunsten von Auendynamik
- Umbau des Leipziger Gewässerknotens mit Aufhöhung untypisch vertiefter Sohllagen
- Dynamisierung rückgestauter Flussabschnitte
- Wiederherstellung der Längsdurchgängigkeit für Organismen und Sedimente
- Wiederherstellung der Quervernetzung von Fließgewässern und Aue
- Anpassung der Infrastruktur wie Kanalnetz, Brücken, Verkehrswege
- Anpassung der Hochwasserschutzanlagen an die Zielstellung Auenrevitalisierung
- Naturschutzziel-konforme Anpassung von Flächennutzungen in der Aue



Abbildung 5: Der bestehende Handlungsbedarf zur Erhaltung des Leipziger Auensystems in 10 Thesen (aus Wirth et al. 2020)

Was geschieht derzeit?

Gegenwärtig werden vor allem konzeptionelle Grundlagen erarbeitet und kleinere Maßnahmen auf den Weg gebracht:

- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG): Erarbeitung eines naturschutzfachlichen Leitbildes für das Leipziger Auensystem (Ziel: Fertigstellung Mitte 2022); dies ist keineswegs trivial, muss doch oft flächenbezogen abgewogen werden, welches Schutzgut Priorität hat. Dazu ein Beispiel: Auf einigen ursprünglichen Hartholzauenwaldflächen haben sich durch die ausbleibenden Überflutungen Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwälder entwickelt, die als Lebensraumtyp 9160 ebenfalls europarechtlich geschützt sind. Für beide Sachverhalte ist eine naturschutzfachlich untersetzte Entscheidung zu Erhalt oder Rückentwicklung zu treffen.
- Stadt Leipzig / Bundesamt für Naturschutz (Projekt Lebendige Luppe): Erarbeitung eines gesamträumlichen, integrierten Auenentwicklungskonzepts für die Elster-Luppe-Aue im Leipziger Nordwesten (Ziel: Fertigstellung Ende 2023) – siehe Koenzen et al. in diesem Band und unter www.lebendige.luppe.de
- Stadt Leipzig / Bundesamt für Naturschutz: Projekt Lebendige Luppe; Umsetzungsbausteine siehe www.lebendige.luppe.de – Aber: Eingriffe in die „Stellschrauben“ des Gesamtsystems wären prinzipiell möglich, jedoch mit großen Herausforderungen für die Planung verbunden.
- Stadt Leipzig: Projekt Dynamische Aue Südraum Leipzig (plangenehmigt); technisch gekoppelt an ein weiteres Projekt des für den Hochwasserschutz an Gewässern II. Ordnung zuständigen Landesbetriebs (Landestalsperrenverwaltung; planfestgestellt) – Aber: Viel zu geringe Wassermengen und kein Eingriff in die „Stellschrauben“ des Gesamtsystems

- Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL) und LfULG: Schaffung von zwei unbefristeten Stellen für ein „Gesamtkonzept Leipziger Auensystem“

Zusammenfassung und Ausblick: Was ist noch zu tun?

Das Leipziger Auensystem und viele seiner hochwertigen Schutzgüter sind existenziell gefährdet. Hauptursache dafür sind die massiven Defizite im Gebietswasserhaushalt mit einer Entkoppelung von Fluss und Aue. Damit sind seit fast 90 Jahren gravierende, nachteilige Folgen für die Auendynamik verbunden.

Ein naturschutzfachlicher Konsens zum Umgang mit einzelnen Schutzgütern ist in Arbeit. Land und Region leisten Vorarbeiten für eine Auenrevitalisierung. Diese sind aber bei weitem nicht ausreichend und in Geschwindigkeit und Umfang viel zu zögerlich.

Für das Leipziger Auensystem ist jetzt zügiges Handeln geboten, um seine hochwertigen Schutzgüter und seinen großen Wert für Stadtklima, Erholung und Gesundheit der Bevölkerung zu erhalten. Dafür sind zeitnah folgende Schritte erforderlich:

- Wiederherstellung eines autotypischen Gebietswasserhaushalts, Umbau und Umsteuern des „Leipziger Gewässerknotens“ zugunsten der Auenrevitalisierung
- Erweiterung des Auenentwicklungskonzepts auf das gesamte Leipziger Auensystem - optimal unter Einschluss der Bergbaufolgelandschaft südlich von Leipzig und der Elster-Luppe-Aue in Sachsen-Anhalt
- Hydrologische Modellierung des Gesamtgebiets in Kopplung Grund- und Oberflächenwasser, Kanalnetz und Schutzgüter Natur
- Projektträger für das Großprojekt „Auenrevitalisierung“ finden und langfristig finanziell, personell und administrativ absichern sowie ein tragfähiges Projektkonzept erarbeiten
- Erfahrungen anderer Großprojekte nutzen (z. B. als Twinning-Partner von Emschergenossenschaft / Lippeverband im Projekt „MERLIN“)
- Flächeneigentum bzw. Naturschutzziel-konforme Nutzung sichern
- Wissenschaftliches Begleit-Monitoring – langfristig und problemadäquat etablieren
- Öffentlichkeit aktiv einbinden: Alle Akteure - Land, Städte und Landkreise, Behörden, Naturschutzverbände und nicht zuletzt die Bevölkerung – müssen zur Rettung des Auensystems an einem Strang ziehen.

Nicht nur für den Naturschutz steht viel auf dem Spiel, sondern auch für die gesamte Region Leipzig-Halle. Die Umsetzung eines solchen Fluss- und Auenrevitalisierungs-Projekts ist eine große Herausforderung für alle Akteure, die nur gemeinsam gelöst werden kann.

Literatur

- GVO FFH 050E: FFH-Gebiet SCI DE 4639-301 (landesinterne Nr. 050 E) „Leipziger Auensystem“, festgesetzt gemäß der Anlage zu § 1 der Verordnung der Landesdirektion Sachsen zur Bestimmung von Gebieten von gemeinschaftlicher Bedeutung (Grundschutzverordnung Sachsen für FFH-Gebiete) vom 26. November 2012, lfd. Nr.48 (SächsABl 51 vom 20. Dezember 2012, S.1502)
<https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/12635>
- GVO SPA V05: Vogelschutzgebiet SPA DE 4639-451 „Leipziger Auwald“ (landesinterne Nr.5), festgesetzt gemäß der Anlage zu § 1 der Verordnung der Landesdirektion Sachsen zur Bestimmung von Europäischen Vogelschutzgebieten (Grundschutzverordnung Sachsen für Vogelschutzgebiete) [GVO] vom 26. November 2012, lfd. Nr.18 (SächsABl 51 vom 20. Dezember 2012, S.1514)
<https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/12636>
- Kasperidus H.D. & M. Scholz (2011). Auen und Auenwälder in urbanen Räumen. In: Wirth, C., Reiher, A. Zäumer, U. & H.D. Kasperidus (Hrsg.): Der Leipziger Auwald – ein dynamischer Lebensraum. Tagungsband zum 5. Leipziger Auensymposium am 16. April 2011. UFZ-Bericht 06/2011, 26-30.
- Koenzen, U., Steinrücke, J. & F. Löffler (2021): Gesamträumliches, integriertes Auenentwicklungskonzept für die Elster-Luppe-Aue – vom Leitbild zum Entwicklungsziel Auen und Auenwälder in urbanen Räumen. Vortrag, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie, Leipzig, 27.09. - 01.10.2021
- VO LSG: Verordnung des Regierungspräsidiums Leipzig zur Festsetzung des Landschaftsschutzgebietes „Leipziger Auwald“ vom 8. Juni 1998 (SächsGVBl. S. 302), die durch die Verordnung vom 2. Juni 2008 (SächsGVBl. S. 351) geändert worden ist; <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/4916-Festsetzung-LSG-Leipziger-Auwald->
- Schnabel, F., Purrucker, S., Schmitt, L., Engelmann, R. A., Kahl, A., Richter, R., Seele-Dilbat, C., Skiadaresis, G. & C. Wirth (2021). Cumulative growth and stress responses to the 2018–2019 drought in a European floodplain forest. *Global Change Biology*, 00, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16028>
- Wirth, C. Franke, C., Carmienke, I., Denner, M., Dittmann, V., Homann, K., Rudolf, H., Schmoll, A., Scholz, M., Senft, I., Steuer, P., Wilke, T. & A. Zabochnik (2020): Dynamik als Leitprinzip zur Revitalisierung des Leipziger Auensystems. *UFZ-Discussion Papers* 09/2020. 63 S. ISSN 1436-140X
- Wirth, C., Engelmann, R.A., Haack, N., Hartmann, H., Richter, R., Schnabel, F., Scholz, M. & C. Seele-Dilbat (2021): Naturschutz und Klimawandel im Leipziger Auwald: Ein Biodiversitätshotspot an der Belastungsgrenze. *Biodiversity conservation and climate change in the floodplain forest of Leipzig. Biologie in unserer Zeit* 51 (1), 55 – 65.

Weiterführende Literatur auf Anfrage bei den Verfassern.

Bionischer Öladsorber nach dem Vorbild des Schwimmfarns *Salvinia*

*Petra Ditsche*¹, *Mail, M.*^{1,2}, *Beek, L.*³, *Akdere, M.*³, *Klopp, K*⁴, *Barthlott, W.*¹

¹ Nees-Institut der Universität Bonn, ² IT Karlsruher Institut für Technologie, ³ ITA Institut für Textiltechnik, RWTH Aachen, ⁴ Heimbach GmbH

Superhydrophobe Oberflächen, wie die des Schwimmfarns *Salvinia*, weisen erstaunliche Eigenschaften auf. In die stark wasserabweisenden und hierarchisch strukturierten Oberflächen der Blätter gelangt auch im untergetauchten Zustand kein Wasser. Dadurch entsteht zwischen den Schneebesen-förmigen „Haaren“ der Blätter eine Luftschicht, die dauerhaft festgehalten wird. Das Blatt bleibt somit auch im untergetauchten Zustand trocken. Diese Fähigkeit kann bei einigen Tieren und Pflanzen beobachtet werden und wird als „*Salvinia*®-Effekt“ bezeichnet. Durch die Luftschicht erhält der Schwimmfarn erhöhten Auftrieb, der dazu führt, dass die Pflanze gut schwimmt und auch bei Untertauchen immer wieder in Richtung Wasseroberfläche auftreibt. Der *Salvinia*®-Effekt ermöglicht bei Übertragung auf technische Oberflächen viele interessante technische Anwendungen. Neben der viel diskutierten Reibungsreduktion für Schiffe bieten sich weitere Möglichkeiten durch die Fähigkeit zur Adsorption und Oberflächen-Transport von Öl. Kommt die Blattoberfläche mit auf der Wasseroberfläche schwimmendem Öl in Kontakt, wird dieses adsorbiert, ersetzt die Luftschicht und wird zwischen den hierarchischen Strukturen weitergeleitet. Das Prinzip wurde auf bionische, textilbasierte Oberflächen übertragen. Mehrwöchige Versuche zum Öltransport mit dem Funktionstextil zeigen einen sehr schnellen, langanhaltenden Öltransport. Die Ergebnisse ermöglichen die Entwicklung einer neuartigen, umweltfreundlichen Technologie zur Beseitigung von Ölverschmutzungen auf Gewässeroberflächen.

A new global hydrographical dataset at 90m resolution

Sami Domisch¹; Jaime García Márquez¹; Jens Kiesel²; Shen Longzhu³; Tushar Sethi³; Holger Virro⁴; Dean Mehinovic⁵; Giuseppe Amatulli⁶

¹ IGB - Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei; ² Christian-Albrechts-University Kiel; ³ Spatial Ecology; ⁴ University of Tartu; ⁵ independent researcher; ⁶ Yale University

Estimating the current status of global freshwater biodiversity requires a solid understanding of the spatial distribution, temporal dynamics and structure of freshwater habitats. Hence, it is crucial to achieve a globally standardized spatial representation of water bodies at high spatial and temporal resolution. Currently, however, small water bodies, such as headwaters and intermittent streams that harbor rich biodiversity, are not characterized as such in available global geospatial datasets. Here we present a new, globally seamless stream network at 90 m spatial resolution with an emphasis on headwater and intermittent streams. Using the MERIT digital elevation model (DEM) and employing open-source geo-computational data processing tools, we first delineate streams with a minimum static upstream catchment size of 0.02 km². This DEM-derived stream network is further complemented by calculating a suite of upstream environmental variables for each stream reach across a 30 year period. We then use these variables and the Global Streamflow Indices and Metadata (GSIM) Archive within a machine learning framework to estimate monthly discharge across the stream network. This yields a dynamic, time-varying stream network, overcoming the static headwater length and emphasizing possible intermittencies across the network. We will account for lakes, wetlands and dams to yield a global, high-resolution hydrographical dataset. All data and code will be publicly available to enable similar spatial freshwater analyses.

Der Oelbach in Bochum – die Sanierung eines hochbelasteten Fließgewässersystems

Jörg Drewenskus

Obere Wasserbehörde - Bezirksregierung Arnsberg, Dezernat 54: Wasserwirtschaft u. Gewässerschutz, Ruhrallee 1-3, 44139 Dortmund, joerg.drewenskus@bra.nrw.de

Keywords: Urbanisierung, Altlasteneinfluss, Grubenwassereinleitung, Entflechtung, Revitalisierung,

Einleitung

Der Oelbach ist ein Fließgewässer, das im Osten der Stadt Bochum von Bochum-Gehrte über -Harpen / -Werne nach -Langendreer fließt und im heutigen Kemnader Stausee in die Ruhr mündet. Ursprünglich floss er durch die ausschließlich ackerbaulich genutzten Hellwegbörden. Der Oelbach wurde schon früh in der Industrialisierungsphase des Ruhrgebietes im 19. Jahrhundert mit Abwässern des Steinkohlebergbaus und der Nebenproduktgewinnung (Kokereien) belastet. Schon 1904 waren infolge massiver Bergsenkungen umfangreiche wasserbauliche Maßnahmen zur Sicherung des Abflusses und zum Schutz der Bevölkerung vor hygienischen Gefahren sowie vor Hochwasser nötig (Meier, N. & H.-J. Lewer 2012).

Beschreibung des Oelbach

Untersuchungsgebiet

Der Oelbach ist ein nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) berichtspflichtiges Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen, im Ruhrgebiet zwischen den Städten Bochum und Dortmund gelegen. Er ist einer der wenigen größeren Zuflüsse der Ruhr, die aus Norden her der Ruhr im mittleren Ruhrgebiet zufließen. Sein Einzugsgebiet ragt weit in das Einzugsgebiet der Emscher hinein. Die Quelle befindet sich in Dortmund-Bövinghausen. Der Oelbach fließt generalisiert in Nord-Süd-Richtung nach 13,4 km der Ruhr zu. Im Oberlauf ist er zudem die Stadtgrenze zwischen Bochum und Dortmund. Einziger Zufluss aus östlicher Richtung ist der berichtspflichtige Langendreer Bach. Aus westlicher Richtung fließen ihm sieben nicht berichtspflichtige Gewässer zu. Die größeren sind der Gerther Mühlenbach, der Kirchharpener Bach, der Karolinenbach, der Schattbach sowie der Lottenbach. Die preußische Uraufnahme von 1840 (s. Abb. 1 links) zeigt das Gewässereinzugsgebiet absolut landwirtschaftlich geprägt und äußerst dünn besiedelt. Direkte Ortschaften am Oelbach gibt es nicht. Ein nahezu umgekehrtes Bild stellt sich heute dar: sein Einzugsgebiet ist überwiegend mit Siedlungs- als auch Gewerbe-, Industrie- und Verkehrsflächen belegt (s. Abb. 1 rechts).

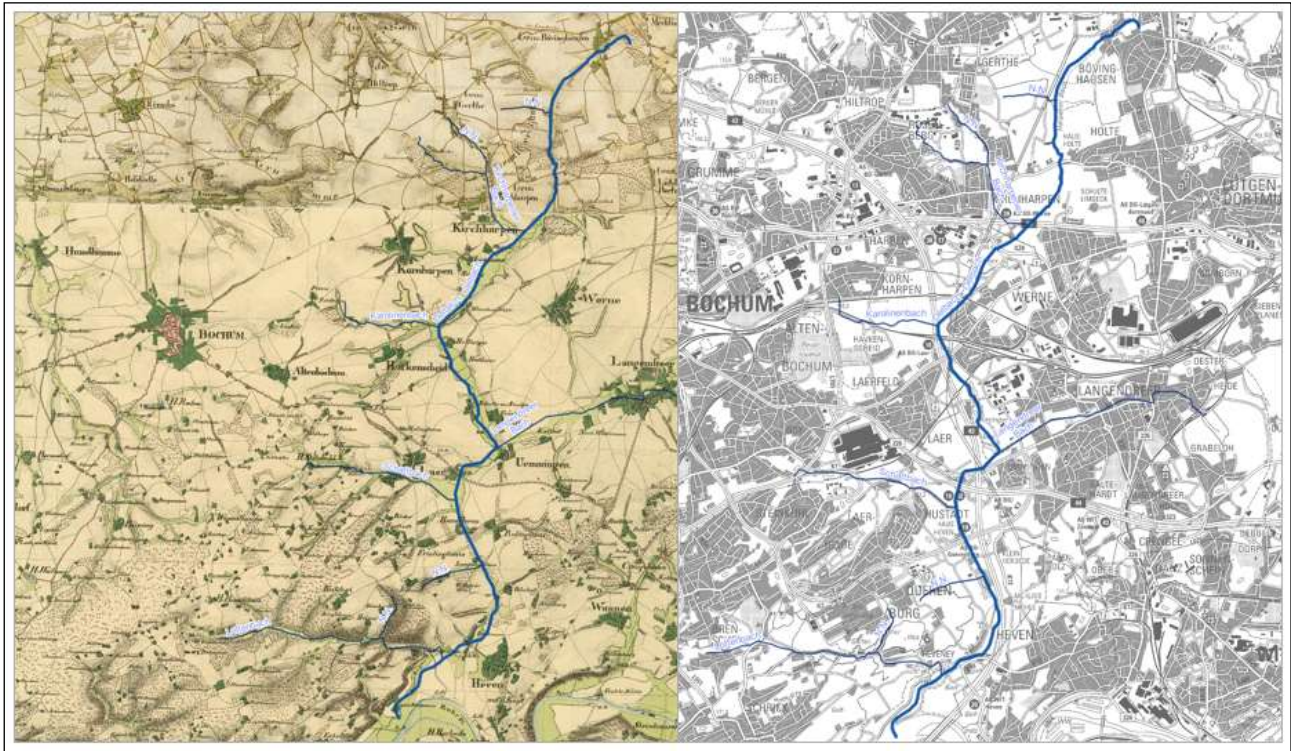


Abb. 1: Oelbach-Einzugsgebiet 1840 (links) und 2020 (rechts), verändert nach Geobasis NRW

Fließgewässerlandschaft, Gewässertyp

Der Oelbach ist als LAWA-Typ 6, feinmaterialreiche carbonatische Mittelgebirgsbäche eingestuft (LAWA 2004). Dies entspricht dem Fließgewässertyp nach NRW-Typologie kleiner Talauebach im Deckgebirge (LUA 1999). Auf der Abbildung wird deutlich, dass der Oelbach in seinem Ober- und Mittellauf in die Lösslehm geprägte Hellweg-Bördenlandschaft eingebettet ist. Alle nordwestlich und nordöstlich entspringenden, berichtspflichtigen Gewässer seiner Umgebung sind diesem Gewässertyp 18 zugeordnet (LAWA 2004).

Wasserbauliche Historie

Die Abb. 2 zeigt den Langendreer Bach um 1904 mit deutlichem Erosionsprofil durch Hochwasser und damals herrschende hygienische Missstände. Dem waren umfangreiche Bergsenkungen im Einzugsgebiet vorangegangen, infolgedessen die Vorflut nicht mehr gewährleistet war, sodass Versumpfungszonen entstanden. Zu dieser Zeit wurden im Einzugsgebiet des Oelbachs 17 Bergwerke, fünf Kokereien und eine Drahtfabrik betrieben. Der natürliche Abfluss wurde mit 2,6 l/s festgestellt. Die Einleitung an Grubenwässern betrug damals schon 50 l/s. Da es nahezu keine Abwasserreinigung gab, konnte das Gewässer nicht mehr zur Viehtränke, zur Fischerei sowie zur Trinkwasserentnahme genutzt werden. Die sich stauenden, giftigen Abwässern der Kokereien als auch der hygienisch bedenklichen häuslichen Abwässer führten bereits um die Jahrhundertwende zu Typhus-Epidemien. Dies wurde zum Anlass genommen, 1904 ein Meliorationsprogramm für das Oelbach-System aufzustellen (Meier & Lewer 2012).



Abb. 2: Langendreer Bach um 1904, Hochwasser und hygienische Missstände, Foto: Archiv Ruhrverband, Essen

In der Abb. 3 (linkes Foto) ist die Mündung des Langendreer Baches (Mitte) mit dem Oelbach (links) dargestellt. Der Langendreer Bach wurde umgeleitet (rechts), um ihn kanalisiert ausbauen zu können. Das rechte Foto zeigt den identischen Standort heute, als immer noch in Sohlshalen (1970er Jahre) fließendes, geradliniges Gewässer.



Abb. 3: Mündung des Langendreer Baches in den Oelbach in den 1920er (links) und 2020 (rechts), Foto links: Archiv Ruhrverband, Essen; Foto rechts: J. Drewenskus (2013)

Die Abb. 4 zeigt die Ausbauarbeiten am Oelbach im Jahre 1926. Das Gewässer liegt zum Ausgleich der starken Bergsenkung im tiefen Einschnitt von 3-4 m. Die Sohle und Ufer sind mit Klinkern ausgemauert.



Abb. 4: Ausbauarbeiten am Oelbach um 1926, Foto: Archiv Ruhrverband, Essen

Im Bereich der Oelbach-Mündung, vor Einleitung in die Ruhr, wurde 1928 durch den späteren Vorstandsvorsitzenden, Karl Imhoff, die Kläranlage Bochum-Oelbachtal des Ruhrverbandes geplant und gebaut (Meier & Lewer 2012). Es wurden Absetzbecken mit gigantischen Ausmaßen realisiert. Der Oelbach wurde mit Betonausbau durch diese Anlage geführt, das war seinerzeit der modernste Gewässerausbau (s. Abb. 5). Im Bereich des heutigen Ümminger Sees wurden damals Klärteiche für den Bergbau betrieben (Meier & Lewer 2012).

In den 1930er Jahren kam es zum Bau der ersten Kläranlage am Langendreer Bach im Bereich der damaligen Zeche Mansfeld, mit sogenanntem Emscherbrunnen und nachfolgenden Absetzbecken zur Kohleschlammgewinnung (Meier & Lewer 2012). Die Ausmauerung der Sohle, das Regelprofil sowie der geradlinige Verlauf sind in Abbildung zu erkennen. 1935 wurde eine Entphenolungsanlage in Betrieb genommen. Neben der Reinhaltung der Gewässer stand natürlich auch die wirtschaftliche Nutzung des Rohstoffes Phenol zur Weiterverarbeitung im Vordergrund.



**Abb. 5: Kläranlage Bochum-Oelbachtal um 1926, Oelbach (links) mit Kohleschlamm-Absetzbecken,
Foto: Archiv Ruhrverband, Essen**

Ab Ende der 1950er Jahre kam es zu ersten Zechenschließungen, bis 1968 das letzte Bergwerk, Robert Müser, im Einzugsbereich des Oelbach stillgelegt wurde (Streich & Voigt 1998). Die ehemaligen Zechen-Klärteiche, die heutigen Harpener Teiche sowie der Ümminger See, wurden 1976 zu Freizeitgewässern umgestaltet und der Oelbach im verbliebenen Freiraum, der als regionaler Grünzug planerisch gesichert ist, mit einem Wegesystem zur Naherholung versehen (Interkommunale Arbeitsgemeinschaft Regionaler Grünzug E 1995).

Heutiger Gewässerzustand

Der Oelbach zeigt aktuell noch naturnahe Biotopstrukturen im Bereich der Quellregion sowie im anschließenden Naturschutzgebiet Oberes Oelbachtal, mit Gehölz- und Waldbereichen (Interkommunale Arbeitsgemeinschaft Regionaler Grünzug E 1995). An der Landesmessstelle bei Haus Holte, Kilometer 10,5; entspricht er seinem NRW-Leitbild (LUA 1999), dem des kleinen Talauebachs im Deckgebirge (s. Abb. 6 links). Wenig später treten auch optisch erkennbare Beeinträchtigungen durch Eisenockereinträge aus einer nahen Bergehalde bei km 9,5 auf (s. Abb. 6 rechts).



Abb. 6: Oelbach bei Haus Holte, Landesmessstelle, km 10,5; Verockerungen aus einer Bergehalde, km 9,5; Foto links: J. Drewenskus (2016), Foto rechts: J. Drewenskus (2015)

Im weiteren Verlauf wird der Oelbach durch Verkehrs- (A 40) sowie umfangreiche Siedlungs-, Industrie- und Gewerbeflächen mit entsprechenden Einleitungen aus Regenüberlaufbecken (RÜB) und Mischwasserentlastungen fortlaufend belastet. Sein Ausbau ist in Sohle und Ufer durch Rasengittersteine gekennzeichnet. Die größte stoffliche und frachtmäßige Belastung erfährt der Oelbach mit der Grubenwasser-Einleitung Robert Müser bei Kilometer 8,6 (s. Abb. 7) im Zuge der Harpener Teiche, die sich von Kilometer 8,9-8,1 erstrecken. Es handelt sich um eine sogenannte Ewigkeitslast des Steinkohlenbergbaus, der hier bis zu 8,7 Millionen m³ im Jahr einleiten darf, gleichbleibend mit einer Temperatur von über 20°. Die durchschnittliche Einleitmenge beträgt weniger als 300 l/s, darf bis zu 600 l/s betragen (Stadt Bochum 2008). An der Einleitungsstelle, die blau-türkis gefärbt ist und in Luftbildern deutlich zu erkennen ist, finden sich daher marine tropische Algen. Die Grubenwasser-Einleitung macht nahezu 90 % des Wasserdargebots im Oelbach System aus (Stadt Bochum 2014). Die chemische Analyse der Zusammensetzung vom 16.07.2018 zeigt eine extreme Natriumchloridkonzentration von 2,2 g/Liter neben einer Calcium- von 153; Barium- von 1,6; Strontium- von 5,4; Bromid- von 2,8; Sulfat- von 132; Hydrogencarbonat- von 842 sowie einer Nitrat-Konzentration von 0,35 mg/Liter (Bezirksregierung Arnsberg 2018).



Abb. 7: Oelbach, Grubenwassereinleitung Robert Müser (ehem. Steinkohlenbergbau) bei km 8,6; Foto links: J. Drewenskus (2013), Foto rechts: J. Drewenskus (2020)

Im weiteren Verlauf des Oelbach-Hauptlaufes gibt es bei Kilometer 7,9 einen etwa 30 m langen Durchlass unter einer Bahnstrecke, dem sich nach unterhalb wieder ein naturnaher Abschnitt anschließt. Bei Kilometer 7,5 kommt es an einem Absturz wegen der hohen Sulfat-Frachten infolge der Grubenwassereinleitung zur Sinter-Bildung (s. Abb. 8 links). Nachfolgend beginnt eine extrem lange Verrohrung von über 600 m unterhalb von DB-Strecken (s. Abb. 8 rechts im Hintergrund) sowie einer Autobahn-Anschlussstelle (A 43).



**Abb. 8: Oelbach, Sinterbildung; km 7,5; über 600 m lange Verrohrung (DB u. A 43) bei km 7,4;
Fotos: J. Drewenskus (2020)**

Nach Austritt aus dieser Verrohrungsstrecke verläuft der Oelbach bei Kilometer 6,6 in einem ausgeprägten Kastenprofil und erreicht bei Kilometer 6,1 den Ümminger See, den er nach 700 m Durchflusslänge wieder verlässt. Unterhalb dieser Stelle mündet der Langendreer Bach ein. Wenige Kilometer weiter unterhalb durchfließt er die Kläranlage Bochum-Oelbachtal mit Schönungsteichen bei Kilometer 1,7; um dann in die Ruhr bzw. den Kemnader Stausee bei Kilometer 1,1 zu münden. Durch den 1978 gebauten Kemnader Stausee (Interkommunale Arbeitsgemeinschaft Regionaler Grünzug E 1995), einem reinen Freizeitsee, wurde der Oelbach-Lauf um 1,1 km verkürzt.

Monitoring-Ergebnisse

Hydromorphologie

Die Ausweisung der Oberflächen Wasserkörper nach EG-WRRL kategorisiert sowohl den Oelbach (Wasserkörper-ID 27692_0) als auch den Langendreer Bach (276924_0) nahezu komplett als erheblich veränderte Wasserkörper (MULNV 2019). Nur der Oberlauf des Oelbach (27692_9061) ist als natürlicher Wasserkörper ausgewiesen. Die Gewässerstrukturgütekartierung von 2012 spiegelt dies auch wieder, nur im Oberlauf finden wir noch gering bis mäßig veränderte Gewässerstrukturen. Im Bereich der erheblich veränderten Wasserkörper ist das Gewässer überwiegend vollständig verändert (MULNV 2019).

Biologie

Die Ergebnisse des biologischen Monitorings für das Modul allgemeine Degradation zeigen im 4. Monitoringzyklus (2015-2018) der WRRL ebenfalls nur die Bewertungsstufe „schlecht“ (MUNLV 2009). Auch im Oberlauf ist aufgrund der stofflichen Belastungen wegen des Ausblutens von Altlasten, der Zustand als „mäßig“ eingestuft.

Die Bewertung des ökologischen Zustandes bzw. des ökologischen Potenzials wird für alle Wasserkörper ausnahmslos mit „schlecht“ angegeben (MULNV 2019).

Erschwerend kommt hinzu, dass am Langendreer Bach keine permanente Wasserführung vorliegt, sondern das Gewässer im Mittellauf komplett in einem Mischwasserkanal geführt wird, und nur bei Niederschlägen eine Wasserführung aufweist.

Chemie

Die chemischen Monitoringergebnisse für das Oelbach-System zeigen stagnierende, hohe Belastungen (LANUV 2019). Im Oberlauf an der Messstelle „bei Haus Holte“ wurden 2016 die Orientierungswerte für Barium, Kupfer, Mangan und Orthophosphat überschritten. An der Messstelle „oh KA Oelbachtal“ wurde 2013 eine PAK-Belastung gemessen. Arsen, Bor, Ammoniumstickstoff und P-Gesamt als auch Chlorid und TOC sind überschritten. Unterhalb der Kläranlage kommen Belastungen durch Mikroschadstoffe aus Arzneimitteln wie Ibuprofen, Diclofenac, Carbamazepin und Erythromycin hinzu (s. Tab. 1).

Tab. 1: Synopse der biologischen und chemischen Gewässeruntersuchungsergebnisse zum Oelbach (2007-2016), Bezirksregierung Arnsberg nach Daten aus GÜS (LANUV 2019) und ELWAS-WEB (MULNV 2019)

			Biologie										Chemie									
Messstellenname	Kat	Monitoringzyklus	Periodes					Phylib					Fische									
			Periodes Saprobie	Periodes all.Degradation	Periodes Versauerung	Periodes Öko.Zustandsklasse	Periodes Allgemeine Degradation ÖP	Periodes Ökol. Zustandsklasse ÖP	Phylib Makrophyten	Phylib Diatomeen	Phylib Sonstiges Phylobenthos	Phylib Gesamtbewertung								LUA - NRW - Verfahren	FIBS Fischfauna	
														Jahr	Chemie	Öko-Chemie	ges.n.verb.Stoffe	ACP	auffällige Parameter			
bei Haus Holte	n	1												-								
		2	1	3		3			3					2010	1	2	3	3	Ba/w 0,07mg/l, Pges/w 0,1 mg/l, Sauerstoff,			
		3	1	3		3			2				5	2013	2	2	3	2	Ba/w 0,09mg/l, As/w 1,2µg/l,			
		4	1	3		3			2		2		5	2016	2	2	3	3	Ba/w 0,07mg/l, Cu/w 1,2µg/l, U/w 0,56µg/l, Mn/w 0,04mg/l, oPO4P 0,07mg/l,			
oh KA Oelbachtal	v	1				3								2007	2	2	5	4	wTemp, Ba/w 0,88mg/l, Zn/w 23µg/l, Bor, Se/w 0,005mg/l, Pges/w 0,12mg/l, Cl/w 1217mg/l,			
		2										5	5	2010	1	3	5	5	Ba/w 0,67mg/l, V/w 2µg/l, Cu/w 4,4µg/l, Ag/w 0,02µg/l, Bor, Se/w 0,002mg/l, Sauerstoff, Cl/w 1148mg/l, Ibuprofen, Diclofenac, 27692_9061_Bio1 + Chemie			
		3		5		5	5	5				5		2013	5	4	5	5	PAK, Temp, Ba/w 1,0mg/l, As/w 2,5µg/l, Bor 0,78 mg/l, NH4-N 8,5 µg/l, Pges 0,1 mg/l, Cl/w 1604 mg/l, TOC 7,7 mg/l,			
		4											5	2016	2	2	5	5	wTemp, Ba/w 0,9mg/l, Cu/w 1,4µg/l, U/w 0,4µg/l, Mn/w 0,07mg/l, Bor 0,7mg/l, NH4N 0,3mg/l, NH3N 12µg/l, Cl2 1128mg/l,			
v Mdg i d Ruhr	v	1								4				2007	2	2	5	5	wTemp, Ba/w 0,35mg/l, Zn/w 20µg/l, Co/w 0,88µg/l, Bor, Se/w 0,006mg/l, NH4N/w 7,3mg/l, Pges/w 0,17mg/l, Pges/w 0,12mg/l, Sauerstoff, Cl/w 477mg/l,			
		2	3	5		5			4	4		5		2010	1	3	5	4	Ba/w 0,23mg/l, Ag/w 0,04µg/l, Zn/w 17µg/l, Bor, NH4N/w 0,73mg/l, Pges/w 0,17mg/l, Sauerstoff, Cl/w 448mg/l, Ibuprofen, Diclofenac, Bezafibrat, Bisoprolol, Carbamazepin, Sulfamethoxazol, Clarithromycin, Erythromycin, Trimethoprim, Atenolol, Sotalol,			
		4												2015	5	2	5	5	wTemp, Ba/w 0,35mg/l, Mo/w 7µg/l, Cu/w 2,8µg/l, Zn/w 12µg/l, Mn/w 0,13mg/l, Ni/w 5µg/l, Bor 0,33mg/l, NO2N 0,09mg/l, NH4N 0,9mg/l, NH3N 12µg/l, Pges 0,28mg/l, Sauerstoff, Cl3 531mg/l, TOC 7,3mg/l,			
die fettgedruckten Messstellenbewertungen wurden auf den WK übertragen																						

die fettgedruckten Messstellenbewertungen wurden auf den WK übertragen

Maßnahmen

Bisher umgesetzte Maßnahmen

Einen Überblick über die bereits durchgeführten Maßnahmen zur Sanierung des Oelbach-Systems gibt Abb. 9. Seit Oktober 2021 ist eine Verbindungsleitung, die sogenannte Grubenwasser-Leitung, die zukünftig im ersten Bauabschnitt die Harpener Teiche mit dem Ümminger See verbindet, im Bau (Stadt Bochum 2018).

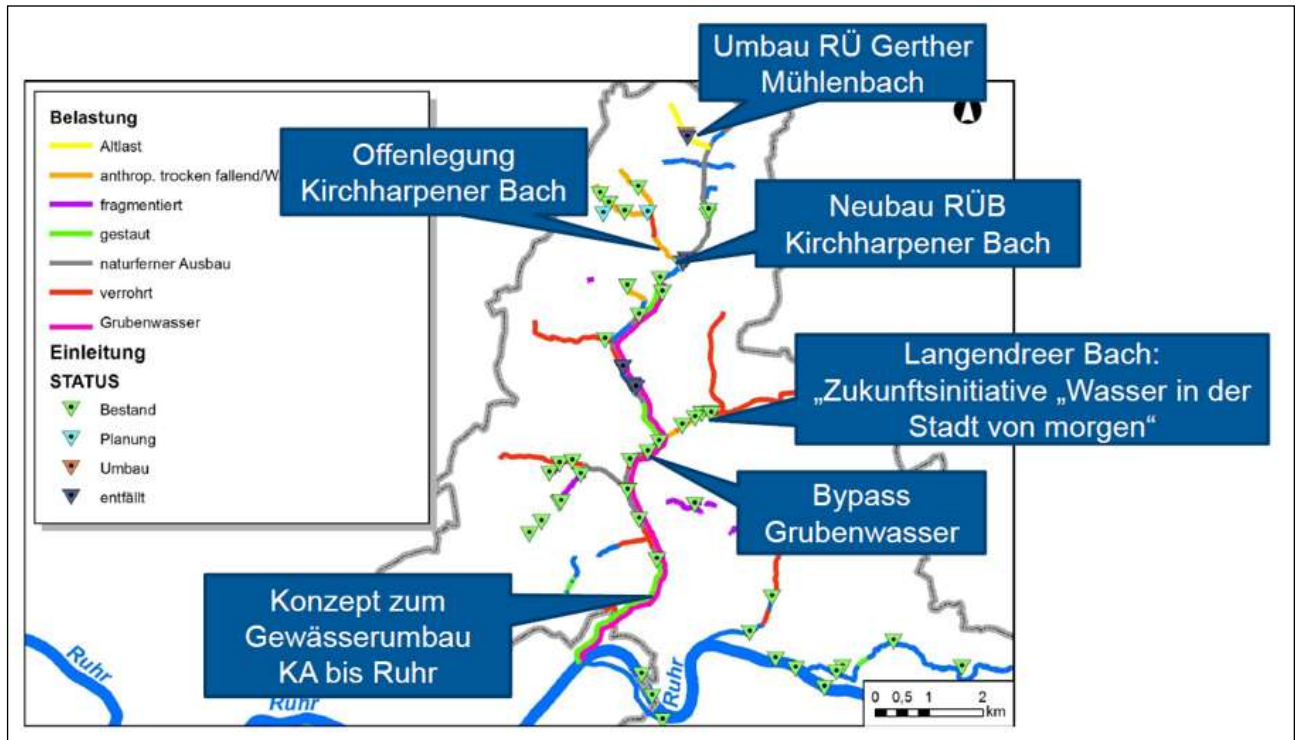


Abb. 9: Projekte des Umbau-Programms Oelbach-System, (© C. Huber, Ruhrverband 2020)

Die Abb. 10 zeigt die 2014 / 2015 erfolgte Gewässer-Offenlegung und Neutrassierung des Kirchharpener Baches auf einer Länge von 600 m, als Lösslehm geprägtes Fließgewässer. Hier wurde eine sehr breite Bachaue geschaffen, die auch Ufer-Anrisse und Sedimentumlagerungen zulässt.



Abb. 10: Kirchharpener Bach, km 9,5; Gewässeroffenlegung und Neutrassierung, Foto links: J. Drewenskus (2015), Foto rechts: J. Drewenskus (2016)

Am Gerther Mühlenbach wurde 2019 die Altlastensanierung mit der Bachsohlen-Abdichtung, Neubau eines Stauraumkanals sowie Neubau eines Bioreaktors mit Pflanzenkläranlage zur Grundwasser-Dekontamination durch die Stadt Bochum mit Förderung des Landes Nordrhein-Westfalen in Betrieb genommen (s. Abb. 11). 2020 erfolgte am Kirchharpener Bach der Neubau eines RÜB durch den Ruhrverband (Ruhrverband 2020).



Abb. 11: Gerther Mühlenbach, km 11,8; Altlastensanierung mit Bachsohlenabdichtung (Foto links), Neubau Bioreaktor und Pflanzenkläranlage mit Kalmus (*Acorus calamus*) zur Grundwasserdekontamination (Foto rechts) Fotos: J. Drewenskus (2019)

Die Harpener Teiche weisen eine Ausdehnung von etwa 6,5 ha (Stauvolumen ca. 70.000 m³) sowie der Ümminger See von 10,4 ha (100.000 m³) auf. Diese Stillgewässer werden zurzeit noch komplett vom Oelbach durchflossen. Eine erstellte Wasserbilanz hat gezeigt, dass beide Stillgewässer ohne die Grubenwassereinleitung (nahezu 90 Prozent des Wasserdargebots) austrocknen würden. Die weit überwiegende Quelle der Gesamtposphorbelastungen sind mit 75 Prozent die Mischwasserabschläge (Stadt Bochum 2008). Ebenso hat sich durch Begutachtung gezeigt, dass ohne die Grubenwassereinleitung häufig kritische Sauerstoffkonzentration und ein deutlicher Anstieg der Ammoniakkonzentration zu befürchten sind (Stadt Bochum 2011).

Beginnend ab Herbst 2022 wird auf der jeweiligen Westseite der Stillgewässer ein Umgehungsgerinne für den Oelbach angelegt und somit die fließende Welle aus den Stillgewässern herausgenommen. Es gibt eine Gewässerneutrassierung mit gewundenem Gewässerverlauf (s. Abb. 12), wie im Umsetzungsfahrplan zur Wasserrahmenrichtlinie vorgesehen, für den natürlichen Mittelwasserabfluss, der kleine bis mittlere Mischwasserentlastungen aufnehmen kann. Hochwasserspitzen mit dann stark verdünnten Mischwasserentlastungen werden mittels Wasserweichen in die Harpener Teiche bzw. den Ümminger See zur Rückhaltung eingeleitet (Stadt Bochum 2018).

Geplante Maßnahmen

In einem späteren, zweiten Bauabschnitt wird das Grubenwasser vom Ümminger See bis zu Ruhr geleitet (s. Abb. 12) und somit die Entflechtung vollständig abgeschlossen sein.

Des Weiteren ist ein Gewässerumbau des Oelbach-Unterlaufs von der Kläranlage bis zur Mündung in die Ruhr mit der Teilaufgabe der Schönungsteiche durch den Ruhrverband vorgesehen. Im Rahmen der Zukunftsinitiative „Wasser in der Stadt von morgen“ soll die Entflechtung und abschnittsweise Öffnung des Langendreer Baches realisiert werden.

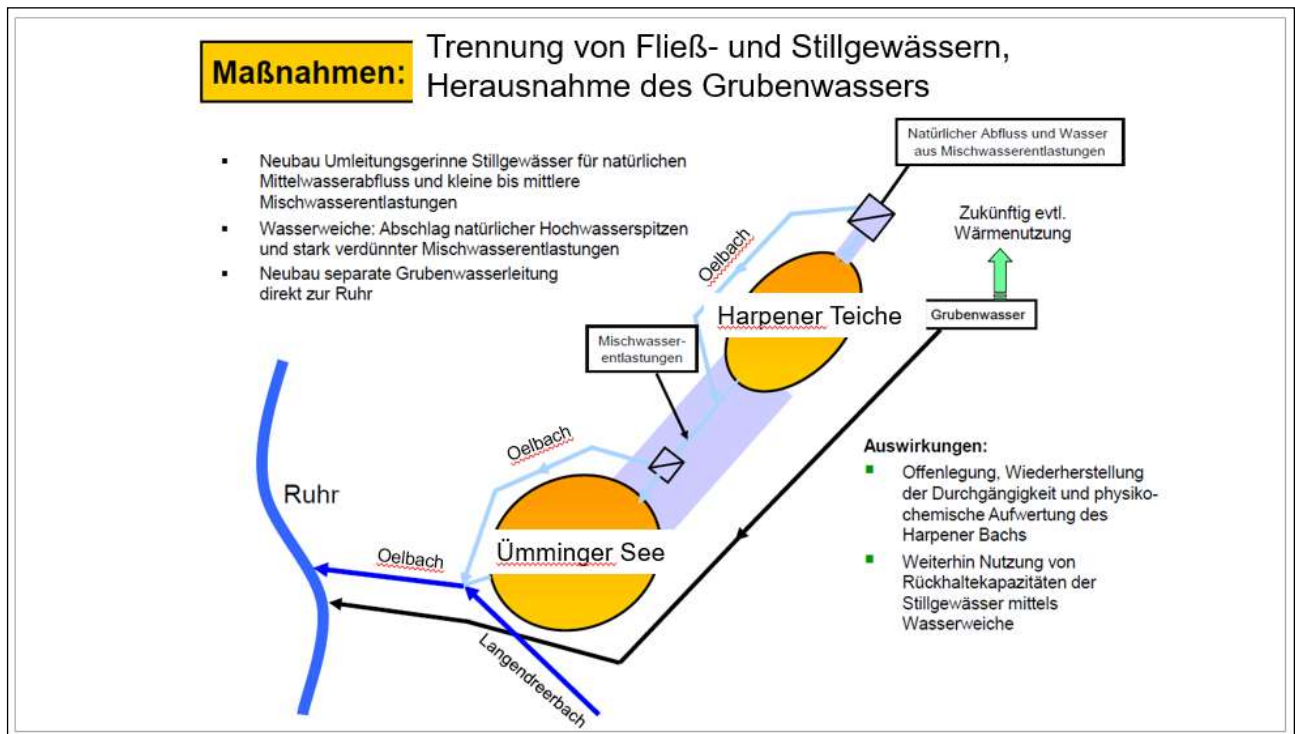


Abb. 12: Schema der begonnen und geplanten Maßnahmen am Ümminger See, Quelle: verändert nach Stadt Bochum (2014 und 18)

Zusammenfassung

Nachdem lange Zeit unklar war, ob und wie der Oelbach die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie jemals erreichen könnte und man 2017 schon die Beantragung von minderschweren Umweltzielen wegen der dauerhaften Bergbaueinleitung erwogen hatte, konnte ein präzise abgestimmtes Maßnahmenprogramm zwischen der Stadt Bochum, dem Ruhrverband und den Wasserbehörden festgelegt werden. Durch die Sanierung von Altlasten, der Herausnahme des Grubenwassers aus dem Fließgewässersystem sowie der weitgehenden Beseitigung stofflicher sowie hydraulischer Missstände scheint das Erreichen des guten Potenzials im Oelbach-System auch mit den in Zukunft noch umzusetzen Maßnahmen möglich.

Danksagung

Ich danke Herrn Joachim Reifenrath und Frau Birgit Schmidt aus meiner Dienststelle für die Zusammenstellung und Aufbereitung der biologischen und chemischen Gewässeruntersuchungsergebnisse zum Oelbach aus dem GÜS des LANUV sowie ELWAS-WEB.

Literatur

- BEZIRKSREGIERUNG ARNSBERG (2018): Auszug aus der chemischen Analyse der Zusammensetzung der Grubenwasser-Einleitung Robert Müser vom 16.07.2018, Abteilung 6, Bergbau und Energie, Bearbeitung: BT-DDA Zentrallabor, Herne; unveröff.,
- INTERKOMMUNALE ARBEITSGEMEINSCHAFT REGIONALER GRÜNZUG E (1995): Grünzug E: Rahmenplan / unter Beteiligung der Städte Bochum, Castrop-Rauxel, Herne und Recklinghausen. Castrop-Rauxel, 26. S.: Ill., + 1 Kt. + Beil.: 1 Kt. Bearbeitung.: Planungsbüro Landschaft u. Siedlung, Recklinghausen
- LANUV (2019): GÜS – Gewässerüberwachungssystem, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, landesintern, Abfragen vom 16.12.2019
- LAWA (2004): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Abschließende Arbeiten zur Fließgewässertypisierung entsprechend den Anforderungen der EU-WRRL - Teil II Endbericht. Bearbeitung: umweltbüro essen
- LUA (1999): Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, (Hrsg.) Leitbilder für kleine bis mittelgroße Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen, Gewässerlandschaften und Fließgewässertypen, (LUA-Merkblatt 17), 86 S., Bearbeitung: Universität Essen, Abteilung Hydrobiologie, Essen.
- MEIER, N. & H.-J. LEWER (Verfasser, 2012): Zeche Mansfeld – wie Urbanus und Colonia zu Mansfeld wurden, Förderverein Bergbauhistorischer Stätten Ruhrrevier e. V. (Hrsg.), Eigenverlag, Dortmund, 400 S.
- MULNV (2019): Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Fachinformationssystem ELWAS (elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW) mit dem Auswertewerkzeug ELWAS-WEB. Düsseldorf, <https://www.elwasweb.nrw.de>, Abfragen vom 16.12.2019
- MUNLV (2009): Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, (Hrsg.): Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer, Teil A, Grundlagen, Probenahme, messstellen- und parameterbezogene Bewertung; Düsseldorf.
- RUHRVERBAND (2020): Integrale Entwässerungsplanung (IEP) für das Einzugsgebiet der Kläranlage Bochum-Oelbachtal - Immissionsbetrachtung, Essen, unveröff.,
- STADT BOCHUM (2008): Rahmenkonzept Ümminger See in Bochum- Zustandsanalyse, Bochum, Bearbeitung: umweltbüro essen / PFI, unveröff.
- STADT BOCHUM (2011): Stoffliche und hydrologische Betrachtung Harpener Bach im Stadtgebiet Bochum, 23 S., Bochum, Bearbeitung: Ingenieurbüro IB Beck, Wuppertal, unveröff.
- STADT BOCHUM (2014): Natur und Freizeit im Grünzug E – Vorplanung Neue Ruhr Gärten mit Renaturierung des Gewässersystem Harpener Bach, 23 S., Bochum, Bearbeitung: umweltbüro essen / Herbstreit Landschaftsarchitekten Bochum,
- STADT BOCHUM (2018): Neuordnung des Gewässersystems Harpener Teiche - Harpener Bach – Ümminger See, Erläuterungen zum Vorhaben / Umweltverträglichkeits-Vorprüfung gem. § 7 UVPG, 24 S., Bochum, Bearbeitung: umweltbüro essen, unveröff.
- STREICH, G. & C. VOIGT (1998): Zechen - Dominanten im Revier. Geschichte - Gegenwart - Zukunft. – Nobel-Verlag, 256 S., Essen

Evaluierung des Zooplankton-Metabarcodings zur Optimierung des gemeinsamen Monitorings der Bodenseeanrainerstaaten

Iris Dröscher; Thorsten Rennebarth; Bernd Wahl

Institut für Seenforschung (ISF) der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW)

Metabarcoding durch Next Generation Sequencing hat sich zu einem etablierten Werkzeug für die schnelle Erfassung der Biodiversität entwickelt und der potentielle Einsatz im Monitoring und in der Bewertung von Oberflächengewässern gemäß Wasserrahmenrichtlinie wird aktuell untersucht und diskutiert. Generell lassen sich zwei Metabarcoding-Verfahren unterscheiden, eDNA-Metabarcoding und Bulk-Metabarcoding. Das eDNA-Metabarcoding zielt dabei auf Umwelt-DNA (d.h. eDNA), also auf genetisches Material, das von Organismen an die Umwelt abgegeben wird, ab. Beim Bulk-Metabarcoding hingegen werden Mischproben von Organismen untersucht. Ziel der vorliegenden Studie war es, ein Bulk-Metabarcoding-Protokoll zum Monitoring der Zooplanktondiversität des Bodensees zu entwickeln. Bulk-Proben enthalten im Gegensatz zu Umweltproben genetisches Material von relativ hoher Qualität und sind daher besonders geeignet, wenn Organismenproben, wie im Falle des Zooplanktons, relativ einfach zu erhalten sind. Im Laufe eines Jahres (November 2019 – November 2020) wurden monatlich fünf bis sechs Messstellen im Pelagial des Hauptwasserkörpers des Bodensees Obersee über den Tiefenbereich von 0 bis 50 m beprobt. Zur molekularbiologischen Charakterisierung der Zooplankton-Artengemeinschaft wurden sowohl die mitochondriale Cytochrom c Oxidase I (COI) als auch die ribosomale Internal Transcribed Spacer (ITS)-Region als Markergene verwendet. Zur Evaluation des Metabarcoding-Verfahrens hinsichtlich der qualitativen und quantitativen Aussagekraft wurden einerseits

- (1) die durch das Metabarcoding gewonnenen Artenlisten mit den auf morphologischen Kriterien basierenden Artenlisten und andererseits
- (2) die taxonspezifischen Sequenzhäufigkeiten mit den artspezifischen Abundanzen verglichen. Die Vorzüge und Schwächen der beiden methodischen Ansätze werden in Bezug auf Cladoceren, Copepoden sowie Rotiferen diskutiert.

Die Ergebnisse liefern eine wertvolle Grundlage für die Optimierung des gemeinsamen Monitorings mit den Bodenseeanrainerstaaten durch Ergänzung der aktuellen Monitoringstrategie mit modernen molekularbiologischen Methoden.

Phytoplankton analysis with multispectral imaging flow cytometry & deep learning

Susanne Dunker

Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ / German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv)

Phytoplankton analyses as part of water quality assessment are traditionally performed with microscopy. Microscopic investigations are of high quality but come with some restrictions like taxonomic expert requirement, difficulties in providing standardized taxonomic knowledge and taking long time, limiting the samples which can be processed in total. A new series of image-based flow cytometers is capable of automatically taking images of particles at a maximum rate of 5000 particles/ sec. Images of referenced species (phytoplankton) can ideally be used for training a deep learning network. First training and validation of a dataset of phytoplankton species similar in size and shape revealed high accuracy (97 %) of correct identification. The innovative combination of high throughput image cytometry and deep learning is therefore suggested as a promising tool to monitor water quality in future. In addition to species identification alone, the method also allows studying phytoplankton traits in detail which is demonstrated for a dataset of laboratory grown species and a natural phytoplankton community in an urban pond in Leipzig. Experimental studies show how intra- and interspecific trait variability is affected by environmental gradients or biotic interactions. Natural phytoplankton samples were collected over the time course of one year and classified either by taxonomy or morphologically based functional groups (MBFG). Both classifications in combination provide a good mechanistic understanding of phytoplankton community dynamics. In addition, detailed trait and image analysis are demonstrated to investigate single cell traits for cyanobacteria and chlorophytes/ euglenophytes and to follow the fate of a cyanobacterial bloom affected by a fungal infection. Furthermore, a great advantage of the measurements is the archivability of microscopic images allowing a comprehensive respective data analysis.

The domino effects of wetland restoration on mosquito populations

Tarja Dworrak & Ellen Kiel

Carl von Ossietzky University Oldenburg, Institute of Biology and Environmental Sciences, Group: Aquatic Ecology and Nature Conservation, Ammerländer Heerstraße 114-118, D-26111, Oldenburg; tarja.viviane.dworrak@uol.de, ellen.kiel@uol.de

Keywords: mosquito, Culicidae, wetland, restoration, conservation

Over the past century there has been a dramatic decrease in wetlands worldwide. In Europe 56.3 % of the wetlands have declined since 1900 (Davidson 2016). Wetland restoration, on the one hand, is fundamental for society and nature. Since 1979 the Federal Agency for Nature Conservation has supported more than 37 large-scale conservation projects with the focus on restoring wetlands. On the other hand, rewetting wetlands often creates habitats, which can serve as breeding sites for mosquitoes, because their immatures can develop in high abundances in lentic pools. Conflicts accumulate, when human settlement is close to the restoration measures. Mosquitoes are well-known as nuisance species and carriers of infectious pathogens. If people are afraid of an increased nuisance and/or disease risk, authorities are obliged to implement mosquito control measures. Conversely, a major problem of a widespread and extensive mosquito control can be the impacts on non-targets species, such as chironomids. These impacts on non-target organisms as well as on trophic networks can operate contrary to the wetland restorations' targets, whose aim is inter alia to increase biodiversity. We need novel and interdisciplinary research that estimates the impacts of conservation measures on mosquitoes and vice versa. Knowledge about the impacts will help to optimize future conservation projects in wetlands and develop an alternative mosquito control that has minor effects on biodiversity.

Therefore, the aim of our research is to analyze if and to what extent nature conservation measures influence mosquito populations. Based on the interdisciplinary framework of the study, we are evaluating our research aim with a combination of vector ecology and social sciences. For the vector ecology part, we assessed the mosquito situation after the conservation measure by sampling adult mosquitoes with CO₂-baited BG-traps (Biogents®, Regensburg, Germany) from May to September and immatures with a standardized dipper (350 ml, BioQuip®, Compton, California, US) from March to September. The sampling was conducted from 2019 to 2021. For the social sciences part, we are distributing questionnaires about the mosquito nuisance perception to the residents living in proximity to the mosquito traps and conservation areas. In the next step, we are comparing the questionnaires' results with the mosquito trap data.

We prepared one case study to present how we are evaluating the two perspectives. In the Leipheimer Moos, located close to Ulm in the Swabian Danube valley in Southern Germany, inundation of a dried-out wetland is done since 2011. In this area we compared restored with degraded study sites in 2020 with adult traps and immatures sampling. No dramatic increase in the mosquitoes has been observed. Additionally, we assessed the captured mosquito species and their biting behaviors, since different biting behaviors influence the mosquitoes' nuisance levels. Overall, the mosquitoes with a very high-nuisance level were *Aedes sticticus* (MEIGEN, 1838) and *Aedes vexans* (MEIGEN, 1830),

two floodwater mosquitoes. However, these two species were also not very abundant in the study area. Our research goal is to evaluate the results from the case studies and questionnaires, in order to develop guidelines for future wetland restoration projects.

Literatur

Davidson, N. (2016): Wetland Losses and the Status of Wetland-Dependent Species. In: Finlayson et al. C.M. (eds.): The Wetland

Thermal Biology of an Alpine Glacial Relict: Proteome Dynamics Following Acclimation Highlight Molecular Mechanisms Underlying Thermal Adaptation

Joshua Ebner¹; Mirjam Wyss; Danilo Ritz²; Stefanie von Fumetti²

¹ Universität Basel; ² University of Basel

Current climate change patterns elicit more frequent and higher temperature extremes in freshwater ecosystems. Currently, associated groundwater warming threatens the biodiversity of alpine spring systems, habitats that are characterized by perennially cold thermal regimes. Populations of species adapted to these historical climates will experience strong selection to respond to these novel regimes. Understanding how thermal adaptation manifests at the molecular level and if cold-adapted organisms show reduced acclimatory capacities are therefore important goals in contemporary ecology. How do we determine if species are cold-adapted and vulnerable to thermal regime changes? And how can we assess stress levels of populations experiencing this change? To address these questions, we probed the thermal biology of the Planarian glacial relict *Crenobia alpina*. We first assessed thermal preferences and metabolic activity by analyzing critical thermal maxima and energy reserves following acclimation. We then characterized *C. alpina*'s proteome and identified molecular mechanisms underlying cold- and warm-acclimation. Specifically, after one week at 8, 11, 14, or 17°C, we applied LC-MS/MS and measured abundance patterns of protein networks. We found that cold temperature induces a pronounced proteome change, with higher abundances of proteins related to oxidative stress, membrane restructuring, cellular transport, and ribosome biogenesis. Following warm acclimation, we observed increased protein abundances related to unfolded protein accumulation, cellular damage, reproduction, development, and the innate immune system. The absence of commonly observed responses to temperature increases such as a heat-shock response indicates reduced acclimatory capacity in this species. This data allowed for the identification of novel biomarker proteins for detecting temperature-induced stress in this and potentially other cold-adapted species. Our results refine our understanding of molecular mechanisms underlying thermal adaptation in basal glacial relicts and support the classification of *C. alpina* as a cold-adapted species that may be particularly vulnerable to changes in the thermal regime of their increasingly vanishing habitats.

Working together towards better predictions - Ensemble lake modeling as a community project

Johannes Feldbauer¹; Thomas Petzoldt¹; Robert Ladwig²; Jorrit Mesman³; Tadhg Moore⁴

¹ TU Dresden; ² University of Wisconsin-Madison; ³ University of Geneva / Uppsala University; ⁴ Virginia Tech

Mechanistic models are important tools in limnology that can be used for scenario analysis, for prediction, or to quantify and study processes in lakes. In the last 40 years a multitude of different models were developed and used, and there was considerable progress in replicating thermal structure of lakes. But in practice, most of the models were hard to set-up, especially for inexperienced users. In consequence, technical and methodological aspects stagnated, not keeping up with the developments in other environmental fields.

Model ensembles, for example, i. e. running multiple models with different model structure, initial conditions and parametrization, are state of the art in weather forecasting and climate modeling. Ensemble modeling can address uncertainty in models and model parameters. In limnology, only few studies used model ensembles, even though they could help to advance knowledge and to resolve communication of uncertainties.

To fill this gap, a work group of the international early-career researcher network AEMON-J (Aquatic Ecosystem MOdelling Network Junior) has been working together on a software package that facilitates the application and evaluation of an ensemble of physical lake models in a user-friendly manner. The R package LakeEnsemblR enables the simple usage of five one dimensional lake models (FLake, GLM, GOTM, Simstrat, MyLake) on the basis of standardized input and forcing files. The package includes functions to calibrate the individual models, and to evaluate and visualize the ensemble outcome.

In the first applications, the ensemble average showed satisfying model performance, even without calibration of the individual models, and was a better predictor for the observed water temperature than every single model alone, which shows the potential of using model ensembles. The talk will demonstrate a practical application of the model ensemble, in which climate warming scenarios for a drinking water reservoir are simulated by using downscaled data from a regional climate model as meteorological forcing.

Biofilm pads - an easy method to manufacture artificial biofilms embedded in an alginate polymer matrix

Patrick Fink¹; Timm Reinhardt²; Jana Moelzner²; Thomas R. Neu¹

¹ Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ; ² Universität zu Köln

Periphytic biofilms are the major resource for many herbivorous invertebrates in both marine and freshwater benthos. They are of crucial importance for benthic food webs, substrate stability, and biogeochemical processes in littoral zones. While the importance of invertebrate grazing on biofilms has been studied extensively using natural, mixed algal communities grown on artificial substrates, there is so far no method available to create defined periphyton communities for these grazing studies. The reason for this is that many benthic algae interact with co-occurring species within the extracellular polymeric substances (EPSs) that form the nonorganismic part of the biofilm. Here, we present a novel method that allows the manufacturing of defined monoculture and multispecies biofilms by using an alginate polymer as artificial EPS structure, into which algal cultures can be embedded. Using confocal laser scanning microscopy, we show that alginate effectively embeds various algal taxa in an EPS matrix that is very similar to natural biofilms. In a grazing experiment, we demonstrate that several common freshwater herbivorous invertebrates can graze these alginate biofilms efficiently. As the method is easy to handle, it allows for highly controlled feeding experiments with benthic herbivores to assess, for example, the role of algal biodiversity on the efficiency of top-down control, the effects of environmental drivers such as nutrients, salinity, or seawater acidification on biofilm community structure, and the impacts of herbivory in benthic communities.

Biogeochemical and microbiological characterization of rust tubercles induced by microbial activity

Annika Fiskal¹; Lipi Raghunatha Reddy¹; Ilona Herrig¹; Sven-Erik Wulf²; Jutta Meier³; Helmut Fischer¹

¹ Federal Institute of Hydrology (BfG); ² BAW Federal Waterways Engineering and Research Institute; ³ University Koblenz-Landau

Biofilms on hydraulic structures can cause serious corrosion processes, often accelerated by microbial activity (microbially influenced corrosion, MIC). Within the project “RimiK” (risk factors and indicators of microbially induced corrosion), we characterized corrosive biofilms occurring on steel structures like bollards, lock gates and sheet pile walls in waterways using biogeochemical and microbiological analysis. To biogeochemically characterize the rust tubercles formed by MIC on high spatial resolution we applied microsensors (Unisense, DK) in the field. Thereby, we recorded profiles of redox potential (Eh), O₂, H₂S and pH with 500 µm spatial resolution. Additionally, we sampled rust tubercles from different water lock sites for DNA extraction and Next Generation Sequencing (NGS) to characterize and compare the microbial community between and within sites involved in MIC.

We found decreasing O₂ concentrations towards the inside of the tubercles, with a maximum penetration depth of ~12 mm. Accordingly, microaerophilic Fe-oxidizers (*Gallionella*) were detected on tubercle surfaces. However, no free H₂S was detected in the tubercle despite NGS results show the presence of sulfate reducers (*Desulfovibrio*). Therefore, H₂S might have been formed but was precipitated with Fe(II) in the tubercle by forming iron sulfides. The pH decreased towards the centre of the tubercle and reached weakly acidic conditions of ~5.5. Redox potential decreased to values of -350 to -500 mV, indicating reducing conditions, in line with the presence of iron reducers (*Geothrix*), sulfate reducers and methanogens (*Methanosaeta*, *Methanoregula*).

The chemical micro-environment within the corrosive biofilms is highly different from the surrounding air/water phase and these unique biogeochemical conditions are also reflected by a distinct microbial community composition within the tubercles.

Overall, the microbial community composition was highly complex and distinct between sites and rust tubercles harbour a high fraction of unique species compared to water and or sediment samples, and even compared to “non-corrosive biofilm” samples.

Mixed in - Sediment migration modulates the structural and functional colonisation of freshly incoming soil from bank erosion

Insa Franzmann¹; José Schreckinger¹; Anna Oprei¹; Michael Mutz¹; Ute Risse-Buhl²

¹ Brandenburg University of Technology Cottbus – Senftenberg; ² Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ Magdeburg

Climate change associated hydrological extremes increase bank and catchment erosion, input of sandy soils into lowland rivers, and in-stream sediment transport in migrating bedforms (ripples and dunes). In these bedforms that can cover 20-100% of the riverbed benthic microbial communities are exposed to high frequent periodic migrating-resting cycles and light regimes. We aimed to clarify the effect of sediment migrating-resting cycle on the microbial activity and structural assembly (bacteria and phototrophs) of i) aquatic sediment and ii) a bank-sediment mixture containing 80% freshly eroded bank soil and 20 % aquatic sediment. Sediment and bank soil were sampled from a lowland sand-bed river. Pure aquatic and mixed sediments were exposed in microcosms to migrating and stationary conditions at 11°C, 14 h dark and 10 h light for 12 days.

Aquatic sediments had initially higher rates of net community production (NCP) and increased continuously to highest rates during the incubation period at stationary conditions. NCP rates of bank-sediment mixture show a lag-period of 5 days, and increase during the incubation is much lower than aquatic sediments. Sediment migration equally limited rates of NCP of aquatic and mixed sediments to 25% of that of the stationary aquatic sediments. In comparison, community respiration in bank-sediment mixture was half as that of stationary aquatic sediments. Interestingly, the colonization dynamics of bank-sediment mixture remained unaffected by sediment migration. Our results indicate that high frequent sediment migration restricted benthic phototrophic and heterotrophic activities of aquatic sediments, which causes implications on the carbon transformation of lowland sand-bed rivers.

Klimawandel und Bundeswasserstraßen: Vorstellung des DAS-Basisdienstes „Klima und Wasser“ mit Fokus auf die Wassergüte von Rhein und Elbe

Marieke Frassl; Claudius Fleischer; Enno Nilson; Helmut Fischer

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Der Klimawandel macht auch vor den Bundeswasserstraßen nicht Halt. Hinweise auf die Auswirkungen des Klimawandels liefern die Extremereignisse der vergangenen Jahre, wie das sommerliche Niedrigwasser im Rhein in 2018 oder das seit 2017 auftretende spätsommerliche Massenaufkommen von Cyanobakterien in der Mosel. Der derzeitige Kenntnisstand zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Bundeswasserstraßen lässt erwarten, dass der aquatische Lebensraum vom Klimawandel deutlich beeinträchtigt sein wird mit Auswirkungen für viele Politik- und Wirtschaftsfelder.

Um den Herausforderungen des Klimawandels rechtzeitig begegnen zu können und dadurch Beeinträchtigungen wo möglich zu mindern, hat die Bundesregierung im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) den DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“ ins Leben gerufen. Der behördenübergreifende Dienst liefert Daten und Beratung zum Klimawandel und dessen Auswirkungen auf die Bundeswasserstraßen und die deutsche Küste. Basierend auf einer einheitlichen Datengrundlage werden Projektionen für die nahe und ferne Zukunft erstellt. Im Rahmen des Dienstes erstellte Wassergüteprojektionen liefern Informationen zu ausgewählten Wassergüteparametern wie Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Chlorophyll-a Konzentration. Die Daten werden über ein Webportal verfügbar gemacht. Der Beitrag stellt die Datenbasis des DAS-Basisdienstes vor und geht auf Projektionen der Wassergüte in Rhein und Elbe ein.

Auswirkungen der letzten Trockenperiode auf die Bewirtschaftung und Rohwasserbereitstellung ausgewählter sächsischer Trinkwassertalsperren

Karin Freier; Tilo Hegewald; Ralf Sudbrack

Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen

Die langanhaltende Trockenperiode der Jahre 2019/20 führte in vielen sächsischen Trinkwassertalsperren zu sehr niedrigen Zuflüssen. An einigen Talsperren konnte zu Beginn der Sommerstagnation das Stauziel nicht erreicht werden. In dem Vortrag sollen die Auswirkungen dieser Situation auf die Rohwasserbereitstellung für die Trinkwasserversorgung vorgestellt werden, indem insbesondere die Entwicklung kritischer wasserwerksrelevanter Parameter betrachtet wird. Es soll ein Einblick gegeben werden, welche Vorkehrungen bei der Landestalsperrenverwaltung Sachsen zur besseren Bewirtschaftung von Trinkwassertalsperren bei Extremereignissen getroffen werden.

Possible pitfalls in fish passage research and how to avoid them

Jürgen Geist¹; Melanie Mueller; Josef Knott; Leonhard Egg; Joachim Pander

¹ TU München

The worldwide expansion of hydropower as well as the need for ecological improvements of riverine biological communities have prompted intensive research and monitoring of fish passage, yet many procedures and protocols have not been sufficiently validated. This presentation investigates some of the most common assumptions and pitfalls in fish passage research and provides concrete recommendations of how they can be avoided. This includes the following examples: (1) the bias introduced by various catching /monitoring techniques, (2) the transferability of findings from fish passage laboratory experiments to real situations, (3) the replacement of experiments with real fish by modeling and sensor fish experiments, (4) the optimization of fish ways for the sole purpose of increasing passage, as well as (5) the assumption that innovative hydropower techniques would always be more fish friendly than conventional ones. A systematic study on the above points comprising nine sites with innovative and conventional hydropower use revealed that (1) even advanced sonar- and camera-based monitoring tools can introduce substantial bias in terms of fish counts and sizes and that net-based catches can result in high injuries and mortalities under certain conditions. They also revealed (2) strong discrepancies in the efficiency of downstream passage fish guiding devices between laboratory and field, as well as (3) between modeling and sensor fish experiments and the damage observed in real fish populations. Moreover, it is suggested that (4) fishways can also have important functions as substitute habitats in addition to their function for fish passage, and that (5) some of the innovative hydropower techniques can result in mortalities higher than in conventional Kaplan or Francis-turbines. All of these findings suggest that the development of standards in fish passage research requires further optimization to increase comparability of data from across sites.

Zeitliche Veränderungen der Makrozoobenthosdiversität in urbanen Fließgewässern – Ergebnisse einer 12-jährigen Monitoringstudie

Diana Goertzen; Anne-Kathrin Schneider; Frank Suhling

TU Braunschweig, Institut für Geoökologie

Urbanisierung hat vielfältige negative Einflüsse auf den Zustand und die Biodiversität von Fließgewässern. Während Langzeitstudien auf eine Erholung der Makrozoobenthosdiversität aufgrund verbesserter Wasserqualität, zumindest in Europa und Nordamerika, hindeuten, stellt sich die Frage, ob und wie eine Zunahme der Makrozoobenthosdiversität auch in urbanen Fließgewässern erreicht werden kann. Im Rahmen eines nun 12 Jahre andauernden Gewässergüte-Monitorings zwischen 2009 und 2020 haben wir an 56 Probestellen in der Stadt Braunschweig regelmäßig Makrozoobenthos-Erfassungen durchgeführt. Anhand dieser Daten haben wir zeitliche Veränderungen der Makrozoobenthosdiversität sowie Faktoren analysiert, die resultierende Muster erklären. Der Artenreichtum nahm über den Untersuchungszeitraum deutlich zu, dies galt sowohl für die Gesamtartenzahl als auch für die Anzahl von Indikatorarten für einen guten Gewässerzustand. Nur an einzelnen Probestellen kam es zu einer signifikanten Verschlechterung. Faktoren wie eine höhere Fließgeschwindigkeit, geringe saprobielle Belastung und naturnahe Sohlstrukturen begünstigten einen hohen Artenreichtum inklusive positiver Entwicklungstrends sowie eine erhöhte Anzahl an Indikatorarten. Dagegen führten stärker degradierte Bedingungen zu einem geringen Artenreichtum und einem erhöhten Vorkommen toleranter Arten. Unsere Ergebnisse lassen darauf schließen, dass sich auch in urbanen Gewässern artenreiche, fließgewässertypische Artengemeinschaften etablieren können, wenn urbane Stressoren abgemildert werden, beispielsweise durch stadtweite Gewässerentwicklungskonzepte, die eine verbesserte Wasserqualität, reduzierte Gewässerunterhaltung und Revitalisierungsmaßnahmen zum Ziel haben.

Ein weiteres interessantes Ergebnis war, dass sich an einigen Probestellen die positiven Entwicklungstrends ab 2018, dem Beginn einer überdurchschnittlichen trockenen Periode, aufhoben oder sogar umkehrten. Hieraus ergeben sich erste Anzeichen, dass Trockenperioden, wie sie zukünftig häufiger auftreten können, dem Erfolg von Gewässerentwicklungsprogrammen negativ entgegenwirken können.

Langzeitentwicklungen in Seen der Mecklenburgischen Seenplatte

Thomas Gonsiorczyk¹, Peter Casper¹, Mark Gessner¹, Michael Hupfer¹, Peter Kasprzak¹, Georgiy Kirillin¹, Rainer Koschel¹, Eckhard Kohlhas² & Ilona Korczynski²

¹ Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (thomas.gonsiorczyk@igb-berlin.de),

² Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern

Keywords: Seen, Klimawandel, Temperatur, pH, Anorganischer Kohlenstoff, Organischer Kohlenstoff

Einleitung

Die Auswirkungen des Klimawandels zeigen weltweit Effekte auf die Langzeitentwicklungen von Seen. Dabei können die Seen je nach Region, Schichtungstyp, Struktur des Einzugsgebietes und des individuellen Trophiegrades unterschiedlich auf die Klimaerwärmung reagieren (Adrian et al. 2009, O'Reilly et al. 2015). Langzeituntersuchungen verschiedener Gewässer können allgemeine, überregionale Trends aufzeigen und ermöglichen Prognosen für die zukünftige Entwicklung der Seen. Mit dem Ziel, solche Trends in unterschiedlichen Seen einer Region zu identifizieren, haben wir limnologische Langzeitdaten von insgesamt acht Seen im Gebiet der Mecklenburgischen Seenplatte erhoben und ausgewertet. Aus den Langzeitentwicklungen dieser Seen lassen sich einige generelle Entwicklungen auch für andere Seen des norddeutschen Tieflands ableiten.

Material und Methoden

Messreihen, die teilweise über 40 Jahre zurückreichen, liegen für den Haussee, den Breiten und Schmalen Luzin im Feldberger Seengebiet sowie für den Tollensesee und den Stechlinsee vor. 20jährige Messreihen physikalischer, chemischer und biologischer Messgrößen existieren für den Tiefwarensee und zwei polymiktische Seen, die Lieps und den Melzer See. Die meisten der untersuchten Seen weisen gegenwärtig einen mesotrophen Zustand auf (Tab. 1). Die beiden polymiktischen Seen sind eutroph (Mz) bis polytroph (Li).

Die Probenahmen erfolgten in der Regel monatlich, mindestens jedoch an 6 Terminen pro Jahr. Zeitweise wurden in den Sommermonaten auch 14 tägige Probennahmen durchgeführt. Die Messung der Temperatur und des pH-Wertes in der Wassersäule erfolgte mit Multiparametersonden (bis 2010: WTW, Weilheim, Germany, ab 2010 YSI, Ohio, USA). Die Sichttiefe wurde mit einer weißen Secchi-Scheibe von 25 cm Durchmesser gemessen.

Die Alkalinität wurde durch Titration bestimmt (DIN EN ISO, 9963-1:1996-02, Titrand 888, Methrom, Filderstadt, Deutschland). Die Bestimmung des anorganischen Kohlenstoffs (TIC = total inorganic carbon) und organischen Kohlenstoffs (TOC = total organic carbon) erfolgte an einem TOC-Analyser (TOC-L Serie, Shimadzu, Kyoto, Japan).

Die Analyse gelöster Anionen (Cl^- , and SO_4^{2-}) und Kationen (Ca^{2+} , Na^+ , K^+) erfolgte mit einem Ionenchromatographen (ICS1000, Dionex, Sunnyvale, USA).

Tab. 1: Morphometrische und trophische Merkmale der acht untersuchten Seen (Schichtungstyp: p = polymiktisch, d = dimiktisch, $z_{\max}$ = maximale Tiefe, z_m = mittlere Tiefe, Trophie-Index nach LAWA 2014)

See	Schichtung	$z_{\max}$ [m]	z_m [m]	Seefläche [km ²]	Trophie-Index (2005) (2020)	
Lieps (Li)	p	3,8	2,4	4,26	4,0 (p1)	3,9 (p1)
Melzer See (Mz)	p	3,9	2,8	0,13	4,2 (p2)	3,5 (e2)
Feldberger Haussee (Hs)	d	12,5	5,8	1,32	3,2 (e2)	2,5 (m2)
Tiefwareensee (Tw)	d	23,6	9,7	1,38	1,5 (o)	2,1 (m2)
Tollenseesee (To)	d	31,2	17,8	17,75	1,8 (m1)	1,8 (m1)
Schmaler Luzin (SL)	d	33,5	14,5	1,46	1,6 (m1)	1,6 (m1)
Breiter Luzin (BL)	d	58,3	22,8	3,37	1,9 (m1)	2,0 (m1)
Stechlinsee (St)	d	69,5	23,3	4,25	1,4 (o)	2,0 (m1)

Ergebnisse

In allen untersuchten geschichteten Seen ist in den letzten 30 Jahren ein zunehmender Trend der sommerlichen Temperaturen im Oberflächenwasser zu verzeichnen, der jedoch meistens nicht signifikant ist (Tab. 2). Die durchschnittliche Erwärmung seit 1991 betrug $0,30 \pm 0,15$ K pro Dekade. Der Einfluss der Klimaerwärmung wird deutlicher, wenn die verfügbaren Daten seit Ende der 70er Jahre berücksichtigt werden. Die durchschnittliche Erwärmung liegt dann bei $0,58 \pm 0,05$ K pro Dekade.

Tab. 2: Sommerliche Temperaturzunahme (λT) im Oberflächenwasser (Mittelwert 0-5, Haussee: 0-3 m) der untersuchten geschichteten Seen seit 1991 (Juli/August-Mittelwerte).

See	St	BL	SL	To	Tw ¹⁾	Hs
λT [K Dekade ⁻¹]	0,46	0,28	0,48	0,10	0,18	0,31
Signifikanzniveau, p	0,081	0,335	0,049	0,762	0,626	0,282
Beobachtungsbeginn	1981 ²⁾	1978	1981	1977		1978
λT [K Dekade ⁻¹]	0,63	0,58	0,50	0,58	-	0,61
Signifikanzniveau, p	0,005	0,016	0,008	0,014	-	0,001

¹⁾ Werte ab 1998, ²⁾ Werte aus Lathrop et al. (2019)

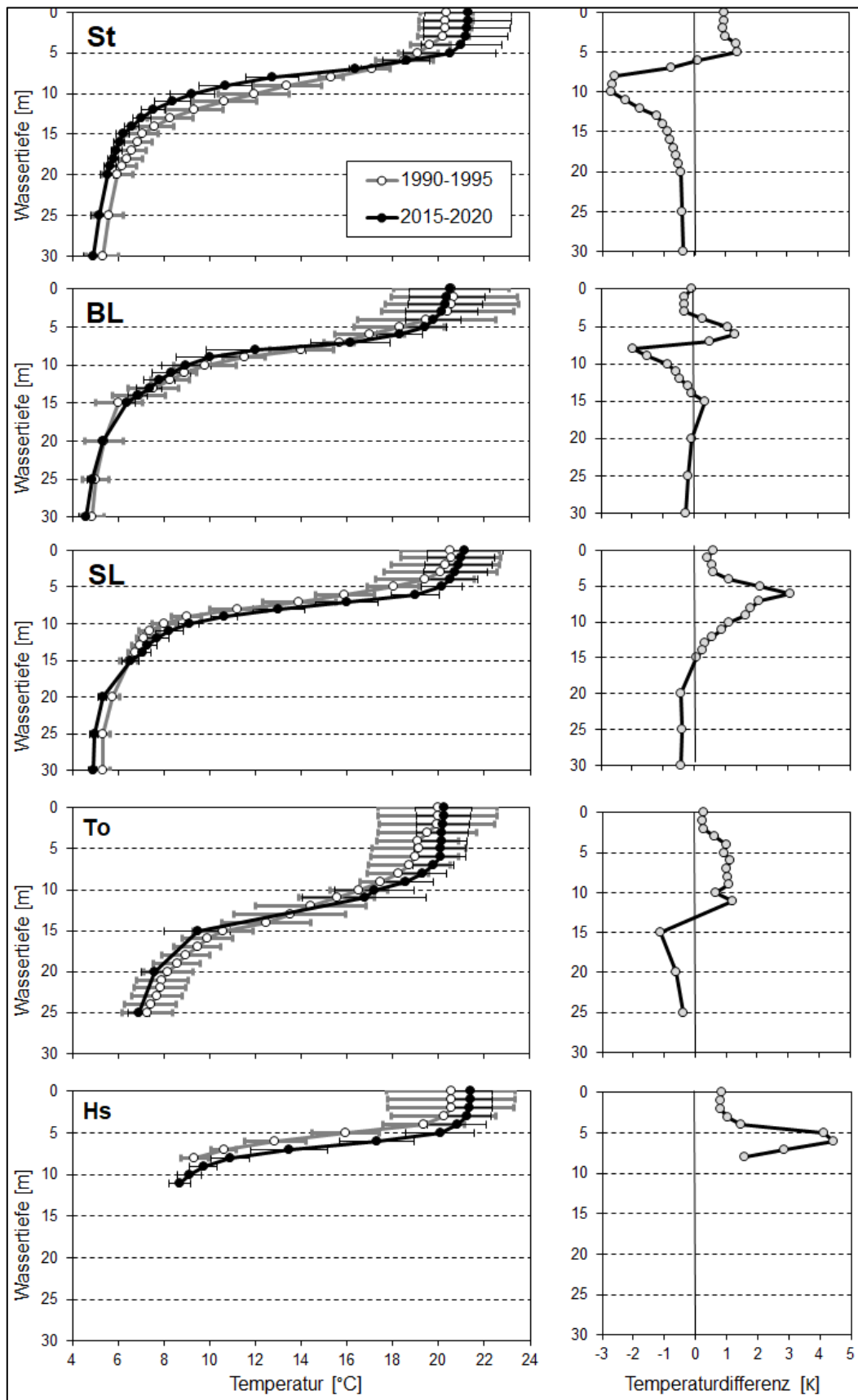


Abb. 1: Vergleich der mittleren Temperaturprofile im Sommer (Juli/August) im Zeitraum 1990-1995 und 2015-2020 in den untersuchten geschichteten Seen, Rechte Abbildungen: Temperaturdifferenz zwischen den mittleren Temperaturprofilen von 1990-1995 und 2001-2015 (Tw: keine Daten für 1990-1995).

Der Vergleich der sommerlichen Temperaturprofile in den Zeiträumen 1990-1995 und 2015-2020 zeigt, dass die größte Temperaturzunahme nicht an der Wasseroberfläche erfolgte, sondern in tieferen Wasserschichten im Bereich der Thermokline (Abb. 1). Im Stechlinsee, den beiden Luzinseen und im Haussee wurde die größte Temperaturzunahme in Wassertiefen von 4-6 m ermittelt, wobei im Schmalen Luzin und im Tollensesee eine Erwärmung des Wasserkörpers bis in eine Wassertiefe von etwa 12 m nachweisbar war. Im Stechlinsee und Breiten Luzin kam es im Metalimnion dagegen zu einer deutlichen Temperaturabnahme. Im Bereich der maximalen Wassertiefe war, mit Ausnahme des Haussees, in allen untersuchten Seen ein abnehmender Trend der Temperaturen zu verzeichnen.

Im Stechlinsee kam es im Untersuchungszeitraum zu einer Abnahme der Sichttiefen, im Breiten Luzin, Tollensesee, Tiefwarenssee und der Lieps blieben die Sichttiefen weitgehend konstant und im Schmalen Luzin, Haussee und Melzer See war eine Zunahme der Sichttiefen zu verzeichnen (Tab. 3).

Tab. 3: Jahresmittelwerte der Sichttiefen in den untersuchten Seen [m].

Zeitraum	St	BL	SL	To	Tw	Hs	Mz	Li
1990-1995	8,3 ± 0,2	3,7 ± 1,0	5,1 ± 1,7	5,0 ± 0,7	5,0 ± 0,6 ¹⁾	1,2 ± 0,4	0,4 ± 0,1 ¹⁾	0,6 ± 0,1
2015-2020	5,9 ± 0,8	3,4 ± 0,3	8,1 ± 0,7	6,1 ± 1,0	5,8 ± 1,7	2,8 ± 0,2	1,2 ± 0,1	0,6 ± 0,1

¹⁾ Mittelwert 2001-2005

In allen untersuchten Seen ist seit 2005 ein signifikant abnehmender Trend der pH-Werte im Oberflächenwasser (0 m) zu verzeichnen (Abb. 2). Die durchschnittliche pH-Wert-Abnahme betrug $0,18 \pm 0,05$ Einheiten pro Dekade.

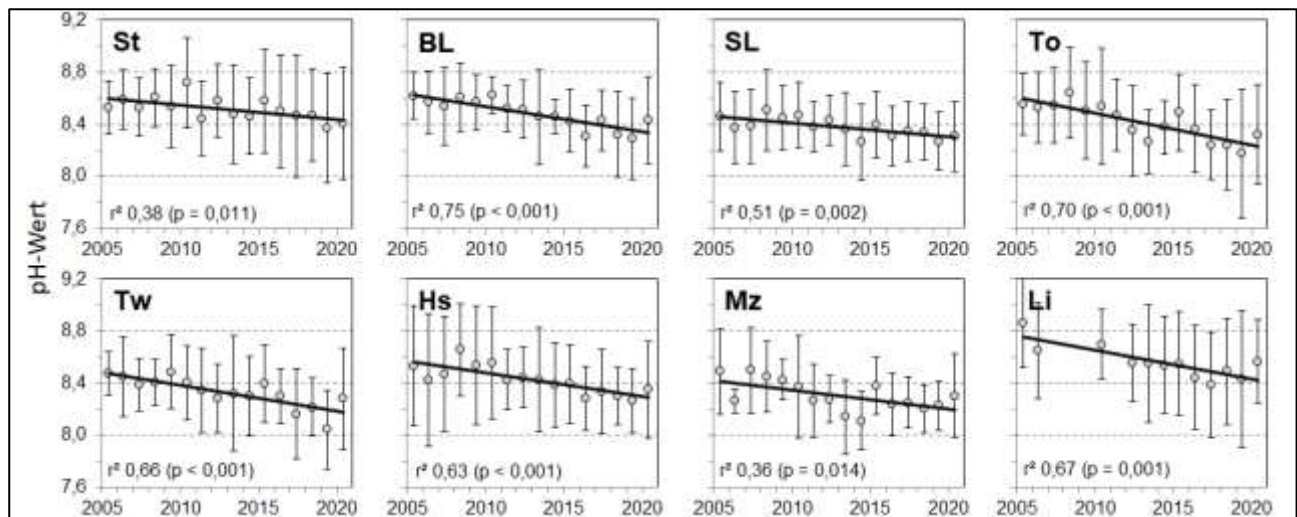


Abb. 2: Entwicklung der Jahresmittelwerte der pH-Werte im Oberflächenwasser (0 m) der acht untersuchten Seen (2005-2020).

In den meisten untersuchten Seen wurde ein zunehmender Trend der TIC-Konzentrationen festgestellt (Abb. 3). Einzige Ausnahme bildet der Stechlinsee, in dem die TIC-Konzentrationen weitgehend konstant geblieben sind. Die durchschnittliche TIC-Zunahme (ohne St) betrug $0,32 \pm 0,13 \text{ mg C L}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Die geringsten TIC-Konzentrationen wurden im Stechlinsee mit $20,7 \pm 1,1 \text{ mg L}^{-1}$ ermittelt (Mittelwert 1996-2020). Im Feldberger Seengebiet (BL, SL und Hs) lagen die TIC-

Konzentrationen bei durchschnittlich $28,1 \pm 0,6 \text{ mg L}^{-1}$ und im Tollense- und Tiefwareensee bei $31,9 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$. Die höchsten TIC-Konzentrationen wurden in den beiden polymiktischen Seen (Li und Mz) mit $38,6 \pm 3,2 \text{ mg L}^{-1}$ ermittelt. Entsprechend wurde im Stechlinsee eine geringere Alkalinität ($1,75 \pm 0,17 \text{ mmol L}^{-1}$) ermittelt als in den Feldberger Seen ($2,29 \pm 0,01 \text{ mmol L}^{-1}$) und im Tollense- und Tiefwareensee ($2,64 \pm 0,11 \text{ mmol L}^{-1}$). Die höchste Alkalinität wurde mit durchschnittlich $3,12 \pm 0,28 \text{ mmol L}^{-1}$ in den polymiktischen Seen gefunden.

Auch bei den TOC-Konzentrationen wurde in allen untersuchten Seen ein zunehmender Trend festgestellt (Abb. 4). Die durchschnittliche Zunahme betrug $0,18 \pm 0,05 \text{ mg C L}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Auffällige TOC-Maxima wurden in allen untersuchten Seen im Jahr 2011 festgestellt. Die geringsten TOC-Konzentrationen wurden im Stechlinsee mit $5,8 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$ ermittelt (Mittelwert 1996-2020). In den beiden Luzinseen (BL und SL) und im Tollensesee lag die TOC-Konzentration bei durchschnittlich $7,5 \pm 0,6 \text{ mg L}^{-1}$ und im Haussee und Tiefwareensee bei $10,9 \pm 0,6 \text{ mg L}^{-1}$. Die höchsten TOC-Konzentrationen wurden in den beiden polymiktischen Seen (Li und Mz) mit durchschnittlich $15,5 \pm 1,2 \text{ mg L}^{-1}$ ermittelt.

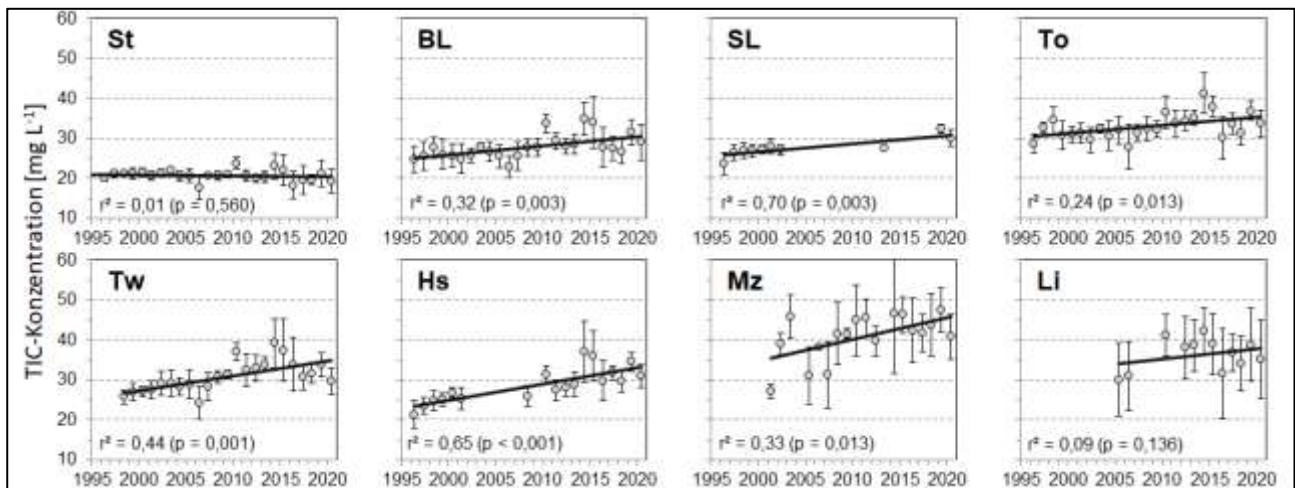


Abb. 3: Entwicklung der TIC-Konzentrationen im Oberflächenwasser der acht untersuchten Seen (Mischprobe Epilimnion).

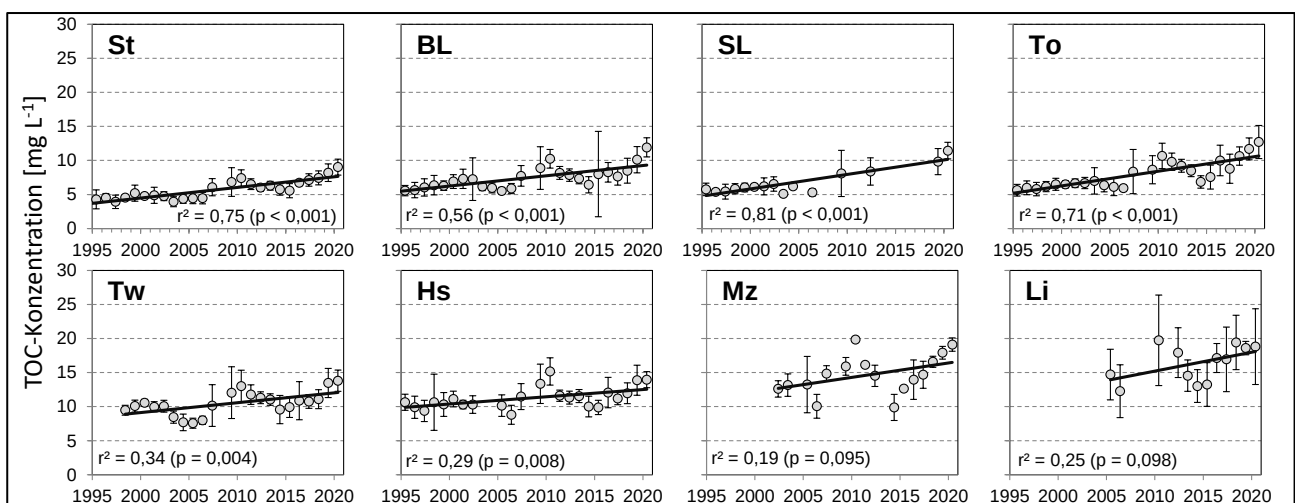


Abb. 4: Entwicklung der TOC-Konzentrationen im Oberflächenwasser der acht untersuchten Seen (Mischprobe Epilimnion).

In den Feldberger Seen (BL, SL und Hs) und im Tollensesee kam es in den letzten 20 Jahren auch zu einem signifikant zunehmenden Trend der Ca^{2+} -Konzentrationen (nicht dargestellt). Die durchschnittliche Ca^{2+} -Zunahme lag in diesen Seen bei $0,31 \pm 0,04 \text{ mg Ca}^{2+} \text{ L}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

In den meisten Seen wurde außerdem eine signifikante Abnahme der SO_4^{2-} -Konzentrationen um durchschnittlich $0,8 \pm 0,8 \text{ mg SO}_4^{2-} \text{ L}^{-1} \text{ a}^{-1}$ festgestellt (Minimum: $0,13 \text{ mg SO}_4^{2-} \text{ L}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im SL, Maximum: $2,33 \text{ mg SO}_4^{2-} \text{ L}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im Tw).

Diskussion

Die in den untersuchten dimiktischen Seen festgestellte sommerliche Temperaturzunahme (1991-2020: $0,30 \pm 0,15 \text{ K pro Dekade}$, Tab. 1) liegt etwas niedriger wie die durchschnittliche Zunahme der Jahresmittel-Temperatur in Mecklenburg-Vorpommern (1991-2020: $0,51 \text{ K pro Dekade}$; www.wetterkontor.de). Bei zusätzlicher Berücksichtigung der Daten aus den 80er Jahren ergibt sich für die Feldberger Seen (BL, SL und Hs), den Tollensesee und Stechlinsee jedoch eine höhere Temperaturzunahme von $0,58 \pm 0,05 \text{ K pro Dekade}$, die höher liegt wie die Zunahme in mehr als 200 weltweit untersuchten Seen, in denen zwischen 1985-2009 eine durchschnittliche Erwärmung um $0,34 \text{ K pro Dekade}$ festgestellt wurde (O'Reilly et al. 2015). Da es sich bei den ausgewerteten Temperaturdaten nur um punktuelle Messungen handelt sind die berechneten Temperaturzunahmen sehr stark von kurzfristigen Wetterschwankungen beeinflusst. Die Sommermittelwerte im Juli und August repräsentieren jedoch einen Zeitraum, in dem die Temperaturen im Epilimnion ein Maximum erreichen (Lathrop et al. 2019). Auch tageszeitliche Schwankungen der Oberflächentemperatur sollten einen geringen Einfluss auf die Streuung der Messwerte haben, da die Sondenmessungen immer vormittags (i. d. R. um ca. 10:00 Uhr) stattfanden.

Der Befund, dass die größte Erwärmung in der Wassersäule zumeist im Bereich der Thermokline zu verzeichnen war (Abb. 1), deutet darauf hin, dass sich die Thermokline in den untersuchten Seen in tiefere Wasserschichten verlagert hat. Ein höherer Wärmetransport in tiefere Wasserschichten kann sich durch einen höheren Wärmeeintrag und turbulente Durchmischung ergeben, er kann aber auch die Folge einer Zunahme der Sichttiefen sein, in dem das Sonnenlicht tiefer in den Wasserkörper eindringt (Shatwell et al. 2016). Im Schmalen Luzin kam es zwischen 1990 und 2020 zu einer deutlichen Zunahme der Sichttiefen (Tab. 3), wodurch sich auch die tieferen Wasserschichten stärker erwärmen konnten. Auch im Tollensesee war eine Erwärmung des Wasserkörpers bis in eine Tiefe von mehr als 10 m nachzuweisen. Die Epilimniontiefe ist in dem sehr windexponierten Tollensesee allerdings sehr variabel und kann in den Sommermonaten zwischen 4 bis 13 m liegen.

Der abnehmende Trend der Temperaturen im Hypolimnion der untersuchten, tieferen Seen ($> 20 \text{ m}$) ist höchstwahrscheinlich ein auf ein frühzeitigeres Einsetzen der Sommerstagnation zurückzuführen, wodurch kälteres Tiefenwasser früher im Jahr vom warmen Oberflächenwasser überschichtet wird. Für den Stechlinsee wurde zwischen 1958 bis 2010 ein früheres Einsetzen der Sommerschichtung um $3,8 \text{ d pro Dekade}$ berechnet (Kirillin et al. 2013) und die Temperatur in 60 m Wassertiefe hat zwischen 1972 bis 2020 um $0,26 \text{ K pro Dekade}$ abgenommen (Novemberwerte, $r^2 = 0,33$, $p < 0,001$). Im Stechlinsee und Breiten Luzin wurde zwischen 1990-2020 auch eine deutliche Temperaturabnahme im Metalimnion in Wassertiefen von etwa 8-10 m beobachtet, die sich ebenfalls durch einen frühzeitigeren Beginn der Sommerschichtung erklären lässt. Durch die höheren Temperaturgradienten kommt es dabei auch zu einer Zunahme der Schichtungsstabilität. Im Stechlinsee kam es zwischen 1990 und 2020 auch zu einer deutlichen Abnahme der Sichttiefen (Tab. 3), was ebenfalls zu einem geringeren Wärmetransport in das Metalimnion beigetragen hat.

Der in allen untersuchten Seen seit 2005 beobachtete Trend einer pH-Wert-Abnahme (Abb. 2), könnte mit einer geringeren CO₂-Assimilation des Phytoplanktons infolge einer Trophieabnahme im Zusammenhang stehen. Dieser These widerspricht jedoch, dass der Trophie-Index in den meisten untersuchten Seen zwischen 2005-2020 weitgehend konstant geblieben ist und im Stechlinsee und Tiefwarensee sogar zugenommen hat (Tab. 1). Lediglich im Haussee und im Melzer See ist es im Untersuchungszeitraum zu einer Verringerung der Trophie gekommen. Es ist somit anzunehmen, dass der in allen Seen beobachtete Trend einer pH-Abnahme nicht auf trophische Änderungen in den Seen zurückzuführen ist. Vielmehr deutet der einheitliche Trend der pH-Abnahme auf eine überregionale Ursache hin. Für die Weltmeere wurde die anthropogene Versauerung durch die Zunahme der CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre beschrieben (Orr et al. 2005). Dieser Prozess ist möglicherweise auch in limnischen Gewässern von Bedeutung (Phillips et al. 2015). Die in den untersuchten Seen ermittelte durchschnittliche Abnahme der pH-Werte ($0,18 \pm 0,05$ Einheiten pro Dekade) liegt etwas höher als in vier Talsperren in Deutschland beobachtet wurde ($0,1 \pm 0,04$ Einheiten pro Dekade, Weiss et al. 2018).

Der abnehmende Trend bei den pH-Werten kann auch für die Zunahme der TIC-Konzentrationen mitverantwortlich sein, indem eine verstärkte Rücklösung von Calciumcarbonat begünstigt wird. Auch die Ca²⁺-Konzentrationen zeigen in den meisten untersuchten Seen einen zunehmenden Trend und die daraus kalkulierte Rücklösung von CaCO₃ kann bis zu 47 % der DIC-Zunahme erklären. Eine weitere Ursache für die Zunahme der TIC-Konzentrationen kann auch in der Zunahme der TOC-Konzentrationen liegen, indem DOC von Mikroorganismen zu DIC mineralisiert (Sobek et al. 2005) und/oder durch Fotooxidation zu DIC und organischen Säuren abgebaut wird (Bertilsson & Tranvik 2000).

Die in allen untersuchten Seen festgestellte Zunahme der TOC-Konzentrationen (Abb. 4) ist auch in vielen anderen Gewässern Europas und Nordamerikas beobachtet worden, wobei die Ursachen als auch die Auswirkungen sehr komplex sind (Meyer-Jacop et al. 2019, Williamson et al. 2015). In den untersuchten Seen lag die durchschnittliche TOC-Zunahme ($0,18 \pm 0,05$ mg C L⁻¹ a⁻¹) in einem ähnlichen Bereich wie in zahlreichen Seen Skandinaviens und Großbritanniens ($> 0,15$ mg C L⁻¹ a⁻¹, Monteith et al. 2007), aber deutlich höher als in 44 ehemals versauerten Seen in Ontario ($0,05$ mg C L⁻¹ a⁻¹, Hall et al. 2021). In vielen Seen wird die Zunahme der DOC-Konzentrationen mit der Abnahme der SO₂-Emissionen bzw. der SO₄²⁻-Deposition in die Gewässer in Zusammenhang gebracht (Monteith et al. 2007). Mit der Zunahme der pH-Werte in den ehemals von „sauren Regen“ betroffenen Gebieten nimmt die Löslichkeit und Mobilität des DOC in den Böden wieder zu und es kommt zu einem „re-browning“ der Gewässer. Auch in den hier untersuchten Seen waren in den letzten 20 Jahren abnehmende Trends bei den SO₄²⁻-Konzentrationen zu verzeichnen. Erhöhte DOC-Einträge werden oftmals auch mit vermehrten oder intensivierten Niederschlägen in Verbindung gebracht, die im Allgemeinen zu einem höheren DOC-Eintrag in die Gewässer führen (Brothers et al. 2014). Trockenperioden und Wasserspiegelabsenkungen können jedoch ebenfalls die DOC-Produktion in Böden durch verbesserte Sauerstoffverfügbarkeit erhöhen, aber auch den mikrobiellen Abbau hemmen, wenn es zu trocken wird (Porcal et al. 2009). In den untersuchten Seen konnte kein direkter Zusammenhang zwischen den Jahressummen der Niederschläge und den TOC-Konzentrationen im Oberflächenwasser festgestellt werden. Auffällig sind jedoch die TOC-Maxima in allen Seen im Jahr 2011 (Abb. 4). Sie folgten nach zwei relativ niederschlagsarmen Jahren (2008 und 2009: $\varnothing$ 505 mm a⁻¹), gefolgt von zwei niederschlagsreichen Jahren (2010 und 2011: $\varnothing$ 730 mm a⁻¹) in Mecklenburg-Vorpommern (Mittel zwischen 1980 und 2020: 616 ± 94 mm, www.wetterkontor.de), die möglicherweise zu überdurchschnittlichen TOC-Einträgen in die Seen geführt haben.

Fazit

Trotz großer hydrologischer, morphometrischer und trophischer Unterschiede der untersuchten Seen wurden einheitliche Trends einer pH-Abnahme und einer TIC- und TOC-Zunahme gefunden. Es ist anzunehmen, dass die beobachteten Veränderungen zusammenhängen und eine überregionale Ursache haben. Eine mögliche Ursache könnte im Klimawandel liegen. In allen Seen konnte ein zunehmender Trend der sommerlichen Temperaturen im Oberflächenwasser festgestellt werden.

Literatur

- Adrian, R. O'Reilly, C. M., Zararese, H., Baines, S. B., Hessen, D. O., Keller, W., Livingstone, D. M., Sommaruga, R., Straile, D., Van Donk, E., Weyhenmeyer, G. A. & Winder, M. (2009): Lakes as sentinels of climate change. *Limnol. Oceanogr.* 54: 2283-2297.
- Bertilsson, S. & Tranvik, L. J. (2000): Photochemical transformation of dissolved organic matter in lakes. *Limnol. Oceanogr.* 45: 753-762.
- Brothers, S. Köhler, J., Attermeyer, K., Grossart, H. P., Mehner, T., Meyer, N., Scharnweber, K. & Hilt, S. (2014): A feedback loop links brownification and anoxia in a temperate, shallow lake. *Limnol. Oceanogr.* 59: 1388-1398. et al. 2014
- DIN EN ISO, 9963-1:1996-02: Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der Alkalinität – Teil 1: Bestimmung der gesamten und zusammengesetzten Alkalinität (ISO 9963-1:1994), Deutsche Fassung EN ISO 9963-1:1995. 24.
- Hall, L. J., Emilson, E. J. S., Edwards, B. Watmough, S. A. (2021): Patterns and trends in lake concentrations of dissolved organic carbon in a landscape recovering from environmental degradation and widespread acidification. *Sci. Total Environ.* 765: 142679.
- Kirillin, G., Shatwell, T. & Kasprzak, P. (2013): Consequences of thermal pollution from a nuclear plant on lake temperature and mixing regime. *J. Hydrol.* 496 (), 47-56.
- Lathrop, R. C., Kasprzak, P., Tarvainen, M., Ventelä, A.-M., Keskinen, T., Koschel, R. & Robertson, D. M. (2019): Seasonal epilimnetic temperature patterns and trends in a suite of lakes from Wisconsin (USA), Germany, and Finland. *Inland Waters* 9: 471-488.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (2014): Trophiklassifikation von Seen. Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen. Kulturbuchverlag, Berlin. 34 S.
- Meyer-Jacop, C. Michelutti, N., Paterson, a. M., Cumming, B. F., Keller, W. & Smol, J. P. (2019): The browning and re-browning of lakes: Divergent lake-water organic carbon trends linked to acid deposition and climate change. *Sci. Rep.* 9: 16676.
- Monteith, D. T., Stoddard, J. L., Evans, C. D., de Wit, H. A., Forsius, M., Høgåsen, T., Wilander, A., Skjelvåle, B. L., Jeffries, D. S., Vuorenmaa, J., Keller, B., Kopáček, J. & Vesely, J. (2007): Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. *Nat.* 450: 537-540.
- O'Reilly, C. M., Sharma, S. Gray, D. K., Hampton, S. E., Read, J. S., Rowley, R. J., Schneider, P., Lenters, J. D., McIntyre, P. B., Kraemer, B. M., Weyhenmeyer, G. A., Straile, D., Dong, B., Adrian, R. et al. (2015): Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe. *Geophys. Res. Lett.* 42 (24): 10773-10181.
- Orr, J. C., Fabry, V. J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S. c., Feely, R. A., Gnanadesikan, A., Gruber, N., Ishida, A., Joos, F., Key, R. M., Lindsay, K., Maier-Reimer, E., Matear, P., Monfray, P., Mouchet, A., Najjar et al. (2005): Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nat.* 437: 681-686.
- Phillips, J. C., McKinley, G. A., Bennington, V., Bootsma, H. A., Pilcher, D. J., Sterner, R. W. & Urban, N. R. (2015): The potential for CO₂-induced acidification in freshwater: A Great Lakes case study. *Oceanography* 28 (2): 136-145.
- Porcal, P., Koprivnjak, J.-F., Molot, L. A. & Dillon, P. J. (2009): Humic substances – part 7: the biogeochemistry of dissolved organic carbon and its interactions with climate change. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 16: 714-726.
- Shatwell, T., Adrian, R. & Kirillin, G. (2016): Planktonic events may cause polymictic-dimictic regime shifts in temperate lakes. *Sci. Rep.* 6: 24361.
- Sobek, S. Tranvik, L. J. & Cole, J. J. (2005): Temperature independence of carbon dioxide supersaturation in global lakes. *Glob. Biogeochem. Cy.* 19, GB2003.

Williamson, C. E., Overholt, E. P., Pilla, R. M., Leach, T. H., Brentrup, J. A., Knoll, L. B., Mette, E. M. & Moeller, R. E. (2015): Ecological consequences of long-term browning in lakes. *Sci. Rep.* 5: 18666.

Weiss, L. C., Pötter, L., Steiger, A., Kruppert, S., Frost, U. & Tollrian, R. (2018): Rising pCO₂ in freshwater ecosystems has the potential to negatively affect predator-induced defenses in *Daphnia*. *Curr. Biol.* 28: 327-332.

www.wetterkontor.de/wetter-rueckblick/gebietsmittel/jahreswerte/mecklenburg-vorpommern

Phosphor-Retentionsmodelle für pH-neutrale Tagebauseen

Björn Grüneberg¹; Ina Hildebrandt²; Jacqueline Rücker³; Yvonne Kreutziger⁴; David Kneis⁵; Wilfried Uhlmann⁴; Dirk Seiler⁴; Thomas Petzoldt⁵; Adrian Horn²; Thomas Gonsiorczyk⁶; Dieter Leßmann, Michael Hupfer⁷

¹ Landeslabor Berlin-Brandenburg; ² BGD ECOSAX GmbH; ³ Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Gewässerschutz; ⁴ Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann; ⁵ Technische Universität Dresden, Institut für Hydrobiologie; ⁶ Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei; ⁷ BTU Cottbus Senftenberg

Die Landschaft in Deutschland wird durch den ehemaligen Braunkohlenbergbau um über 500 Seen reicher, von denen die meisten pH-neutral sein werden. Auch unter zunehmenden Nährstoffeinträgen in Folge intensiverer Nutzung der Seen und der Einzugsgebiete muss eine gute Wasserbeschaffenheit sichergestellt werden. Die seit Jahrzehnten für natürliche Seen genutzten empirischen Trophie-Modelle (Vollenweider-Typ) sind für die meisten Tagebauseen (TBS) nicht anwendbar, weil sie deren Resilienz gegenüber Nährstoffeinträgen unterschätzen und zu hohe seeinterne Nährstoffkonzentrationen prognostizieren. Ursache für das hohe Phosphor-Retentionsvermögen sind vor allem bergbaulich bedingte Einträge von Eisen und Aluminium. Ziel des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekts ist es, empirische Modellansätze zu entwickeln, mit denen eine genauere Abschätzung der tolerierbaren P-Belastung möglich ist, ohne dass es zu einer Verschlechterung der Trophie kommt. Im methodischen Ansatz werden neben den Bilanzdaten (Zulaufnachfrucht, seeinterne P-Konzentration, Wasserverweilzeit) auch „Indikatoren der bergbaulichen Belastung“ insbesondere das Fe:P-Verhältnis im Sediment und im Porenwasser integriert.

In einer Metaanalyse wurden zunächst 74 TBS unterschiedlichen Alters (Flutungsende 1952 bis 2022) des Lausitzer und Mitteldeutschen Braunkohlereviere nach einem Kriterienkatalog auf ihre Eignung für die Modellentwicklung geprüft. Nachdem viele TBS aufgrund von Behandlungen zur Neutralisation, unklarer bergbaulicher Beeinflussung oder fehlender (Grundwasser-) Gütemodelle aus dem Datensatz entfernt wurden, stehen Daten aus 39 neutralen TBS für Modellanpassungen zur Verfügung. Eine erste Datenanalyse ergab, dass sich bei einer TP-Flächenbelastung von 0,03 – 0,5 g m⁻² a⁻¹ für neutrale TBS eine mittlere TP-Konzentration von 6,3 ± 3,1 µg L⁻¹ ergibt, während in natürlichen Seen des Norddeutschen Tieflands bei gleicher Belastung die mittlere TP-Konzentration bei 41 ± 17 µg L⁻¹ liegt. Das hohe P-Bindungspotential in TBS ist auf die bergbauliche Beeinflussung zurückzuführen, die an einem hohen molaren Fe:P-Verhältnis im Sediment (95 ± 79) und an Sulfatkonzentrationen bis 1.830 mg L⁻¹ erkennbar ist. Im Vortrag werden die Ursachen der hohen P-Retention von TBS auch im Hinblick auf deren zukünftige Entwicklung und zunehmende stoffliche Belastungen diskutiert sowie erste Ergebnisse von Modellanpassungen und deren Nutzen für die gewässerökologische Praxis präsentiert.

Nahrungsqualität versus Nahrungsquantität – Einblicke in die Nahrungsansprüche der Flussperlmuschel

Felix Grunicke^{1,2}; Annekatrin Wagner²; Antje Kuhr³; Thomas Berendonk³

¹ Technische Universität Dresden, Institut für Hydrobiologie; ² Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ;

³ Technische Universität Dresden, Institut für Hydrobiologie

Die Flussperlmuschel (FPM, *Margaritifera margaritifera*) als Schlüssel- und Flaggschiffart ist eine der am stärksten bedrohten Arten Europas. In den vergangenen Jahrzehnten wurden mit Erfolg mehrere Nachzuchtprogramme gestartet, um die Art in Mitteleuropa vor dem Aussterben zu bewahren. Parallel dazu wurden die Ursachen für den Rückgang der Art sowie ihre Habitatansprüche intensiv erforscht.

Über die Nahrungsansprüche der FPM ist bisher jedoch nur sehr wenig bekannt. Im Rahmen des Verbundprojekts ArKoNaVera wurden Labor- und Freilandversuche mit nachgezüchteten juvenilen FPM durchgeführt. Um die Nahrungsansprüche dieser Art zu untersuchen wurden Fraßexperimente mit post-parasitären FPM durchgeführt, in denen die Überlebens- und Wachstumsraten der Muscheln in Abhängigkeit von Nahrungsquantität und -qualität untersucht wurden. Dazu wurden die FPM in 100 ml-Dosen gehältert und mit verschiedenen natürlichen Nahrungsressourcen gefüttert. Die Nahrungsressourcen wurden hinsichtlich ihres Kohlenstoffgehalts und dem Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren charakterisiert.

Juvenile FPM, die mit Detritus, welcher direkt im Bach gesammelt wurde, gefüttert wurden, zeigten höhere Überlebens- und Wachstumsraten als FPM, die mit Detritus aus terrestrischen Quellen, Detritus aus dem Bachinterstitium oder mit Algen aus Laborkulturen gefüttert wurden.

Darüber hinaus zeigte sich, dass ein positiver Zusammenhang (Monod Typ) zwischen den Wachstumsraten juveniler FPM und der verfügbaren Futtermenge (POC in der Fraktion < 30µm) besteht. Die Menge an assimiliertem Material war dagegen sehr gering, sodass der positive Zusammenhang folglich eher auf die gleichzeitige (gekoppelte) Erhöhung von Spurenstoffen im Futter zurückzuführen ist. Dies könnten z. B. mehrfach ungesättigte Fettsäuren wie Omega-3-Fettsäuren sein. Deren Anteil am Futter zeigte im Experiment ebenfalls einen positiven Zusammenhang zur Wachstumsrate juveniler FPM, was darauf schließen lässt, dass die Nahrungsqualität für die FPM von entscheidender Bedeutung ist. Folglich sollte in zukünftigen Nachzuchtprogrammen und bei der Renaturierung von FPM-Habitaten ein stärkerer Fokus auf die Verfügbarkeit hochqualitativer Nahrungsressourcen gelegt werden.

The potential of sulphate reduction to impede a long-term effect of iron amendments on sedimentary phosphorus retention

Lena Heinrich; Michael Hupfer

Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB)

The effectiveness of iron (Fe) as precipitant is considered limited by anoxic and sulphidic conditions. We compared the long-term effect of Fe amendments on the sedimentary phosphorus (P) retention in two lakes located in Berlin (Germany) taking into consideration the supply of sulphur (S) to the sediments.

In Plötzensee, the internal P precipitation by Fe hydroxide was part of a set of management measures around the year 2000. Thereafter, the eutrophic status improved. By sediment core investigations, we found that the Fe-rich layer did not contain a higher total P content in comparison to reference layers. In addition, sequential P extraction and XRD did not indicate an increase of Fe bound P. In contrast, we found an enrichment of S in the Fe-rich layer and identified pyrite, FeS₂. A large increase of the molar S/Fe ratio in the Fe-rich layers from 2001 to 2019 indicates that S did not precipitate with Fe immediately but later on.

In Groß Glienicker See, Fe hydroxide and Fe chloride were applied in 1992. Due to the internal P precipitation and decreased external P inputs, the lake changed from highly eutrophic to mesotrophic. After the Fe treatment, TP contents in the sediment increased largely and the Fe(II)-P mineral vivianite contributed significantly to the high P retention in anoxic sediments [1]. Nevertheless, Fe sulphide was identified in this sediment [1].

The two sediments differed regarding the supply of S. The sulphate reduction rate in Groß Glienicker See was significantly lower (Wilcoxon rank sum test, $W = 28$, $p = 0.009$) than in Plötzensee. A one-box lake model related the S fluxes between water and sediment to monitoring data from the water column and to sediment inventories. As a result, sulphate reduction explained both the decrease of measured sulphate concentrations after the iron applications as well as the increase of S deposition in the sediments.

In summary, anoxic conditions did not impede the effect of the Fe amendment in Lake Groß Glienicke (Rothe et al. 2014). However, S provided by sulphate reduction prevented the continuous effect of the Fe amendment on the P retention in the sediment of Lake Plötzensee and competed with P retention in Groß Glienicker See. We conclude, that in order to achieve a long-term effect of Fe treatment, the dose calculation must take into account not only the amount of P to be fixed but also the expected sulphate reduction over a long period.

Literatur

Rothe, M. et al. (2014). Biogeosciences, 11(18), 5169-5180.

„Faktencheck Artenvielfalt“ in Binnengewässern und Auen

Daniel Hering¹; Claudia Pahl-Wostl; Ursula Schmedtje; Christian Feld; Phillip Haubrock; Hanh Nguyen; Peter Haase

¹ Universität Duisburg-Essen

Für Deutschland wird derzeit ein „kleines IPBES“ erstellt – ein Faktencheck zur Entwicklung der Artenvielfalt in allen Ökosystemtypen (Wälder, Agrarlandschaft, urbane Lebensräume, Böden, marine Lebensräume, Binnengewässer und Auen). Das Projekt hat eine dreijährige Laufzeit und wertet überwiegend vorhandene Studien aus. Ein besonderes Gewicht haben Zeitreihen, um datengestützt Aussagen über die Entwicklung der Biodiversität treffen zu können.

In dem Beitrag wird das Konzept für das Kapitel „Binnengewässer und Auen“ vorgestellt. Das Kapitel betrachtet individuell die wesentlichen aquatischen Ökosystemtypen: Flüsse, Flussauen, Seen, Kleingewässer und Grundwasser. Nach einer kurzen Einführung zu Status und Trends der aquatischen Biodiversität in Deutschland werden für die verschiedenen aquatischen Ökosystemtypen direkte und indirekte Treiber von Biodiversitätsänderungen analysiert, die Auswirkungen der Biodiversitätsänderungen auf Ökosystemleistungen dargestellt und das Wissen zur Wirkung von Maßnahmen zusammengefasst.

Neben internationaler Literatur werden insbesondere auch deutschsprachige Studien und unveröffentlichte Gutachten mitberücksichtigt. In dem Beitrag wird ein erster Literaturüberblick gegeben und ein System vorgestellt, mit dem alle Interessierten relevante Studien beitragen können.

Evaluation eines Modellkonzeptes für die Prognose der Wasserbeschaffenheitsentwicklung von Bergbaufolgeseen

Ina Hildebrandt¹; Kai-Uwe Ulrich¹; Adrian Horn¹; Lutz Weber²; Claus Nitsche¹

¹ BGD ECOSAX GmbH; ² LMBV Lausitzer u. Mitteldt. Bergbau-Verwaltungsges. mbH

Eine zuverlässige Prognose der Wasserqualität ist unerlässlich, um die behördlichen Ziele für die Beschaffenheit in Ableitern und die Nutzung der Bergbaufolgeseen zu erreichen und die ökologisch und wirtschaftlich am besten geeignete Sanierungstechnologie anzuwenden.

Hierfür wurde von der BGD ECOSAX GmbH vor mehr als 10 Jahren ein Modellkonzept entwickelt und angewendet. Auf Basis einer detaillierten Prozessanalyse wurden in die angewendete Software PHREEQC auch die Quantifizierung der Stofffrachten aus Auslaugungs- bzw. Verwitterungsprozessen durch Erosion, Sickerwasserneubildung, hypodermischem Abfluss, Grundwasserzuflüssen sowie Diffusion zwischen Sediment und Wasserkörper eingebunden. Auf Basis des Kenntnisstandes zu den Ausleitbedingungen bzw. Nutzungszielen des Bergbaufolgesees und zum Einzugsgebiet (geohydraulische Bilanzen (inkl. Sickerwasserneubildung), Mess- und Analysenergebnisse (Kippe, Sediment, Grundwasser, Oberflächenwasser) wird mittels Epignose entschieden, welche der oben benannten Prozesse wesentlich sind. Daraus resultierte ein objektspezifisches Prognosemodell, das zunächst der Sensitivitätsanalyse unterzogen wird. Die Zielstellung besteht in der objektspezifischen Parametrisierung der wesentlichen Prozesse. Hierfür werden Prozessparameter verwendet, die wir für verschiedene Bergbaufolgeseen ermittelt haben und die in der von uns entwickelten Datenbank LabD in Korrelationsbeziehung zu einfach ermittelbaren Kennwerten gespeichert sind.

Um die Zuverlässigkeit des entwickelten Modellkonzeptes und unserer Prognosen zu beurteilen, haben wir die Monitoringdaten der letzten 8 - 10 Jahre mit unseren Prognosen (mitteldeutscher San.Bereich) zur Wasserqualität verglichen. Betrachtet werden zwei hinsichtlich ihrer Säurebelastung unterschiedliche Bergbaufolgeseen: der Schladitzer See mit geringer Säurebelastung sowie der Bockwitzer See mit hoher Säurebelastung und geringer Säurepufferkapazität. Im Fall des Schladitzer Sees ergab sich, dass die oben benannten Detailprozesse für die Quantifizierung der Stofffrachten nicht zu berücksichtigen sind. Für den Bockwitzer See mussten alle oben benannten Detailprozesse für die Quantifizierung der Stofffrachten objektspezifisch parametrisiert werden.

In beiden Fällen ergab der Vergleich zwischen den prognostizierten und gemessenen Werten eine bisher nicht erreichte Genauigkeit der Prognose. Im Vortrag wird das entwickelte Modellkonzept vorgestellt und Übertragbarkeit auf andere Anwendungsfälle diskutiert.

Mikroplastikaufnahme von Zooplanktonorganismen mit filtrierender Ernährungsweise: Geringes Futterangebot und erhöhte Temperatur verstärken die Belastung

Nadine Hoffschroer

WWU Münster

Die Kontamination von limnischen Lebensräumen mit Mikroplastik bedroht besonders filtrierende Organismen wie Kleinkrebse der Gattung *Daphnia*, da sie bei der Nahrungsaufnahme als unselektive Filtrierer Mikroplastikpartikel aufnehmen können. So kann eine Anreicherung im Verdauungstrakt der Tiere erfolgen. Gleichzeitig dient Zooplankton als Nahrungsgrundlage für viele andere Wasserorganismen. Unter Verwendung der Modellorganismen *Daphnia magna* und *Daphnia pulex* konnte die Auswirkung der Futterquantität und der Wassertemperatur auf die Aufnahme von Polysterolkugeln ($\varnothing$ 1 μm , 200 ng/ml) untersucht werden. Bei niedrigem Nahrungsangebot und erhöhter Temperatur war die Aufnahmerate der Mikroplastikkugeln erhöht. Dies spiegelte die komplexen Regulationsmuster des durch die Thorakopoden der Tiere erzeugten Wasserstroms wider. Innerhalb einer Stunde konnte eine Anreicherung von Mikroplastik im Tier auf das 1160fache der Konzentration im Außenmedium beobachtet werden. Um Auswirkungen eines mit Fremdkörpern gefüllten Darmtrakts auf die Physiologie der Tiere zu untersuchen, wurde der Kohlenhydratgehalt von *Daphnia* nach Mikroplastikaufnahme als Indikator für den Energiestatus des Organismus herangezogen. Die Mikroplastikexposition über drei Tage mit und ohne Fütterung mit *Desmodesmus subspicatus* hatte keinen Einfluss auf die Glykogenreserven der Tiere über die Reaktion auf die vorherrschenden Futter- und Temperaturbedingungen hinaus. Somit konnten trotz Mikroplastikaufnahme bei vorhandenem Nahrungsangebot die Verdauungsprozesse und die Nährstoffaufnahme in ausreichendem Maß erfolgen. Eine Projektion der Laborexperimente auf die Situation im Lebensraum See lässt somit die Vermutung zu, dass eine Kontamination durch Mikroplastikpartikel aufgrund der filtrierenden Nahrungsaufnahme von Zooplanktonorganismen besonders in warmen Gewässern und einer knappen Nahrungsversorgung, wie sie während der Klarwasserphase von Seen im Sommer vorkommt, zu einer erhöhten Belastung der Organismen führen wird.

Erhöhung der Klimaresilienz des Ruhrverbands-Talsperrensystems

Christian Huber

Ruhrverband, Essen

In den vergangenen zwölf Abflussjahren ist im Einzugsgebiet der Ruhr jeweils weniger Niederschlag gefallen als im langjährigen Durchschnitt. Insbesondere die letzten drei Jahre haben das Talsperrensystem, das Trink- und Brauchwasser für 4,6 Millionen Menschen, Industrie und Gewerbe bereitstellt, stark beansprucht. Das Ruhrverbandsgesetz aus dem Jahr 1990 schreibt Mindestabflüsse an einem Kontrollquerschnitt (Pegel Villigst) und einem Kontrollabschnitt (Pegel Hattingen Hattingen bis Ruhrmündung) der Ruhr vor. Bei der Festsetzung dieser Grenzwerte vor 30 Jahren waren allerdings die sich durch den Klimawandel abzeichnenden hydrologischen Veränderungen noch nicht absehbar.

Ziel eines Projektes, das der Ruhrverband gemeinsam mit dem nordrheinwestfälischen Umweltministerium und den Wasserversorgern im Ruhr-Einzugsgebiet initiiert hat, ist es daher, die Klimaresilienz des Talsperrensystems aus acht Talsperren durch eine angepasste Mindestwasserführung in der Ruhr zu erhöhen. Mit Hilfe des Wasserhaushaltsmodells LARSIM (Large Area Runoff Simulation Model) werden die Auswirkungen des Klimawandels auf die Abflussbildung berücksichtigt, um daraus abgeleitet mögliche neue Grenzwerte für die Mindestwasserführung festzulegen. Um die Auswirkungen dieser angepassten Mindestwasserführung auf die Gewässerökologie, aber auch auf die betroffenen FFH-Gebiete im Gewässer und in der Aue prognostizieren zu können, wurde ein Gewässergütemodell mit dem von der BfG entwickelten Modell QSIM (Quality Simulation) implementiert. Das Modell ist in der Lage, wichtige Güteparameter, aber auch Veränderungen von Fließgeschwindigkeiten und Wasserstände für verschiedene Abflussszenarien zu berechnen. Ein weiteres Arbeitspaket, das durch die Universität Duisburg-Essen bearbeitet wird, umfasst ökotoxikologische Fragestellungen. Modelliert werden Szenarien, die eine verminderte Mindestwasserführung an den Referenzpegeln beinhalten.

Die wichtigsten Ergebnisse des Projektes werden vorgestellt.

Die rätselhafte Eutrophierung des Stechlinsees: Einblicke in die Mechanismen durch detaillierte Analysen des Phosphorhaushaltes

Michael Hupfer; Thomas Gonsiorczyk; Mark Gessner; Peter Casper

Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei

Seit 2011 ist es im Stechlinsee zu einer rasanten Eutrophierung gekommen. Die TP-Konzentrationen zur Frühjahrszirkulation sind von $14 \pm 5 \mu\text{g L}^{-1}$ (1970-2011) auf $64 \mu\text{g L}^{-1}$ (2020) angestiegen. In der gleichen Zeit haben sich die hypolimnischen O₂-Zehrungsraten während der Sommerstagnation von $0.4 \pm 0.1 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (1970-2011) auf $1.0 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (2019) mehr als verdoppelt. Die sommerlichen Sichttiefen zeigen bereits seit dem Jahr 2000 eine kontinuierliche Abnahme um $0,3 \text{ m a}^{-1}$.

Es gibt jedoch auch große saisonale Schwankungen des P-Gehalts im Wasserkörper und an der Sedimentoberfläche. Im Frühjahr dominieren Festlegungsprozesse und in der zweiten Jahreshälfte Mobilisierungsprozesse, die etwa zu einer Verdopplung des TP Gehaltes führen. Die Sedimente unterhalb von 50 m, die am Ende der Schichtung anoxisch werden, tragen mit nur 17% zur P Akkumulation im Hypolimnion bei. Erstaunlicherweise sind Sedimente aus Tiefen zwischen 20 und 50 m mit einer höheren Raten zur P Akkumulation beteiligt als unterhalb von 50 m. Ursache dafür sind Rückfällungsmechanismen unterhalb der Oxykline, die wahrscheinlich zu einem geochemischen Focusing von Phosphor führt. Die Analyse der P-Messungen während der Sommerschichtung zeigt, dass episodische Ereignisse zu deutlichen TP-Anstiegen in 0-20 m führen. Eine separate P-Bilanz für diese Wasserschicht ergab, dass ca. 800 kg P pro Jahr aus den Sedimenten bis 20 m oder aus dem Einzugsgebiet kommen müssen. Nach derzeitigem Kenntnisstand liegen die nachweisbaren P-Einträge nur zwischen 100 und 200 kg. Nach dem Vollenweider Modell sind Einträge in den Seen von 950 kg pro Jahr notwendig, um eine Gleichgewichtskonzentration $45 \mu\text{gP / L}$ im See zu erreichen. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Struktur des Litorals durch den Rückgang der Characeen und durch die Ausbreitung von Fadenalgen und anderen Aufwuchsalgen grundlegend verändert. Eine Erklärung für die höherer P-Verfügbarkeit besteht darin, dass dadurch Transportprozesse ausgelöst werden, die zu einer Verfrachtung von Partikeln und Phosphor in die Tiefe führen und dort durch redoxkontrollierte Prozesse mobilisiert werden. Es werden weitere Hypothesen, wie bisher unentdeckte externe P-Lasten, Auswirkungen des Klimawandels und extremer Wetterereignisse auf die Entwicklung des Sees diskutiert.

Taxonomic shift over a phosphorus gradient affects the stoichiometry and fatty acid composition of stream periphyton

Alessandra Iannino; Alexander T.L. Vossage; Markus Weitere; Patrick Fink

Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ

Phosphorus enrichment of stream ecosystems increases primary production in the benthos, but less is known about eutrophication effects on periphyton nutritional quality for grazers. On short time scales, high phosphorus inputs lead to low C:P ratios and high essential fatty acid content of periphyton, which are major determinants of food quality for grazers. However, in the long run, nutrient enrichment may alter the taxonomic composition of periphyton and favor the growth of less nutritious algal taxa. In this study, periphyton was grown under a gradient of dissolved phosphorus availability, to investigate eutrophication effects on periphyton taxonomy, C:P stoichiometry and fatty acid composition. After one month, periphyton grown under oligotrophic conditions was mainly composed of diatoms. With increasing phosphorus availability, diatoms were gradually outcompeted by chlorophytes and cyanobacteria, which dominated under eutrophic conditions. Unexpectedly, periphyton C:P was the lowest under oligotrophic conditions and increased with phosphorus availability, reflecting a tendency of chlorophytes and cyanobacteria to produce more biomass relative to phosphorus compared to diatoms. Periphyton essential fatty acid content followed a unimodal relationship with phosphorus availability and peaked at intermediate phosphorus levels, as a result of both taxonomic and nutrient effects. Our results show that phosphorus-driven eutrophication may worsen periphyton nutritional quality in streams due to taxonomic sorting, which may further lead to a reduced fitness for herbivores.

Saisonale Variabilität der Einflüsse von geografischer Lage, Morphometrie und Klimawandel auf die Wassertemperatur von deutschen Trinkwasser-Talsperren

Kathrin Jäschke; Thomas Petzoldt; Lothar Paul

TU Dresden, Institut für Hydrobiologie

Das Temperaturregime und saisonale Schichtungsverhalten von Seen und Talsperren hängt maßgeblich von ihrer Lage (geografische Höhe, Breite, Länge) und ihren morphologischen Eigenschaften (Oberfläche, Volumen, mittlere Tiefe) ab. Auswirkungen des Klimawandels auf die Wassertemperatur und demzufolge auf Änderungen in den Schichtungs- und Durchmischungsverhältnissen bis hin zur Biologie können demnach verschiedene Muster zeigen.

Auf der Grundlage von Mitgliedsunternehmen der Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e.V. bereitgestellten, im Zeitraum von 1993 bis 2011 erhobenen Daten von 33 Talsperren wurden multiple lineare Zusammenhänge zwischen den genannten Variablen und den jeweiligen Monatsmitteln der Wassertemperatur in 3 m Wassertiefe geprüft. Das hinsichtlich möglichst hoher Bestimmtheit (Korrelationskoeffizient r^2) und gleichzeitig geringer Komplexität am besten geeignete Modell ergab, dass die geografische Höhenlage ganzjährig einen negativen und von Februar bis Dezember den größten Einfluss auf die Wassertemperatur hat. Die geografische Breite wirkt sich ebenfalls ganzjährig negativ aus. Die geografische Länge dagegen zeigt in den Monaten November bis April einen negativen Einfluss, in den übrigen Monaten einen wenig positiven Einfluss. Im Osten sind die Talsperren daher im Winter kühler als die im Westen. Die Morphologie wirkt sich insoweit aus, als dass der Einfluss der mittleren Tiefe in den Monaten März bis Mai negativ und in den Monaten September bis Januar positiv, sonst aber relativ unbedeutend ist. Das bedeutet, dass die Morphologie in Erwärmungs- und Abkühlungsphasen einen Einfluss hat. Im betrachteten Zeitraum von 1993 bis 2011 ist in allen Monaten des Jahres mit Ausnahme des Augustes ein tendenzieller Anstieg der oberflächennahen (epilimnischen) Temperaturen infolge des Klimawandels festzustellen. Besonders deutlich ist dieser in den Monaten April bis Juli.

Die Ergebnisse der Studie belegen, dass der Klimawandel zwar globale Ursachen, aber selbst in relativ kleinräumigen Maßstäben lokal unterschiedliche Folgen auf Durchmischungs- und Schichtungsverhältnisse sowie auf die biologischen Vorgänge aufgrund der unterschiedlichen geografischen Lage und Morphologie der Gewässer haben wird. Dies ist von großer Bedeutung, u. a. für die Anpassung der Talsperrenbewirtschaftung an die sich schnell ändernden klimatischen Bedingungen.

Der Graben als „Futtertrog“? Eklektorfänge in ausgewählten Gräben Nordwestdeutschlands

Kena Jürgens; Lisa Tunder; Ellen Kiel

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, IBU, AG Gewässerökologie und Naturschutz

Obwohl Gräben anthropogen gestaltete und genutzte Entwässerungsstrukturen sind, kann sich darin eine Vielzahl an Insekten entwickeln, die in der intensiv genutzten Kulturlandschaft als Nahrungsressource für terrestrische Räuber von Bedeutung ist. Über die Menge sich in Gräben entwickelnder Insekten, die als Beute für Schwalben oder andere Räuber dienen können, sind allerdings kaum Untersuchungen bekannt.

Diese Studie zielte darauf ab, in drei landschaftstypischen Gräben im Einzugsgebiet der Jade (Niedersachsen) Insekten zu erfassen und die Produktivität der Systeme zu vergleichen. Die untersuchten Gräben bildeten den Beginn eines Grabensystems und wiesen eine homogene Umfeldnutzung auf. Sie drainierten Marsch-, Moor- und grundwasserbeeinflusste Mineralböden und verliefen in konventionell bewirtschaftetem Grünland, welches als Viehweide oder zur mehrschürigen Mahd genutzt wurde. Für die Untersuchungen wurden im Längsschnitt der Gräben zwei Abschnitte unterschieden. Auf jeden Abschnitt wurden von Mitte April bis Mitte September sieben schwimmende kegelförmige Emergenzfallen (Ø 31,5 cm) so positioniert, dass der Grabenquerschnitt repräsentativ untersucht werden konnte. Wöchentliche Beprobungen erfassten zudem morphologische Parameter (u. a. Wasserspiegelbreite, Wassertiefe) und abiotische Faktoren des Wasserkörpers (u. a. Sauerstoff, Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert). Die Auswertung differenzierte das Ordnungsniveau der Fänge.

Dipteren dominierten während des gesamten Untersuchungszeitraumes die Eklektorfänge. Sie stellten 65 % der im Untersuchungszeitraum insgesamt gefangenen Individuen. Maximale Individuenzahlen pro Falle traten mit durchschnittlich 33 Individuen pro Woche im Frühsommer auf. In diesem Zeitraum dominierten Coleoptera und Nematocera. Die Daten insgesamt weisen auf eine hohe Produktivität dieser kleinen Grünlandgräben hin. Sie zeigen, dass nicht nur die Landschaft Gräben in Nordwestdeutschland prägt, sondern Gräben auch ihre Umgebung prägen.

Lagrangian profile of riverine autotrophy, organic matter transformation, and micropollutants at extreme drought

Norbert Kamjunke; Markus Weitere

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung

Large rivers play a relevant role for matter processing on their way to the ocean. Hydrological conditions might affect these processes, and droughts are predicted to occur more frequently in future. Here we tested whether unusual values of water quality are observed under drought conditions compared to normal discharge, e. g., promoted autotrophic processes, affected heterotrophic carbon utilization, and increased micropollutant concentrations. We performed a Lagrangian sampling in a 600 km section of the River Elbe (Germany) at historically low discharge. Phytoplankton biomass and photosynthesis increased from upstream to downstream sites but maximum chlorophyll concentration was lower than in other years due to lower global irradiation. Concentrations of dissolved nutrients decreased to low nitrate values and phosphate depletion. The longitudinal increase of bacterial abundance and production was less pronounced than in wetter years but bacterial community composition changed downstream. The concentration of dissolved organic carbon and fluorescence indices did not change along the river stretch. However, molecular analyses revealed clear patterns: While many DOM components showed a longitudinal increase due to microbial production, saturated lipid-like DOM, unsaturated aromatics and polyphenols, and some CHOS surfactants declined. In decomposition experiments, DOM components with high O/C ratios and high masses decreased whereas those with low O/C ratios, low masses, and high nitrogen content increased. Radiocarbon age analyses showed that DOC was relatively old (890-1870 years B.P.), whereas the mineralized fraction was much younger suggesting predominant oxidation of algal lysis products and exudates. Micropollutants determining toxicity for algae (terbuthylazine, terbutryn, isoproturon and lenacil) as well as hexachlorocyclohexanes and DDTs showed higher concentrations from the middle towards the downstream part of the river but calculated toxicity was not negatively correlated to phytoplankton. Overall, extreme drought conditions did neither cause extreme increases of autotrophic and heterotrophic processes nor an extraordinary exposure to micropollutants.

Langzeitmonitoring eines künstlichen Gewässers mit Badebetrieb und Angelfischerei

Albert Keim

Institut für Gewässer und Fischerei, Schlittengasse 14, 76646 Bruchsal, albert482000@yahoo-de

Keywords: Monitoring - Fischbesatz - Zooplankton - TDP/TP-Verhältnis

Einleitung

Seit Beginn der Auskiesungen werden Baggerseen mit Fischen durch Angelvereine besetzt. Die Fischbesätze werden z. T. regelmäßig wiederholt, so auch im Buchzigsee, der von mir untersucht wurde. Tremel (1995) zeigte im Vergleich zweier Baggerseen bei Bonn, dass bei unterschiedlichen Besatzmaßnahmen durch die pachtenden Angelvereine große Unterschiede im ökologischen Zustand der betroffenen Seen erkennbar sind. Indessen gibt es bisher keine gesicherte Korrelation zwischen dem Fischbesatz und limnologischen Parametern. Im Landkreis Karlsruhe bestand die Gelegenheit über 13 Jahre lang den genannten Buchzigsee mit Badebetrieb und fischereilicher Nutzung jährlich zu untersuchen. Für dieses Monitoring standen auch die Unterlagen über den Besatz und Fang des pachtenden Angelvereins zur Verfügung.

Material und Methoden

Der ehemalige Baggersee Buchzig liegt im südlichen Landkreis Karlsruhe bei Ettlingen-Bruchhausen, hat eine Fläche von 8,5 ha und eine maximale Tiefe von 12 m. Das Profil zur Messung von Temperatur, Sauerstoffkonzentration, pH-Wert und Leitfähigkeit wurde über der tiefsten Stelle angelegt, welche sich annähernd in der Seemitte befindet. Im Jahr 1993 wurden die Wasserproben mit einem Klappventilschöpfer aus Eigenbau gezogen, von 1994 bis 2005 mit einem Pumpen-Rohr-System. Eine dazu benötigte Kreiselpumpe mit einer Leistung von ca. einem l/s wurde von einem Viertaktmotor angetrieben. Die Pumpe war von der Firma Prokosch in Östringen-Odenheim. Auch das Zooplankton wurde im Jahr 1994 und später gepumpt. Die Rohre hatten einen Innendurchmesser von 45 mm, waren zusammengesteckt genau ein Meter lang und unten mit einer 5 kg Kette an einer Leine beschwert. Um jedes Rohr wurde mit dieser Leine ein Mastwurf gelegt zur Sicherung des Rohrgestänges. Einzelproben wurden im Abstand von einem Meter entnommen. Sammelproben des Seewassers wurden aus den Tiefenbereichen 1-4 m und 5-8 m zusammengestellt zur Messung von Ks_{4,3} und Phosphor im Labor. Auch das Zooplankton wurde von 1994 an mit dieser Versuchsanordnung des Pumpen-Rohrsystems beprobt.

Zur Entnahme von Zooplankton wurde pro Meter Tiefe fünf Minuten lang Wasser gepumpt. Zwecks Ermittlung der Pumpenleistung wurde das geförderte Wasser in einen Eimer geleitet und mit der Stoppuhr die Zeit bis zum Erreichen der 10 Liter-Markierung gemessen. Über die gemessene Zeit wurde in Liter pro Sekunde umgerechnet. Mischproben des Zooplanktons wurden aus je 1-4 m und 5-8 m Tiefe zusammengestellt, wobei für jede Mischprobe 1000 l Wasser filtriert wurden. Die

Beprobungen fanden vormittags statt. Die Zooplanktonproben wurden nach Haney and Hall (1975) mit einer zuckerhalten Formollösung konserviert.

Die Proben wurden in der Kühltasche ins Labor gebracht und das Probenwasser am gleichen Tag bei einem Meter Füllhöhe über die Schwerkraft filtriert bis das Tropfen in das Auffanggefäß aufhörte. Der nasse Membranfilter mit 0,45 µ Maschenweite wurde mit einer Pinzette in ein Oxidationsgefäß überführt. Ein leerer Membranfilter wurde als Blindprobe mitgemessen zur Korrektur des Messwertes des partikulären Phosphors. Die Oxidation erfolgte mit Hilfe von Kaliumperoxodisulfat (Lennox 1979). Das Phytoplankton wurde mit einem Deckglas von einer weiteren Filtermembran abgenommen, auf einen Objekträger gebracht und unter dem Lichtmikroskop bestimmt. Die konservierten Zooplanktonproben wurden gewässert, um das Formol zu entfernen, im Standzylinder auf je 100 ml aufgefüllt und Aliquote von je 1 ml entnommen. Die Zooplankter in den Aliquoten wurden unter dem Bionokular bei zehnfacher Vergrößerung ausgezählt und deren Abundanz bestimmt. Zusätzlich wurde die Taxonzugehörigkeit der Zooplankter unter dem Lichtmikroskop bei hundertfacher Vergrößerung identifiziert und die prozentualen Anteile der Zooplanktonarten in der Probe berechnet. Über Längenmessungen wurde mit den Formeln von Dumont et al. (1975) das Trockengewicht berechnet. Mit dem Durchschnitt für die Probe wurde das Trockengewicht der Zooplanktonart in der Probe berechnet.

Ergebnisse

Der Rotaugenbesatz vom Vorjahr konnte für die Datensätze vom Juli, August, September und Oktober mit dem TDP/TP-Verhältnis aus 1-4 m Tiefe korreliert werden (Abbildung 1). Datensätze von anderen Monaten zeigten eine hohe Streuung. Die Regression wurde auch für die Messungen aus 5-8 m Tiefe zu berechnet, die Streuung war aber höher.

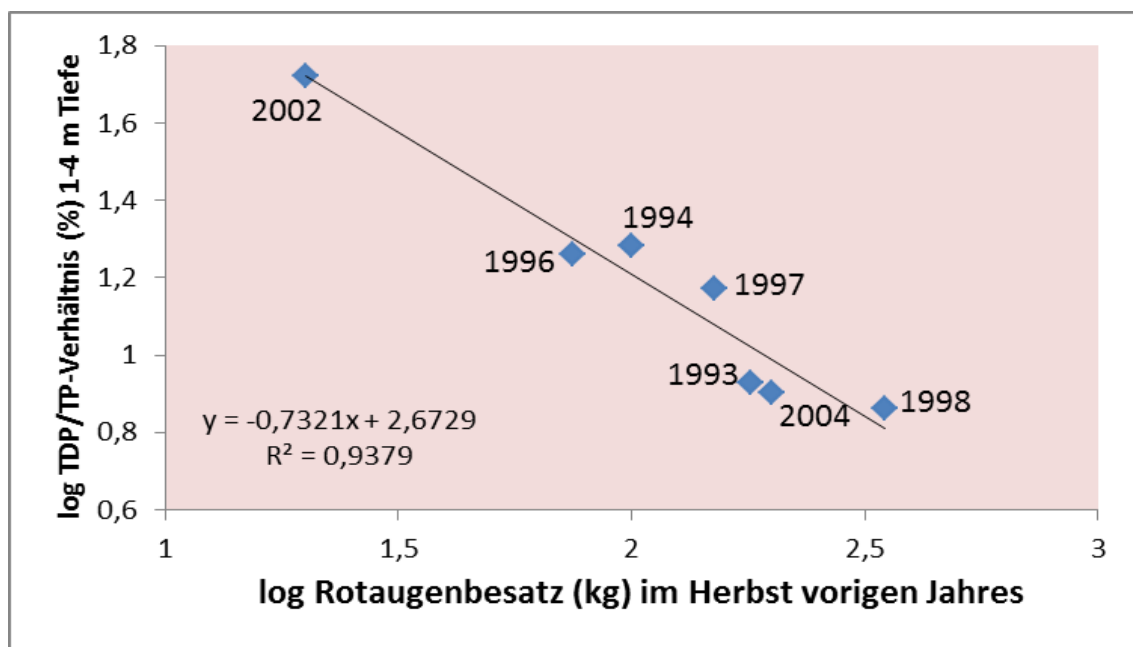


Abbildung 1: Regressionsrechnung mit logarithmierten Daten: Rotaugenbesatz im Herbst des Vorjahres gegen das TDP/TP-Verhältnis in der Zeit von Juli bis Oktober unter Verwendung eines Datensatzes pro Jahr. Datensätze von anderen Monaten zeigten im Diagramm starke Streuung. Das Jahr 1999 mit dem ersten Kormoraneinfall ist abweichend und hier nicht bezeichnet.

Eine Glockenkurve war ersichtlich für das TDP/TP-Verhältnis gegen die Daphnia-Länge in 5-8 m Tiefe (Abbildung 2). In den Jahren ohne vorherigen Rotaugenbesatz war die Durchschnittslänge der Daphnien in 1-4 m Tiefe höher als in 5-8 m Tiefe als eine Umkehrung der Zustände, wenn bei Fraßdruck durch Planktivoren die adulten Daphnien sich tagsüber unter dem Epilimnion aufhalten.

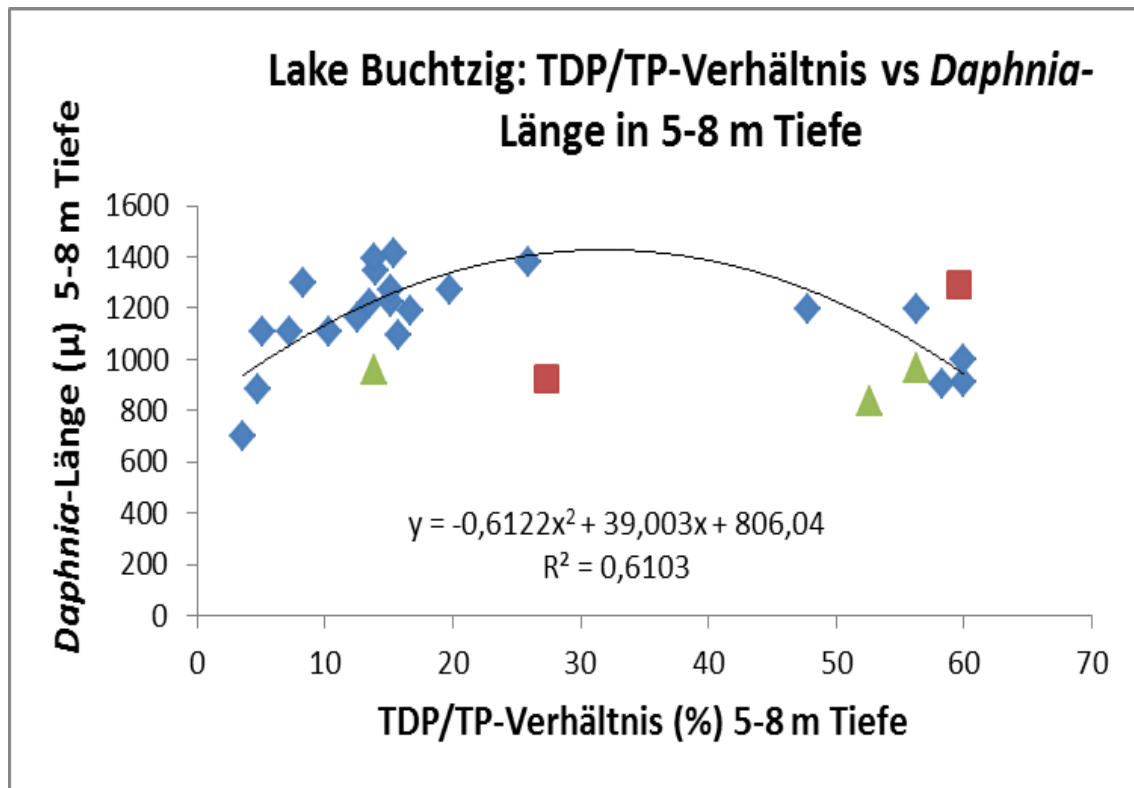


Abbildung 2: Glockenkurve nach Auftrag der Daphnialänge gegen das TDP/TP-Verhältnis in 5-8 m Tiefe. Die Daphnialänge von 900 µ steht hier für zwei unterschiedliche Zustände betreffend des TDDP/TP-Verhältnisses. Für die Datensätze mit Dreieck aus Jahren ohne vorherigen Rotaugenbesatz war die Durchschnittslänge der Daphnien in 1-4 m Tiefe größer als in 5-8 m Tiefe; diese Datensätze wurden von der quadratischen Regression ausgeschlossen. Aufgrund des niedrigen Korrelationskoeffizienten ist von mehr als einer Einflussgröße auf die Daphnialänge auszugehen.

Eine polynomische Regression Gesamtphosphor (TP) in 5-8 m Tiefe gegen das Trockengewicht der Cladocera in 1-8 m Tiefe wurde berechnet. (Abbildung 3). Das zugehörige Diagramm zeigt zwei Steigungen, zwischen denen sich der Bereich von 33-54 µg/l TP ohne Messungen befindet.

Die Clusteranalyse zeigte die Trennung in Gruppen je <33 µg/l TP, >200 µg/l TP und für Datensätze aus der Frühjahrsblüte von April bis Juni. In Abbildung 4 ist diese Trennung sichtbar.

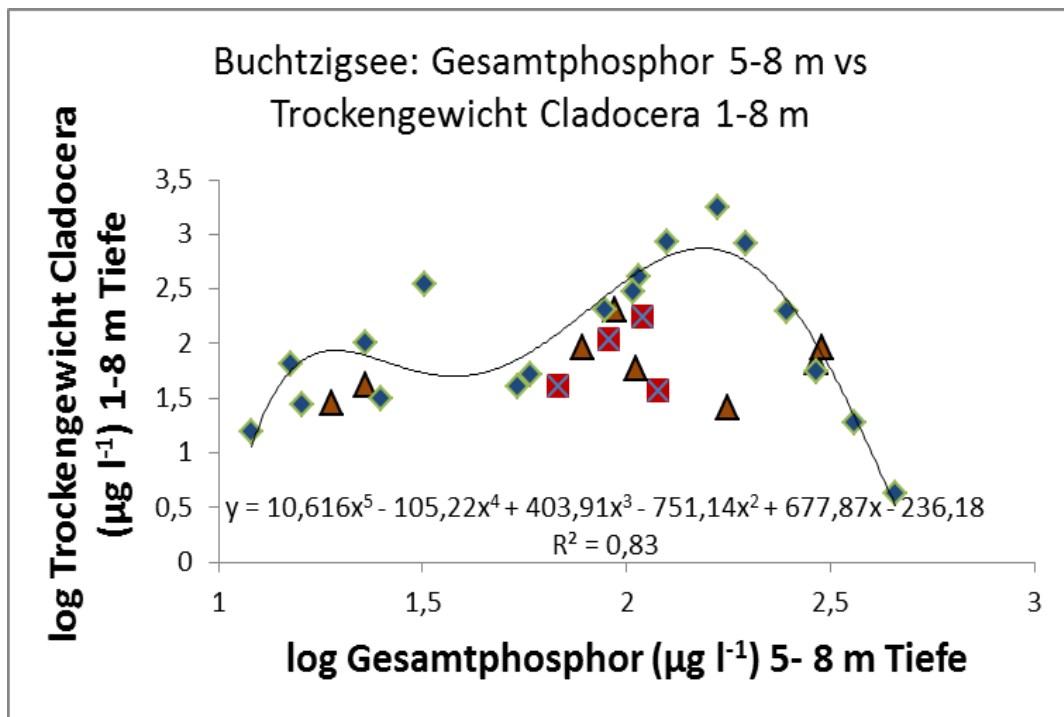


Abbildung 3: Polynomische Regressionsrechnung mit logarithmierten Daten: Trockengewicht der Cladoceren in 1-8 m Tiefe gegen den Gesamtphosphor in 5-8 m Tiefe. Proben, die mit einem Schöpfer gezogen wurden, sind mit einem x im Quadrat gekennzeichnet und Proben vom Monat Juli mit Pflanzenbruchstücken im Phytoplankton mit schwarzen Dreiecken wiesen überhöhte Phosphorkonzentrationen auf. Diese Datensätze wurden von der Regressionsrechnung ausgeschlossen.

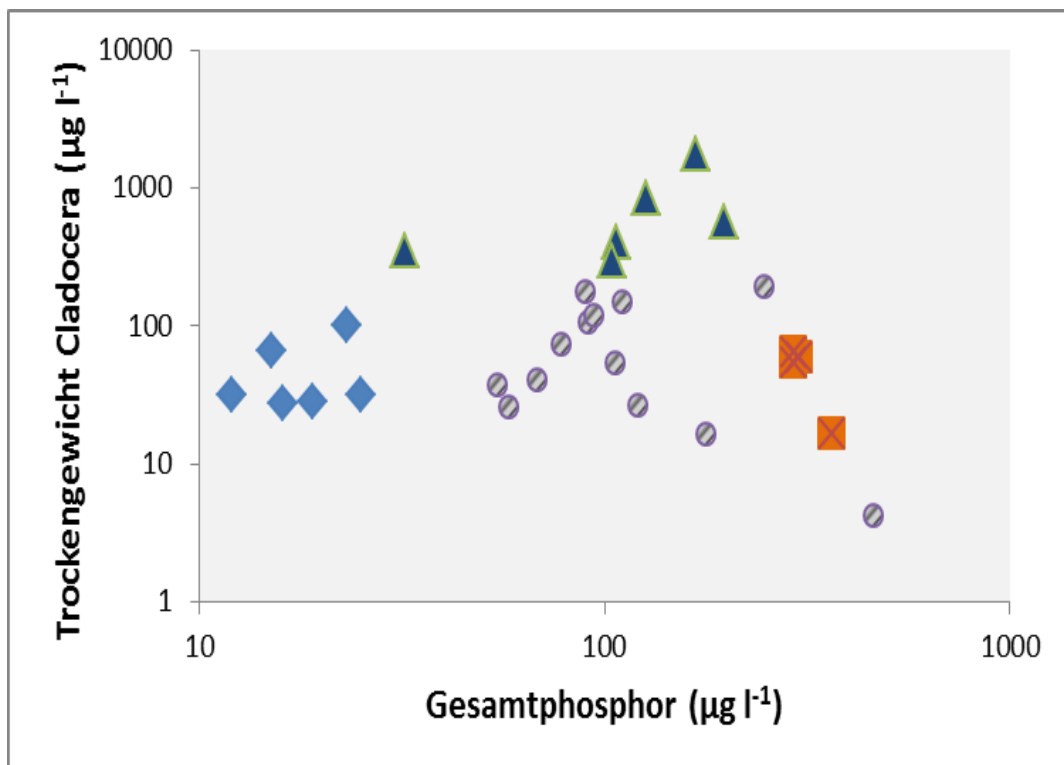


Abbildung 4: Zooplanktons entsprechend der Clusteranalyse mit drei Gruppierungen: Blaue Gruppe $<33 \mu\text{g/l TP}$, rote Gruppe $>200 \mu\text{g/l TP}$ und für Datensätze aus der Frühjahrsblüte von April bis Juni in Grün.

Diskussion

Ein Zusammenhang zwischen dem Fischbesatz und dem Zooplankton wurde erstmals von Hrbáček, et al. (1961) gezeigt. Tremel (1995) wies mit ihrer Untersuchung darauf hin, dass für Fischbesatz in stehenden Gewässern ein Klärungsbedarf besteht.

Auffallend ist die Trennung zwischen der Frühjahrsblüte April bis Juni und den Monaten Juli bis Oktober sichtbar im Trockengewicht der Cladoceren und in der Beziehung Rotaugenbesatz zum TDP/TP-Verhältnis.

Der Bereich von 33-53 µg/l TP blieb ohne Messungen und wird als Hinweis auf eine Hysterese gewertet, die von Scheffer (1998) für das Zooplankton anhand von Modellrechnungen postuliert worden war.

Die Glockenkurve für das TDP/TP-Verhältnis gegen die Daphnia-Länge in 5-8 m Tiefe zeigt für Daphnien der Länge von 1000 µ zwei unterschiedliche Zustände. Die Daphnia-Länge ist hier nur zu 61 % vom TDP/TP-Verhältnis abhängig. Mehrere Autoren fanden Phosphor als begrenzenden Wachstumsfaktor für Daphnien (Hessen 1992, Elser et al. 2001, Plath and Boersma 2001). Die Size-Efficiency-Hypothese von Brooks and Dodson (1965) ist neu zu prüfen und gegebenenfalls zu ergänzen. Zur Geräteauswahl ist zu bemerken, dass über die Probenahme von Zooplankton eine langjährige Kontroverse besteht. In Deutschland wurde das letzte Mal von Lenz (1972) der Netzzug mit dem Pumpenfang von Zooplankton verglichen. Kofoid (1897 a, b) hat früh auf die Verstopfung der Netzmaschen beim Netzzug hingewiesen im Vergleich mit der Pumpe. Pace (1986) erzielte mit dem Pumpenfang von Zooplankton auf Seen eine Regression TP gegen die Zooplanktonbiomasse mit gutem signifikantem Niveau.

In den Frühzeiten der Limnologie wurde die Filtration von Wasserproben im Labor über die Schwerkraftfiltration vorgenommen. Die Einführung der Wasserstrahlpumpe und der elektrisch betriebenen Unterdruckfiltration erschien vielen Limnologen als Verbesserung. Für Wasserproben aus dem Rhithral trifft das zu, da Detritus abzufiltrieren ist. Wasserproben aus dem Potamal, aus Seen und aus dem Meer enthalten lebende Zellen, die durch Druckschwankungen und Trockenfallen beschädigt werden können. Goldman and Dennet (1985) sowie Taylor and Lean (1991) bemerkten die Empfindlichkeit von Algenzellen unter den Bedingungen der Filtration mit Unterdruck. Ein Gerätevergleich mit Schwerkraft und Unterdruck für Wasserproben aus Seen vor der Phosphormessung ist angebracht hinsichtlich der Wirkung auf die Ergebnisse von Phosphormessungen wie das Kiene and Slezak (2006) für DMSOP im Meerwasser getan hatten.

Zusammenfassung/Schlussfolgerungen

Der Rotaugenbesatz im Herbst des Vorjahres konnte mit dem TDP/TP-Verhältnis im Juli bis Oktober korreliert werden. Für das Trockengewicht der Cladoceren wurde eine polynomische Korrelation mit dem Gesamtposphor berechnet. Die Datensätze von April bis Juni und von Juli bis Oktober sind unterschiedlichen Szenarien zu zuordnen bedingt durch die Jahreszeiten. Die Bewertung des Fraßdruckes durch Planktivoren auf das Zooplankton ist zu überarbeiten.

Danksagung

Für den jährlichen Auftrag zur Untersuchung des Buchtzigsee danke ich Herrn Jürgen König als Leiter der Bäderverwaltung in den Stadtwerken Ettlingen. Die Untersuchungen fanden statt als Monitoring des Badesees Buchtzig.

Den vielen Helfern, die bei den Beprobungen und im Labor geholfen haben, gebührt mein Dank: Peter Schühly, Karl Dürr, Roland Fang, Rico Kusch, Berit Hillbrecht, Melanie Hahn, Werner Hackbarth, Klaus-Peter Roos, Mathias Gorka, Raimund Weber und Peter Wenzel sowie Fischermeister Dr. Götz Kuhn.

Ebenso sage ich Dank jenen Personen, die mir im Austausch beim Gespräch oder im Review geholfen haben, die schwierigen Auswertungen anzustellen, hier Josef Hönig, Dr. Manfred Boës, Dr. Piet Spaak, Dr. Sabine Giessler, Dr. Frank Hartmann, Dr. Trevor Petney, John B. Gallagher, und mehrere anonyme Reviewer.

Literatur

- Brooks, J. L., Dodson S.L. (1965): Predation, body size, and composition of plankton. *Science* 150: 28-35.
- Dumont, H. J., Van de Velde, I., Dumont, S., (1975.): The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia* 19: 75-97.
- Elser, J. E., Hayakwa K., Urabe J. (2001): Nutrient limitation reduces food quality for zooplankton: Daphnia response to seston phosphorus enrichment. *Ecology* 82 (3): 898-903.
- Hessen, D. O. (1992): Nutrient element limitation of zooplankton production. *Am Nat* 140: 799-814.
- Goldman, J. C., Dennett, M. R. 1985: Susceptibility of some marine phytoplankton species to cell breakage during filtration and post-filtration rinsing. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 86 (1): 47-58.
- Haney, J. F., Hall, D. J. (1975): Sugar-coated Daphnia: A preservation technique for Cladocera. *Limnology and Oceanography* 18: 331-333.
- Hrbaček, J, Dvorakova, M, Korinek, V, Prochazkova, L (1961): Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole lake plankton assemblage. *Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 14:192-195.
- Kiene, R. P., Slezak D. (2006): Low dissolved DMSP concentrations in seawater revealed by small-volume gravity filtration and dialysis sampling. *Limnology and Oceanography, Methods* 4: 80-95.
- Kofoed, C. A.: (1897): Plankton Studies I. Methods and Apparatus in use in Plankton Investigations at the Biological Experimental Station, University of Illinois. *Bull. 3 State Lab. Nat. Hist. Bd. 5.*
- Kofoed, C. A.: (1897): On some important sources of error in the plankton methods. *Science, N. S. Bd. 6.*
- Lennox LJ (1979) An automated procedure for the determination of phosphorus. *Water Research* 13: 1329-1333.
- Lenz, J., (1972): A new type of plankton pump on the vacuum principle. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* 19 (6): 453-456.
- Pace, M., (1986): An empirical analysis of zooplankton community size structure across lake trophic gradients. *Limnology and Oceanography* 31: 45-55.
- Plath, K., Boersma, M. (2001): Mineral limitation of zooplankton: stoichiometric constraints and optimal foraging. *Ecology*, 82 (5): 1260-1269.
- Scheffer, M., 1998. *Ecology of Shallow Lakes.*
- Taylor, W.D., Lean, D. R. S. (1991): Phosphorus Pool Sizes and Fluxes in the Epilimnion of a Mesotrophic Lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 1293-1301.
- Tremel, B., (1995): Eutrophierungserscheinungen bei niedrigen Phosphorgehalten. Ein Vergleich zweier unterschiedlich genutzter Baggerseen. S. 179-192. In: *Limnologie aktuell. Band 7: Abgrabungsseen – Risiken und Chancen* (Hrsg. Geller, W. und G. Packroff).

Effects of multiple stressors on invertebrate communities in shallow freshwater habitats

Nora Kipferler¹; Gregorio A. López Moreira. M²; Franz Hölker²; Vinita Vijayaraj³; Bastian H. Polst⁴; Joey Allen⁵; Joséphine Leflaive⁵; Mechthild Schmitt-Jansen⁴; Sabine Hilt²; Martin Laviale³; Elisabeth M. Gross

¹ Ludwig-Maximilians University Munich, Department of Biology, Aquatic Ecology, Munich, Germany ; ² Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Berlin, Germany ; ³ Université de Lorraine, LIEC CNRS, Metz, France; ⁴ Helmholtz-Centre for Environmental Research

Due to their special characteristics, shallow aquatic freshwater habitats provide vital ecosystem functions but are also vulnerable to multiple stressors. These stressors can have a multitude of effects on pond communities. Interactions between organisms, indirect effects and the combination of more than one stressor make predictions about how stressors affect ecosystem dynamics nearly impossible.

In this project we investigated the combined effect of elevated temperatures and a pulse of agricultural runoff (ARO) including biocides, copper and nitrate on pond food web dynamics. We analysed how these combined stressors influence dynamics, functional diversity and abundance of invertebrates. Artificial outdoor ponds were exposed to a gradient of ARO, either at ambient temperature or +3°C. Laboratory microcosms contained only regularly fed zooplankton, exposed to the same ARO biocides, nitrate and a 3°C temperature increase in a multifactorial design, to allow for disentangling of the effects of single and combined stressors.

In the mesocosms, no clear pattern could be shown for combined effects of ARO and temperature on zooplankton. Investigations in less complex and highly controlled microcosm systems showed no effects of stressors on abundance of total zooplankton but compensating positive and negative effects of biocides and nitrate on individual zooplankton groups. Similar microcosm experiments with different zooplankton communities showed very strong effects of community identity on experimental outcomes.

In summary, these results show that the effects of the stressors ARO and temperature on abundance and diversity of invertebrates differed in dependency of the complexity and composition of the observed community. Indirect effects resulting from stressors can mask the direct effects, hence zero net effects of stressors on bulk parameters of complex communities should not be misinterpreted as a no-effect scenario.

Cyanobakterienblüten in der Mosel: Ausnahmephänomen oder neue Normalität?

Julia Kleinteich¹; Marieke Frassl¹; Annette Becker¹; Andreas Schoel¹; Sonja Courth²; Björn Baschek¹; Tobias Brehm¹; Manoj Schulz¹; Arne Wick¹; Helmut Fischer¹

¹ Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG); ² Universität Trier, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Seit dem Jahr 2017 treten in der Mosel im Spätsommer Cyanobakterienblüten über mehr als 250 Flusskilometer auf. Im Hitzejahr 2018 war die Blüte besonders stark ausgeprägt und währte bis in den späten Oktober. Cyanobakterien können Allergien auslösen sowie toxische Sekundärmetabolite bilden und stellen daher ein Gesundheitsrisiko für verschiedene Nutzergruppen dar. Darüber hinaus kann die aufgebaute Biomasse zu einer Sauerstoffzehrung und anderen unerwünschten Folgen im Flussökosystem führen.

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde untersuchte zwischen 2017 und 2020 die Cyanobakterienblüten anhand von physikalisch-chemischen Wasserparametern, biologischen Komponenten, Toxinanalysen sowie Satellitenbilddauswertung. Zusätzlich standen vergleichende Langzeitdaten (1997-2020) der Mosel zur Verfügung. Die Blüten in 2017, 2019 und 2020 bestanden bis zu 85 %, in 2018 bis zu 95 % aus Cyanobakterien (Anteil Chlorophyllfluoreszenz), wobei mehrere Arten der Gattung *Microcystis* dominierten (mikroskopische Auswertung); deren Vertreter können das Lebertoxin Microcystin synthetisieren. Die quantitative Bestimmung der Microcystin-Kongeneren (MC-RR, MC-YR und MC-LR) mittels LC-MS/MS ergab Konzentrationen von maximal 3 µg/L (Trinkwassergrenzwert 1 µg/L). Im Vergleich zur hohen Zelldichte von *Microcystis* liegen die Konzentrationen damit eher niedrig. Eine Satellitendaten gestützte Untersuchung der Cyanobakterienblüte zeigte deren räumlich-zeitliche Verteilung über einen 250 km langen Flussabschnitt. Insgesamt ergab sich eine gute Korrelation der Satellitenauswertung mit in-situ Messungen des Chlorophyll-a. Positiv auf die Korrelationen wirkten sich geringe Trübungswerte, hohe Chlorophyll-a-Gehalte und kurze Zeiten zwischen Überflug und Probennahme aus. Die Analyse der Langzeitdaten zeigte einen Rückgang der gelösten Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen seit 1997, der mit einer Verminderung der Primärproduktion (indiziert durch Chlorophyll-a) einhergeht. Es ist daher unwahrscheinlich, dass die jüngsten Blüten durch Eutrophierung hervorgerufen werden, allerdings liegt auch keine Nährstofflimitation des Phytoplanktons vor. Es ist zu vermuten, dass die Entwicklung der Cyanobakterienblüten mit langanhaltenden Trocken- und Hitzeperioden und daraus resultierenden geringen Fließgeschwindigkeiten in der stauregulierten Mosel zusammenhängen. Die Mosel und die hier beobachteten Prozesse könnten daher als Modell für die Zukunft auch anderer europäischer Flüsse im Klimawandel dienen.

Methodenstudie zur Erfassung von Makroinvertebraten in Gräben

Elisabeth Kliment; Lisa Tunder; Jakob Kalus; Ellen Kiel

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Viele Aussagen über die Makroinvertebratenfauna und die Ökologie von Gräben basieren auf Daten, die mithilfe von Kescherfängen erhoben wurden. Diese Daten gestatten jedoch weder Flächen und Volumenbezüge noch lässt sich ihr Einsatz in umfangreichen Monitorings gut standardisieren. Stechrohre und Stechrahmen hingegen ermöglichen quantitative Datenaufnahmen. Über ihre Eignung für die Erfassung der Grabenfauna und die Grenzen ihrer Aussagekraft war zuvor allerdings wenig bekannt. Im Mai 2019 wurde deshalb an zwei Gräben im Einzugsgebiet der Jade (Niedersachsen) eine Vergleichsstudie durchgeführt. Die Bewertung der Probenahmetechniken umfasste Aspekte der Normierung, Effektivität, Validität und Ökonomie. Beide Gräben dienen der Entwässerung intensiv landwirtschaftlich genutzter Marschen- bzw. Mooregebiete im Einzugsgebiet der Jade und ähneln sich in Bezug auf Morphologie, Hydrologie und Management. In jedem Graben wurden zwölf Untersuchungsabschnitte festgelegt. Je Abschnitt erfolgte zeitgleich eine Beprobung mit Stechrohr und Stechrahmen. Um die Artenabdeckung durch Stechrohr und Stechrahmen zu prüfen, entnahmen wir in den Abschnitten anschließend normierte Kescherproben.

Beide Probenahmetechniken eigneten sich zur quantitativen Datenerhebung. Unterschiede der Grabenfauna und Individuendichte zwischen den Gräben wurden von Stechrohr und -rahmen übereinstimmend abgebildet und konnten als valide eingestuft werden. Mit dem Stechrohr konnten allerdings signifikant mehr Individuen pro Fläche und pro Volumen erfasst werden als mit dem Stechrahmen. Die nachträgliche Beprobung der Wassersäule mit dem Kescher ergänzte das mit Stechrohr und Stechrahmen erfasste Arteninventar beider Gräben. Dabei handelte es sich um Arten, die in den Kescherproben nur als Einzelexemplare oder mit geringer Individuenzahl auftraten.

Für die standardisierte quantitative Erfassung der grabenlebenden Makroinvertebraten erwies sich in unseren Gräben, aus Gründen der Normierung und Ökonomie, das Stechrohr als vorteilhaft. So ermöglichte das Stechrohr eine exaktere Beprobung der Wassersäule und gestaltete sich in der Handhabung als einfacher und weniger zeitintensiv.

Diverse microbial communities can serve as a barrier against antimicrobial resistance

Uli Klümper; Thomas U. Berendonk

TU Dresden, Institut für Hydrobiologie

Increased antimicrobial resistance (AMR) in a wide range of human pathogens is a growing public health threat, and the World Health Organization forecasts a post-antibiotic era for the 21st century. Nowadays, many surface waters are occasionally or chronically polluted by antimicrobial compounds, antibiotic resistant bacteria and antibiotic resistant genes through e. g. wastewater effluents. The role of the environment in promoting or hindering the dissemination of AMR is currently under scientific scrutiny. Here, we aim to elucidate whether the diversity of aquatic microbiomes could be a deciding factor in the resilience of aquatic ecosystems against proliferation of introduced AMR.

To study if highly diverse microbial communities can serve as a barrier to invasion by AMR, we inoculated the focal species, *E. coli*, with and without constitutively expressed, plasmid encoded AMR into artificial flumes systems with aquatic biofilms of differing diversity. Natural biofilms of different diversity were previously grown on exposure units in natural rivers with varying levels of anthropogenic impact. The invasion success of the focal resistant strain and the AMR plasmid were subsequently determined and correlated with the diversity of the invaded aquatic biofilm community.

Further, competition experiments between the susceptible and resistance focal species at 50:50 ratio were carried out in presence and absence of complex bacterial communities across a gradient of antibiotic concentrations ranging from no effect level, through minimum selective concentration of the susceptible strain to its extinction. The competitive intraspecies fitness of the resistant strain in comparison to its susceptible counterpart was measured throughout the evolution experiment. In both, absence and presence of the complex community, hosting the resistance genes provided a minimal burden under non selective as well as a significant fitness advantage under inhibitory conditions. While at community absence a significant advantage of the resistance strain was measured at low selective concentrations, this fitness benefit was close to nullified or even reversed, in presence of the complex community.

Our results hence demonstrate that maintaining healthy, diverse aquatic microbial communities can have a severe effect on the resilience of aquatic ecosystems towards invasion by AMR.

Patterns of antibiotic resistance in river bottom sediments

David Kneis¹; Stefanie Heß²; Thomas Petzoldt¹; Thomas Berendonk¹

¹ TU Dresden, Institut für Hydrobiologie; ² TU Dresden, Institut für Mikrobiologie

Antibiotic resistant bacteria (ARB) and the respective genes (ARG) represent biological water pollutants of increasing concern. ARB/ARG potentially originate from both point and non-point sources. While the role of wastewater effluents on the pollution of rivers with ARB/ARG has been demonstrated in a number of studies, the aspect of diffuse inputs to surface waters has gained less attention. We present results of an antibiotic resistance screening performed in a small river basin close to Dresden, Saxony. Besides six wastewater treatment plants, the catchments hosts several big livestock facilities. We performed a snapshot sampling to explore the spatial distribution of ARG abundance and diversity. Biofilm from the river bottom sediments was collected at 30 sites and the extracted DNA was shotgun sequenced. The metagenomic information was processed through a bioinformatics pipeline to obtain absolute and relative ARG abundances along with information on the composition of bacterial communities. We report on the identified links between ARG abundance and anthropogenic impacts as well as on how genotypic antibiotic resistance is related to community composition.

Genetische Vielfalt der Schleie (*Tinca tinca*) in Deutschland

Christoph Köbsch¹; Sascha Krenek²; Thomas Schiller³; Thomas Berendonk¹

¹ Technische Universität Dresden, Institut für Hydrobiologie; ² Technische Universität Dresden/Bundesanstalt für Gewässerkunde; ³ Technische Universität Dresden/Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft

Die genetische Vielfalt von Fischpopulationen kann langfristig über deren Stabilität und Bestehen entscheiden. Informationen über die populationsgenetische Struktur und Diversität sind daher dringend gefordert, um zukünftig sinnvolle Bewirtschaftungs- und Schutzmaßnahmen durchführen zu können, ohne die Integrität und Funktionalität der Populationen zu beeinflussen.

In einer von der deutschen Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung beauftragten Studie zur Erfassung der genetischen Variabilität von Wildpopulationen der Schleie in Deutschland wurden in den Jahren 2016 bis 2019 1103 Schleien aus 39 Populationen der Flussgebietseinheiten (FGE) Donau, Elbe, Ems, Oder, Rhein, Schlei-Trave, Warnow-Peene und Weser analysiert. Dabei wurde ein nicht-invasives Verfahren mittels forensischer Abstriche zur DNA-Gewinnung für die Schleie etabliert und verwendet. Die Erfassung der genetischen Daten erfolgte mittels 12 Mikrosatelliten-Loci und einem mitochondrialen Marker.

Die großräumige, überregionale Probenahme in acht FGEs, als auch die Erfassung der genetischen Diversität auf kleinräumiger Skala (mehrere Populationen pro Fluss und FGE) ermöglichten dabei eine detaillierte Erfassung der Variabilität und Differenziertheit auf mehreren hierarchischen Ebenen (zwischen FGEs, zwischen Populationen innerhalb der FGEs, und innerhalb der Populationen). Die Ergebnisse der mitochondrialen DNA-Analyse zeigten dabei eine starke Durchmischung der beiden Phylogruppen in allen FGE. Die populationsgenetische Analyse mittels Mikrosatellitenmarker wies eine moderate Diversität der Populationen bei gleichzeitig niedriger genetischer Differenzierung auf.

Die Ergebnisse dieser Studie ermöglichen eine praxisorientierte Bewertung der genetischen Distanzen bzw. Verwandtschaften in Hinblick auf die fischereiliche Bewirtschaftung und erforderliche Schutzmaßnahmen.

Gesamträumliches, integriertes Auenentwicklungskonzept für die Elster-Luppe-Aue - vom Leitbild zum Entwicklungsziel

Uwe Koenzen¹, Joachim Steinrücke² & Franziska Löffler³

¹ Planungsbüro Koenzen, Schulstraße 37, 40721 Hilden, koenzen@planungsbuero-koenzen.de, ProAqua Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Umwelttechnik mbH, Turpinstraße 19, 52066 Aachen, jsteinruecke@proaqua-gmbh.de, ³ Stadt Leipzig, Amt für Stadtgrün und Gewässer, Prager Straße 118-136, 04317 Leipzig, franziska.loeffler@leipzig.de

Die Elster-Luppe-Aue im Nordwesten Leipzigs ist durch Hochwasserschutzdeiche von der Überflutungsdynamik der Fließgewässer entkoppelt, ehemalige Wasserläufe sind trockengefallen. Menschliche Eingriffe und die Stadtentwicklung der vergangenen einhundert Jahre zeigen bis heute anhaltende Wirkung, so tieft sich z. B. die Neue Luppe immer weiter ins Gelände ein, mit Folgen für den Grundwasserspiegel. Um dieser Entwicklung entgegen zu wirken, hat sich das Projekt Lebendige Luppe zum Ziel gesetzt, den Wasserhaushalt des Auensystems durch die Wiederbelebung ehemaliger Flussläufe und naturnaher Überflutungsereignisse zu verbessern und dadurch die biologische Vielfalt in diesem Ökosystem zu fördern. Von Beginn an war das Projekt ausdrücklich als ein erster Baustein einer umfassenden Auenrevitalisierung konzipiert.

Um eine gesamträumliche, mittel- bis langfristige Entwicklungsperspektive für das Gebiet zu formulieren, wurde mit der Projektverlängerung 2020 die Erarbeitung eines integrierten Auenentwicklungskonzepts verankert. Das Projektteam wird bei dieser Aufgabe durch die Arbeitsgemeinschaft Planungsbüro Koenzen und ProAqua Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Umwelttechnik mbH unterstützt.

Die Entwicklung des Auenentwicklungskonzeptes folgt methodisch dem Ansatz von Harms et al. (2018). Die Autoren formulieren als ersten Schritt die Erarbeitung eines Leitbildes, d.h. die Definition des potentiell natürlichen Zustands der Aue. Dieser Zustand ist nur theoretisch erreichbar, bietet aber Orientierungshilfe für die Richtung der angestrebten Entwicklung und dient zur Ableitung möglicher Teilziele. Neben der flächenhaften auentypischen Nutzung wird in der Elster-Luppe-Aue u. a. die Land- und Forstwirtschaft zur mittel- bis langfristigen Erhaltung des Wald-Offenland-Mosaiks einbezogen. Die Aue in unmittelbarer Nähe einer Großstadt unterliegt jedoch vielfältigen Einflüssen. Die Entwicklungen in Siedlungs-, Verkehrs- und Versorgungsstruktur (sog. Raumwiderstände) stellen eine große Herausforderung für die Auenrevitalisierung inmitten der wachsenden Stadt dar. Nach der Analyse des Wasserdargebots, werden aktuell die vorhandenen Raumwiderstände im Projektgebiet und deren Möglichkeit zur Veränderung, ggf. in verschiedenen Zeithorizonten analysiert. Darauf aufbauend lässt sich anschließend ein tatsächlich erreichbares Entwicklungsziel für die Elster-Luppe-Aue definieren.

Das Auenentwicklungskonzept soll von möglichst vielen Akteuren akzeptiert und unterstützt werden und durch ein weiterführendes Maßnahmenprogramm zur Auenentwicklung vervollständigt werden. Die Entwicklung des Gesamtkonzeptes für die Elster-Luppe-Aue im Leipziger Nordwesten ist als beteiligungsorientierter Diskussionsprozess angelegt, der bereits begonnen hat.

Rückhalt von Wasser und Nährstoffen durch Makrophyten in einem Flachlandfluss – Sinn und Unsinn der Entkrautung

Jan Köhler

IGB - Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei

Viele langsam fließende Gewässer werden regelmäßig gekrautet, um das Überschwemmungsrisiko zu verringern. Andererseits ist der Rückhalt von Wasser in Trockenperioden erwünscht. Zudem können Wasserpflanzen Nährstoffe, Phytoplankton und sonstige Schwebstoffe zurückhalten. Um pflanzendominierte Fließgewässer effektiv bewirtschaften zu können muss die Abhängigkeit dieser Retentionswirkungen von der Dichte der Pflanzenbestände bekannt sein. In der hier vorgestellten Studie wurden Krautstau, Rückhalt von Phytoplankton und Nährstoffen entlang eines 30 km langen Abschnitts der Spree über mehrere Jahre untersucht, wobei die Biomasse der Wasserpflanzen zwischen 0 und etwa 300 g TM/m² variierte. Entlang dieses Flussabschnittes wurden an 12 Stellen kontinuierlich die Wasserstände aufgezeichnet, der Durchfluss wurde an zwei Transekten etwa wöchentlich gemessen. Die Konzentrationen an Phytoplankton, P- und N-Verbindungen wurden wöchentlich an 10 Stellen erfasst, zudem wurden Sedimentations- und Denitrifikationsraten bestimmt. Die Wirkung von Wasserstandsänderungen im Fluss auf das Grundwasser in der Aue wurde in einem Transekt abgeschätzt. Die Intensität des Krautstaus war proportional zur Biomasse der Wasserpflanzen. Im Hochsommer bewirkten die Wasserpflanzen am Beginn des Spreeseabschnittes eine Erhöhung des Wasserstandes um ca 80 cm, dieser Staueffekt verringerte sich bis auf Null kurz oberhalb der Berliner Seen und verschwand im Spätherbst mit den Wasserpflanzen. Moderate Entkrautung verringerte den Krautstau im Sommer um 20-30 cm. Veränderungen des Wasserstandes im Fluss pflanzten sich innerhalb weniger Stunden im Grundwasser fort. Durch die Pflanzenbestände wurden ca 90% des eingetragenen Phytoplanktons zurückgehalten, überwiegend auf den ersten Kilometern der Fließstrecke. Der Nährstoffrückhalt durch gesteigerte Sedimentation war deutlich höher als durch Einbau in Pflanzenbiomasse. Durch verhinderte Austrocknung der angrenzenden Niedermoorböden verringert der Krautstau auch den Eintrag von Nährstoffen. Die Wahrscheinlichkeit trockener Sommer wird zumindest regional zunehmen. Bei unterdurchschnittlichen Abflüssen ist nicht nur die Retention von Nährstoffen und Phytoplankton, sondern auch der Rückhalt von Wasser im Flusssystem sehr vorteilhaft; Entkrautung ist dann nur schädlich. Wenn die Pflanzendichte verringert werden muss, ist verstärkte Beschattung durch Uferbäume viel kostengünstiger und nachhaltiger als die jährliche mechanische Entkrautung.

Welche Fragen zu Wasserkraftanlagen sind aus limnologischer Sicht zu beantworten?

Ralf Köhler

Landesamt für Umwelt Brandenburg

In der Session und im Workshop „Limnologie der Wasserkraft“ 2019 in Münster wurden viele limnologische Fragen aufgeworfen, auf die in diesem Beitrag versucht wird, einen Stand der Antworten wiederzugeben.

- Wir weit sind wir bei der Beurteilung limnologischer Wirkungen von Wasserkraftanlagen (neue und bestehende Anlagen)?
- Was können wir zur „Ökologischen Durchgängigkeit für Sedimente, Totholz (Feststoffhaushalt) aber auch Wirbellose sagen?
- Was ist bezüglich ökologischer Durchgängigkeit für Jungfische und kleine Fische zu sagen?
- Wissen wir genug über das Wanderverhalten der heimischen Fischfauna?
- Wieviel Methan wird in Stauhaltungen gebildet?
- Welche Anforderungen an Wasserkraftanlagen sind aus limnologischer Sicht zu stellen?
- Wie muss ein limnologisches Monitoring ausgestaltet werden?
- Was sind die Erheblichkeitsschwellen für die Schädigung von Fischpopulationen?
- Welche Konsequenzen sind aus der turbinen- und standortspezifischen Spreitung von Wirkdaten auf Fische zu ziehen?
- Welche sublethalen Schäden gibt es: Qualität, Wirkung, Bewertung, notwendige Untersuchungen im Rahmen vom Monitoring an WKA
- Welche Anforderungen sind an UVPs/FFH-Verträglichkeitsprüfungen zu stellen und wann sind Neuanträge abzulehnen? (Checkliste für Genehmigungsverfahren)
- Welche maximalen artspezifischen Anströmgeschwindigkeiten und maximalen Rechenabstände an Rechen sind zulässig?
- Was wissen wir über kumulative Wirkungen von Anlagen und welche Konsequenzen werden daraus gezogen?
- Mit diesem Beitrag soll ein guter Einstand in die Session „Limnologie der Wasserkraft II“ und in den anschließenden Workshop gegeben werden.

Was kann Limnologie leisten, um Xenobiotika-Wirkungen in Seen zu reduzieren? Welche neuen Wege sind im Handling von Xenobiotika zu gehen?

Ralf Köhler

Landesamt für Umwelt Brandenburg

Aktuelle Publikationen über dramatische Rückgänge der Biodiversität auch im aquatischen Bereich sprechen eine deutliche Sprache.

- Nach WRRL haben wir 100 % Zielverfehlung beim chemischen Zustand der Oberflächengewässer in Deutschland
- Was ist eigentlich bezüglich der stofflichen Belastung der Gewässer in den letzten Jahrzehnten passiert?
- Welchen Anteil haben Xenobiotika am Rückgang der Biodiversität in stehenden Gewässern?
- Warum erfüllen Natura 2000 und WRRL die Anforderungen, dem entgegenzuwirken, nicht?
- Warum reicht das bisherige Monitoring von Xenobiotika-Wirkungen in Seen nicht?
- Wir erleben „Sukzessionen“ des Einsatzes von Xenobiotika: Auf Lindan folgten Neonicotinoide, auf Atrazin folgte Glyphosat usw. Genehmigungsverfahren stützen sich auf intransparente Industriedaten, UQN auf Labor-Standards und müssen über die Jahre regelmäßig nach unten korrigiert werden. Unabhängige Ökotoxikologen und Limnologen forschen regelrecht jeweils hinter Schadstoffwirkungen im Freiland hinterher.
- Der Vorsorgegrundsatz wird durch die gegenwärtige Praxis verletzt
- During a thesis: In spite of lots of Xenobiotica effect data no idea what will happen after first application in a mesocosm
- Was bedeuten Formulierungen wie "behutsamer Einsatz" von Xenobiotika im Klartext? Welche Alternativen gibt es?
- Was können Limnolog*innen bezüglich Xenobiotica beisteuern, um den Trend der Abnahme der Biodiversität umzukehren? Was müsste sich aus unserer Sicht ändern?

Iron from lignite mining enhances phosphorus uptake in lake sediments of River Spree (NE Germany)

Giulia Friedland^{1,2}; Björn Grüneberg³; Michael Hupfer¹

¹ Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries; ² BTU Cottbus-Senftenberg; ³ Landeslabor Berlin-Brandenburg

Lignite mining in Lusatia (NE Germany) releases large amounts of iron (Fe) into River Spree. Settling iron hydroxides can adsorb phosphorous (P) and accumulate in low-flow areas such as in River Spree interconnected lakes. In a column study under controlled laboratory conditions, undisturbed sediments of three shallow, eutrophic lakes of River Spree (Lake Neuendorf (199 $\mu\text{mol}/\text{cm}^3$ Fe in the upper first cm), Lake Glowe (151 $\mu\text{mol}/\text{cm}^3$ Fe) and Lake Müggelsee (109 $\mu\text{mol}/\text{cm}^3$ Fe)) and Lake Schwielochsee (close by, but not affected by lignite mining, 67 $\mu\text{mol}/\text{cm}^3$ Fe) are analyzed regarding their retention and release potential of additional incoming P. We hypothesize, that higher Fe contents in the sediments lead to higher P uptake rates and P sorption capacities in the sediments as well as lower P release, especially under oxic conditions. Preliminary results show higher uptake rates in Lake Neuendorf than in Lake Glowe and Lake Müggelsee. In all sediments, the uptake rates decrease with time. Even though Lake Schwielochsee has even lower Fe contents than Lake Müggelsee, chironomid larvae present in the sediments of Lake Schwielochsee lead to higher P-burial in the sediments until now. We can already conclude that Fe from lignite mining partly compensates for the negative effects of eutrophication by binding P in the sediment und thus decreasing P in the water column.

Ökosystemare Aspekte von ökotoxikologischen Effekten in Seen als möglicher Schlüssel für eine realistische und pragmatische Risikobewertung.

Christiane Krambeck

christiane.krambeck@gmx.de

Keywords: ecological risk assessment, ecosystem approach, charophytes, macrophytes, herbicides, lake

Winfried Lampert gewidmet

Einleitung

Bei Fließgewässern wurde die Unterschätzung realer Risiken durch regulatorische Schwellenwerte schon vor zwei Jahrzehnten erkannt (Liess et al 2001) und eine Methode der monitoring-basierten Risikobewertung entwickelt (Liess et al. 2005, 2019, 2021). Bei Seen ist die Arbeitsrichtung seit frühen Mahnungen, die besonderen Empfindlichkeiten in Ökosystemen zu berücksichtigen (Lampert et al 1989), nicht weiterverfolgt worden. Da in Seewasser Xenobiotika kaum nachzuweisen sind (LLUR 2018) und sämtliche WRRL Berichte dem Suhrer See einen guten ökologischen Zustand bescheinigten, überraschte die Entdeckung von Makrophytenausfällen im Suhrer See und der damit einhergehende Verdacht auf Herbizideffekte (Krambeck 2019) zunächst. Makrophytenexperten war dieser Verdacht jedoch durchaus vertraut, und ähnliche Beobachtungen gab es deutschlandweit (Krambeck 2020), so dass eine daraufhin einberufene Special Session zum Thema auch bei Ökotoxikologen auf Interesse stieß (Köhler & Krambeck 2020). In der Diskussion kristallisierte sich die systematische Unterschätzung von ökologischen Risiken mit der gängigen schwellen-basierten Bewertung als weiterhin ungelöstes Problem heraus. Zur Untermauerung des offensichtlichen, akuten Handlungsbedarfs im Naturschutzgebiet Suhrer See und zur Abwendung von Risiken für gefährdete und bedrohte Arten wurde daraufhin eine monitoring-basierte Risikobewertung als Alternative entwickelt und erprobt.

Methoden und Ergebnisse

Ausfälle und Erholungen von Makrophyten in 1–3 m Tiefe wurden im Suhrer See (54°09'05"N 10°29'25"O) von 2017 bis 2021 im Mai und August von der Wasseroberfläche aus mit Unterwasserkamera entlang fester Inspektionskurse dokumentiert. Veränderungen wurden in Bezug zur Bewirtschaftung von Teileinzugsgebieten, zum Niederschlag und zu einer Bestandsaufnahme von 1991 gesetzt (Frenzel 1992, Krambeck 2019). Reaktionen von Biota wurden nach ökosystemaren Grundlagen interpretiert. Aussagen über mögliche Kausalbeziehungen wurden nach dem Vorbild von Liess et al. (2019) anhand von "Multiple Lines of Evidence" (MLE) getroffen.



C +



Charawiese

Ersatz durch Angiosperme

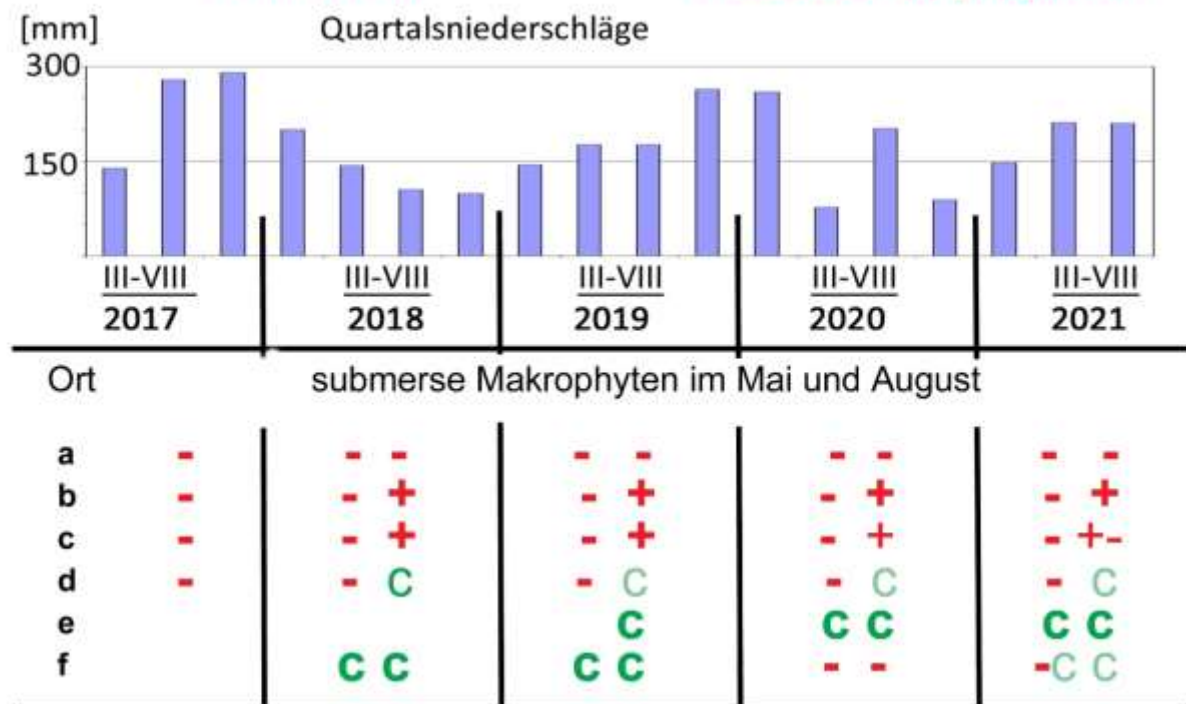


Abb.1: Lokale Ausfälle und Erholung submerser Makrophyten (SuM) zu Beginn und gegen Ende der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von Niederschlägen, a-f: Orte unterschiedlicher Belastung, siehe Luftbild

Lokale Reaktionen auf Niederschläge von 2017 bis 2021, jeweils im Mai und August:

- Totalausfälle der SuM, **C** Charawiese (fett: wintergrün), **+** Ersatz durch Angiosperme

MLE sind eine Methode der induktiven Hypothesenbildung bei komplexen Problemen und beruhen auf Plausibilität (Fuzzy Logik) und Wahrscheinlichkeit (Bayesianismus, Carrier 2006). MLE sammeln also Indizien und bewerten ihre Belastbarkeit im Kontext des vorhandenen Wissens. Das erhöht die Chance, bei komplexen Zusammenhängen die richtigen Fragen zu stellen, auch für weitergehende, klassisch deduktive Untersuchungen, und zielt auf Problemlösungen. Praktisch ergeben sich in der Anwendung auf komplexe Gewässerschutzprobleme Hinweise auf Handlungsbedarf.

Monitoring-Ergebnisse

Im Nordosten des Suhrer Sees (Abb.1, Satellitenbild) gab es Ausfälle der submersen Makrophyten (SuM) im extrem nassen Sommer 2017 und in jedem Frühjahr. Sie wiesen auf Belastungen durch unterirdische Einträge aus Ackerland mit Anbau von Wintergetreide hin. Dass die sandigen Flächen 25 m über Seeniveau über einem bewaldeten Steilhang lagen, sprach für einen maßgeblichen Einfluss von Zwischenabfluss. Bei Ausbleiben von Zwischenabfluss im extrem trockenen Sommer 2018 regenerierten sich – außer vor dem Drainzulauf (a) (in Abb.1) – dichte Bestände von SuM, Charophyten aber nur in der NO-Bucht (d). In normalen Sommern (2019–21) setzten sich bei (d) mehr Störanzeiger durch und bei (c) nahmen die Deckungsgrade ab. Nur (a) blieb permanent vegetationsfrei. Nach Frenzel (1992) gab es *Chara sp.* bei (a und b) früher häufig und bei (c) massenhaft.

In der bis 3 m tiefen NO-Bucht (d) erschien immer erst ab Juli eine Wiese von *Nitellopsis obtusa*. Auf der Untiefe (e) (um 1 m tief) quer vor der NO-Bucht (d) gab es eine wintergrüne Charawiese (AG 2016). Im Übergang zum NO-Ufer und bis (c) wuchsen Charophyten dagegen jeden Mai neu.

In der 2m tiefen Nordbucht (Abb.1: f) gab es vom Frühjahr 2018 bis Sommer 2019 eine wintergrüne Charawiese. Im Mai 2020 war der Grund in 2m Tiefe dann von einem Blaualgent Teppich über verrotteten Charafäden bedeckt, im August 2020 war er vegetationsfrei, bis auf vereinzelte *Xeratophyllum demersum*, *Ranunculus circinatus* und eine Gruppe von *Potamogeton crispus* im Buchtinneren, ein Störanzeiger (C nach Schaumburg et al 2011), der im Suhrer See noch nie beschrieben worden war. Ein Jahr später, Ende Mai 2021, begann die Charawiese sich vom Ostufer her zu regenerieren. Im August war der Grund wieder bewachsen, und Angiosperme waren nur im Buchtinneren noch dominant. – Im Herbst 2019 war ein brach liegendes Feld nördlich der Bucht (f) neu mit Winterweizen bestellt worden, 2020 wurde nach der Ernte eine Zwischenfrucht aus Ackersenf und Ölrettich eingesät, 2021 danach Mais angebaut.

Die Störung gefährdete einen seltenen Bestand von einigen *Chara subspinos* (= *rudis*) (AG 2016) (rote Liste SH 0) in 0,5–2m Tiefe im Buchtinneren. Davon waren seit 2020 im Mai zwar noch Stängelfragmente im Flachwasser übrig, die bis August auch noch austrieben. 2018 hatte es im Mai aber bereits vitale Sprosse und im Juli große Pflanzen mit Gametangien gegeben (Abb.2), offenbar zu selten, um eine stabile Population aufzubauen, auch wenn die Art sich am äußersten Rand ihrer fundamentalen Nische (Holt 2009, Hutchinson 1957) so eben halten konnte. Eine ähnlich empfindliche Art, *Chara tomentosa* (AG 2016), wurde zuletzt 2002 in der Nordbucht gesichtet (Garniel 2002) und nach Umbruch ehemaligen Grünlandes in der Umgebung nie wieder gefunden. Beide Arten sind für wintergrüne Bestände typische k-Strategen (Schubert et al. 2018) und können sich nicht schnell erholen, anders als an häufige Störungen im Flachwasser angepasste Arten.



Chara subspinosus zu oft an Grenze ihrer fundamentalen Nische

Abb.2: *Chara subspinosus* in Nordbucht (f) 2018 mit Gametangien, 2021 Sprossreste

Mit den SuM verschwanden 2017 auch große Hechte. Sie stellten sich zwar wieder ein, wo Pflanzen nachwuchsen, aber seltener. Dazu wurde von 2017–2020 im Bereich von Ausfällen der SuM alljährlich ein um 0,7 m langer Hecht tot aufgefunden, der an einer Virus-, Bakterien- oder Pilz-Infektionen verendet war. Veränderungen fielen nicht nur bei Fischen auf, sondern auch bei Fadenalgen. Dazu gab es im Litoral frühere und dichtere Blaualgenblüten.

"Multiple Lines of Evidence" für ökotoxikologischen Stress

Ausfälle gab es nur an Stellen mit Herbizideinsatz in Teileinzugsgebieten und bei hohem Zwischenabfluss, im landwirtschaftlich geprägten Nordosten (Abb. 1 a–d) im extrem nassem Sommer 2017 und immer im Frühjahr. Und Erholungen im Sommer ließen sich je nach Niederschlägen und Randbedingungen abstufen. Wintergrüne Charawiesen gab es nur auf der Untiefe (e) vor der NO-Bucht, also ohne Einfluss von Zwischenabfluss und nicht in Landnähe. In der Nordbucht gab es sie nur solange die Felder in der Umgebung brach lagen, also nur ohne belasteten Zwischenabfluss bis 2019.

Als Ursache für den Ausfall in der Nordbucht (f) im Frühjahr und Sommer 2020 kam die Beseitigung von Brachlandvegetation durch Herbizideinsatz Ende 2019 in Frage und war plausibel, da eine unterirdische hydrologische Anbindung des fraglichen Ackers über einen Sumpfwald auf Seeniveau wahrscheinlich war. Auch die Erholung 2021 nach alternativem Zwischenfruchtanbau stützte die Hypothese dieser Herkunft der Belastung.

Im Südostwinkel der Nordostbucht (d) wiesen eine Sumpfquelle am Ufer und ein Quellbereich in anderthalb Meter Tiefe auf unterirdische Zuflüsse aus einem weiten, hochgelegenen Siedlungs- und Landwirtschaftsbereich hin, was zu den Störungen der SuM am Südufer und in der Buchtmitte passt. An das gegenüberliegende Nordufer der Bucht grenzte ein tiefliegendes Gelände mit Grünland und Sumpfwald, davor wuchsen Charophyten bis ins Flachwasser. Vor dem Ostufer zeigten Angiosperme eine Eutrophierung aus Gärten in steiler Hanglage an.

Bei (c) mit ca. 1 ha Weideland, 2 Rindern und über 20% Gefälle war zusätzlich zu einer Belastung über Zwischenabfluss von P-reicher Abschwemmung auszugehen, woraus sich Konkurrenzvorteile für *Elodea c.* ergaben, die nur im Sommer 2018, also ohne Zwischenabfluss, massenhaft erschien.

Als Grund für den permanenten Ausfall der SuM beim Drainablauf (a) war eine persistente Belastung zu postulieren. Die war im Mai 2019 in einer Sedimentprobe vor (a) zwar nicht nachzuweisen (Machate et al. 2021). Das könnte aber an der vorausgegangenen, einjährigen Trockenphase und dem Übersehen von Metaboliten gelegen haben. Beweise von Sedimenttoxizität sind auch nicht trivial (Chapmann & Hollert 2006). Nach Auskunft von Landwirten wurden jedenfalls vor Ort Pendimethalin und Diflufenican ausgebracht, die nach Lewis et al. (2016) neben hoher Algentoxizität Halbwertszeiten von Monaten bis Jahren im Freiland haben und deswegen auf der EU-Liste der "candidates for substitution" stehen (was heißt, dass auf Anzeichen für Umweltschäden geachtet und ggbs. auf alternative, nachhaltige Praktiken hingearbeitet werden sollte.)

Der nach den wiederkehrenden Mustern (Abb.1) immer wahrscheinlichere Zusammenhang zwischen belastetem Zwischenabfluss und lokalen Ausfällen war auch direkt nicht zu beweisen. Dazu hätte es Daten zu Konzentrationen am Ort und zur Zeit der Ausfälle der SuM gebraucht, ebenso wie Effektkonzentrationen bei Diasporen von SuM, die als Referenz hätten dienen können. Beides fehlte. – Grenzwerte für Metazachlor, die nach Maßgabe der vorhandenen Referenzdatenbasis und EFSA-Kriterien vorgeschlagen wurden (Vonk et al 2013) lagen aber mit 0,08 µg/l für direkte Ökotoxizität und 0,48 µg/l für die maximal akzeptable Konzentration bereits im Bereich von Freilanddaten. Dazu ist anzumerken, dass Freilandrisiken theoretisch wegen des Einflusses von situationsbedingten und nicht vorhersagbaren biotischen und abiotischen Einflüssen auf Sensitivitäten schwer einzuschätzen sind (Fent 2003, da: Tab.4.1) und erfahrungsgemäß unterschätzt werden (Liess et al 2021).

Da Diasporen von SuM bekanntlich sehr unterschiedlich sind (Garniel 2008) und geringe Sensitivitätsunterschiede bei Konkurrenz zur Verdrängung von Arten führen können (Liess et al 2013), lag nahe, den beobachteten Feldvorteil von Angiospermen bei leichterer Belastung als Ersatz einer funktionalen Gruppe zu deuten, der für toxischen Stress typisch ist. – Außerdem sind Herbizide und ihre Metabolite allgegenwärtig (Knillmann et al. 2021, Ulrich et al. 2021) und das in hinreichender Konzentration, um multiple Effekte zu verursachen. Bei den registrierten Auffälligkeiten bei Fischen, Blau- und Fadenalgen dürfte es sich von daher um "Feuerwerkseffekte" (Köhler 2020) gehandelt haben, die für toxischen Stress ebenfalls typisch sind.

Nach dem Wissenstand über ökosystemare Regelungen in Seen (Blindow et al. 2021, Brönmark & Vermaat 1998, Lampert 1987, Lampert & Sommer 1993, Odum 1999, Wetzel 1975) waren auch indirekte Effekte der SuM-Ausfälle bei Fischen und besonders bei den Top-Predatoren zu erwarten, ebenso wie umgekehrt positive Rückkopplungen zulasten der SuM. Außerdem galten immunotoxische Effekte bei Fischen als häufig und zu selten berücksichtigt (Segner et al 2012), wurden mit Biomarkern inzwischen aber nachgewiesen (Schuijff et al 2021). Die Gefahr positiver Rückkopplungen und damit einhergehender Degradationen (Ausfälle und Ersatz funktioneller Gruppen bis hin zu Verödung) wurden schon von Odum (1985) als Alarmzeichen für menschengemachten Stress benannt. – Cyanobakterien profitieren im Gegensatz zu Karyonten im Übrigen eher von PSM: Nutzung von Glyphosat/AMPA bei Nährstofflimitierung als P-Quelle (Forlani et al 2008, Huntscha et al. 2018, Saxton et al 2011), Befreiung von Pilzparasiten durch Fungizide (Ortiz-Cañavate et al 2019), Anzeichen für Ersatz von Grünalgen in Sukzession (Karier et al 2017).

Ranking von Anzeichen für ökotoxikologischen Stress und ökologische Bewertung des Risikos für Charophytenverluste nach Erholungsmustern

Die mit Belastungen wechselnden Zustände der SuM ließen sich für ein systematisches Ranking nutzen (Tab. 1). Die Abstufung von A (unbelastet) bis D (verödet) ergab nicht von ungefähr Parallelen zu dem Indikatorsystem für Eutrophierung der WRRL-Bewertung (Schaumburg et al 2011). Denn

die meisten Charophyten tolerieren Phosphorkonzentrationen an sich bis in den eutrophen Bereich (AG 2016) und reagieren eher auf ein damit verändertes Lichtangebot (Schubert et al 2018). Von daher war überall da, wo, wie am Suhrer See, Wasser trotz diffuser Einträge klar blieb und trotzdem so drastische Effekte wie Ausfälle der SuM auftraten, damit zu rechnen, dass P ein Proxy für gleichzeitig eingetragene Spurenstoffe war und nicht Ursache der Verschlechterungen.

Nach ökosystemarer Einordnung der unterschiedlichen Erholung war auch eine Bewertung des Risikos für Charophytenverluste möglich (Tab. 2). Daraus ergaben sich neue Stellenwerte von bisher wenig beachteten Kriterien, die über Monitoring gut zu erfassen waren, wie das Vorkommen wintergrüner Bestände, Anzeichen für das Aushalten von Arten am Rande ihrer ökologischen Nische (Lampert & Sommer 1996, Hutchinson 1957), verzögerte Entwicklungen im Frühjahr und Änderungen der Konkurrenzvorteile von Charophyten gegenüber Angiospermen.

Tab. 1: Ranking von Zeichen für Stress bei Unterwasservegetation

Art / Gruppe	Zustand	Rang	Legende
<i>Chara subspinos</i>	– mit Oogonien im Sommer – ohne "	A B	• A ungestört – Etablierung stabiler Populationen bedrohter Arten • B gestresst – Ausfall bedrohter Characeenarten, Rückgang • C erheblich gestresst – Ersatz von Characeen durch Angiosperme • D Verödung – Funktionsausfall
Charawiesen	– wintergrün – nicht "	A B	
Angiosperme in Charawiesen	– lose assoziiert – großflächige Einsprengsel	A–B B–C	
nur Angiosperme	– hohe Deckung – geringe Deckung	C C–D	
Ausfälle	– bei Einträgen aus Ackerland – permanent	B–D D	

Tab. 2: Ranking und ökologische Bewertung von Risiken für Artenrückgänge und Verluste nach Erholung submerser Vegetation von Ausfällen

Ranking Erholung		Ranking Risiko	
		ökologische Bewertung	Artenrückgänge und -verluste
A	stetig wintergrüne, intakte Charawiese	nie toxischer Stress	stabile Populationen auch von k-Strategen
B	Regeneration von Charophyten	Verlust von k-Strategen und wintergrünen Beständen	hohes Risiko für bedrohte Arten und keine Verbreitung durch Zugvögel
C	Regeneration nur von Angiospermen	Funktion ersetzt, aber struktureller Verlust	hohes Risiko für gefährdete Arten
D	keine Regeneration von submersen Makrophyten	Funktionsverlust, Verödung	System Shift, Degradation: Verlust ganzer Artengemeinschaften

Zusammenfassung und Diskussion

Nach den im Suhrer See von 2017–21 dokumentierten räumlich-zeitlichen Mustern der Reaktionen von submersen Makrophyten (SuM) auf Niederschläge in Verbindung mit Einzugsgebietsanalysen besteht mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ein ursächlicher Zusammenhang von Verschlechterungen mit unterirdischen Einträgen aus landwirtschaftlichen Flächen und wahrscheinlich mit Herbizidbelastung. Der Zustand der SuM wechselte so klar mit den Bedingungen, dass danach ein Ranking von Anzeichen für toxikologischen Stress und eine Bewertung des Risikos von Charophytenverlusten möglich war.

WRRL-Bewertungssysteme versagen in diesem Fall, weil sie auf Indikatoren für Eutrophierung ausgerichtet sind (Poikane et al 2020). Die guten ökologischen Zustandsklassen der WRRL-Berichte z. B. für SuM bedeuten also nur, dass der Suhrer See mesotroph geblieben ist, täuschen aber vor, dass damit "alles" gut sei und kein Handlungsbedarf bestehe. "Indices are misleading at best and attractive delusions at worst" (Chapmann 2011). Aufgrund der WRRL-Monitoringdaten sind für Gutachter im Übrigen "Verschlechterungstendenzen" bei SuM erkennbar (Stuhr et al. 2018). Eine Weiterentwicklung der WRRL-Routine auf der Basis des hier angedachten Rankings von SuM-Reaktionen auf toxischen Stress bietet sich an.

Auch ökotoxikologische Kennzahlen wie Toxic Units und regulatorische Schwellenwerte sind keine Sicherung gegen Artenverluste, sondern nur eine Abschätzung ökologisch in etwa sicherer Schadstoffkonzentrationen auf der Basis von standardisierten Labortests mit Modellorganismen. Der Einwand, dass die Routine des Zulassungsverfahrens unrealistisch ist und Freiland-Risiken unterschätzt, ist so alt wie das Verfahren selbst. Das Problem ist, dass Freilandsensitivitäten situationsbedingt sind (Fent 2003, darin Tab. 4.1) und sich damit der Standardisierung entziehen. "With increasing ecological relevance the reproducibility, specificity and thus suitability for standardisation of methods tends to diminish." (Conon et al. 2012). Die einzige Lösung dieses Dilemmas ist, mit der Risikobewertung im Freiland anzufangen, also monitoring-basiert zu arbeiten statt schwellen-basiert – was, wie am Fallbeispiel gezeigt, überraschend einfach ist und im Übrigen unverzichtbar, wenn es um lokale Ziele wie Artenschutz geht. Auf EFSA-Ebene wurde von Brown et al auch schon (2016) für die Annahme eines "more holistic and spatially explicit ecosystem approach for specific protection goals (SPGs)" plädiert: "The argument for defining SPGs for different habitats is that goals will be more environmentally relevant and they will take into account other locally acting stressors and constraints."

Aufbauend auf einem Schema für Faktoren optimaler Toxizitätstests (nach fig.3 in Diepens et al 2014) lassen sich die beiden Ansätze ökologischer Risikobewertung (ÖRB) gegenüberstellen. Abb.3 illustriert, dass sie zwar völlig anders arbeiten, sich aber auch ergänzen und überschneiden:

Bei der schwellenbasierten (sb) ÖRB zählt die Reproduzierbarkeit der Labordaten. Dass die Routine der Extrapolation auf komplexe Freilandsituationen unsicher ist (van den Brink et al 2008), wird aus praktischen Gründen in Kauf genommen. Bei der monitoring-basierten (monitb) ÖRB zählen in erster Linie Freilandeffekte und die Plausibilität toxischer Belastung. Exakte Sensitivitäten und Konzentrationen brauchen dazu primär nicht bekannt zu sein und sind es auch selten; Hinweise auf lokalen Handlungsbedarf ergeben sich entlang von "Multiple lines of evidence" (MLE) bereits ohne solche Daten. Die für die sb ÖRB zentrale Referenzdatenbasis spielt bei den MLE der monitb ÖRB eine Rolle. Umgekehrt kann die sb ÖRB von Hinweisen auf bisher übersehene, real relevante ökologische Effekte profitieren, wie hier auf das Fehlen von Sensitivitätsdaten für Diasporen.

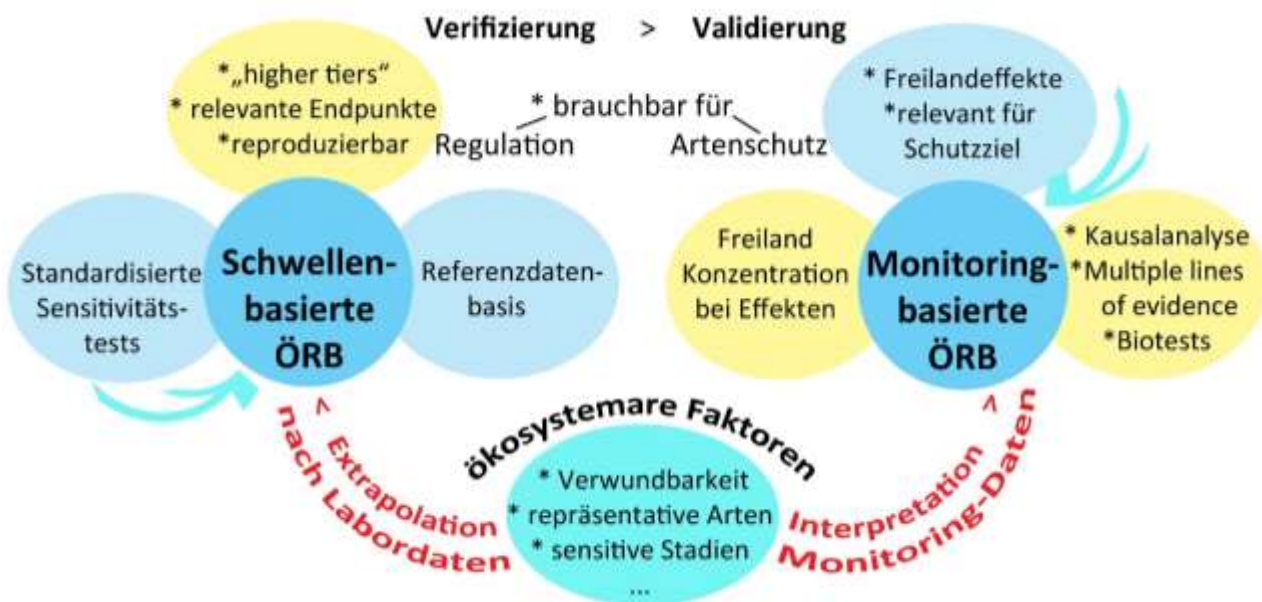


Abb.3: Schwellen- versus monitoring-basierte ökologische Risikobewertung (ÖRB)

Unter dem Strich sind monitb ÖRB jedenfalls die einzige Möglichkeit der Validierung der Sicherheit geschätzter Schwellenwerte, sb ÖRB können unter dem Primat der Reproduzierbarkeit höchstens bis zur Verifizierung ihrer Extrapolationen in Mesokosmen gehen. Von daher wären monitoring-basierte, an lokalen Schutzzielen orientierte ÖRB eine notwendige Ergänzung und empfehlen sich für die Validierung im Rahmen von Postzulassungsphasen (Schäfer et al 2018, Vijver et al 2017). Die Implementierung könnte auch eine Antwort auf einige der offenen, auf europäischer Ebene zur Diskussion gestellten, prioritären Fragen liefern (Van den Brink et al 2018).

Literatur

- AG Characeen Deutschlands (Hrsg.) (2016): Armleuchteralgen. Springer Spektrum, darin:
- Kap.7: Blindow, I., van de Weyer, K. (2016): Ökologie der Characeen.
 - . Kap.8: Doege, A., van de Weyer, K., Becker, R., Schubert, H. (2016): Bioindikation mit Characeen.
 - . Kap. 12.33: Kabus, T. (2016): *Nitellopsis obtusa*.
 - . Kap 12.16: Schubert, H., Blindow, I., van de Weyer, K. (2016): *Chara subspinososa*.
 - . Kap. 12.18: van de Weyer, K., Jorda, C. (2016): *Chara tomentosa*
- Blindow, I., Carlsson, M., van de Weyer, K. (2021): Re-Establishment Techniques and Transplantations of Charophytes to support threatened species. *Plants* 2021, 10, 1830 (33 pages)
- Brönmark, C., Vermaat, J.E. (1998): Complex fish-snail-epiphyton interactions and their effects on submerged freshwater macrophytes. p. 47 – 68, Chapt.3 in: Jeppesen et al. (eds): The structuring role of submerged macrophytes in lakes. *Ecological studies* vol. 131. Springer.
- Brown, R., Whale, G., Jackson, M., Maltby, L. (2016): Towards the Definition of Specific Protection Goals for the Environmental Risk Assessment of Chemicals: A Perspective on Environmental Regulation in Europe. *Integrated Environmental Assessment and Management* 13(1), 17–37
- Carrier, M. (2006): Wissenschaftstheorie zur Einführung. Junius Verlag Hamburg
- Chapman, P.M. (2011): Indices – attractive delusions. *Integr. Environ. Assess. Manage.* 7: 313
- Chapman, P.M., Hollert, H. (2006): Should the Sediment Quality Triad Become a Tetrad, a Pentad, or Possibly even a Hexad? *J Soils & Sediments* 6 (1) 4–8
- Connon, R.E., Geist, J., Werner, I. (2012): Effect-Based Tools for Monitoring and Predicting the ecotoxicological Effects of Chemicals in the Aquatic Environment. *Sensors* 2012, 12, 12741–12771
- Diepens, N. J., Arts, G.H.P., Brock, T. C. M., Smidt, H., van den Brink, P. J., van den Heuvel-Greve, M. J., Koelmans, A. A. (2014): Sediment Toxicity Testing of Organic Chemicals in the Context of Prospective Risk Assessment: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44:255

- Fent, K., (2003): Ökotoxikologie. Umweltchemie, Toxikologie, Ökologie. 2. Auflage. Georg Thieme
- Forlani, G., Pavan, M., Gramek, M., Kafarski, P., Lipok, J. (2008): Biochemical Bases for a Widespread Tolerance of Cyanobacteria to the Phosphonate Herbicide Glyphosate. *Plant Cell Physiol.* 49(3): 443–456
- Frenzel, B. (1992): Die Ufer- und Makrophytenvegetation des Suhrer Sees. – Diplomarbeit CAU Kiel.
- Garniel, A. (2002): Diekseestudie 2002. Gemeinsame Umsetzung von FFH-Richtlinie und Wasser-Rahmenrichtlinie am Beispiel des Dieksee im NATURA 2000-Gebiet DE 1828-301 „Suhrer See, Schöhsee, Dieksee und Umgebung“. LLUR-Publikation Bd.2
http://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/wafis/seen/Berichte_Gutachten/Ufer_Unterwasservegetation/Diekseestudie_2002_Garniel_Bd2_Anhang_B_Suhrer.pdf
- Garniel, A. (2008): Wasserpflanzen der Fließgewässer und Gräben. Informationen zum Verständnis ihrer Lebensstrategie als Grundlage für Erhaltungs- und Fördermaßnahmen in Schleswig-holstein und Hamburg. *Ber. Bot. Verein Hamburg*, Heft 24, 221 Seiten.
- Holt, R.D. (2009): Bringing the Hutchinsonian niche into the 21st century: Ecological and evolutionary perspectives. *PNAS*, November 17, 2009, vol. 106, suppl. 2, 19659–19665
- Huntscha, S.; Stravs, M. A.; Bühlmann, A.; Ahrens, C. H.; Frey, J. E.; Pomati, F.; Hollender, J.; Buerge, I. J.; Balmer, M. E.; Poiger, T. (2018): Seasonal dynamics of glyphosate and AMPA in Lake Greifensee: rapid microbial degradation in the epilimnion during summer. *Environm. Sci. and Technol.*, 52(8), 4641–4649
- Hutchinson, G.E. (1957): A treatise on limnology. Vol.1. Wiley, New York
- Karier, P., Kraus, G., Kolber, I. (2017): Metazachlor traces in the main drinking water reservoir in Luxembourg: a scientific and political discussion. *Environ Sci Eur* 29:25
- Knillmann, S., Liess, M., Scholz-Starke, B., Daniels, B., Ottermanns, R., Schäffer, A., Sybertz, A., Roß-Nickoll, M. et al. (2021): Environmental risks of pesticides between forecast and reality: How reliable are results of the environmental risk assessment for individual products in the light of agricultural practice (tank mixtures, spray series)? *UBA TEXTE* 82/2021
- Köhler, R. (2020): Wirkungen von Lindan auf die Lebensgemeinschaft eines Freilandteiches (Mesokosmos) Konsequenzen für die Beurteilung der Wirkungen von Xenobiotika/Bioziden auf stehende Gewässer. Vortrag. DGL, Special session 20, ViKo 2.10.2020 https://www.dgl-ev.de/cms/upload/dokumente/Veranstaltungen/DGL_VK_2020-10-2_Koehler-folien.pdf
- Köhler, R., Krambeck, C. (Moderation/Dokumentation) (2020): "Wirkungen von Xenobiotika aus der Land- und Forstwirtschaft auf stehende Gewässer." DGL, Special session 20 und Workshop, ViKo 2.10.2020. https://www.dgl-ev.de/cms/upload/dokumente/Veranstaltungen/DGL_VK_2020-10-2_Dokumentation.pdf
- Krambeck, C. (2019): Ausfälle submerser Vegetation und Verdrängung von Characeen durch Angiosperme in einem mesotrophen See und mögliche Rolle von Herbizideinträgen. - DGL Ergebnisse der Jahrestagung 2019, S. 167–178
- Krambeck, C. (2020): Phosphor, Fische und was noch? Ungeklärte Charophytenrückgänge und Hinterfragung möglicher Ursachen von Fall zu Fall. Vortrag, DGL special session 20 / ViKo 2.10.2020 -Text und Folien: <https://www.researchgate.net/profile/Christiane-Krambeck>
- Lampert, W. (1987): Predictability in lake ecosystems: the role of biotic interactions. p.333–345 in: Schulze, E.-D. & Zwölfer, H. (eds.): Potentials and limitations of ecosystem analysis. *Ecological studies* 61. Springer-Verlag.
- Lampert, W., Fleckner, W., Pott, E., Schober, U., Störkel, K.-U. (1989): Herbicide effects on planktonic systems of different complexity. *Hydrobiologia*, Vol. 188 (1), pp 415–424
- Lampert, W. & Sommer, U. (1993): Limnoökologie. Georg Thieme Verlag
- Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D. and Green, A. (2016) An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4), 1050-1064 http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz_herb.htm
- Liess, M., Schulz, R., Berenzen, N., Nanko-Drees, J., Wogram, J. (2001): Pflanzenschutzmittel - Belastung u. Lebensgemeinschaften in Fließgewässern mit landwirtschaftlich genutztem Umland. *UBA Texte* 65–01
- Liess, M., von der Ohe, P.C. (2005): Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24 (4), 954–965
- Liess M, Foit K, Becker A, Hassold E, Dolciotti I, Kattwinkel M, Duquesne S (2013): Culmination of low-dose pesticide effects. *Environmental Science & Technology*, 47 (15), 8862–8868.
- Liess, M., Ratte, T., Ebke, P., Hollert, H. (2019): 20 years SETAC GLB: increasing realism of pesticide risk assessment. *Environ Sci Eur* (2019) 31:13

- Liess, M. et al. (2021): Pesticides are the dominant stressors for vulnerable insects in lowland streams. *Water Research*, Volume 201, 1 August 2021, 117262
- LLUR SH (2018): Bericht zur chemischen Situation der Fließgewässer und Seen in Schleswig-Holstein.
- Machate, O., Dellen, J., Schulze, T., Wentzki, V.C., Krauss, M., Brack, W. (2021): Evidence for antifouling biocides as one of the limiting factors for the recovery of macrophyte communities in lakes of Schleswig-Holstein. *Environm. Sciences Europe* 33 (57)
- Odum, E.P. (1985): Trends expected in stressed ecosystems. *Bioscience* 35, 419–422
- Odum, E. P. (1999): *Ökologie. Grundlagen, Standorte, Anwendung*. 3. Auflage. Georg Thieme Verlag
- Ortiz-Cañavate, B., K., Wolinska, J., Agha, R. (2019): Fungicides at environmentally relevant concentrations can promote the proliferation of toxic bloom-forming cyanobacteria by inhibiting natural fungal parasite epidemics. *Chemosphere Vol.* 229, p. 18–21
- Poikane, S., Herrero, F. S., Kelly, M. G., Borja, A., Birk, S., van de Bund, W. (2020): European aquatic ecological assessment methods: A critical review of their sensitivity to key pressures. *Science of the Total Environment* 740 (2020) 140075
- Saxton, M. A., Morrow, E. A., Bourbonniere, R. A., Wilhelm, S. W. (2011): Glyphosate influence on phytoplankton community structure in Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research* 37 (2011) 683–690
- Schäfer, A., Filser, J., Frische, T., Gessner, M. Köck, W., Kratz, W., Liess, M., Nuppenau, E.-A., Roß-Nickoll, Schäfer, R., Scheringer, M. (2018): Der stumme Frühling - Zur Notwendigkeit eines umweltverträglichen Pflanzenschutzes. Diskussion Nr. 16. Nationale Akademie der Wissenschaften - Leopoldina
- Schaumburg, J., Schranz, C., Meilinger, P., Stelzer, D., Vogel, A. (2011): Bewertung von Seen mit Makrophyten & Phytobenthos gemäß EG-WRRL – Anpassung des Verfahrens aufgrund erster Ergebnisse und Erfahrungen aus den Bundesländern. BLU, Endbericht i.A. LAWA, 299 S, Augsburg/Wielenbach.
- Schubert, H., Blindow, I., Bueno, N., Casanova, M.T., Pelechaty, M., Pukacz, A. (2018): Ecology of charophytes – permanent pioneers and ecosystem engineers. *Perspectives in Phycology* 5 (1), 61–74
- Schuijt, L.M., Peng, F.-J., van den Berg, S.J.P., Dingemans, M.M.L., Van den Brink, P.J. (2021): (Eco)toxicological tests for assessing impacts of chemical stress to aquatic ecosystems: Facts, challenges, and future. *Science of the Total Environment* 795 (2021) 148776 (18 p.)
- Segner, H., Wenger, M., Möller, A.M., Köllner, B., Casanova-Nakayama, A. (2012): Immunotoxic effects of environmental toxicants in fish — how to assess them? *Environ Sci Pollut Res* (2012) 19:2465
- Stuhr, J. et al. (2018): Monitoring der Qualitätskomponente Makrophyten für die WRRL- und FFH-Richtlinie in schleswig-holsteinischen Seen. LLUR SH
- Ulrich, U., Pfannerstill, M., Ostendorp, G., Fohrer, N. (2021): Omnipresent distribution of herbicides and their transformation products in all water body types of an agricultural landscape in the North German Lowland. *Environmental Science and Pollution Research* (2021) 28:44183–44199
- Van den Brink, P. J., Sibley, P. K., Ratte, H. T., Baird, D. J., Nabholz, J. V., Sanderson, H. (2008): Extrapolation of Effects Measures across Levels of Biological Organization in Ecological Risk Assessment. Chapt. 4, 30 p. in: Solomon et al (eds.): *Extrapolation Practice for Ecotoxicological Effect Characterization of Chemicals*. CRC Press 2008
- Van den Brink et al 2018: Toward Sustainable Environmental Quality: Priority Research Questions for Europe. *Environmental Toxicology and Chemistry Vol.* 9999, nr. 9999, pp. 1–15
- Vijver, M. G., Hunting, E. R., Nederstigt, T.A.P., Tamis, W.L.M., van den Brink, P. J., van Bodegom, P.M. (2017): Postregistration Monitoring of Pesticides is Urgently Required to Protect Ecosystems. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 36, No. 4, April, 2017 860–865
- Vonk, J.W., Smit, C.E., de Jong, F.M.W. (2013): Environmental risk limits for metazachlor in water. A proposal for water quality standards in accordance with the WFD. RIVM Letter report 601714024/2013
- Wetzel, R.G. (1975): *Limnology*. W.B. Saunders Company/DGL

Benthische Organismen beeinflussen die Redoxzonierung von littoralen Sedimenten: Auswirkungen auf den Abbau organischer Spurenstoffe während der Uferfiltration

Anna Lena Kronsbein¹; Jonas L. Schaper²; Jörg Lewandowski¹; Sabine Hilt¹

¹ Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB Berlin); ² Universität Tübingen

Organische Spurenstoffe (TrOCs) wie Pharmazeutika oder Körperpflegeprodukte werden in Oberflächengewässern im Konzentrationsbereich von ng/L bis µg/L gemessen. Während der Uferfiltration fließt Oberflächenwasser durch littorale Sedimente in Richtung Trinkwasserentnahmebrunnen. In littoralen Sedimenten kann abhängig von den Redoxbedingungen eine Umwandlung und/oder ein Abbau von TrOCs auftreten. Bestehende Studien vernachlässigen die Komplexität dieser Zone, da benthische Organismen wie Makrophyten oder Muscheln die littoralen Sedimente besiedeln. Wir hypothesieren, dass diese Organismen die Redoxzonierung und folglich den Abbau von TrOCs während der Uferfiltration erheblich beeinflussen. Um diese Hypothese zu testen, führten wir im Juni 2019 eine Felduntersuchung in einem für die Uferfiltration genutzten See (Müggelsee, Berlin) durch. Wir installierten für zwei Wochen Dialyse-Sammler (Peeper) an drei verschiedenen Standorten (bedeckt von Makrophyten, Dreissenidmuscheln oder unbedeckt) innerhalb des sandigen Littorals, um Porenwasser zu entnehmen. Tiefenprofile redoxsensitiver Stoffe wie z. B. gelöster Sauerstoff, Sulfat und Mangan wurden gemessen. Über dem Sediment wurden Sauerstofflogger installiert und Sedimentkerne entnommen. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Muschelbedeckung einen Einfluss auf die Sauerstoffkonzentration und ihre Tag-Nacht-Dynamik in der Wassersäule hat: Die maximalen Sauerstoffkonzentrationen im Oberflächenwasser waren an der von Muscheln bedeckten Stelle im Vergleich zur Pflanzen- und Kontrollstelle niedriger und verzögert. Muscheln veränderten die Korngrößenverteilung des Sediments, was sich auf die Verweilzeit des Wassers und die Fließwege auswirkt. Trotz niedrigerer Sauerstoffkonzentrationen im darüber liegenden Wasser wurden an der von Muscheln bedeckten Stelle höhere Sulfat-Porenwasserkonzentrationen gefunden als an den beiden anderen Stellen, was auf weniger anoxische Bedingungen hinweist. Unsere Feldergebnisse zeigen daher, dass benthische Organismen, insbesondere Muscheln, die Sauerstoffkonzentration und die Redoxzonierung von littoralen Sedimenten erheblich verändern. Die Auswirkung dieser Änderungen auf den Abbau ausgewählter TrOCs (hauptsächlich Pharmazeutika wie Valsartan und Gabapentin) wird in einer anschließenden Laborsäulenstudie weiter untersucht.

Dancing with the sediment - The response of meiobenthos to migrating ripples of sandy lowland streams

Mariia Kryvokhyzhyna¹; Nabil Majdi; Ute Risse-Buhl; Anna Oprei; Michael Mutz

¹ Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ

Sandy sediments of lowland streams and rivers are mobile already at low flow conditions, typically in the form of migrating ripples. These migrating bedforms can cover 20-100% of the streambed where communities are exposed to the highly frequent migrating-resting cycle of sediment grains. The surface of sand grains and interstitial space is colonized by the meiobenthos, a diverse assemblage of microscopic metazoans (>20 µm and < 1 mm in length) that can attain high densities. Here, we present a pioneering study to answer two exploratory questions: Does sediment migration 1) affect the abundance and 2) change the taxonomic and morphofunctional structure of the meiobenthos? To answer these research questions, we sampled migrating ripple and stationary sediment patches of five lowland streams in north-eastern Germany in May and June 2020. Migrating ripple patches were characterized by coarser sediments and higher oxygen concentration compared to stationary patches. However, migrating ripples had less organic matter, chlorophyll a and bacterial biomass than stationary sediments. Meiobenthos was more abundant in the superficial layer of the stationary patches compared to the underlying layer, whereas comparable abundances were observed in both layers of migrating ripple patches. This result suggests that sediment migration has the potential to create beneficial conditions for the establishment of an abundant meiofauna in deeper layers, as vertical constraints (like oxygen depletion) are more likely to be offset by sediment migration. Furthermore, the taxonomic and morphofunctional structure of the meiobenthic community was significantly different across migrating ripple and stationary patches, but not across superficial and underlying layers. Rotifera, were more abundant in migrating ripples, whereas chironomidae and copepoda were relatively more abundant in stationary patches. Body-size reacted clearly to the nature of sediment transport regime, with larger organisms failing to thrive in migrating ripples. Our results indicate that differences occurred at relatively small spatial scales and at coarse taxonomic and morphofunctional level. By modifying both 1) the distribution of meiobenthic taxa and morphofunctional traits and 2) the quantity of benthic resources, migrating sediments have implications for the flow of matter through the benthic food web up to their exploitation by macroscopic organisms.

An environmentally-driven stage-structured population model for temperate *Aedine* mosquitoes

Bernhard Kühn¹; Felix Sauer²; Norbert Becker³; Bernd Blasius⁴; Ellen Kiel⁵

¹ Thuenen Institute of Sea Fisheries; ² Bernhard Nocht Institute for Tropical Medicine; ³ German Mosquito Control Association KABS; ⁴ Institute for Chemistry and Biology of the Marine Environment ICBM; ⁵ Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, IBU

Mosquitoes are most important vectors of pathogens, especially in tropical regions. However, due to climate change as well as increasing human travel formerly eradicated or new mosquito-borne diseases can emerge in temperate regions. One of the most abundant mosquito species in temperate regions is *Aedes vexans* (Meigen 1830), which commonly hatch in temporary pools in floodplains. The species is well known for an aggressive biting behavior and could serve as potential vector of several pathogens. As pathogen transmission is dependent on mosquitoes' life-cycle, further understanding of dynamics is crucial for disease prevention. A promising tool to investigate population dynamics under future change are mechanistic population models as they allow to explicitly take into account environmental effects on vector dynamics. We developed a delay-differential (DDE), stage-structured population model for the life cycle of *Aedes vexans*, incorporating temperature, flooding dynamics as well as flexible diapause initiation based on the interaction of photoperiod and temperature. The model was applied to the Upper Rhine Valley and validated by adult mosquito catch data of the conservation area "Kuehkopf" (Hesse, Germany) from 2010 to 2012. Model Scenario analysis revealed linear as well as non-linear effects of changes in temperature and flooding on the population dynamics of *Aedes vexans*. Changes in temperature affected both, the extent of the mosquito season as well as peak characteristics, whereas timing and strength of flooding only influenced the seasonal peak characteristics, but not the length of the mosquito season. Presumed the ongoing warming, an increase in numbers and a prolonged season of *Aedes vexans* is highly likely, however only if the floodplains are frequently submerged for egg hatching and larvae development. The proposed model has proven to be a viable tool, which can be applied to other floodplains and used to support decision making for mosquito control strategies under climate change.

Test des schweizerischen Index zur Beurteilung der Verletzlichkeit der EPT-Arten gegenüber dem Klimawandel

Daniel Kürty¹; Pascal Stucki²; Emmanuel Contesse³; Christian Imesch⁴

¹ Life Science AG, Beratungsstelle Quell-Lebensräume; ² Aquabug, Beratungsstelle Quell-Lebensräume; ³ Bureau Natura, Beratungsstelle Quell-Lebensräume; ⁴ UNA AG., Beratungsstelle Quell-Lebensräume

Im Jahr 2016 wurde für Fliessquellen höherer Lagen der Schweizer Alpen ein Index zur Beurteilung der Verletzlichkeit der Gemeinschaft der Ephemeroptera-, Plecoptera- und Trichoptera-Arten (EPT) gegenüber dem Klimawandel entwickelt. Angesichts der dabei festgestellten hohen Anzahl verletzlichster Arten in Quellen über 1800 m ü. NN stellte sich die Frage, ob die Quellfauna tieferer Lagen in vergleichbarem Ausmass als empfindlich gegenüber dem Klimawandel eingestuft werden muss.

Aktuelle Untersuchung, die im Jahr 2020 gestartet wurden, sollen die folgenden Fragen beantworten: Wie hoch ist in tieferen Lagen der Anteil von Arten mit klimarelevanten ökologischen Eigenschaften (ecological traits) wie Bevorzugung höherer Lagen, Präferenz für kalte Gewässer, Bindung an Quell-Lebensräume, Endemismus, kurze Emergenzzeit? Zeigt die Verletzlichkeit gegenüber dem Klimawandel, die aufgrund der ökologischen Eigenschaften der Arten ermittelt wird, in tieferen Lagen ebenfalls eine Korrelation mit den gemessenen Temperaturen? Gibt es Unterschiede in der Klimawandel-Verletzlichkeit der typischen EPT-Gemeinschaften in verschiedenen Quellaustrittstypen (Rheokrenen, Helokrenen, Limnokrenen, lineare Quellen)? Lässt sich der für Quellen entwickelte Klimawandel-Verletzlichkeitsindex auch für Bergbäche, Tieflandbäche oder Flüsse anwenden?

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in verschiedene Teilbereiche der Arbeit der neugeschaffenen Beratungsstelle Quell-Lebensräume des Bundesamts für Umwelt (BAFU) einfließen. Wichtig sind die Ergebnisse insbesondere im Hinblick auf eine Priorisierung des Schutzes oder eine Renaturierung einzelner Quell-Objekte sowie die Wahl von Massnahmen zum Schutz und zur ökologischen Aufwertung von Quell-Lebensräumen. Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse helfen auch mit, die Schwerpunkte der Beratungstätigkeit für die Kantone, Naturparks oder private Organisationen zu setzen.

Burial of microplastics in freshwater sediments facilitated by iron- organo flocs

Rico Leiser; Maja Schumann; Tallent Dadi; Katrin Wendt-Potthoff

UFZ Magdeburg

Microplastics are ubiquitous in standing freshwater bodies, subsequently lakes and reservoirs may be important sinks for these contaminants. However, the mechanisms governing microplastics deposition and their interactions with the sediments are understudied. We demonstrate how aggregation-based transport facilitates the sinking and infiltration of buoyant microplastics into freshwater reservoir sediments by employing experiments with intact sediment cores. Buoyant polyethylene microplastics were rapidly (1 - 4 hours) incorporated into sinking iron-organic aggregates, followed by swift deposition into sediments. Ingression of microplastic bearing flocs into sediments was completed within 6 days and led to stable deposition of the incorporated particles for at least 2 months. Most microplastics were deposited in the top 2 cm of the sediments and few particles (5 - 15 %) were re-released into the water. Our results show at least 85 % burial of microplastics, indicating the significant role of standing freshwaters in reducing microplastic loads to the oceans.

Modelling the distribution of submerged macrophyte species in Bavaria under climate and land use change

Anne Lewerentz; Juliano Sarmento Cabral

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Macrophytes are vulnerable to environmental change due to their physiological processes. Accordingly, their spatial distribution between lakes and along depth gradient are highly dependent on environmental factors such as light, temperature and nutrient availability. Therefore, changes in these factors caused by climate and land use change should influence eco-physiological processes and thus also the potential distribution of macrophytes. To assess this influence across different environmental conditions and species, process-based eco-physiological models are necessary.

We will build on a previous growth model for macrophytes (Charisma) by adapting and calibrating it to replicate the biomass growth of different submerged species for the high variety of deep natural Bavarian lakes. For parametrization we use depth-dependent occurrence data from the Water Framework Directive monitoring for 30 lakes. The environmental data of the corresponding lakes are from the Bavarian State Office for the Environment. As environmental scenarios, we considered a) different intensities of water temperature increase following KLIWA and b) increased or decreased turbidity and (c) increased or decreased nutrient conditions (27 scenario combinations).

Per lake, species, and scenario, we obtain a depth gradient of occurrence probability, projected onto all 30 study lakes. The potential distribution maps for Bavaria vary between scenarios and species. Preliminary results indicate a major influence of turbidity increase or decrease on species distribution patterns, with shifts in species' depth ranges and species' occurrence across lakes. However, these shifts varied between species: more generalist species show less shift in depth and regional distribution than today's specialist species. We further identify the species more likely to lose range, which has conservation implications. Due to successful calibration and validation for the best-known species, our framework thus provides valuable assessments about the impacts of land-use and climate change on the potential distribution of these species.

Pflanzenschutzmittel und ihre Transformationsprodukte in stehenden Kleingewässern

Lukas Paul Loose; Uta Ulrich; Nicola Fohrer

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Natur- und Ressourcenschutz

Kleingewässer erfüllen vielfältige ökohydrologische Aufgaben und sind von zentraler Bedeutung für die Biodiversität im ländlichen Raum. Aufgrund ihrer Größe und Lage stehen sie in komplexer Interaktion mit ihrer Umgebung, die man bei anderen Gewässertypen so nicht findet. Eine Gefährdung der stehenden Kleingewässer geht besonders von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und ihren Transformationsprodukten (TP) aus. Verschiedene Literaturstudien und Datenerhebungen zeigen jedoch, dass die Datenlage zur PSM-Belastung für diesen Gewässertyp bisher gering und inhomogen ist. Im Rahmen unseres Projektes werden in einem hochaufgelösten Messprogramm (Beginn Herbst 2020) PSM in zwei stehenden Kleingewässern (sog. Sölle) erforscht. Beide Gewässer sind von konventionell genutzten Ackerflächen umgeben und befinden sich in dem Kielstau Einzugsgebiet im Norden Schleswig-Holsteins. Zur Erfassung der Belastungssituation werden Proben des Oberflächenabflusses, lateralen Abflusses, Grundwassers und der Sölle auf 26 PSM und TP untersucht. Bisherige Ergebnisse zeigen in allen Proben eine Mehrfachbelastung mit bis zu acht Wirkstoffen. Besonders für den ersten Soll lässt sich eine zeitliche Dynamik anhand der applizierten Herbizide Diflufenican und Flufenacet sowie dessen TP Flufenacet ESA und Flufenacet OA erkennen. Das mobile Flufenacet wird zeitnah nach der Applikation, das sorptivere Diflufenican erst zwei Monate später ausgewaschen. Die TP können nach der Transformation und mit einem zweimonatigen Versatz detektiert werden. Auch beim zweiten Soll, der lange trockengefallen war, ist die Dynamik der genannten PSM und TP zu erkennen. Die Spitzenkonzentrationen erreichen 0.51 µg Flufenacet L-1, 8.4 µg Flufenacet ESA L-1, 0.20 µg Flufenacet OA L-1 und 5.2 µg Diflufenican L-1. Die TP Metazachlor ESA und Metazachlor OA des Herbizids Metazachlor, das seit längerem auf den beiden Ackerflächen nicht ausgebracht wurde, weisen eine konstante Belastung in beiden Söllen und im Grundwasser auf. Auch die Muttersubstanz konnte im ersten Soll nachgewiesen werden. Die Konzentrationen liegen bei max. 0.53 µg Metazachlor L-1, 6.3 µg Metazachlor ESA L-1 und 1.3 µg Metazachlor OA L-1.

Methane emissions from impounded rivers

Andreas Lorke

Institute for Environmental Sciences, University of Koblenz-Landau, Fortstr. 7, 76829 Landau, Germany

Inland waters are a significant yet poorly constrained source of the potent greenhouse gas methane (CH₄). Manmade reservoirs have been found to be particularly strong emitters globally, with river impoundments in the temperate zone being among the global hotspots of CH₄ emissions from aquatic systems. We present and analyze extensive measurements of CH₄ production and emission rates in impoundments located in the Rhine and Danube River basins in Germany. By comparing fluxes and drivers of CH₄ emissions from these systems with those from streams, lakes and large reservoirs across different climatic zones, we explore the reasons for the relatively high emissions. High deposition rates of fine sediment, shallow water depth and high summer temperature are among the main drivers, while trophic state appears to be an important mediator. Moreover, high CH₄ emissions rates are mainly maintained by ebullition, i.e. by bubble-mediated transport to the atmosphere, which bypasses aerobic CH₄ oxidation at the sediment-water interface or in the water column. Sediment management appears to be key to potential mitigation efforts aiming at a reduction of greenhouse gas emissions from river impoundments.

Gewässerrenaturierung und ihr Effekt auf verschiedene Artengemeinschaften - Fallbeispiel Große Goorley, Kamp-Lintfort

Marc Nagel¹, Carmen Gallas², Thorsten Rath³ & Daniela Lud¹

¹Hochschule Rhein-Waal, Fakultät Kommunikation und Umwelt, Friedrich-Heine-Allee 25, 47475 Kamp-Lintfort, daniela.lud@hochschule-rhein-waal.de, ²Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft (LINEG), Friedrich-Heinrich-Allee 64, 47475 Kamp-Lintfort, ³INGENUM GmbH, Industriestr. 17, 46240 Bottrop

Keywords: Renaturierung, Ökosystemdienste, urbane Biodiversität, Standortentwicklung

Einleitung

Oberflächengewässer erfüllen viele wichtige Funktionen, ohne die das Leben wie wir es kennen kaum vorstellbar wäre. Die Schaffung von Lebensräumen, Reinigung des Wassers sowie Regulierung der Temperatur sind Beispiele für einige der Ökosystemleistungen, die wir von diesen Systemen erhalten (TEEB DE, 2017). Um diese Ökosystemleistungen auch in Zukunft sichern und nutzen zu können, wird ein enormer Aufwand betrieben, die Gewässer zu renaturieren, zu pflegen und zu überwachen. Dabei erfordern Renaturierungsmaßnahmen eine multidisziplinäre Planung und Durchführung, da eine Wiederherstellung des Ökosystems wie in Abbildung 1 gezeigt, Expertise aus mehreren verschiedenen Disziplinen bedarf.

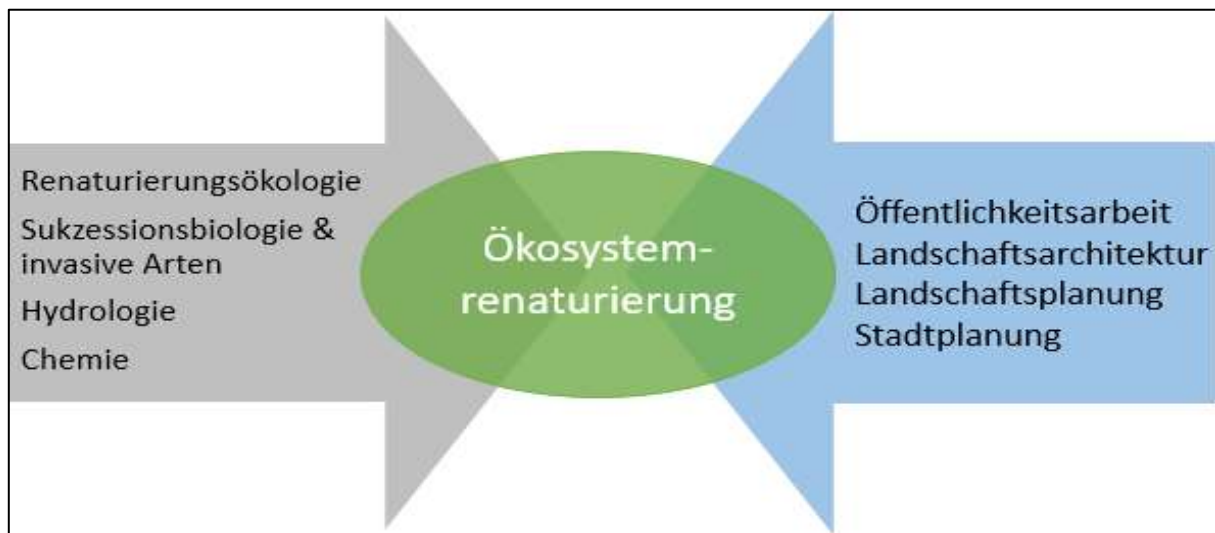


Abb. 1: Für das Renaturierungsprojekt der Großen Goorley im Zechenpark werden fachliche Beiträge aus wissenschaftlichen Disziplinen (links) und praxisbezogenen Disziplinen (rechts) gebraucht, adaptiert nach Zerbe (2019).

Leider ist es der Komplexität dieser Gewässersysteme geschuldet, dass viele Maßnahmen nicht die gewünschten Ziele erreichen und sich bei hohem finanziellem Aufwand nur eine geringe, meist kaum wahrnehmbare Veränderung der Gewässerökologie einstellt. In dieser Arbeit wird an einem

Fallbeispiel eines renaturierten Bachabschnitts der Stadt Kamp-Lintfort untersucht, wie sich ein Gewässer, das durch die Bergbaugeschichte des Standorts jahrzehntelang massiven anthropogenen Einflüssen ausgesetzt war, entwickelt.

Zusätzlich wird erörtert, wie sich der Biodiversitätsgewinn im urbanen Raum auf das menschliche Wohlbefinden auswirkt. Dabei werden ökosystembezogene Ansätze sowie gesellschaftliche Herausforderungen in Betracht gezogen.

Geschichte

Mit der Fertigstellung des Bergwerks Friedrich Heinrich 1907, begann die Förderung von Steinkohle im Gebiet der Stadt Kamp-Lintfort. Diese liegt linksrheinisch im Nordrhein-Westfälischen Tiefland. Dabei verläuft der Bach „Große Goorley“, welcher als “Organisch geprägtes Fließgewässer der Sander und sandigen Aufschüttungen“ oder Fließgewässertyp 11 eingestuft ist (LANUV, 2015) über das (ehemalige) Zechengelände in westlicher Richtung, wo er in die Fossa Eugeniana mündet. Im Zuge des Bergbaus wurde der Bach begradigt, verrohrt und diente lange Zeit zur Entsorgung der Grubenabwässer, die mit Inbetriebnahme einer Kokerei die Wasserqualität des Bachs stark beeinflusste (MULNV 2004, Gallas-Lindemann & Felgenhauer, 2015). Mit der Stilllegung des Bergwerks Friedrich Heinrich im Jahr 2013, veränderte sich der Salz- und Schadstoffeintrag in das Gewässer (Moick et al. 2018, Gallas-Lindemann & Felgenhauer, 2015). Im Zuge der Landesgartenschau, die 2020 in Kamp-Lintfort stattfand, wurde der obere Gewässerabschnitt auf dem Zechengelände renaturiert. Das Gewässer erhielt im neu entstandenen Zechenpark ein neues Bachbett, viel Platz und eine diverse Struktur. Ufergehölze wie Linde, Weide, Erle und Hartriegel wurden gepflanzt und Retentionsflächen geschaffen. Zusätzlich wurde eine spezielle Wildblumen Saatmischung auf den Flächen ausgebracht.

Material und Methoden

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde nach den Maßnahmen im renaturierten sowie im bestehenden Teil des Bachs eine AQEM-Probenahme durchgeführt.

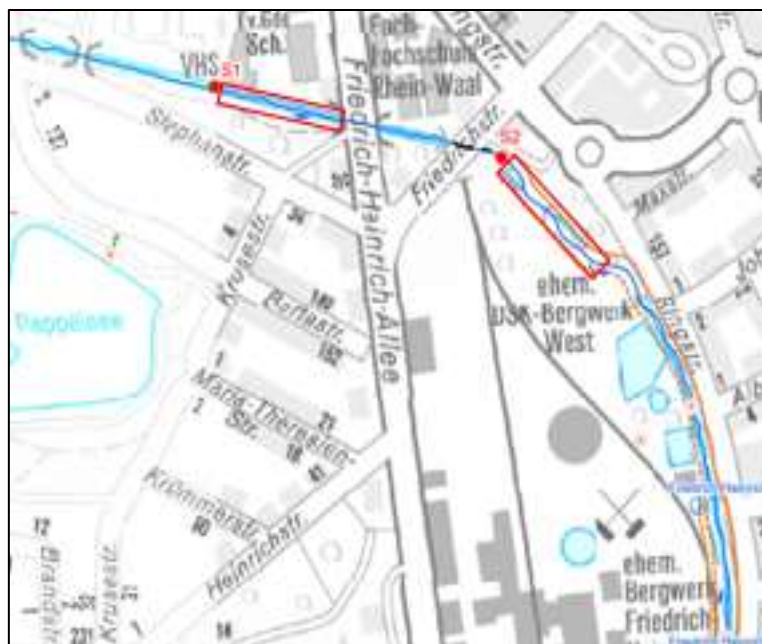


Abb. 2: Die Große Goorley mit dem Ursprung auf dem ehemaligen Zechengelände und den zwei Probenahmestellen S1 (Referenz) und S2 (LAGA, renaturiert).

Die erste Probe im renaturierten Bereich des Landesgartenschaugeländes im Zechenpark (siehe Abbildung 2 S2) dient dabei als Nullmessung, wobei die Probe des nicht veränderten Gewässerabschnitts im nahegelegenen Stefanswäldchen (siehe Abbildung 2, S1) als Referenzstandort des ursprünglichen Gewässers dient. Nach zehn Monaten wurde durch eine weitere Probenahme im renaturierten Gewässerabschnitt die Veränderung der Lebensgemeinschaft analysiert sowie die bisher vorhandenen Pionierarten ermittelt.

Ergebnisse

Bei den Untersuchungen konnte eine deutliche Veränderung der Artzusammensetzung und Individuenzahlen festgestellt werden. Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Ergebnisse der verschiedenen Probenahmen auf. Die Probenahme am Stefanswäldchen, das als Referenz dient, weist hier eine sehr hohe Abundanz auf, wobei der Shannon Wiener-Index mit 1,783 die Gleichverteilung der Arten von 0,547 auf eine geringe Biodiversität deuten. Besondere Beachtung gilt in diesem „alten“ Gewässerabschnitt der Anteil von Neozoen, der mit 64 % sehr hoch liegt. Hierbei ist anzumerken, dass ein großer Teil hiervon (48 %, 5333 Individuen) ausschließlich auf die invasive Gastropoda-Art *Potamopyrgus antipodarum* zurückzuführen ist.

Tab. 1: Bewertungsrelevante Parameter des Biologischen Status der Großen Goorley für die beiden Probenahmestellen Stefanswäldchen (Referenzstandort) und den renaturierten Gewässerabschnitt im Zechenpark (ehemaliges Landesgartenschaugelände) LAGA im Jahr 2020 und 2021. EPT: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, d.h. Arten, die einen besonderen Wert für die Qualität des Ökosystems darstellen.

	Stefanswäldchen 2020	LAGA 2020	LAGA 2021
Abundanz	11000	1422	2460
Anzahl Taxa	26	22	27
Shannon-Wiener Index	1,783	2,286	2,433
Evenness	0,547	0,74	0,738
Anteil Neozoen [%]	64	2	18
EPT	2	1	2

Für den 2020 renaturierten Bachabschnitt auf dem Landesgartenschaugelände ergibt sich eine geringere Anzahl der Arten als für den Referenzstandort im Stefanswäldchen, allerdings ist die Biodiversität ausgehend von den Werten für den Shannon-Wiener Index im renaturierten Abschnitt höher, dies gilt auch für die Ergebnisse im Folgejahr.

Im anschließenden Jahr wurde bei der Probenahme auf dem LAGA Gelände eine Steigerung der Individuenzahl des Makrozoobenthos um 1038 Individuen pro m² sowie eine Verbesserung der Biodiversität beobachtet. Markant ist hierbei der hohe Anteil an Neozoen, der von 2 % im Jahr 2020 auf 18 % im Jahr 2021 gestiegen ist, damit aber noch unter dem Wert im Stefanswäldchen liegt.

Abbildung 3 zeigt die Zusammensetzung der Artengruppen der jeweiligen Probenahme. Im linken Diagrammbild ist die Referenzprobe aus dem unteren Gewässerabschnitt zu sehen. Die Probe wird hauptsächlich von den drei Gruppen Gastropoda, Crustacea und Diptera dominiert. Das mittlere und rechte Chart zeigen die beiden Probenahmestandorte des renaturierten Abschnitts in 2020 (Mitte) und 2021 (rechts). Im Jahr 2020 dominierten die Diptera, wobei die Gastropoda und Crustacea noch geringe Anteile an der Probe aufwiesen. Im darauffolgenden Jahr zeigte sich, dass der Anteil an Dipteren um 55 % und der Anteil der Crustacea um 35 % gesunken war. Mit 22 % war der Anteil der Gastropoda um 9 % gestiegen. Des Weiteren etablierten sich in 2021 die Oligochaeta mit einem Anteil von 10 % im Gewässer.

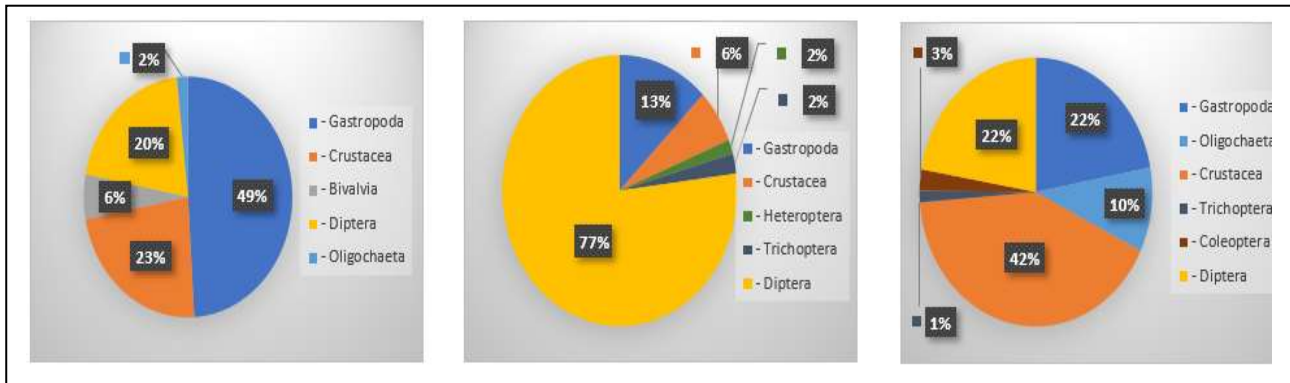


Abb. 3: Repräsentative Anteile der Spezies Gruppen in den Proben. Das linke Chart stellt die Referenzprobe des Stefanswäldchen (Jahr:2020) dar, das Chart in der Mitte steht für den renaturierten Abschnitt der LAGA (2020) und das rechte Chart für den renaturierten Abschnitt der LAGA (2021).

Diese Daten lassen darauf schließen, dass im ersten Jahr nach der Renaturierung das Gewässer zunächst vor allem von flugfähigen Insekten besiedelt wurde, welche als Pionierarten angesehen werden können. Im darauffolgenden Jahr glich sich die Biozönose dem Bild der Referenzzönose an. Das lässt darauf schließen, dass eine Migration der Organismen aus dem unteren Gewässerabschnitt (von Richtung Stefanswäldchen) in den Oberlauf stattfand. Diese Arten brauchten jedoch mehr Zeit, gegen die Fließrichtung in den oberen Gewässerabschnitt zu migrieren. Organismische Drift aus den oberhalb gelegenen Gewässerabschnitten hat im Allgemeinen für Renaturierungsmaßnahmen eine besondere Bedeutung, da dies eine relativ schnelle und effektive Möglichkeit der Wiederbesiedlung darstellt. Im vorliegenden Fall fällt dieses Potenzial jedoch weg, da die Große Goorley im renaturierten Abschnitt durch Poldermaßnahmen künstlich grundwassergespeist ist. Folglich ist mit einer verzögerten Entwicklung zu rechnen.

Abbildung 4 stellt eine Übersicht chemischer Parameter wie Sauerstoff, Gesamtkohlenstoff (TOC), Ammonium, Stickstoff (gebunden) sowie der elektrischen Leitfähigkeit im Zeitraum 2011 bis 2021 dar. Deutlich zu sehen ist eine Reduktion der elektrischen Leitfähigkeit von 45100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf 2450 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sowie der Ammonium- und Stickstoff-Konzentration in den Jahren 2013 und 2014. Dieser Rückgang, ist auf die Schließung des Kohlebergwerks Friedrich Heinrich und die Einstellung der Grubenwassereinleitung in Kamp-Lintfort zurückzuführen und zeigt die chemischen Auswirkungen des Steinkohlebergbaus auf die umliegenden Gewässer. Der Anstieg der TOC Werte von 2017 bis 2021 konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht näher geklärt werden. Dies muss in Zukunft noch näher untersucht werden.

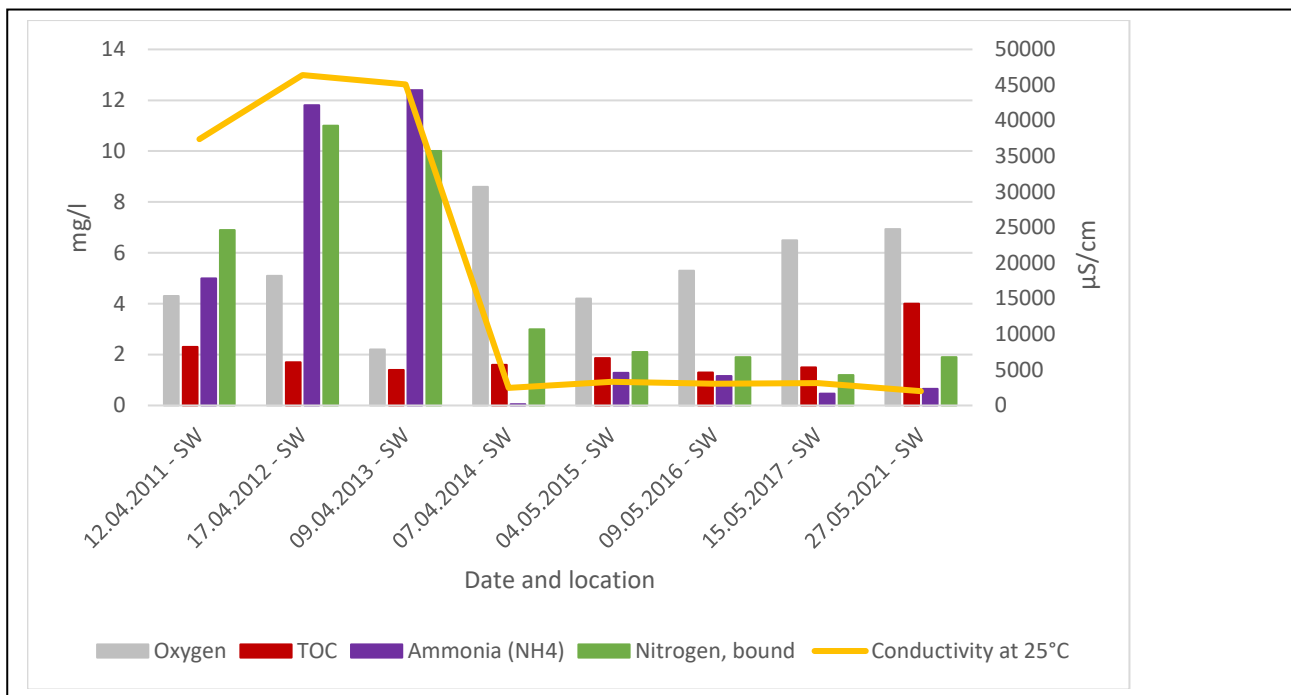


Abb. 4: Chemische Gewässerqualitätsparameter (Sauerstoff, Gesamtkohlenstoff (TOC), Ammonium (NH₄⁺), gebundener Stickstoff und elektrische Leitfähigkeit), Große Goorley am Standort Stefanswäldchen (Daten LINEG, unveröffentlicht).

Fazit

Im ersten Jahr nach der Renaturierung konnte eine Zunahme der Biodiversität festgestellt werden. Hier wurde die Nische des renaturierten Gewässers im ersten Jahr hauptsächlich von Dipteren, also flugfähigen Insekten eingenommen. Im Folgejahr wurden diese von den hauptsächlich im Referenzabschnitt angesiedelten Organismengruppen Crustacea, Gastropoda und Oligochaeta verdrängt. Dies führt zur Annahme, dass eine Migration der Makrozoobenthos-Arten über den Wasserweg vom Flussunterlauf zum Oberlauf stattfindet. Die Migration über das Wasser und entgegen der Strömung benötigt um ein Vielfaches mehr Zeit als über Flugwege (Elliot, 1971). Zusätzlich zu den durch die Probenahme gewonnen Daten und daraus abgeleiteten Erkenntnissen, konnte die Wiederherstellung einiger wichtiger Ökosystemleistungen beobachtet werden. Abgesehen von einer Verbesserung der Biodiversität des Makrozoobenthos, wurde durch den naturnahen Umbau des Gewässers die Morphologie des Bachbetts wiederhergestellt. Durch breite Uferrandzonen hat das Gewässer viel Platz, um sich bei Starkregenereignissen auszubreiten und trägt dabei zum Hochwasserschutz bei. Zusätzlich dient das Gewässer mit seinen breiten und zum Teil vernässten Uferrandstreifen einer Vielzahl von Pflanzenarten als Habitat. Die Vielfalt der Flora lockt Insekten und Kleinstlebewesen an. Sie fungieren als Bestäuber, bilden die Nahrungsgrundlage für Vögel und andere Tiere und stellen so Ökosystemdienstleistungen wieder her.

Jedoch sind nicht nur die direkten Auswirkungen auf die Ökologie des Baches zu vermerken, sondern auch verschiedene indirekte Leistungen. Dabei bietet die Renaturierung des Gewässers einen kulturellen Mehrwert für die Stadt und die in ihr lebenden Menschen. Er bildet die Grundlage der innerstädtische Naherholung und bietet Kindern wie Erwachsenen die Möglichkeit, Eisvogel (*Alcedo atthis*), Fischreiher (*Ardeidae*), Bismarrratte (*Ondatra zibethicus*), Feldhase (*Lepus europaeus*), Reh (*Capreolus capreolus*) und viele weitere Wildtiere in der Innenstadt zu beobachten. Die Große

Goorley bietet den Stadtbewohnern die Möglichkeit, mit der Natur in Kontakt zu treten und sie kennenzulernen. Mit Informationstafeln, die am Wandelweg entlang des Baches aufgestellt wurden, wird Wissen zu verschiedenen Themen vermittelt. Ein weiterer wichtiger und nicht zu vernachlässigender Effekt ist, dass Stadtnatur nachweislich den Stress der Menschen reduziert und sich positiv auf das psychische und physische Wohlbefinden auswirkt. Dabei entlastet die Stadtnatur die Infrastruktur und stärkt den sozialen Zusammenhalt. (Kowarik, Bartz & Brenck, 2016). Die Renaturierung der Großen Goorley kann als ökologisch orientierte Planung (Schneider & Hack 2021) verstanden werden, da die Maßnahmen gleichzeitig Vorteile für Mensch und Biodiversität mit sich bringen können.

Insgesamt ist ein Jahr Beobachtungszeit nicht genug, um die langfristigen Auswirkungen auf den Ökologischen Zustand eines Gewässers sowie auf den Menschen zu erkennen. Aus diesem Grund sind weitere Beobachtungen und Einschätzungen im Rahmen von zukünftigen Arbeiten am Gewässer wünschenswert. Die Arbeit stellt die Basisuntersuchung für weitere Folgeuntersuchungen der Gewässerentwicklung dar. Sie zeigt erste positive Tendenzen in der ökologischen Entwicklung bereits nach relativ kurzem Zeitraum seit Umsetzung der Maßnahme auf. Vor allem die hohe Anzahl invasiver Arten, die durch die Bergbaufolgesituation, aber auch durch Klimawandel-bedingte Dynamik begünstigt werden, weisen weiteren Forschungsbedarf auf.

Danksagung

Die dargestellten Ergebnisse wurden im Rahmen meiner Bachelorarbeit erarbeitet. Herzlichen Dank geht dabei an den Fachbereich Biologie der LINEG, die mich als Praktikant aufnahm und mich mit den notwendigen Werkzeugen und Knowhow ausstattete.

Literatur

- Elliott, J. M. (1971): Upstream movements of benthic invertebrates in a Lake District stream. *The Journal of Animal Ecology*, 235-252.
- Gallas-Lindemann, C., Felgenhauer, N. (2015): Der Wechsel vom Brackwasser zum Süßwasser: Effekte einer verminderten Salinität auf die aquatische Lebensgemeinschaft von Fossa Eugenia und Rheinberger Altrhein – ein Fließgewässersystem im Einzugsgebiet des ehemaligen linksniederrheinischen Steinkohlebergbaus: Strukturelle Veränderungen und Belastungen von Gewässern Der Wechsel vom Brackwasser zum Süßwasser, *Handbuch Angewandte Limnologie*, 32 Erg. Lfg 2/15.
- Kowarik, I., Bartz, R., Brenck, M. (Hrsg.) (2016): Ökosystemleistungen in der Stadt: Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Leipzig: Naturkapital Deutschland - TEEB DE.
- LANUV (2015): Fließgewässertypenkarten Nordrhein-Westfalens: LANUV-Arbeitsblatt 25.
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2004): Ergebnisbericht Rheingraben-Nord Wasserrahmenrichtlinie in NRW Bestandsaufnahme. <https://www.flussgebiete.nrw.de/bestandsaufnahme-2004-5099>. Zugriff am 26.10.2021.
- Moick, M., Gallas, C., Lud, D. (2018) Zwischenartliche Nischenverteilungen in Respons zu sich ändernder Salzkonzentration – zeitliche Koexistenz und Dynamik von Neozoen und indigenen Arten der Gammariden (Crustacea: Amphipoda) im Rheinberger Altrhein. Posterbeitrag DGL Tagung 2018, Kamp-Lintfort. https://www.dgl-ev.de/cms/upload/dokumente/Publikationen/Ergebnisse_Kamp-Lintfort_2018_web.pdf. Zugriff am 26.10.2021
- Schneider, P., Hack, J. (2021): Ökologisch orientierte Planung in der Wasserwirtschaft. *Wasser und Abfall* 10, 14-18.
- TEEB DE (2017): The value of nature for economy and society: an introduction. *Naturkapital Deutschland*.
- Zerbe, S. (2019): Einführung in die Renaturierungsökologie. In: *Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg

Mosquitoes as vectors of emerging pathogens in Germany

Renke Lühken

Mosquitoes (Diptera: Culicidae) are blood-sucking arthropods with immature stages occupying a wide variety of aquatic environments. Several species are important agents (vectors) for infectious pathogens worldwide, e. g. for parasites (e. g. malaria, nematodes) or viruses (e. g. dengue virus). In the past, an essential part of research on mosquitoes in Germany has focused on the *Anopheles maculipennis* complex Meigen owing to its role as vectors of malaria parasites. However, with the disappearance of malaria in the middle of the last century, this field of research has become greatly neglected in Germany. New epidemics of malaria are not expected in this country, but two parallel observations over the last decade increased the interest in this field of research for Germany: 1) the first detection of exotic mosquito species and 2) the first reports of autochthonous (endemic) transmission mosquito-borne viruses and nematodes. Human cases of *Dirofilaria repens*, *Usutu virus* and West Nile virus, including severe neuroinvasive cases, further highlighted the relevance for veterinary and public health. Different recent research projects conducted monitoring programs to update information on the distribution of mosquitoes and associated pathogens. However, there is a huge lack of knowledge regarding ecology of native and invasive species (e. g. vector competence or life history parameters), which can help to assess the spatial-temporal risk of virus transmission in Germany. This is particularly true for the aquatic life stages of mosquitoes, including information on the breeding habitats of different species or the impact of changes in the aquatic environment.

Kostengünstiger Nachweis von Mikroplastik mittels UV-Lampe in Fütterungsexperimenten

Jan Maxein¹; Sonja Ehlers²; Jochen Koop²

¹ Universität Koblenz-Landau, Campus Koblenz; ² Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Plastikmüll ist weltweit in nahezu allen Ökosystemen zu finden. Nachweise von Mikroplastik (Plastikpartikel < 5 mm) in marinen, limnischen und terrestrischen Lebensräumen sowie die Aufnahme von Mikroplastik durch Organismen wurden bereits in zahlreichen Studien erbracht. Die Eigenschaften der Mikroplastikpartikel (chemische Zusammensetzung, Größe, Morphologie) in der Umwelt sind sehr verschieden. Zu den häufigsten Formen in der Umwelt gehören Fragmente und Fasern (sekundäres Mikroplastik). Um die Auswirkungen von Mikroplastik auf Organismen zu untersuchen, werden diese meist mit teuren fluoreszierenden Microbeads (primäres Mikroplastik) gefüttert. Im Anschluss werden diese Microbeads unter einem Fluoreszenzmikroskop detektiert. Viele Labore verfügen nicht über eine solche teure Ausstattung. Daher ist es wichtig, kostengünstige Methoden für die Mikroplastikforschung zu entwickeln. Wir haben hierzu die europäische Süßwasserschnecke *Radix balthica* und die Süßwassermuschel *Dreissena rostriformis bugensis* mit Mikroplastikfragmenten (Polystyrol) gefüttert. Mit Hilfe einer UV-Taschenlampe konnten wir das Mikroplastik im Wasser, im Futter, im Gewebe und in den Fäzes der Tiere sichtbar machen. Die UV-Lampe konnten wir dabei sowohl im Versuchsbecken als auch unter einem Digitalmikroskop zur Sichtbarmachung des Mikroplastiks anwenden. Beide Arten nahmen Mikroplastik auf und schieden es nur teilweise wieder aus. Trotzdem wurde kein signifikanter Effekt auf den physiologischen Fitnessparameter Glykogen gemessen. Die aufgezeigte Methode ist nicht nur kostengünstig, sondern lässt auch Rückschlüsse auf den Verbleib von Mikroplastik in Expositionsversuchen zu.

Metabarcoding für Phytoplankton- und benthische Diatomeenarten durch das Projekt Eco-AlpsWater – Erfahrungen für bayerische Gewässer

Ute Mischke¹, Rainer Kurmayer², Nico Salmaso³, Tina Elersek⁴, Fabio Lepori⁵, Jochen Schaumburg¹, Frederic Rimet⁶, Valentin Vasselon^{7,6} & Isabelle Domaizon⁶

¹ Bayerisches Landesamt für Umwelt, DS Wielenbach, ute.mischke@lfu.bayern.de, ² Universität Innsbruck, Mondsee, rainer.kurmayer@uibk.ac.at, ³ Research and Innovation Centre, Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige, nico.salmaso@fmach.it, ⁴ Department of Genetic Toxicology and Cancer Biology, National Institute of Biology, Ljubljana, Tina.Elersek@nib.si, ⁵ University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland (SUPSI), Canobbio, fabio.lepori@supsi.ch, ⁶ INRAE, CARRTEL, Pole Ecla, Thonon les bains, isabelle.domaizon@inra.fr, ⁷ SCIMABIO, valentin.vasselon@scimabio-interface.fr

Keywords: metabarcoding, genetische Nachweise, Plankton, Phytobenthos, eDNA

Einleitung

In dem Interreg-Projekt Eco-AlpsWater wurden Artenlisten von Gewässerorganismen sowohl mit einem Metabarcoding-Ansatz als auch durch Lichtmikroskopie ermittelt, um diese miteinander zu vergleichen und den Mehrwert durch das genetische Verfahren zu evaluieren. Es wurden Plankton- und Phytobenthos-Proben aus mehr als 50 Gewässern im Alpenraum nach einheitlichen Methoden analysiert. Das Landesamt für Umwelt hat sich als einer von 12 Projektpartnern an der Beprobung von 6 Seen und dem Fluss Wertach und sowie an der Datenanalyse beteiligt.

Der neuartige Metabarcoding-Ansatz zur Ermittlung von Gewässerorganismen wurde im Projektkonsortium unter Nutzung der Schnelldurchsatz-Sequenzierung (HTS) für DNA aus Umweltproben (eDNA) erarbeitet und in Anleitungen dokumentiert (Eco-AlpsWater webpage, 2021). Dies erfolgte aufbauend auf vorangegangenen Pilotstudien (Kurmayer et al. 2017, Salmaso et al. 2020, Vasselon et al. 2017, Rimet et al. 2019). Es wurden Beprobungskits, Markergene, Extraktionskits, PCR- und Bioformatik-Verfahren ausgewählt und teils getestet, die für die Zielgruppen Phytoplankton, Phytobenthos sowie Fische geeignet sind. Im vorliegenden Beitrag wird die Taxonomiezuordnung der ermittelten DNA-Sequenzen mit den Ergebnissen aus den lichtmikroskopischen Analysen vergleichend beurteilt.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet, Probenumfang und Probenahme

Im Jahr 2019 wurden in Bayern 46 Plankton-Integralproben aus 6 Seen und 60 Phytobenthos-Proben von Steinen aus 3 Seen und dem Fluss Wertach entnommen, sowie weitere aus 41 Seen und 5 Flüssen des Alpenraumes. Die eDNA-Beprobung erfolgte aus Teilproben, die gemäß der traditionellen bzw. WRRL Beprobungsvorschriften in den 6 beteiligten Ländern entnommen wurden. Es wurde mit einer

Einwegspritze eine Teilprobe (0,5-1,1 Liter) der planktischen Integralprobe (euphotische Zone) auf eine steril-verpackte Sterivex-Filterkapsel (Porenweite 0,22µm) gezogen und die Filterkapsel tiefgefroren, bzw. für Phytobenthos der abgebürstete Biofilm von je 5 Steinen mit sterilem Wasser abgespült und von dieser Suspension 10ml mittels 40ml unvergälltem, absoluten Ethanol in Falcon-Tubes fixiert. Die mikroskopische Analyse (LM) erfolgte nach den Vorgaben der nationalen Methoden PhytoSee (Utermöhl-Methode) und dem Diatomeen-Modul im PHYLIB-Verfahren gemäß Wasserrahmenrichtlinie.

DNA workflow

Die DNA aus der Probe wurde extrahiert (Kits: PowerWaterSterivex bzw. NucleoSpinSoil M&N), amplifiziert und mit den Markergenen 16S-rRNA (V3-V4 Region; Primer 341Fmod und 806Rmod) für Cyanobakterien, 18S-rRNA (V4 Region; Primer V4F-18S_ILL und V4R-18S_ILL) für Eukaryoten und zusätzlich mit rbcL (Plastidgen 312 bp; Primer Diat_rbcL_708F_1_2_3 und R3_1_2) für benthische Diatomeen sequenziert. Die mit der Plattform DADA 2 ermittelten Sequenzen (ESVs) wurden mit den Gendatenbanken (Silva 138, Protist Ribosomal Reference database-PR2, Diat.barcode s. Rimet et al 2019) zur Taxonomiezuordnung abgeglichen. Die Ergebnisse wurden in Sample-Sequence-Matrix-Tabellen ausgegeben (HTS). Um die 16S Taxonomie zu verbessern, wurden die BLAST-Methode eingesetzt und damit einige Cyanobakterien-Taxa abweichend zum ersten HTS-Output zugeordnet. Weiterhin wurden „Chloroplast“-Sequenzen in den 16S-Output ergänzend genutzt, einige weitere Eukaryoten wie *Colacium* nachzuweisen. Der gesamte DNA workflow mit Extraktion, PCR Amplifikation der gewählten Barcodes, die Nasslabormethoden zur Erstellung der DNA library für das nachgeschaltete MiSeq Sequencing sowie die Taxonomiezuordnung ist in Anleitungen dokumentiert (s. vorletztes Kapitel) und wurde durch Projektpartner durchgeführt.

Datenanalyse

Der MS-Access-basierte „EAW taxa analysis tool“ wurde im Projekt entwickelt (Mischke et al. 2021) und umfasst die DNA-Sequenzen aller ESVs, die HTS-Ergebnis sowie die lichtmikroskopischen Analyseergebnisse (LM). Das Tool erzeugt automatisiert vergleichende Taxalisten (HTS zu LM und vice versa) auf Ebene „Art“ sowie „Gattung“ für auswählbare Proben und berücksichtigt die Synonyme und aggregiert die Mehrfachnennung einer Art im Fall, dass mehrere Genotypen vorhanden sind. Alle HTS und LM-Artenlisten wurden um einen gemeinsamen Taxacode nach „Rebecca-Code“ für Phytoplankton bzw. nach „Validcode“ für Diatomeen ergänzt (Schmidt-Kloiber A. & Hering D, Stand 11.12.2019). Mit dem Tool wurden sowohl die Wiederfindungsraten der durch LM ermittelten Taxa mittels HTS sowie die Erweiterung der Artenlisten durch HTS extrahiert. Taxa, die mit mindestens einer Sequenz in einer Probe des gesamten EAW-Datensatzes detektiert wurden, wurden in der HTS-Taxonomie des Markergens als „detectable by HTS“ im Tool gekennzeichnet.

Ergebnisse

Insgesamt wurden aus dem Probensatz (N=322) des Projektes über 50.000 verschiedene Genotypen mit über 350.000 Signalen durch die 3 Marker-Gene in den Primerregionen ermittelt (s. Tabelle 1). Diese enorme genetische Vielfalt wurde zum einen durch die Vielfalt an beprobten Gewässern (Teiche bis große alpine Seen und Flüsse), zum anderen durch die Erfassung weiterer Gruppen z. B. heterotrophe Bakterien und Ciliaten aus den beiden Habitaten Plankton und Biofilm gesteigert, wobei viele Arten im Alpenraum eine hohe genetische Variabilität zeigten. Die Art *Ceratium hirundinella* war zum Beispiel mit 59 verschiedene Genotypen (ASVs) im Datensatz vertreten. Ein Großteil der

Genotypen konnte jedoch durch den Genbankenvergleich nur einer biologischen Großgruppe oder Familie zugeordnet werden, und der genaueste Identifikationslevel mittels HTS reichte je nach Primer unterschiedlich entweder nur bis zur Gattung, oder zur Art (s. Tabelle 1).

Für die vergleichende taxonomische Auswertung diente ein Extrakt von Genotypen, die der Bio-komponente Phytoplankton bzw. den benthischen Diatomeen angehören und mindestens als Gattung spezifiziert wurden. Insgesamt ergaben die genetischen Nachweise (HTS Ermittlung) 670 Phytoplanktontaxa incl. Cyanobakterien und 226 Diatomeentaxa, nachdem die gleichsinnigen Genotypen auf Art- oder Gattungsniveau zusammengeführt wurden (Tabelle 1). Ermittelt durch die Lichtmikroskopie stand demgegenüber eine ähnlich hohe Anzahl an Phytoplanktontaxa bzw. eine doppelt höhere Anzahl bei Diatomeen (Tabelle 1, letzte Zeile).

Tab. 1: Anzahl nachgewiesener Zielarten (N Taxa, Zeile 5) als Extrakt aus der Gesamtheit aller Genotypen (ASVs, Zeile 4) einer Primerregion (Kopfzeilen) und vergleichend das Ergebnis der lichtmikroskopischen Analyse (N Taxa, Zeile 6) in allen Proben des Eco-AlpsWater-Projektes

Biokomponente für WRRL	Cyanobakterien	Phytoplankton „Eukaryoten“	Diatomeen
Primerregion	16S rRNA Gen	18S rRNA Gen	rbcL
Identifikations-level HTS	Gattungen, wenige Arten	Gattungen, wenige Arten	Arten, teils Varietäten und Gattungen
Erfasste weitere Organismen	Bakterien, Pilze, Krankheitserreger; Chloroplast-RNA	Viele Klassen e. g. Zooplankton, Ciliaten, höhere Pflanzen etc.	Selten: marine Arten zugeordnet - Fehlerquellen
Anzahl Genotypen (ASVs)	37.530	20.781	1.602
N Taxa HTS Ermittlung	88 (Cyanobacteriia)	582 (Phytoplankton)	226 (Diatomeen)
N Taxa Lichtmikroskop	93 (Cyanobakterien)	417 (Phytoplankton o. Cyano.)	492 Diatomeen-Taxa

In den Phytobenthos-Proben aus den bayerischen Gewässern wurden 12.017 Genotypen von Bakterien und Pilzen mittels 16S nachgewiesen, von denen nur ein kleiner Anteil den Cyanobakterien angehörte (N=788). Der rbcL-Marker wies 757 verschiedene Genotypen an Diatomeen nach. Mittels des Markers für Eukaryoten (18S) wurden 3062 Genotypen gefunden.

In den Planktonproben aus den bayerischen Seen wurden 3.333 16S-Genotypen von Bakterien und Pilzen und mittels des Markers für Eukaryoten (18S) 1.976 Genotypen nachgewiesen.

Insgesamt war die genetische Vielfalt im Steinaufwuchs der Seen (Phytobenthos) am höchsten (>300 Genotypen je Probe), gefolgt von denen aus der Wertach und am geringsten in den Planktonproben. Beim Vergleich der Anzahl an gemeinsam durch HTS und LM nachgewiesenen Arten ergaben sich große Unterschiede, wie im Folgenden dargestellt.

Benthische Diatomeen

In den 13 Phytobenthosproben aus der Wertach wurden im Mittel 50% der LM-Arten auch mit der HTS-Methode mittels rbcL Gen nachgewiesen (s. Abbildung 1). Weitere 55 Diatomeenarten wurden durch HTS zusätzlich nachgewiesen, und für 23 lichtmikroskopisch nachgewiesene 23 Taxa fehlte der genetische Nachweis.

Die Wiederfindungsrate von LM Diatomeen in den Phytobenthosproben aus dem Starnberger See lag nur bei 25% (Abbildung 2), und dies traf auch auf Steinproben aus den Ammersee (25%) und Staffelsee (26%) zu. Im Gegensatz zu den Fließgewässerproben wurden mehr Arten (42) ausschließlich mit LM gefunden, und 28 Taxa allein durch HTS.

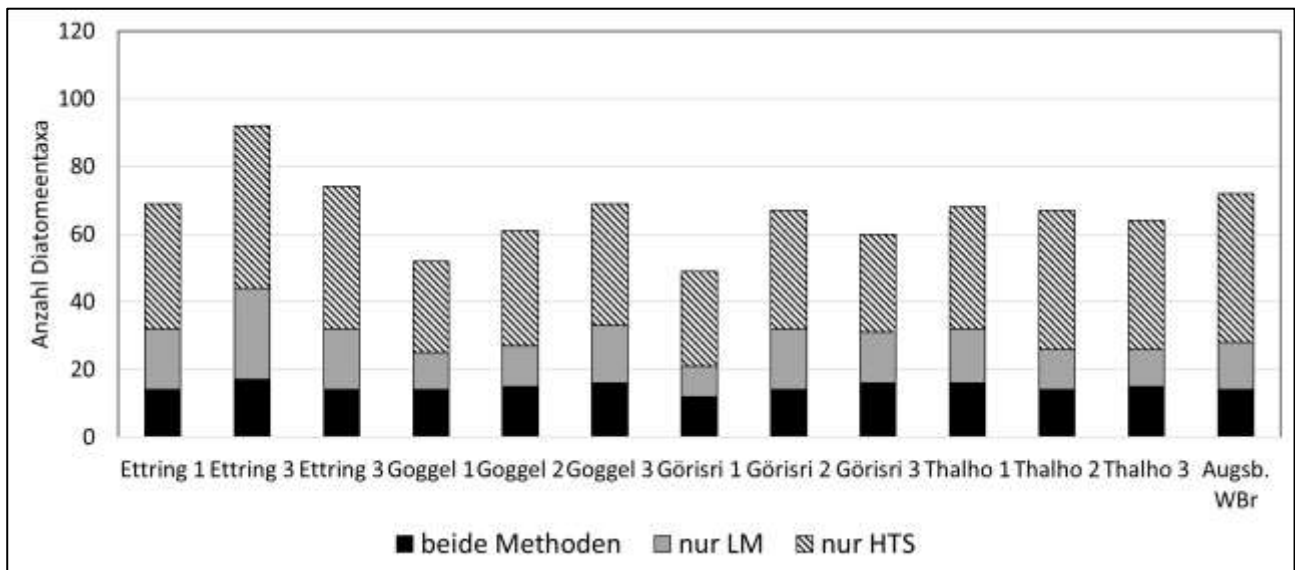


Abb. 1: Anzahl an Diatomeentaxa (Arten oder Gattungen) unterschieden in detektiert durch beide Methoden (schwarz) oder nur durch Lichtmikroskopie (LM, grau) oder nur mittels Gen-Marker (HTS, schraffiert) in Phytobenthosproben aus der Wertach

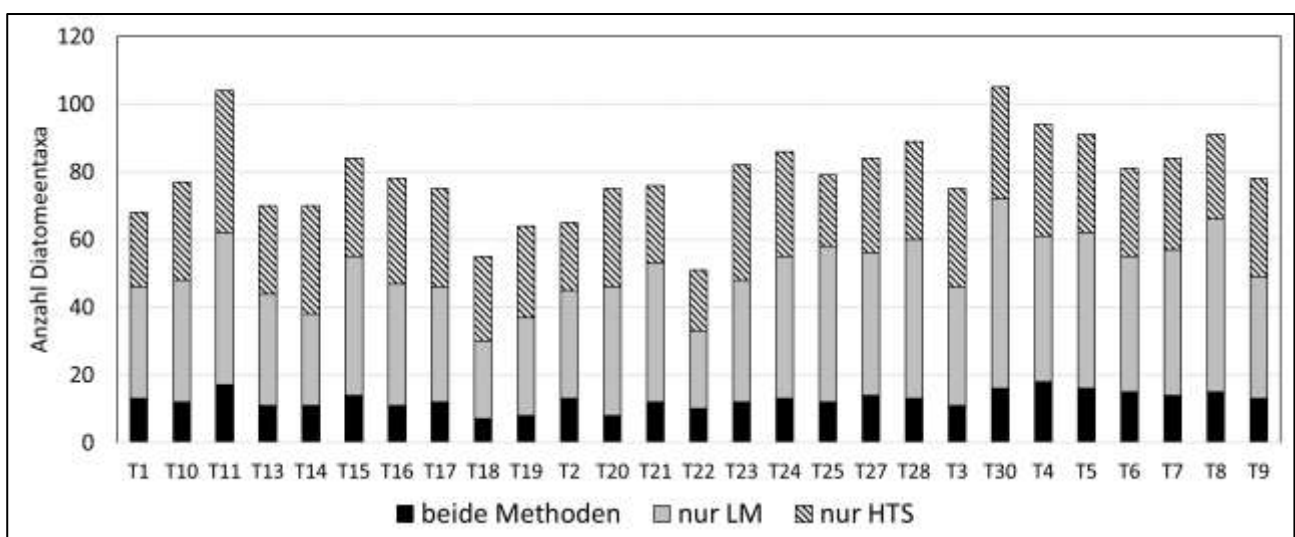


Abb. 2: Anzahl an Diatomeentaxa (Arten oder Gattungen) unterschieden in detektiert durch beide Methoden (schwarz) oder nur durch Lichtmikroskopie (LM, grau) oder nur mittels Gen-Marker (HTS, schraffiert) in Phytobenthosproben aus dem Starnberger See

Die erheblichen Abweichungen in der Bestimmung der benthischen Diatomeen umfassten insgesamt mehr als 50 Taxa. Davon wurden 45 Taxa einer überprüfenden Analyse mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) unterzogen (Goos, 2021) doch aus Kapazitätsgründen nur anhand einer Auswahl an Proben. Folgende genetischer Nachweise ohne Entsprechung in den LM-Nachweisen wurden durch den REM-Analysen bestätigt: *Achnantheidium delmontii*, die als invasive Art eingestuft ist (Peres et al. 2012), *Encyonema cespitosum* und *E. prostratum*, *Encyonopsis minuta* und *E. subminuta* sowie *Fistulifera saprophila*. 20 Taxa wiederum wurden im REM bestätigt, die in diesen Proben nur im Lichtmikroskop gefunden wurden. Insgesamt kam es häufig vor, dass bestimmte Diatomeenarten zwar grundsätzlich mit der HTS-Methode nachweisbar waren („detectable“, s. Methoden), aber deren Sequenzsignal in Proben fehlte, obwohl ihre prozentuale Schalenhäufigkeit mittels LM über 5% lag.

In manchen Fällen konnten derartige Miss-matches durch eine Datenprüfung unter Hinzuziehung eines Spezialisten geklärt werden: *Gomphonema olivaceum* var. *olivaceum* ((Hornemann) Ehrenberg 1838) häufig in der Wertach mittels LM bestimmt, fehlte im HTS Nachweis, doch es wurden anstelle dessen häufig das Sequenzsignal für *Gomphonella olivacea* (Hornemann) Rabenhorst 1853 ausgegeben, welche der aktuell akzeptierte Name der gleichen Art ist. In diesem Fall war der „EAW taxa analysis tool“ nicht korrekt für diese Synonymie vorbereitet.

Phytoplanktontaxa

Die Wiederfindungsraten von lichtmikroskopisch bestimmten Taxa war für Planktonproben auf Gattungsniveau zwischen 85 und 100%. Dafür wurden die genetischen Nachweise von 18S und 16S zusammengeführt. Hingegen wurden Arten in den HTS-Listen nur selten innerhalb der Gattungen unterschieden und deshalb lagen die Wiederfindungsraten auf Artniveau unter 10%. Während die Dinophyceen (z. B. *Asulcocephalum miricentonis*, *Prorocentrum spec.*) und Chrysophyceen taxonomisch mit vielen Gattungen und einigen neuen Arten durch HTS ausgewiesen wurden, detektierte das HTS-Verfahren nur sehr wenige Taxa der Grünalgen, Diatomeen, Desmidiaceen, Cryptophyceen und Euglenophyceen.

Für den genetischen Nachweis der bisher in Europa sehr selten nachgewiesenen Blaualge *Prochlorothrix* im Schliersee an Stelle der durch LM bestimmten *Limnothrix redeckei* steht noch eine Bestätigung durch eine Pigmentanalyse aus (Chlorophyll b). Die beiden Taxa sind phylogenetisch und morphologisch sehr ähnlich und eine Aufklärung der Zuordnung ohne eine mono-klonale Algenkultur ist schwierig. Die Gattung *Limnothrix* und eine andere Art *L. planctonica* wurden in anderen Planktonproben von 2 italienischen Seen genetisch nachgewiesen, diese Genotypen fehlten jedoch im Schliersee.

Phytobenthos ohne Diatomeen

Durch die Anwendung der 18S und 16S Genmarker auf alle Phytobenthosproben wurde eine hoch-diverse Aufwuchsgemeinschaft detektiert. Es wurden neben einigen Diatomeen alle weiteren Algenklassen inklusive Cyanokakterien, Schwefel- und weitere Bakterien sowie der Ciliaten erfasst, die im Detail durch den EAW Taxa Analysis Tool zugänglich sind.

Die genetischen Befunde weisen auf neue Taxa hin, die sonst in einer Probe möglicherweise übersehen werden. In den Wertachproben finden sich starke Signale für *Pleurocapsa* sp., und in den Seen von *Cyanobium* und *Calothrix*. Insgesamt wurden in den Proben aus der Wertach im Mittel weniger Genotypen (ca. 20%) als in den sehr artenreichen Phytobenthos-Proben aus den Seen gefunden. Der genetische Nachweis der toxischen Blaualge *Tychonema* (benthischer Genotyp) im Lech-Stausee Mandichosee bestätigt Befunde von Bauer et al. (2020).

Diskussion

Der Zugang zu den komplexen genetischen Ergebnissen, bestehend aus den drei HTS-Matrices für 16S, 18S und *rbcL*-Makergenen und vergleichend dazu zu den lichtmikroskopischen Zähllisten, war für Anwender aus der Wasserwirtschaft schwierig. Unter anderem benutzen die Gendatenbanken eine andere, meist aktuellere Taxonomie und Systematik als die in der lichtmikroskopischen Routine. Fehlende Bestimmungsschlüssel für erst kürzlich genetisch abgegrenzte Arten konservieren wiederum die bisherige Benennung in den LM-Zähllisten. Die Schwierigkeit der Zuordnung gleichsinniger Taxanamen sollte in Zukunft durch Datentools ähnlich wie das „EAW taxa analysis tool“ gelöst und nomenklatorische Online-Datenbanken genutzt werden, um die aktuellen Synonymlisten zusammen mit den HTS-Taxonomie-Ausgaben bereitzustellen.

Hinsichtlich der Tiefe der Bestimmung muss beachtet werden, dass das angewendete Metabarcoding-Verfahren mit den gewählten Primern auf relativ kurzen Sequenzen beruht (312 - 401 Basenpaare) und die Länge durch den angewendeten Sequenzertyp MiSeq Sequencing limitiert ist. Diese kurzen DNA-Stücke erlauben nur eine begrenzte Anzahl an Unterscheidungen der Taxa und einige nahverwandte Taxa sind in dem Primerabschnitt zufällig identisch (Beispiel *Planktothrix rubescens* und *P. agardhii*). Durch neue Sequenzer-Typen, die längere DNA-Abschnitte verarbeiten können (doch viel kostenintensiver sind), sowie durch die Hinzunahme von weiteren Primern ist nach der derzeitigen, raschen Innovation auf dem Gebiet des Metabarcoding zu erwarten, dass in Zukunft die taxonomische Auflösung deutlich verbessert werden kann. Bereits jetzt lässt sich durch den vergleichenden Ansatz, die LM-Bestimmung für einige schwer bestimmbare Arten des Phytobenthos besonders außerhalb der Diatomeen genetisch überprüfen und Nachweise deutlich erweitern.

Den Ursachen für den fehlenden genetischen Nachweis von dominanten Taxa laut LM muss im Detail zum Beispiel mit weiteren Methoden (s. REM-Studie, Goos 2021) nachgegangen werden. Für die Datenprüfung der genetischen Befunde sind auch in Zukunft auf Taxonomie spezialisierte Bearbeiter unabdingbar, wie das oben erwähnte Synonymbeispiel *Gomphonema olivaceum* var. *olivaceum* (LM) zu *Gomphonella olivacea* (HTS) zeigt.

Bezüglich der Praktikabilität der eDNA-Probenahme-Anleitungen gab es bei der Anwendung in Bayern keine Probleme, doch es fiel relativ viel Verpackungsabfall an, da die Beprobungsmaterialien steril verpackt sind. Die Probenahme- und die Analysekosten für eDNA-Proben waren nicht oder etwas geringer als nach den lichtmikroskopischen Methoden. Die Vorteile bestanden darin, dass mit einer einzigen Probenahme eine Vielzahl weiterer Gewässerorganismen in kurzer Analysezeit erfasst wurde, und dafür keine taxonomisch geschulten Experten nötig waren. Dies erhöht die Objektivität der Taxanachweise und macht die Probenergebnisse aus einer großen Region (hier Alpenraum) untereinander besser vergleichbar.

Neben einer Dokumentation für die Öffentlichkeit, die das Metabarcoding-Verfahren allgemein verständlich erklärt (Eco-AlpsWater Broschüre 1, 2021), wurden in einer Zusammenstellung die Anleitungen für das eDNA-Monitoring in Alpengewässern für Endnutzer veröffentlicht (Eco-AlpsWater Broschüre 2, 2021), um die zukünftige Anwendung zu fördern.

Zusammenfassung/Schlussfolgerungen

Das EAW-Verfahren mittels HTS und Metabarcoding kann die mikroskopische Auswertung aktuell nicht ersetzen. Es bestehen deutliche Abweichungen in den ermittelten Arteninventaren zwischen den bisherigen Methoden und dem HTS Nachweisen. Phytoplanktontaxa werden mit den derzeitigen HTS-Listen zumeist nur auf Gattungsniveau identifiziert. Der genetische Nachweis von benthischen

Diatomeenarten gelingt bereits relativ gut und könnte durch Ergänzung von fehlenden Arten in den Gen-Referenzdatenbanken verbessert werden. Zweifelhafte Artnachweise sollten durch REM-Analysen und Anlegen von Kulturen geprüft werden.

Das getestete Metabarcoding-Verfahren wies eine Vielzahl an weiteren Gewässerorganismen nach, die ein großes Potential für die Biodiversitätsforschung und die Herleitung neuartiger und DNA-basierter Kenngrößen zur Bewertung von Gewässern bieten.

Danksagung

Für die Unterstützung bei der eDNA-Beprobung der Seen durch Mitarbeiter der Wasserwirtschaftsämter Weilheim und Rosenheim sowie durch Jutta Reichel wird gedankt. Die Phytobenthos-Beprobung an der Wertach wurde an Diana Schokrowski beauftragt, die dies exakt dokumentiert hat. Diese Untersuchung entstand im Rahmen des Projektes Eco-AlpsWater durch den Regionale Entwicklungsfond gefördert durch die EU und im INTERREG Alpine Transnational Cooperation Program für den Zeitraum 2014-2020 eingebunden. Die Arbeiten wurden durch das bayerische Projekt „Qualitätssicherung Phytoplankton - Prüfung neuer Methoden zur Bestimmung von Art und Biomasse“ (2018-2022; StMUV 78e0100000204JP) gefördert vom Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz unterstützt.

Liste der im Projekt erstellten Anleitungen (protocols)

Protokolle verfügbar auf protocols.io:

- Domaizon I. et al. 2019: Lake plankton sample collection from the field for downstream molecular analysis. Published in protocols.io: [dx.doi.org/10.17504/protocols.io.xn6fmhe](https://doi.org/10.17504/protocols.io.xn6fmhe)
- Rimet F. et al. 2021: updated version- Lake biofilms sampling for both downstream DNA analysis and microscopic counts. Published in protocols.io: [dx.doi.org/10.17504/protocols.io.br2xm8fn](https://doi.org/10.17504/protocols.io.br2xm8fn)
- Rimet F. et al. 2020: River biofilms sampling for both downstream DNA analysis and microscopic counts V.1. Published in protocols.io: [dx.doi.org/10.17504/protocols.io.ben6jdhe](https://doi.org/10.17504/protocols.io.ben6jdhe)
- Vautier M., C. Chardon, C. Capelli, R. Kurmayer, N. Salmaso, I. Domaizon (2021): Plankton DNA extraction from Sterivex filter units. Published in protocols.io: [dx.doi.org/10.17504/protocols.io.bvgzn3x6](https://doi.org/10.17504/protocols.io.bvgzn3x6)
- Vautier M., V. Vasselon, C. Chardon, F. Rimet, A. Bouchez, I. Domaizon (2020): DNA extraction from environmental biofilm using the NucleoSpin® Soil kit (MACHEREY-NAGEL), Published in protocols.io: [dx.doi.org/10.17504/protocols.io.bd52i88e](https://doi.org/10.17504/protocols.io.bd52i88e)
- Chardon C., V. Vasselon, M. Vautier, S. Lacroix, A. Bouchez, F. Rimet, I. Domaizon (2020): Diatom DNA library preparation for Illumina Miseq Sequencing using the rbcL marker gene. Published in protocols.io: [dx.doi.org/10.17504/protocols.io.bd94i98w](https://doi.org/10.17504/protocols.io.bd94i98w)

Protokolle verfügbar auf der Projektseite

- Pindo M., A. Boscaini, N. Salmaso, G. Riccioni (2020): Illumina library preparation protocol: eDNA metabarcoding analyses of bacterioplankton communities - Deliverable D.T1.3.1-10 - Interreg Alpine Space - Eco-AlpsWater project – WP1
- Pindo M., A. Boscaini, N. Salmaso, G. Riccioni (2020): Illumina library preparation protocol: eDNA metabarcoding analyses of eukaryotic microplankton communities - Deliverable D.T1.3.1-11 Interreg Alpine Space - Eco-AlpsWater project – WP1
- Vasselon, V. 2018: Diatom DNA metabarcoding bioinformatics pipeline “Mothur” software, Miseq, rbcL 312 bp - Deliverable D.T1.1.3 Interreg Alpine Space - Eco-AlpsWater project – WP1

Protokolle verfügbar auf Zenodo.org:

- Salmaso Nico; Giulia Riccioni; Massimo Pindo; Valentin Vasselon; Isabelle Domaizon; Rainer Kurmayer (2021): Metabarcoding protocol – Analysis of Bacteria (including Cyanobacteria) using the 16S rRNA gene and a DADA2 pipeline. Published in zenodo: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5232772>
- Salmaso Nico; Giulia Riccioni; Massimo Pindo; Rainer Kurmayer; Valentin Vasselon; Isabelle Domaizon (2021): Metabarcoding protocol – Analysis of protists using the 18S rRNA gene and a DADA2 pipeline. Published in zenodo: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5233527>

Literatur

- Bauer F, Fastner J, Bartha-Dima B, et al. (2020): Mass Occurrence of Anatoxin-a- and Dihydroanatoxin-a-Producing *Tychonema* sp. in Mesotrophic Reservoir Mandichosee (River Lech, Germany) as a Cause of Neurotoxicosis in Dogs. *Toxins*, 12(11):726.
- Eco-AlpsWater Broschüre 1 (2021): Alpine Gewässer & eDNA - Broschüre für die breite Öffentlichkeit (D). <https://www.alpine-space.org/projects/eco-alpswater/en/home>.
- Eco-AlpsWater Broschüre 2 (2021): Technische Leitlinien für das eDNA-Monitoring in Alpengewässern – für Interessenvertreter und Endnutzer (D). <https://www.alpine-space.org/projects/eco-alpswater/en/home>.
- Goos, C. (2021): Report “Validation of Diatom Species Identification by scanning electronic microscopy in the Framework of WP3 and WP4”. Service "Eco-AlpsWater REM Analysen Diatomeen" contracted by the Bavarian Environmental Agency (LfU) in the frame of the European Interreg-project Eco-AlpsWater.
- Keck, F., Vasselon, V., Rimet, F., Bouchez, A., & Kahlert, M. (2018). Boosting DNA metabarcoding for biomonitoring with phylogenetic estimation of operational taxonomic units' ecological profiles. *Molecular Ecology Resources*, 18(6), 1299–1309
- Kurmayer, R., Sivonen, K., Wilmotte, A., and Salmaso, N. (2017). *Molecular Tools for the Detection and Quantification of Toxigenic Cyanobacteria*. Wiley, Chichester.
- Mischke U., Salmaso N., Kurmayer R., Elersek T., Riccioni G., Rund H., Domaizon I. (2021): Database for the classification and distribution of aquatic species accessible by stakeholders. Deliverable D.T1.2.3 in the frame of the European Interreg-project Eco-AlpsWater.
- Pérès, F., Barthès, A., Ponton, E., Coste, M., Ten-Hague, L. & Le-Cohu, R. (2012). *Achnantheidium delmontii* sp. nov., a new species from French rivers. *Fottea* 12(2): 189-198, 85 fig., 1 table.
- Salmaso N., Boscaini A., Pindo M. (2020): Unraveling the Diversity of Eukaryotic Microplankton in a Large and Deep Perialpine Lake Using a High Throughput Sequencing Approach, *Frontiers in Microbiology* Vol.11: 789, DOI=10.3389/fmicb.2020.00789
- Schmidt-Kloiber A. & Hering D. (eds.): www.freshwaterecology.info - the taxa and autecology database for freshwater organisms, (accessed on 11.12.2019).
- Vasselon, V., Domaizon, I., Rimet, F., Kahlert, M., & Bouchez, A. (2017). Application of high-throughput sequencing (HTS) metabarcoding to diatom biomonitoring: Do DNA extraction methods matter? *Freshwater Science*, 36, 162–177
- Vasselon, V., Rimet, F., Tapolczai, K., & Bouchez, A. (2018). Assessing ecological status with diatoms DNA metabarcoding: Scaling-up on a WFD monitoring network (Mayotte Island, France). *Ecological Indicators*, 82, 1–12.

Einfluss mikroklimatischer Bedingungen in Bruthabitaten von *Culex pipiens* s.l. (Diptera: Culicidae) auf ihre Populationsentwicklung

Johann Musculus¹; Felix Sauer²; Carmen Villacañas de Castro¹; Ellen Kiel¹

¹ Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, IBU, AG Gewässerökologie und Naturschutz; ² Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin

Auch in Deutschland wurden seit 2018 autochthone Übertragungen des West-Nil-Virus auf Mensch und Tier nachgewiesen. Die beiden Arten des *Culex pipiens* Komplex, *Culex pipiens* L. 1758, und *Culex torrentium* MARTINI 1925, gehören zu den häufigsten heimischen Stechmückenarten und gelten als bedeutsamste Überträger (Vektoren) des West-Nil-Virus. In diesem Kontext sind für eine Prognose der Krankheitsausbreitung nicht nur die Ansprüche des Virus selbst von Interesse, sondern auch die Ökologie der Stechmücken. *Culex pipiens* s.l. brütet typischerweise in künstlichen Kleinstgewässern (Blumenvasen, Regentonnen etc.) und kommt deshalb besonders häufig in der Nähe des Menschen vor. Die Temperaturbedingungen dieser Bruthabitate spielen vermutlich eine Schlüsselrolle für die Populationsentwicklung der Stechmücken und damit auch für die Epidemiologie stechmückenbedingter Infektionskrankheiten. Im Rahmen von Feldstudien wurde der Einfluss unterschiedlicher mikroklimatischer Bedingungen auf die Larvalentwicklung und die Fitness der geschlüpften Stechmücken analysiert. Hierfür wurde mittels Satellitendaten des europäischen Programms Copernicus zu Baumbedeckung und Versiegelung ein Urbanisierungsindex berechnet. In drei daraus abgeleiteten Kategorien wurden jeweils drei Standorte entlang eines Gradienten von stark versiegelten zu dicht bewaldeten Flächen ausgewählt, um Räume zu definieren, welche unterschiedliche Mikroklimata erwarten lassen. Im Stadtgebiet und unmittelbaren Umfeld der Stadt Oldenburg i.O. wurden an jedem Standort in jeweils 5 Netzkäfigen Erstarven aufgezogen. Zusätzlich wurde eine Kontrollgruppe in einer Klimakammer Extrembedingungen ausgesetzt. Nach Beginn der Metamorphose wurden alle Käfige täglich nach adulten Mücken kontrolliert.

Zielsetzung war, physiologische Parameter im adulten Stadium zu nutzen, um Carry-Over-Effekte zu quantifizieren, die durch die Umweltbedingungen während der Larvalentwicklung verursacht werden. Neben Mortalität und Entwicklungsdauer der Stechmückenlarven wurden Trockengewicht sowie Flügelform und Flügelgröße der geschlüpften Individuen untersucht. Mithilfe Geometrischer Morphometrie wurde dazu die Asymmetrie der Flügel als potenzieller Indikator für Umweltstress erfasst. Die gewonnenen Daten bilden die Basis für Modell zur Populationsentwicklung. Sie sollen dazu beitragen, den Einfluss der mikroklimatischen Bedingungen in den Bruthabitate auf Stechmückenpopulationen besser zu verstehen.

Manche machen mehr daraus – eine trophische Betrachtung zur Transformation von Phosphor in Phytoplanktonbiomasse

Brigitte Nixdorf; Jacqueline Rücker

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Gewässerschutz

Für die Trophie von Seen ist die Menge, Verfügbarkeit und Transformation des Phosphors in Phytoplanktonbiomasse relevant, wenn dieser limitierender Faktor für die Primärproduktion ist. Die Ausprägung der Trophie hängt dabei von der Effizienz der Bildung von Phytoplanktonbiomasse aus einer Einheit verfügbaren Phosphors ab. Während in der Mehrzahl der natürlichen Seen dieses Verhältnis unter 0,5 liegt, steigt es in hocheutrophen Flachseen auf Werte über 1, in sauren Tagebauseen sogar auf 5. Dieses Verhältnis soll entsprechend der Reynolds'schen These "What Vollenweider couldn't tell us" (Reynolds 1992) die Schwankungsbreite in den trophischen Reaktionen von Gewässern aufzeigen. In diesem Zusammenhang thematisierte Reynolds das abweichende Verhalten der Trophiezusammenhänge im Prozess der Nährstoffreduktionen durch Sanierung und Restaurierungen mit z. T. verzögerten Reaktionen im Trophierückgang (Hysterese-Effekte) und TP-Schwellenwerte für den Rückgang der Phytoplanktonbiomasse und –zusammensetzung. Schwerpunkt des Beitrages sind folgende Fragen: In welchen Bereichen schwankt die Transformation von P in Biomasse und damit das Chla/TP-Verhältnis in natürlichen Seen und Tagebauseen unterschiedlicher Morphometrie? Wovon ist diese Schwankung abhängig? Dazu werden Daten zu Seston-, Chla- und TP-Konzentrationen und der Zusammensetzung des Phytoplanktons aus morphometrisch und trophisch unterschiedlichen Seen auf folgende Hypothesen analysiert:

1. Flache Seen sind wegen der besseren Lichtversorgung effizienter in der Nährstoffausnutzung.
2. Monodominanzen im Phytoplankton sind Ausdruck einer effizienten Nährstoffausnutzung. Das gilt besonders für Seen mit Cyanobakteriendominanz, aber auch für saure Tagebauseen.

Der Obersee in Berlin-Lichtenberg – ein extrem eutrophierter Flachsee

Ariane Nowak¹, Jens Nowak² & Heribert Rustige³

¹ Limnolabor Nowak GbR, Berlin, info@limnolabor.de, ^{2,3} AKUT Umweltschutz Ingenieure Burkard und Partner mbB, Berlin, mail@akut-umwelt.de

Keywords: Cyanobakterien, Flachsee, Eutrophierung, Algenelimination, Seewasserreinigung, Mikrosiebanlage, bepflanzter Sandfilter, externe Phosphorelimination

Einleitung

Viele Kleingewässer in Städten sind durch die Einleitung von P-haltigem Niederschlagswasser stark eutrophiert. Der Obersee in Berlin-Lichtenberg ist ein aus einer eiszeitlich entstandenen Senke künstlich geschaffenes urbanes Kleingewässer. Mit einer Größe von ca. 3,8 ha dient er als Auffangbecken für unbehandeltes Regenwasser angrenzender Siedlungs- und Verkehrsflächen (ca. 26 ha) sowie, wie sich herausstellte, von Fehllanschlüssen. Dementsprechend ist die Primärproduktion extrem hoch. Blaualgen dominieren das Phytoplankton; insbesondere die gallertigen Kolonien der Blaualge *Microcystis wesenbergii* bilden im Sommer fast eine Monokultur. Das Bezirksamt Lichtenberg von Berlin beschloss 2009 Maßnahmen. Es erfolgten eine Teilentschlammung, die Renaturierung von Uferstrukturen sowie die Planung und der Bau eines Seewasserfilters (Retentionsbodenfilter vergleichbarer bepflanzter Sandfilter mit reaktivem Filtermaterial) zur Aufbereitung des Seewassers. Der Seewasserfilter wurde aus Fördermitteln des Umweltentlastungsprogramm Berlin (UEP II) im Sommer 2015 fertig gestellt. Innovation: der externe Filter ermöglicht im Gegensatz zum Retentionsbodenfilter eine niederschlagsunabhängige Aufbereitung!

Monitoring Obersee und Seewasserfilter

Obersee

Die Ausdehnung der Seefläche von West nach Ost beträgt ca. 400 m und die größte Breite von Nord nach Süd ca. 130 m. Die mittlere Wassertiefe beträgt ca. 1,5 m. Der Zulaufkanal befindet sich an der Ostseite des Sees; demgegenüber, an der Westseite, der Ablaufkanal.

Von Juli 2015 bis Dezember 2020 erfolgten monatlich Untersuchungen im Obersee an den drei Messstellen östliche Bucht (Zulaufbereich), Seemitte und westliche Bucht zu den Vor-Ort-Parametern, Nährstoffen, Chlorophyll-a, BSB₅ etc. Aus der Wassersäule 0,5 bis 1m wurden dazu Wasserproben entnommen sowie die dominierenden Phytoplankter erfasst. Seit 2021 beschränken sich die Probeentnahmen auf die Messstelle Seemitte.

Im Westteil des Sees wurde eine kontinuierlich messende Sauerstoffsonde installiert.

Erfassung der dominierenden Phytoplankter

Es wurden jeweils fünf bis zehn Taxa qualitativ und quantitativ erfasst. Die Erfassung der vorherrschenden Blaualge *Microcystis wesenbergii* erfolgte als ganze Kolonie in drei Größenklassen (ca. 20 µm, 40 µm und 70 µm Durchmesser), da es primär wichtig war, zu erfahren, welche Formen und Größen an Algen auf den Seewasserfilter treffen. Für diese Art wurde demzufolge kein Zell-, sondern ein Kolonie-Volumen berechnet.

Seewasserfilter

Der Seewasserfilter wurde im Juli 2015 in Betrieb genommen. Er besteht aus zwei Filterbecken von je ca. 600 m² (Aufbau: 0,25 m Drainschicht aus Kies, 1 m Filtersand, angereichert mit Eisenoxid (FerroSorp) zur P-Bindung und Kalksteinsplitt zur pH-Pufferung, Schilfbepflanzung), die wechselseitig beschickt werden können. Die Entnahmestelle im Obersee befindet sich in der östlichen Bucht. Zum ca. 400 m entfernten Seewasserfilter wird das Wasser gepumpt und gelangt nach Passage des Filters im freien Gefälle wieder in den See (Abbildung 1). Seit 2019 erfolgt die Behandlung mit vorgeschalteter Mikrosiebanlage RoDisc der Fa. Huber. Es wurden Wasserproben im Zu- und Ablauf der Mikrosiebanlage sowie im Ablauf Seewasserfilter analog dem Untersuchungsumfang im Obersee mindestens monatlich, zeitweise wöchentlich, analysiert.

Die chemischen Laboranalysen wurden bis 2020 durch das akkreditierte Labor AGROLAB Potsdam GmbH durchgeführt. 2021 wurde der Analysenumfang durch den Auftraggeber reduziert. Die verbliebenen Parameter Gesamtposphor, AFS und dominierende Phytoplankter wurden durch das Ingenieurbüro AKUT bestimmt.



- (1) Entnahmestelle mit Pumpe
- (2) Beschickung des Seewasserfilters
- (3) Einleitstelle des gereinigten Wassers

Innovation:

Das gesamte Seewasser wird gereinigt.
Der Obersee dient als Rückhaltebecken.
Die Anlage wird unabhängig von Regenereignissen kontinuierlich betrieben.

Abbildung 1: Lage Obersee und Seewasserfilter

Ergebnisse und Diskussion

Monitoring Obersee

Im Folgenden werden die bisherigen Ergebnisse für die Messstelle Obersee-Mitte vorgestellt.

Die Sauerstoff-Sättigung lag in den Sommermonaten weit über 100 %; ein deutliches Zeichen für eine hohe Primärproduktion. Entsprechend hoch waren die pH-Werte (Abbildung 2). Die Daten aus der kontinuierlich messende Sauerstoffsonde ergaben, dass die Tageswerte stark schwankten und nachts gegen Null gingen.

Charakteristisch für eutrophe Gewässer lagen die Chlorophyll-a-Konzentrationen im Sommer weit über 100 µg/l mit entsprechend geringen Sichttiefen (Abbildung 3).

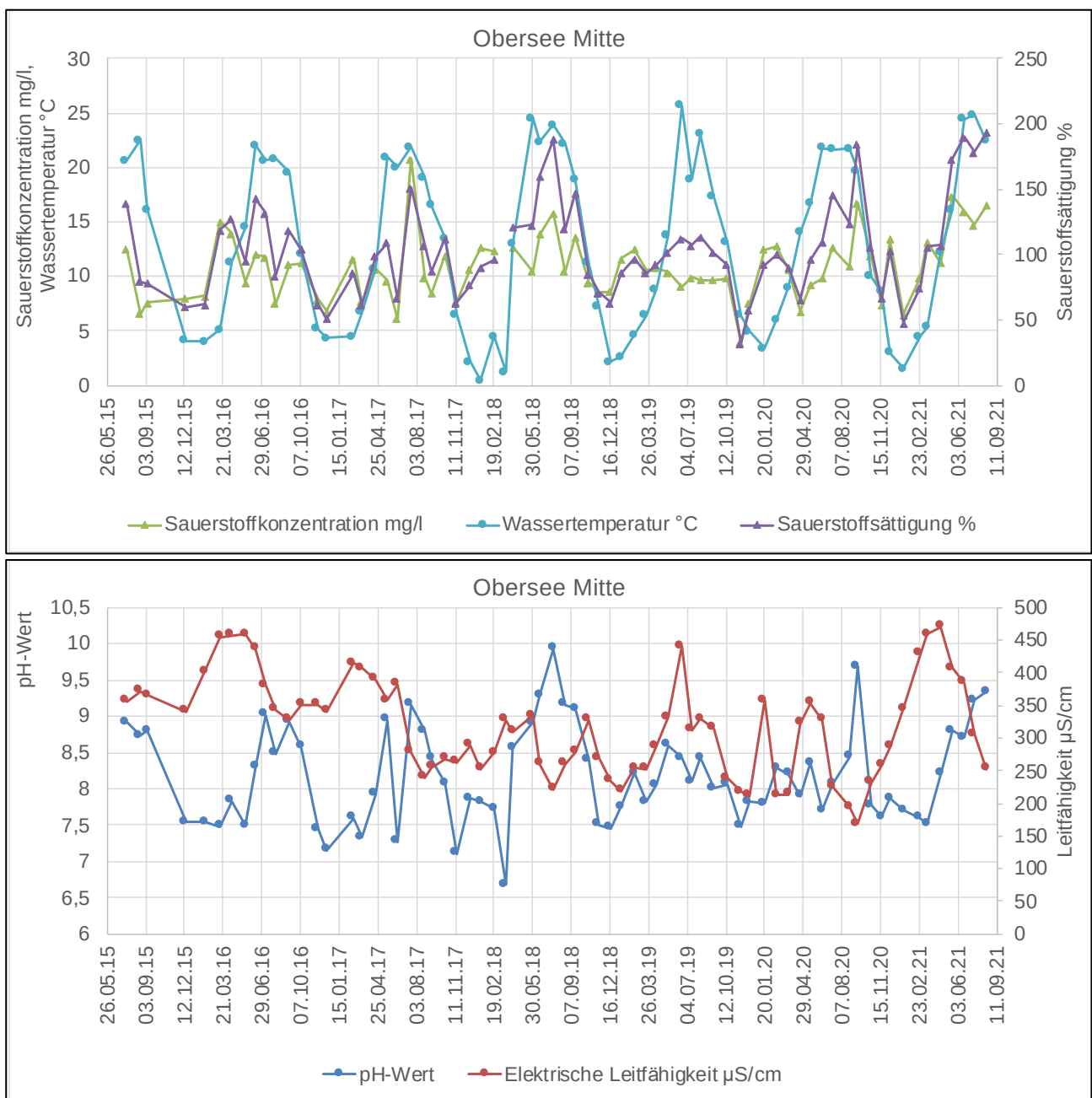


Abbildung 2: Vor-Ort-Parameter an der Messstelle Obersee-Mitte

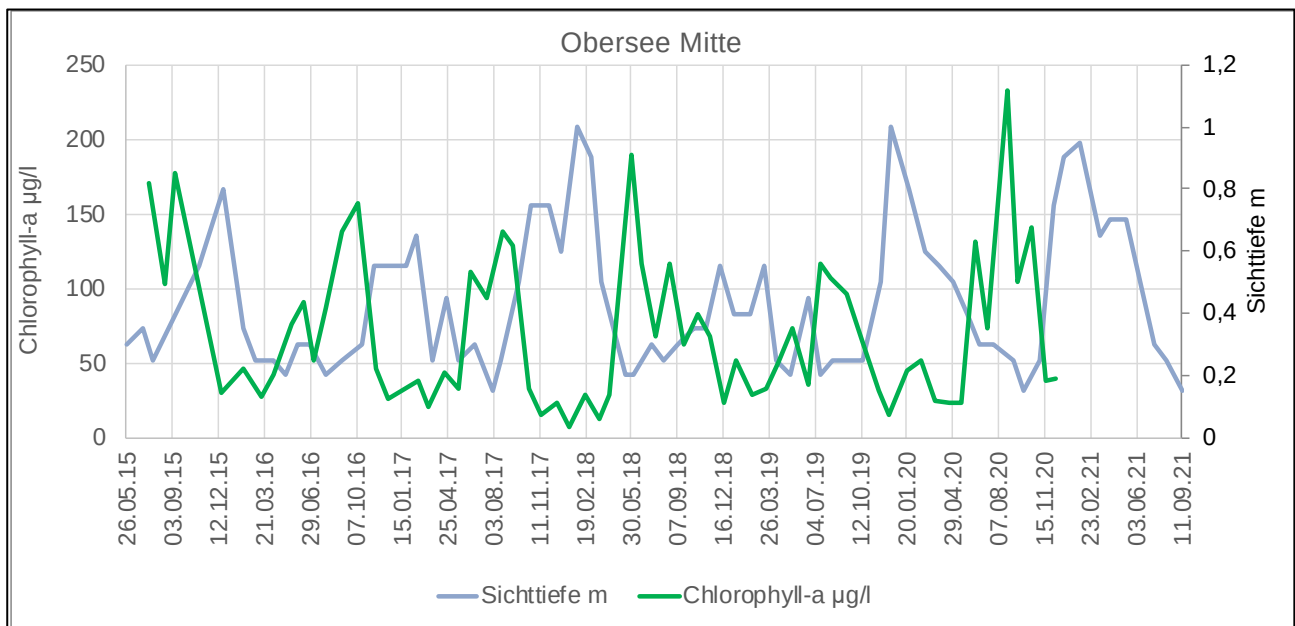


Abbildung 3: Sichttiefe und Chlorophyll-a an der Messstelle Obersee-Mitte

Im Obersee wurden hohe Phosphorkonzentrationen gemessen, wobei der Phosphor fast vollständig organisch gebunden war (Abbildung 4).

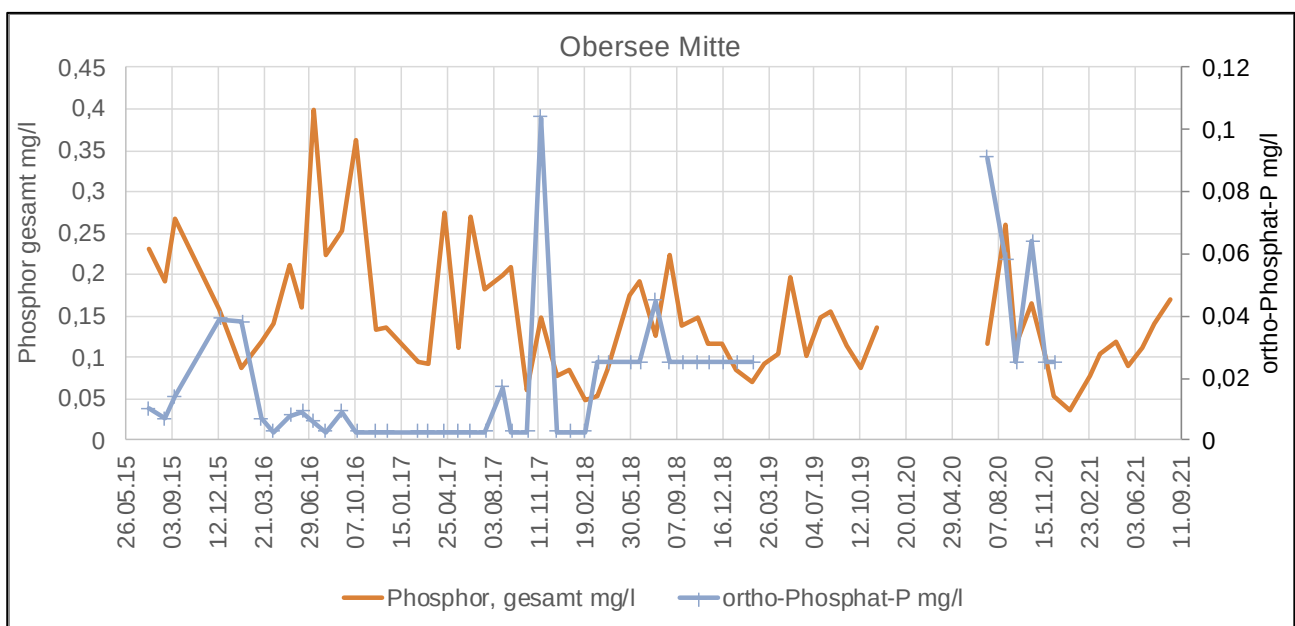


Abbildung 4: Gesamtphosphor und ortho-Phosphat-P an der Messstelle Obersee-Mitte

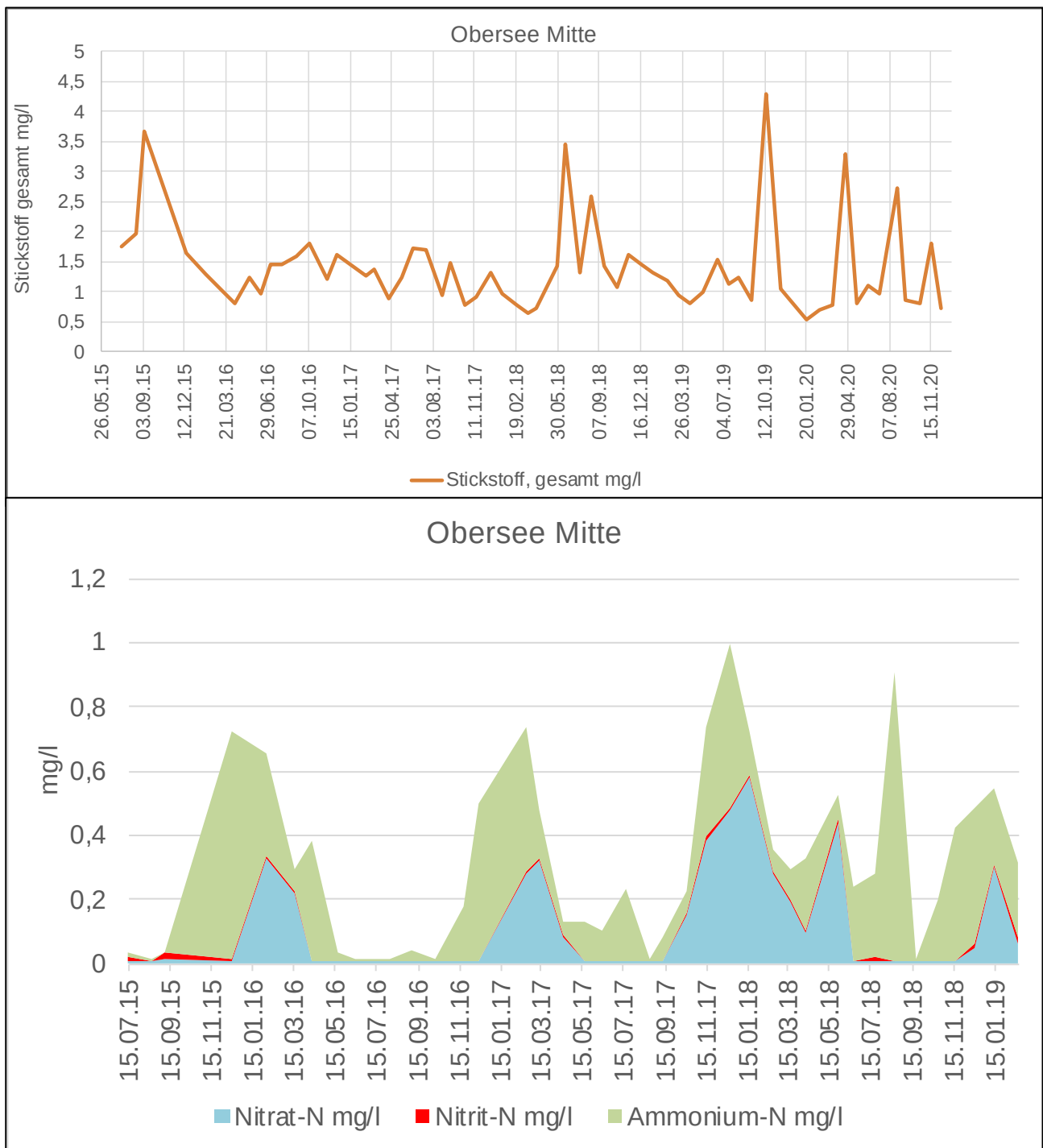


Abbildung 5: Gesamtstickstoff, Ammonium-N, Nitrat-N und Nitrit-N an der Messstelle Obersee-Mitte

Die Spitzen Gesamtstickstoff kamen durch Niederschläge oder Abbauprozesse im See zustande. $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NO}_2\text{-N}$ wurden bis Februar 2019 analysiert. Im Sommer waren deren Konzentrationen meist äußerst gering (Abbildung 5).

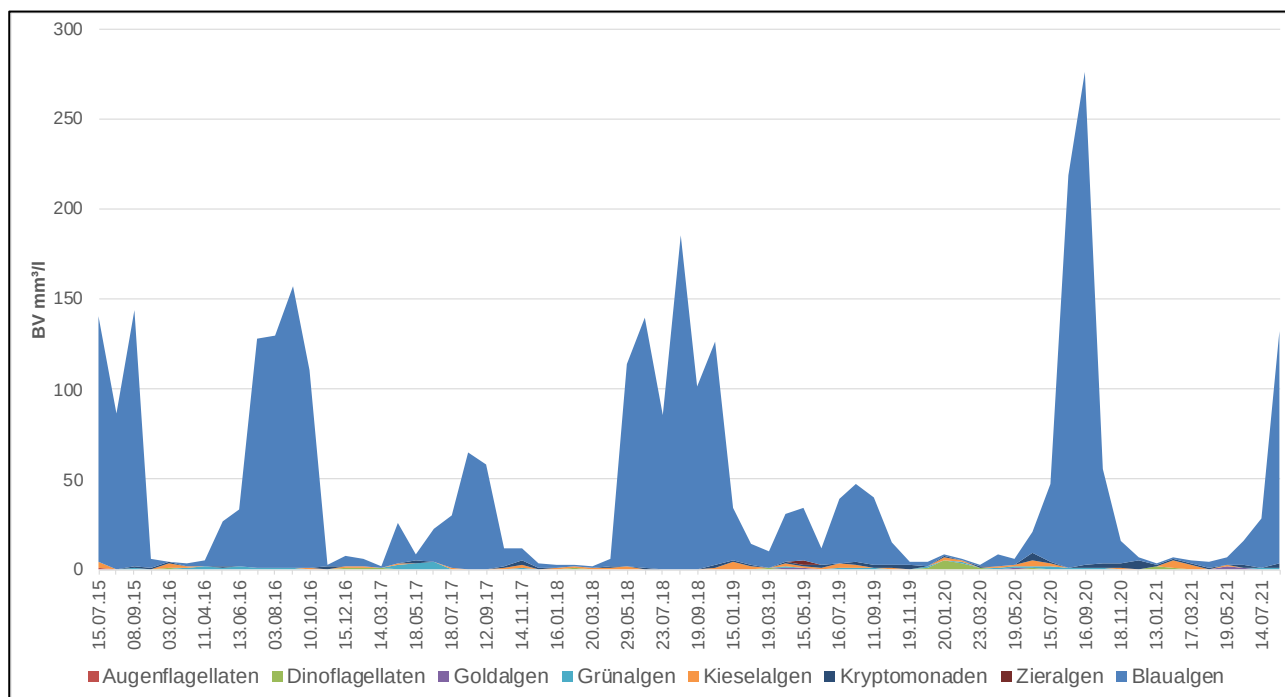


Abbildung 6: Großgruppen der dominierenden Phytoplankter an der Messstelle Obersee-Mitte

Die höchsten Chlorophyll-a-Konzentrationen wurden in allen Jahren ab Juli gemessen, synchron zu den hohen Biovolumina der Blaualgen. Neben den Blaualgen kamen Dinoflagellaten (grün) im Winter bis zum zeitigen Frühjahr, Kieselalgen (orange) mit typischem Frühjahrspeak, die beweglichen Cryptomonaden (dunkelblau) sowie typisch für nährstoffreiche Kleingewässer diverse kleine Grünalgenarten ganzjährig vor (Abbildung 6, Abbildung 7).

Anabaena- und *Aphanizomenon*-Arten traten ab Juni und die vorherrschende *Microcystis wesenbergii* ab Juli auf (Abbildung 8). Weitere Cyanobakterien mit geringen Anteilen am Gesamtbiovolumen waren *Planktothrix argadhii*, *Pseudanabaena limnetica*, *Snowella lacustris*, *Woronichia naegelianii* sowie *Aphanocapsa spec.*

Untersuchungen zum Zooplankton erfolgten 2016. Das Spektrum umfasste zahlreiche Zeiger hoher Trophie. Die für das Phytoplankton-Grazing wichtigen Crustaceen wiesen nur einen geringen Größen-Index auf (GIC = mittlere TG pro Individuum), was zu geringer Filtrierleistung führte und für einen hohen Fischfraßdruck sprach (Arp & Koppelmeyer 2016). Die Ergebnisse zum Zooplankton passen zu den Fisch-Daten. Nach aktueller Auskunft des DAV Landesverbandes Berlin e.V. und Anglern vor Ort befindet sich das Gewässer seit 10 Jahren in Eigenreproduktion. Die Raubfischdichte (Hecht, Barsch) ist gering. An Friedfischen kommen Plötze, Rotfeder und Schleie in hoher Dichte vor.

Der Trophie-Zustand des Obersees wurde nach LAWA (2014, Seengruppe polykl3m) berechnet. Der Obersee wurde in den Jahren 2016 bis 2020 als polytroph 2 eingestuft.

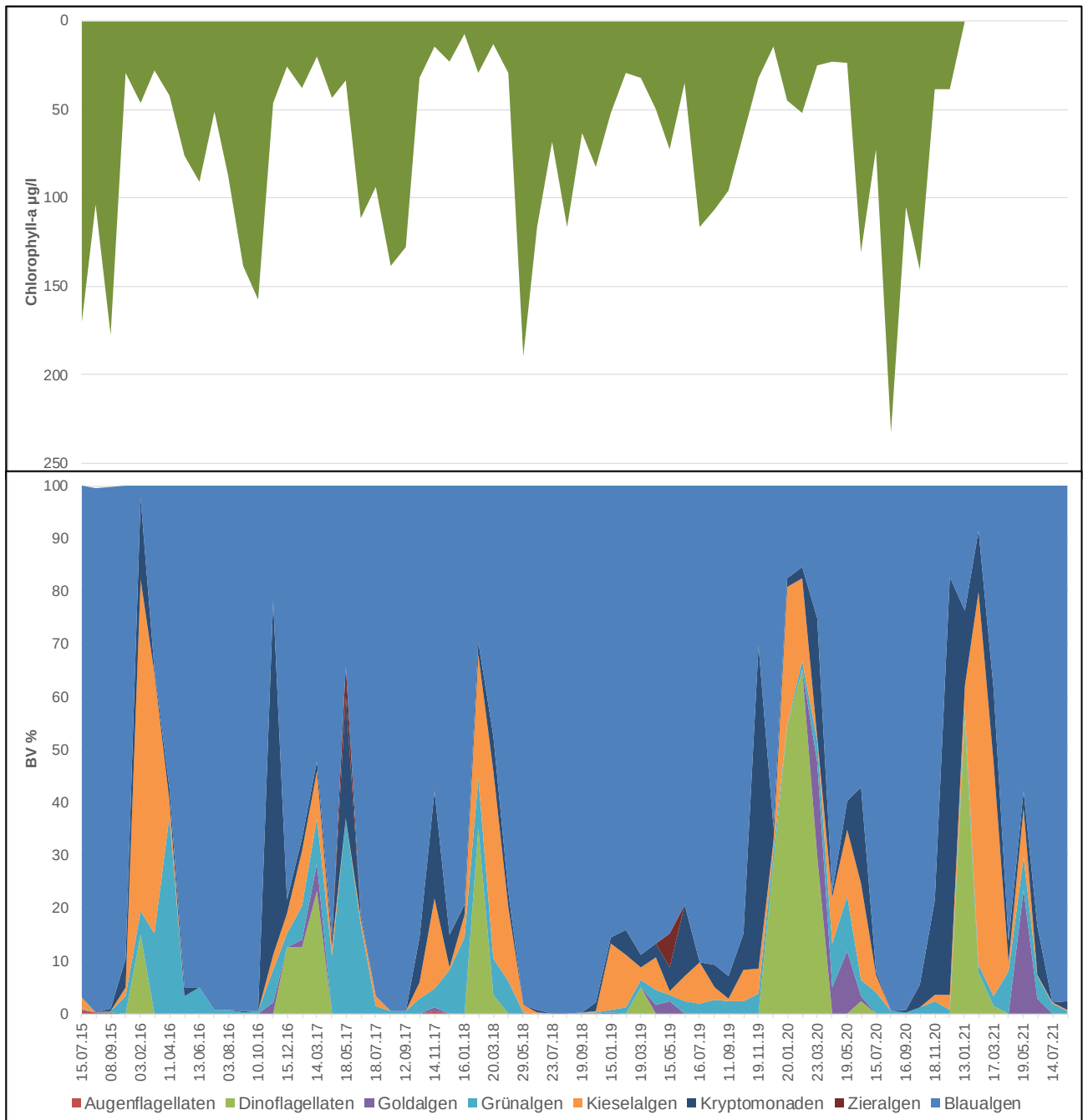


Abbildung 7: Chlorophyll-a und prozentuale Anteile der dominierenden Phytoplankter an der Messstelle Obersee-Mitte

Der Quotient Chlorophyll-a / TP war insbesondere in den Sommermonaten durch die Strategie der Cyanobakterien erhöht und lag zwischen 0,6 und 1,1 (Abbildung 9). Im Artikel von Dokulil und Teubner (2000) sind die Mechanismen, die zur Dominanz von Cyanobakterien führen, erläutert. Angewandt auf den Obersee bedeutet dies: 1. Der flache Obersee weist hohe Nährstoff-Konzentrationen durch Zulauf, Abbauprozesse und Rücklösungen aus dem Sediment auf. 2. Die vorkommenden Nostocales sind potentiell zur Luftstickstofffixierung fähig. 3. Ein niedriger Lichtenergiebedarf mit höherem Temperaturoptima fördert die Entwicklung von *Microcystis wessenbergii*, verbunden mit deren Fähigkeit zur Auftriebsregulierung. Die Art kann sich Nährstoffe aus der unteren Wassersäule holen. Bei höheren Temperaturen und eingeschränkten Lichtverhältnissen durch erhöhte Trübung kommt es in der Folge zu den Cyanobakterienblüten.

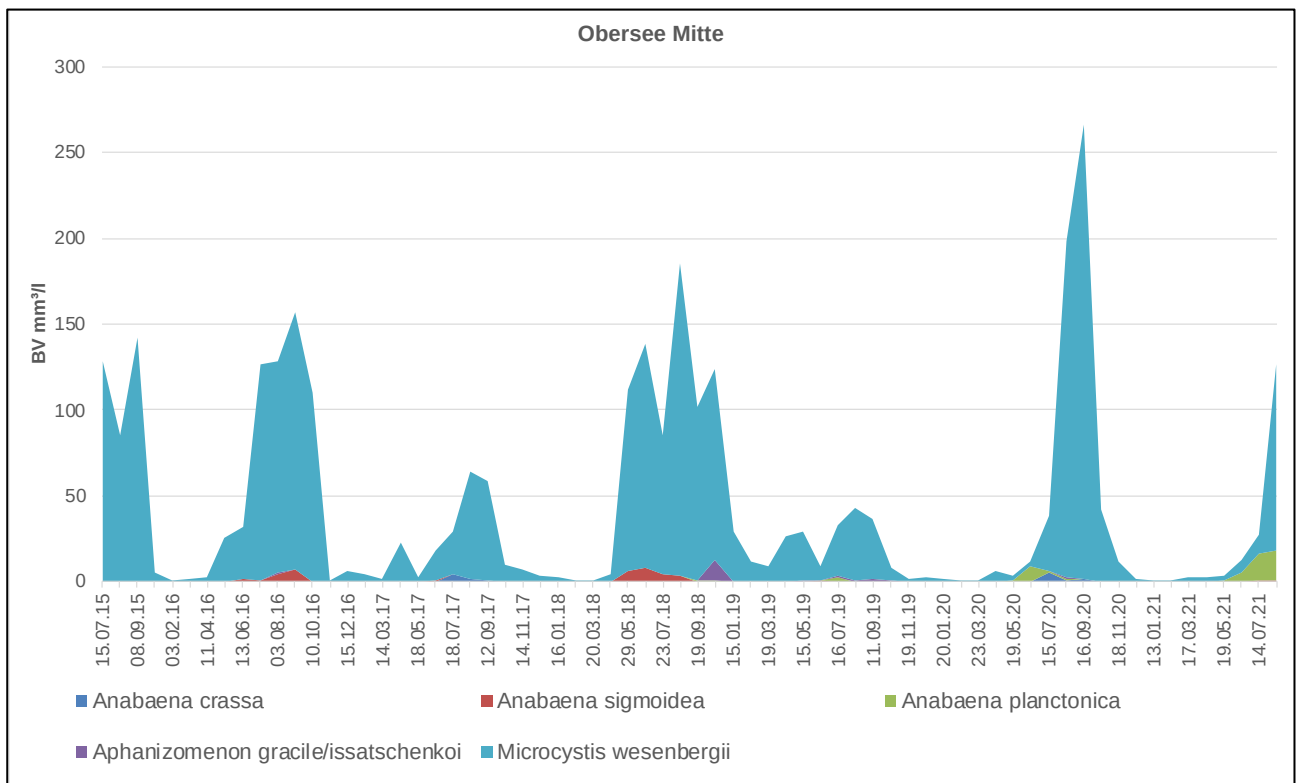


Abbildung 8: Artenspektrum der Cyanobakterien an der Messstelle Obersee-Mitte

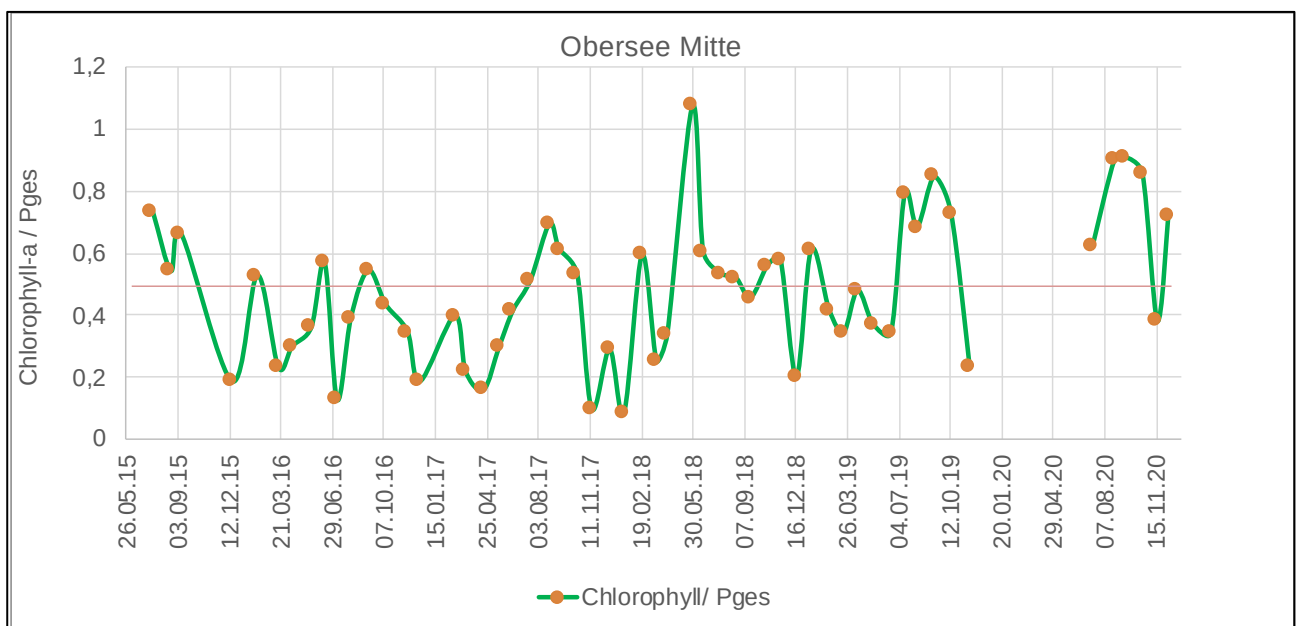


Abbildung 9: Quotient Chlorophyll a zu Gesamtphosphor an der Messstelle Obersee-Mitte

Die Hypothese von Schindler (1977), dass Cyanobakterien dominieren, wenn das Verhältnis TN : TP unter 5 – 10 liegt, trifft für den Obersee zu (Abbildung 10).

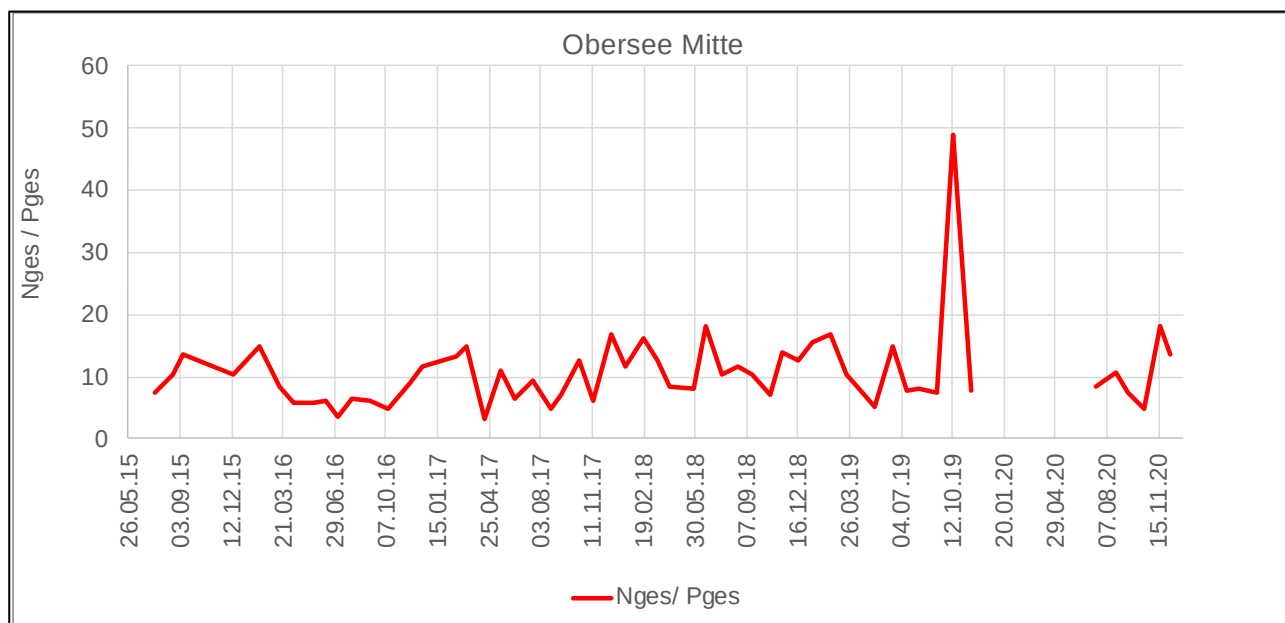


Abbildung 10: Quotient Gesamtstickstoff zu Gesamtphosphor an der Messstelle Obersee-Mitte

Seewasserfilter

Nach Inbetriebnahme im Juli 2015 kolmatierten beide Sandfilterbecken nach vier Wochen aufgrund der hohen Last an Cyanobakterien-Biomasse. Von Herbst 2015 bis Juni 2017 war der Sandfilter außer Betrieb. In dieser Zeit erfolgten Säulenversuche mit dem Seewasser und anschließend Beschickungen mit langen Regenerationszeiten. Seit 2019 erfolgt die Behandlung zusätzlich mit einer vorgeschalteten Mikrosiebanlage RoDisc der Fa. Huber. Derzeit werden 2 Filterscheiben mit je 12 Mikrosiebelementen betrieben. 2019 wurden verschiedene Maschenweiten von 10 µm bis 40 µm getestet und die Elimination für verschiedene Algenarten ermittelt. Als am besten geeignetes Mikrosiebmaterial werden seit 2020 ganzjährig Siebscheiben mit der Maschenweite 21 µm getestet. Damit ließ sich der Sandfilter bisher weitestgehend kolmationsfrei betreiben. Die Probeentnahmen Zu- und Ablauf Huber-Anlage erfolgten 2019 und 2020 wöchentlich; seit 2021 14tägig.

Die Mikrosiebfilter eliminierten in erster Linie die großen Kolonien der Blaualge *Microcystis wesenbergii* (40 bis 70 µm Durchmesser). Das Frühjahrsspeak an Kieselalgen passierte zum großen Teil die Mikrosiebe. Es kommt bei den sehr dünnen Nadeln der Kieselalge *Fragilaria ulna* var. *acus* mit einer Länge von 60 µm bis 120 µm darauf an, in welcher Lage die Zellen auf das Mikrosieb treffen. In Längsausrichtung können sie leicht das Sieb passieren. Insbesondere die mit Geißeln versehenen und somit freibeweglichen Kryptomonaden können die Mikrosiebe ungehindert passieren. Auch kleine Kolonien an Blaualgen mit ca. 20 µm Durchmesser sowie kleine unbewegliche Grünalgen werden durch die Siebfilter nicht zurückgehalten. Anteilig fanden sich diese Taxa im Ablauf der Sandfilter wieder (Abbildung 11).

Mit Betrieb der Mikrosiebanlage wurde insgesamt eine höhere prozentuale P-Eliminationsleistung erreicht (Tabelle 1). Das ist darauf zurückzuführen, dass ein größerer Anteil an Algen vor den Sandfiltern abgeschieden wurde und mit ihnen der darin enthaltene Phosphoranteil. Damit hatte das Mikrosieb neben der Aufrechterhaltung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Sandfilter einen zusätzlichen positiven Effekt für die externe Seewasserbehandlung.

Im Gesamtdurchschnitt wurde die Phosphorkonzentration im behandelten Seewasser um ca. 79 % reduziert (Abbildung 12). Bisher war kein Nachlassen der Eliminationsleistung zu beobachten.

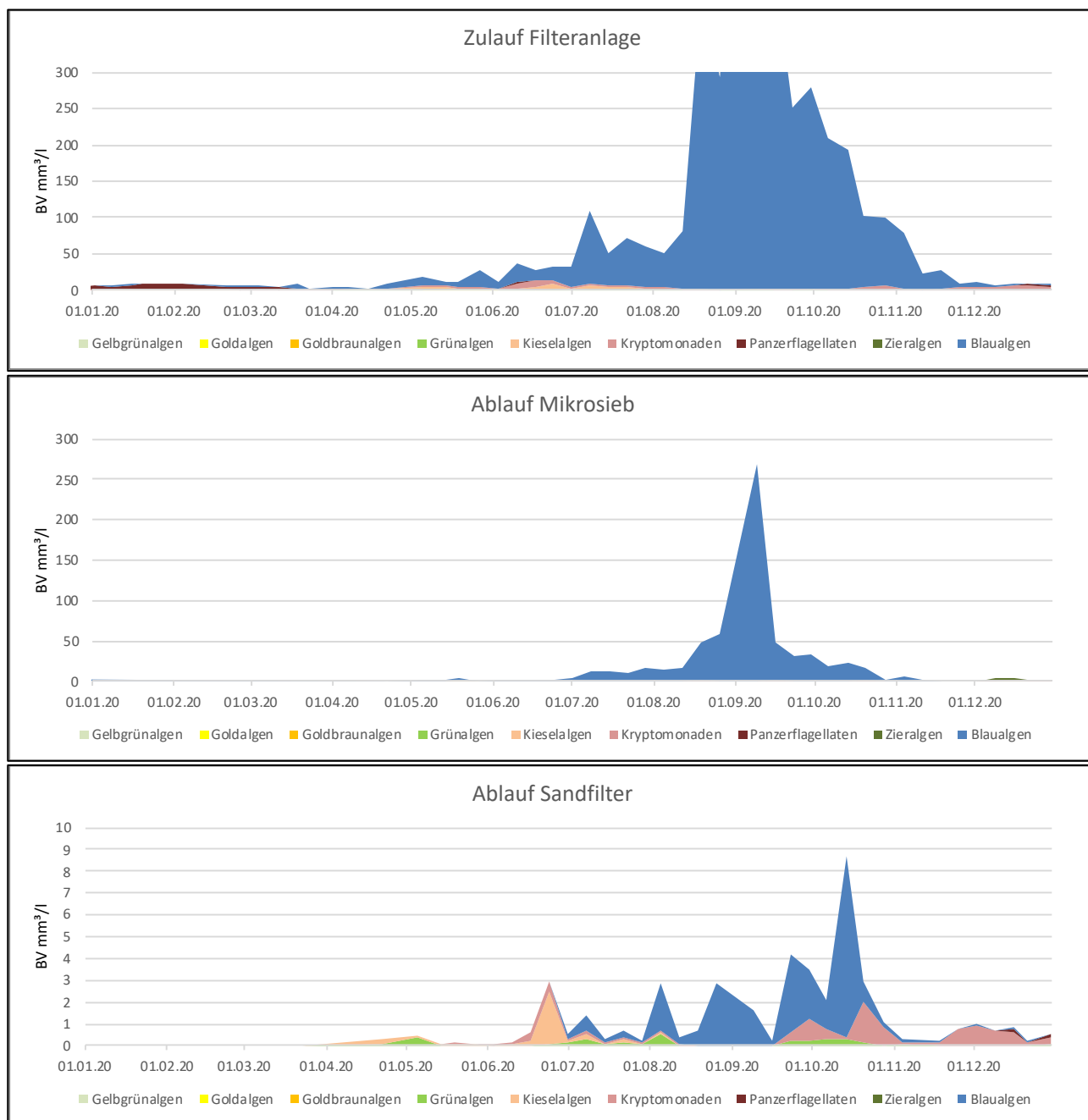


Abbildung 11: Biovolumina der Algen-Großgruppen im Zu- und Ablauf der Mikrosiebanlage sowie im Ablauf Seewasserfilter 2020

Tabelle 1: P-Elimination Seewasserfilter mit und ohne Mikrosieb 2015 – 2020

	2015 - 2020	2020 Mai bis Dezember mit Mikrosieb	2019 Juni bis Oktober mit Mikrosieb	2018 Juni bis Oktober
arithm. Mittel Zulauf	0,124 mg P/l	0,127 mg P/l	0,170 mg P/l	0,193 mg P/l
arithm. Mittel Ablauf	0,032 mg P/l	0,024 mg P/l	0,014 mg P/l	0,060 mg P/l
Elimination	79%	88%	91%	67%

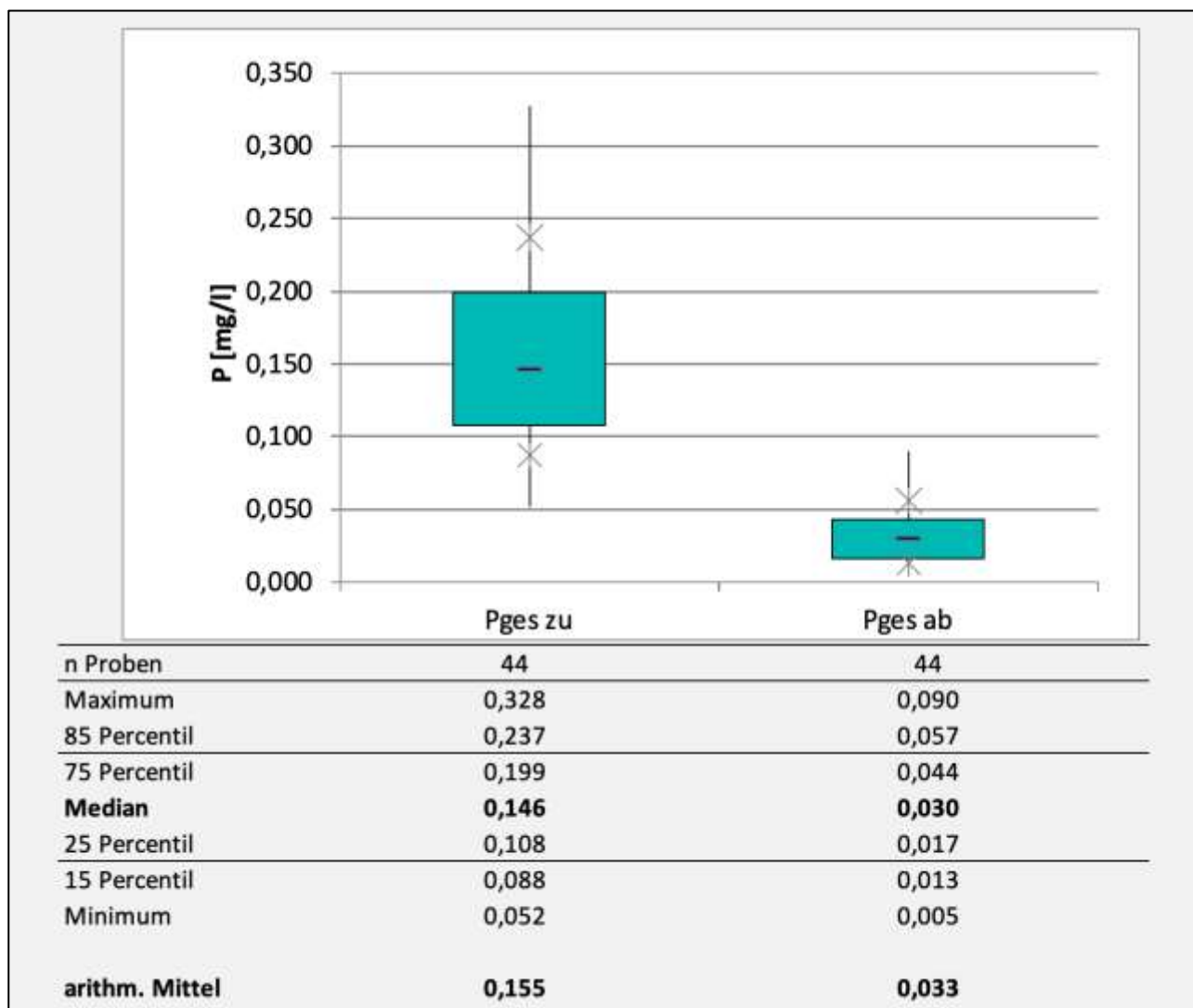


Abbildung 12: Mittelwerte TP-Konzentrationen im Zu- und Ablauf Seewasserfilter

2018 konnte alleine mit den Sandfilter das Seewasservolumen (57.000 m³ bei Niedrigwasser) in einem Jahr 2,5 mal filtriert werden. Nach Vorschaltung des Mikrosiebs konnte die hydraulische Leistung in 2020 so erhöht werden, dass die jährliche Umwälzrate über die externe Seewasserbehandlung auf den Faktor 4 gesteigert werden konnte (Tabelle 2).

Tabelle 2: Gegenüberstellung P-Elimination 2018 (ohne Mikrosieb) und 2020 (mit Mikrosieb)

2018		2020 with Microsieve	
hydraulic filter load	116m/a	hydraulic filter load	220m/a
treated water volume	144.000m ³ /a	treated water volume	243.000m ³ /a
P eliminated	14kg/a	P eliminated	24kg/a

Zusammenfassung/Schlussfolgerung

Die Untersuchungsergebnisse weisen den Obersee nach wie vor als polytrophen, blaualgengeprägten Flachsee mit gestörter Zooplanktongemeinschaft und hohen Zehrungsprozessen aus. Die externe Phosphorelimination über den Sandfilter mit reaktiven Eisenzusätzen weist einen hohen Wirkungsgrad auf. Die hydraulische Leistungsfähigkeit ist durch die gegebene Filterfläche und den Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen limitiert. Bei hohen Schwebstoffanteilen ist mit einer größeren Filterfläche zu rechnen. Durch Vorschaltung eines Mikrosiebes kann alternativ die hydraulische Leistungsfähigkeit eines Sandfilters bedeutend erhöht werden.

Der Seewasserfilter mit vorgeschalteter Mikrosiebanlage eliminiert gegenwärtig ca. 24 kg Phosphor pro Jahr. Dennoch wurde bisher keine Verbesserung der Wasserqualität im Obersee sichtbar. Es wird angenommen, dass derzeit noch mehr Phosphor in den See gelangt bzw. aus dem Sediment mobilisiert wird, als durch den Seewasserfilter eliminiert werden kann. Dadurch, dass in den letzten Jahren klimabedingt kein Abfluss über die Überlaufschwelle des Sees in den Kanal erfolgte, wurde über diesen Weg auch kein Phosphor ausgetragen. Da es bisher nicht gelungen ist, den Zufluss zum Obersee dauerhaft frei von Fehlan schlüssen zu halten, sollte als vergleichsweise einfache Maßnahme eine Abwasserweiche in den Zulaufkanal eingebaut werden. Diese sorgt dafür, dass zumindest bei Trockenwetter das Schmutzwasser nicht in den Obersee gelangt, sondern stattdessen in den Schmutzwasserkanal abgeleitet würde.

Die hier erprobten externen Maßnahmen stellen einfache (Sandfilter) bis mittlere (Mikrosiebanlage) Anforderungen an Betrieb und Wartung. Auf den zusätzlichen Einsatz von Fällmitteln mit höheren Betriebsaufwendungen wurde bewusst verzichtet. Langfristig ist entscheidend, ob mehr Phosphor entfernt werden kann, als dem See zugeführt wird.

Zur Sicherstellung des langfristigen Erfolgs wäre eine aktuelle Bilanz der zugeführten Nährstofffracht zum See erforderlich. Gegebenenfalls ließen sich hieraus zusätzliche sinnvolle externe und seeinterne Maßnahmen ableiten.

Danksagung

Diese Untersuchungen wurden durch das Bezirksamt Lichtenberg zu Berlin veranlasst. Unser besonderer Dank dort gilt Alicja Berger, Laura Anders und Frank Schwabe.

Literatur

- Arp, W., B. Koppelmeyer & K. Wöbbecke (2016): Gutachten zu limnologischen Untersuchungen im Obersee 2016. Untersuchungen an drei Stellen im Obersee sowie an einer Stelle im Orankesee von August bis Oktober 2016. 46 S.
- Dokulil, M. T. & K. Teubner (2000): Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia* (2000) 438: 1-12.
- LAWA (2014): Trophieklassifikation von Seen: Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen. Hrsg. LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser. 34 S.
- Nowak, J., H. Rustige, R. Feldmann & A. Nowak (2021): Bericht 2020 Projekt Monitoring Obersee mit Seewasserfilter. Betrieb einer Mikrosiebanlage. 38 S.
- Schindler D.W., 1977. Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science* 195: 260-262.

Entwicklung eines Verfahrens zur Methangaselimination aus Stauräumen

Mara Offermann¹; Laura Backes²; Lediane Marcon³; Felix Schreiber²; Andreas Lorke³; Christian Jokiel¹; Michael Detering²

¹ Technische Hochschule Köln; ² D-Sediment GmbH; ³ Universität Koblenz-Landau, Institut für Umweltwissenschaften

Stauseen weltweit sind eine Quelle von Treibhausgasemissionen. Schätzungen verschiedener Studien zufolge sind 5 bis 20 % der weltweiten jährlichen Methanemissionen auf Stauseen zurückzuführen [Deemer et al., 2016; EDGAR, 2016; Janssens-Maenhout et al., 2017]. Methan (CH₄) hat ein 34 mal höheres Treibhauspotential als Kohlenstoffdioxid (CO₂) und ist daher in besonderem Maße für den Klimawandel relevant [IPCC, 2014].

Um die durch den Ausbau von Gewässern entstehenden Methanemissionen zu verringern, kann das im Sediment entstandene und gespeicherte Gas z. B. im Zuge einer Sedimentverlagerung gezielt aufgefangen werden. Im Rahmen eines durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsprojektes entwickeln die Projektpartner Technische Hochschule Köln, Universität Koblenz-Landau und D-Sediment GmbH einen Prototypen, mit dem Methangas gezielt während einer Sedimentmanagementmaßnahme aus einem Stausee entnommen werden kann. Um das Emissionsvermeidungspotential einer solchen gezielten Methangasentnahme aus einem Stausee zu ermitteln, wird ein umfangreiches Untersuchungsprogramm an der Wupper Vorsperre (Hückeswagen, NRW) durchgeführt. Dieses beinhaltet unter anderem diverse Sedimentanalysen sowie die Quantifizierung von Methanemissionen über einen Zeitraum von mehreren Monaten. Im Sommer 2020 wurde im Rahmen des Projektes ein optimierter Prototyp zur gezielten Entnahme des Gases am Modellgewässer getestet. Dieser Test wird im Sommer 2021 wiederholt. Über die in-situ erhobenen Langzeitmessdaten und ein abgestimmtes Monitoring während der Maßnahme wird eine Treibhausgasbilanz erstellt. Mithilfe der Messdaten und der Daten aus den Prototyptests wird ermittelt, inwieweit eine gezielte Gasentnahme im Zuge einer Sedimentumlagerung zur Stauraumbewirtschaftung die Methanemissionen aus Stauseen langfristig und nachhaltig verringern kann. Erste Ergebnisse der Feldversuche und Datenauswertung werden im Beitrag vorgestellt.

Quellen

- Deemer, B. R. et al. (2016): Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis. *BioScience*, 66 (11), S. 949-964.
EDGAR (2016): Emissions Database for Global Atmospheric Research, EU Science Hub.
https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=432_GHG (zuletzt geprüft am 28.5.2020)
Janssens-Maenhout, G. et al. (2017): Global Atlas of the three major Greenhouse Gas Emissions for the period 1970-2012, Earth System Science Data.
IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Group

A chemical key to biological invasion – A comparative analysis of antipredator defences induced by fish bile salts in the zooplankton species *Daphnia lumholtzi*

Kathrin Otte; Meike Hahn; Johanna Ahlers; Eric von Elert

Universität zu Köln

The zooplankton species *Daphnia lumholtzi* is notoriously famous for spectacular morphological structures featuring very long head and tail spines, and for having a strong potential to invade new habitats. Originating from tropical and subtropical lakes of Africa, Asia, and Australia, *D. lumholtzi* successfully invaded lakes in North and South America, and eventually might also be able to invade european lakes. One important factor for the invasion success of *D. lumholtzi* is their effective defence against fish predation based on phenotypically plastic morphological changes. In response to chemical cues released by fish predators, animals can extend their head and tail spines, which serve as an effective protection against fish predation.

We report the chemical identity of the fish-derived chemical signal (kairomone) that induces this defensive response. We used non-targeted bioassay-guided fractionation (LC-MS) of incubation water of the common roach (*Rutilus rutilus*) to identify the bile salt 5 α -cyprinol sulfate, the most frequent bile salt in cyprinid fish, as the kairomone. We confirmed this finding by bioassays, in which *D. lumholtzi* was exposed to purified 5 α -cyprinol sulfate from carp (*Cyprinus carpio*) bile and showed that 10 pM 5 α -cyprinol sulfate induces significantly elongated helmets and spines.

We used a comparative approach and investigated if *D. lumholtzi* responds with similar morphological defences to fish species that do not synthesize 5 α -cyprinol sulfate. If *D. lumholtzi* would show similar defences, this would point at another, yet unknown kairomone. If *D. lumholtzi* would not respond with defensive morphological changes, this would suggest that the invasive success of *D. lumholtzi* requires the presence of cyprinid fish.

Identification of distribution components from antibiotic resistance data - Opportunities and challenges

Thomas Petzoldt¹; David Kneis¹; Thomas Berendonk¹; Stefanie Heß²

¹ TU Dresden, Institut für Hydrobiologie; ² TU Dresden, Institut für Mikrobiologie

During the 20th century, antibacterial agents have made modern medicine possible. However, the dramatic increase of resistant and multidrug-resistant bacterial pathogens is now widely recognized as a global challenge for human health.

The mechanisms of antibiotic resistance are diverse and a large number of antibiotic resistance genes is known today. Big efforts have been made to understand the processes of lateral gene transfer in a medical context, but there is still lack of understanding how environmental factors influence evolution and transmission of antibiotic resistances.

Phenotypic antibiotic resistance is generally studied in growth experiments where bacterial isolates are cultivated under drug exposure. This is done either in liquid trials to identify the minimum inhibitory concentration (MIC), or as so-called diffusion test on an agar plate, where the diameter of inhibition (zone diameter, ZD) is recorded. In order to identify the level of antibiotic resistance in a whole population, the MIC or ZD is recorded for hundreds or thousands of isolates. The obtained MIC or ZD values for each antibiotic form then a univariate, multi-modal distribution. Environmental populations can be composed of different geno- and phenotypes:

1. resistant sub-populations composed of strains that still grow on high antibiotic concentrations,
2. intermediate sub-populations whose strains tolerate moderate levels of antibiotics,
3. a so-called "wild type" denoting strains that are antibiotic-sensitive, i.e. not resistant.

It is widely accepted that the sub-populations' proportions (e. g. resistant and susceptible) are controlled by selection processes, e. g. a higher proportion of resistant bacteria in the waste

water effluent of hospitals or animal farms. By contrast, it is usually taken for granted that the statistical characteristics of the wild type are universal world wide. In practice, variations of wild type parameters were considered as methodological variation (laboratory effect). However, we recently analyzed ZD values of sewage and river-borne *Escherichia coli* isolates and compared them with each other, and with publicly available data (EUCAST 2018). Our results indicate quantile shifts of the wild-type component cannot be attributed to laboratory effects alone. We hypothesize that selection processes in natural samples occur at a sub-acute level.

Regime shifts in shallow aquatic ecosystems induced by multiple agricultural stressors in the context of climate change

Bastian H. Polst¹; Sabine Hilt²; Gregorio Alejandro López Moreira Mazacotte²; Franz Hölker²; Herwig Stibor³; Joséphine Leflaive⁴; Elisabeth M. Gross⁵; Mechthild Schmitt-Jansen¹

¹ Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Leipzig; ² Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB Berlin); ³ Ludwig-Maximilians Universität München / Aquatische Ökologie; ⁴ Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement,

Multiple stressors are a rising concern for freshwater ecosystems, especially in the context of climate change. Shallow lakes in an agricultural landscape are especially prone to external stressors such as surface run-off from agriculture. Stress-induced drastic shifts between alternative stable-states, characterised by either macrophyte or phytoplankton dominance, have been described for these ecosystems, highlighting their vulnerability towards anthropogenic impacts. Yet barely anything is known about the combined effects of potentially contrasting agricultural stressors. Filling this gap, experiments with an artificial agricultural run-off (ARO) mixture, composed of nitrate and pesticides of different modes of actions were carried out at two different temperatures ($\Delta+4^{\circ}\text{C}$). These microcosm experiments focused on phototrophic compartments (macro- & microphytes). To disentangle the complexity of stress responses, a set of experiments was performed: 1) A dose-response experiment covering a wide concentration range of the applied ARO-mixture was performed to identify the tipping points for changes of the system. 2) We tested possible differences of two pathways of exposure – via the sediment versus water column. 3) Using a multi-factorial dose-response design we finally aimed to identify dominant stressors and stressor interaction patterns. Ultimately, agricultural run-off (pesticides & nitrate) leads to regime shifts from macrophyte to phytoplankton dominance when exposed via the water column in an experimental setup at environmentally relevant concentrations. In the presence of pesticides next to nitrate the system was more vulnerable towards regime shifts and temperature even enhances the observed effects. Concluding, stronger regime shifts can be expected at lower concentrations of agricultural run-off due to climate change and can only be mitigated by lowering nutrient and pesticide concentrations in agricultural surface run-off.

RoBiMo - Robotergestütztes Binnengewässer Monitoring zur Untergrunderfassung, Wasserparametermessung und Respirationssmessung

Sebastian Pose¹; Lisa Jarosch²; Otto Dreier³; Gero Licht⁴; Eric Röder⁵; Thomas Grab¹; Tobias Fieback¹

¹ TU Bergakademie Freiberg, Scientific Diving Center; ² TU Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für Hydrogeologie und Hydrochemie; ³ TU Bergakademie Freiberg, Institut für Elektronik- und Sensormaterialien; ⁴ TU Bergakademie Freiberg, Institut für Informatik;

Durch die Schaffung neuer Binnengewässer im Zuge der Flutung stillgelegter Tagebauanlagen ist eine Weiterentwicklung des Gewässermonitorings mit einer größeren Abdeckung notwendig. Im Rahmen des RoBiMo-Projekts wird ein kontinuierliches und automatisiertes, tiefeaufgelöstes Messsystem zur ganzheitlichen, räumlichen Erfassung des Zustands und der Prozesse in Binnengewässern entwickelt. Dieses System misst tiefen und räumlich aufgelöste Parameter der Wasserqualität in stehenden Binnengewässern. Dafür wird eine eigens entwickelte Schwimmplattform der TU Bergakademie Freiberg mit einer selbstentwickelten Messkette aus Multiparametersensorknoten ausgestattet. Die modulare Plattform misst und analysiert die Gewässerbathymetrie, gängige Wassergüteparameter (z. B. Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Trübung, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, ...) sowie das Treibhausgasausaustauschverhalten nacheinander, unabhängig von einander oder simultan. Die Navigation des Schwimmroboters erfolgt auf Grundlage einer netzwerkunabhängigen Verbindung autonom von einer Basisstation am Ufer. Zur Auswertung und Visualisierung der Messergebnisse werden die Methoden der künstlichen Intelligenz und der virtuellen Realität verwendet. Lokale und saisonale Veränderungen im Gewässer lassen sich so hochaufgelöst dokumentieren.

Mit wissenschaftlichen Tauchern werden die Messwerte mit tiefeaufgelösten "ground truth"-Daten durch Wasserproben und In-situ-Messungen validiert. Der Einfluss von Grundwasser auf Tagebaurestseen soll durch den Schwimmroboter und die Taucher erfasst und untersucht werden. Darüber hinaus können die wissenschaftlichen Taucher die Sensoren gezielt manipulieren und so die Funktionalität vor Ort überprüfen. Ein Mikroplastikfilter für den Einsatz unter Wasser wird ebenfalls entwickelt und im Rahmen des Projektes getestet. Er soll in Kombination mit dem Robotersystem und ohne verwendet werden können. Bei Problemen mit dem Sensorsystem oder dem Roboter sind die Taucher vor Ort und begleiten die einzelnen Messkampagnen. Die Ergebnisse der Wasserparameter sollen verwendet werden, um die Grundlage für eine automatisierte Wasserüberwachung zu schaffen, Methoden und Ansätze zu entwickeln und zu testen. Die daraus ableitbaren Ergebnisse werden in den Bereichen Hydro(geo)logie, Maschinenbau, Umwelttechnik sowie Robotik und Informatik angewendet.

Die Epilimnische Entnahme an der Talsperre Bautzen – ein geeignetes Instrument zur Begrenzung der Blaualgenentwicklung in einem hocheutrophen Gewässer

Alice Rau; Elisa Brode

Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen

Die Brauchwassertalsperre Bautzen liegt im Einzugsgebiet der Spree und dient vorwiegend dem Hochwasserschutz sowie der Niedrigwasseraufhöhung. Aufgrund der Windexposition, der relativ geringen Wassertiefe und der Wassermengenbewirtschaftung war die Sommerstagnation in der Vergangenheit durch einen Wechsel von Schichtungszuständen und Durchmischungsereignissen gekennzeichnet. Damit einher ging die wiederholte Einmischung phosphorreichen Tiefenwassers in die produktive Schicht. Dies verursachte regelmäßig massive Blaualgenblüten. Das EU-WRRL-Ziel „gutes ökologisches Potenzial“ wurde deshalb bislang verfehlt. Gleichwohl stellte sich in feuchteren Jahren eine deutliche Wassergüteverbesserung ein, die auf die höheren Wasserstände und eine stabilere Temperaturschichtung zurückgeführt wurde. Modellstudien legten nahe, dass die Implementation einer Epilimnischen Wasserentnahme ähnlich stark schichtungsstabilisierend wirkt wie die Einhaltung hoher Staupegel. Seit 2018 besteht die Möglichkeit, Oberflächenwasser aus der TS Bautzen abzugeben. Die Erfahrungswerte aus den ersten drei Jahren deuten trotz extremer Trockenheit vorwiegend auf einen Erfolg der Maßnahme hin: die Temperaturschichtung bleibt über den Sommer bestehen, das Oberflächen- und Tiefenwasser sind über Monate hinweg voneinander entkoppelt und die dadurch unterbundene Nährstoffzufuhr hat zur Folge, dass Blaualgen erst später im Jahr und in geringerem Umfang auftreten. Negative Begleiterscheinungen wie ein großes hypolimnisches Sauerstoffdefizit und die Nährstoffrücklösung aus dem Sediment werden sich nicht verhindern lassen; ihre Auswirkungen auf das Ökosystem können durch geeignete Steuerung jedoch auf ein erträgliches Ausmaß reduziert werden. Gerade im Jahr 2020 zeigte sich hingegen auch, wie bedeutsam ein Mindestwasserstand zu Beginn der Vegetationsperiode für den Erfolg der Maßnahme ist.

Prognosen und adaptive Handlungsoptionen für Deutschlands größte Trinkwassertalsperre im 21. Jahrhundert

Karsten Rinke; Thomas Shatwell; Chenxi Mi

Helmholtz-Centre for Environmental Research

Der Klimawandel hat erhebliche Auswirkungen auf die Temperatur- und Schichtungsdynamik der größten Trinkwassertalsperre Deutschlands. Im „Business-as-usual“-Scenario mit weiterhin beschleunigten Erwärmungsraten (RCP8.5) von rund 6 K bis 2100 verändert sich die Rappbodeltalsperre in ein Gewässer, wie wir es heute nur südlich der Alpen vorfinden. Sie wechselt vom dimiktischen in den monomiktischen Zustand und erfährt eine substantielle Erwärmung des Tiefenwassers in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts. Diese prognostizierten Veränderungen im Tiefenwasser, aus dem das Rohwasser für die Trinkwassergewinnung entnommen wird, beinhalten deutlich höhere Sauerstoffzehrungsraten im Hypolimnion und erhöhen die Gefahr von Hypoxie, Anoxie und der Rücklösung von Eisen, Mangan und Phosphor. Derartige Veränderungen erfordern zukünftig wahrscheinlich einen erhöhten Aufwand im Gewässermonitoring und der Trinkwassergewinnung. In den mehr optimistischen Klimaszenarien mit verminderten Freisetzungen von Treibhausgasen und entsprechend schwächer Erwärmung (RCP6.0 oder RCP2.6) bleibt die hypolimnische Erwärmung aus.

Die Talsperrenbewirtschaftung eröffnet ein gewisses Anpassungspotenzial durch eine Umstellung der Unterwasser-/Wildbettaufgabe von einer hypolimnischen Wasserentnahme zu einer epilimnischen Entnahme. Hierdurch kann zusätzliche Wärme entfernt werden und die Erwärmung des Tiefenwassers im RCP8.5 bis 2100 tatsächlich verhindert werden. Diese Anpassungsstrategie ist aber gegen Ende des Jahrhunderts ausgeschöpft und weiter voranschreitende Erwärmungen können nicht mehr bewältigt werden. Weitere Anpassungsoptionen werden diskutiert.

Migrating streambeds – ecological and biogeochemical consequences of fine sediment transport

Ute Risse-Buhl¹; Shai Arnon²; Edo Bar-Zeev²; Anna Oprei³; Aaron I. Packman⁴; Ignacio Peralta-Maraver⁵; Anne Robertson⁶; Yoni Teitelbaum²; Michael Mutz³

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ; ² Ben-Gurion University of the Negev; ³ Brandenburg University of Technology Cottbus – Senftenberg; ⁴ Northwestern University; ⁵ University of Granada; ⁶ University of Roehampton

Running water ecosystems are metabolic hotspots contributing significantly to global biogeochemical fluxes. Streambed morphodynamics is well recognized where sediment grains either move (migrating phase) or rest (resting phase). The frequency and the duration of these two alternating phases depend on the flow conditions and sediment grain size. The common perspective in stream ecology is binary and focuses on stable bed morphology that is infrequently disturbed by streambed migration during relatively short flood events. However, finer sediment fractions that make up large proportion to majority of sediment in some stream types migrate more frequently. Here, we extend the overly simplistic binary view by relating the frequency and duration of alternating resting and migrating phases to the temporal scale of biological processes. We expect sediment migration to act as a filter to the community depending on the temporal scale of sediment migration. The proposed concept enables to further the understanding of ecological and biogeochemical processes in streambeds with frequently rolling and saltating bedload as well as in sand-bed streams with migrating bedforms. We expect that worldwide increases in catchment erosion as a result of agricultural intensification and urban area expansion are substantially changing the spatiotemporal mosaic of migrating and resting streambed habitats shaping global biogeochemical cycles.

Phosphorausträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und Phosphordynamik angeschlossener Grünlandgräben unterschiedlicher Landschaftsräume Nordwestdeutschlands

Anna-Lena Rotenhagen; Luise Giani

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Bis heute führen Nährstoffüberschüsse in Oberflächengewässern zu einer Eutrophierung und einer Abnahme des Artenreichtums von Gewässern. Als Ursprung dieser Problematik gilt in hohem Maße die Landwirtschaft. Obwohl der Zusammenhang zwischen Landwirtschaft und Nährstoffüberschüssen in angrenzende Oberflächengewässer bekannt ist, liegen keine parzellenscharfen Kenntnisse vor. Ebenso ist unklar, welche Rolle dabei die jeweilige bodentypologische Ausstattung und Nutzungs- bzw. Düngungsintensitäten haben.

Um die Einflussfaktoren auf die Nährstoffdynamik von Gräben zu charakterisieren und quantifizieren, wurden in dieser Studie Wässer von Drainagen, Oberflächenabflüssen (Gruppen) und deren Mündungsgräben von 49 Moor- Marsch- und Geestgrünlandstandorten unterschiedlich intensiver Nutzung auf ihre Phosphatdynamik untersucht. Beprobungen und anschließenden Untersuchungen wurden über das Jahr 2019 monatlich und im Jahr 2020 an ausgewählten Zeitpunkten durchgeführt.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Austrittswässer der Geest mit einem Median von 1,1 mg L⁻¹ Phosphat-P die höchsten Konzentrationen aufwiesen, gefolgt von denen im Moor (Hochmoor) mit 0,51 mg L⁻¹ und denen der Marsch mit 0,1 mg L⁻¹. Bei intensiver Nutzung weisen die angeschlossenen Gräben im Moor (Hochmoor) Konzentrationen von 0,45 mg L⁻¹, in der Marsch von 0,09 mg L⁻¹, und in der Geest von 0,05 mg L⁻¹ auf. Diese Unterschiede zeigten sich auch in den Gräben der extensiv genutzten Grünlander, jedoch mit insgesamt geringeren Konzentrationen. Die Phosphordynamik der angeschlossenen Gräben war saisonal variabel, wobei die unterschiedlichen Bodenlandschaften spezifische Muster aufwiesen.

Die Studie zeigt, dass die Phosphordynamik der Gräben sowohl durch die bodentypologische Ausstattung als auch durch die Intensität der Bewirtschaftung der angrenzend entwässernden Flächen beeinflusst wird. Jedoch zeichnete sich in der Dynamik nicht jede Düngung ab. Dies und die geringeren Phosphatkonzentrationen in den Gräben im Vergleich zu den Austrittswässern weist auf die Bedeutung der grabeneigenen Phosphordynamik hin. Erwartungsgemäß zeigten die moorgeprägten Gräben die höchsten Phosphatkonzentrationen, dennoch waren insgesamt die bodentypologischen Unterschiede geringer als von deren grundsätzlich bekannten P-Verhalten zu erwarten gewesen wäre.

Schwamm drüber! *Spongilla lacustris* in der Seetherapie in Zeiten des Klimawandels.

Tilman Rott

Fa. terre nouvelle - Büro für angewandte Ökologie

In einem gewerblich genutzten Badensee führte das Phänomen zunehmender Biomasse von *Spongilla lacustris* (Porifera) zu einem Paradigmenwechsel in der Seetherapie. Seither ergänzen die Schwämme trotz massiver klimatischer und anthropogener Störungen Wasser-, Makrophyten- und Nährstoffmanagement bei der Eindämmung von *Microcystis aeruginosa* (Cyanoprokaryota). Erfolg und Grenzen in der Praxis werden anhand von mehrjährigen limnologischen Untersuchungen dargelegt.

Charakterisierung naturnaher Bruthabitate von Stechmücken

Felix Sauer¹; Tarja Dworak²; Daniel Döding²; Ellen Kiel²

¹ Bernhard Nocht Institute for Tropical Medicine; ² CvO Universität Oldenburg

Feuchtgebiete bieten ideale Voraussetzung für viele schützenswerte Arten und sind als Hotspots der Biodiversität anerkannt. Gleichzeitig sind sie oftmals produktive Brutstätten von Stechmücken, was für die Bevölkerung zu einer Belästigung bis hin zu einem erhöhten Infektionsrisiko führen kann. Kenntnisse über die Brutökologie heimischer Stechmückenarten erlauben eine detaillierte zeitlich-räumliche Vorhersage der Populationsentwicklung und ermöglichen es Auswirkungen von Umweltveränderungen auf Stechmücken besser einzuschätzen.

Um die Brutgewässer heimischer Stechmückenarten zu charakterisieren wurden potentielle Gewässer in Untersuchungsgebieten in ganz Deutschland beprobt. Der Stechmückenfang erfolgte mit einem Larvendipper (350 ml), wobei in Abhängigkeit der Gewässergröße 3-10 Dips genommen wurden. Larven im vierten Stadium wurden noch im Gelände in Ethanol fixiert. Jüngere Stadien und Puppen wurden zur morphologischen Bestimmung aufgezogen. Die Gewässerstruktur sowie abiotische (pH und Leitfähigkeit) und biotische (u. a. Vegetation) Parameter der beprobten Wasserkörper wurden vor Ort aufgenommen. Darüber hinaus wurden satellitengestützte Fernerkundungsdaten (Copernicus, EEA) zur Landnutzung und Vegetation extrahiert, um das erweiterte Umfeld der Bruthabitate zu beschreiben. Mittels multivariater Statistik der Präsenz/Absenz je Art und beprobtem Wasserkörper wurden Artengemeinschaften (Cluster-Analysen, NMDS) und Art-Umwelt-Beziehungen (u. a. db-RDA) analysiert.

Bislang konnten in 122 beprobten Gewässern 19 Stechmückentaxa nachgewiesen werden. Die Daten aus 2017 und 2018 ließen Rückschlüsse auf mindestens vier separierte Artengemeinschaften zu, welche mit unterschiedlichen Bruthabitaten assoziiert waren: Überschwemmungsflächen in Auen (dominante Art *Aedes vexans*), Bruchwälder (*Aedes annulipes* Gruppe), Gräben (*Anopheles maculipennis* s.l.), diverse Bruthabitate (u. a. *Culex pipiens* s.l.). Die Umweltparameter Wasserführung (permanent vs. temporär), der Zeitraum der Probennahme sowie die Landnutzung (Wald vs. Offenland als zusammengefasste Corine Land Cover-Information) hatten den höchsten Anteil an der erklärenden Varianz (db-RDA, zusammen 13% der Gesamtvarianz). Weitere Untersuchungsgebiete aus 2019 und 2020 sollen in die Auswertungen einfließen und so eine umfassende Analyse zur Brutökologie heimischer Stechmückenarten ermöglichen.

Spatial and temporal stressor patterns determine the interaction between multiple stressors

Ralf B. Schäfer¹; Noel Juvigny-Khenafou; Lucas Streib

¹ Universität Koblenz-Landau

In most ecosystems, multiple stressors co-occur in space and time and their interaction is most frequently additive or non-additive (antagonistic or synergistic). To date, most multiple stressor studies focused on effects at the local scale (i.e., patch experiments) and synchronized stressor occurrence. However, it remains largely unknown how spatio-temporally differing stressors interact in their effects. Indeed, at larger spatial scales, biotic dynamics within ecological networks complicate our understanding. In addition, stressors occur with very different temporal profiles ranging from discrete to continuous with constant, oscillating or changing stress levels.

We simulated a wide range of scenarios of two stressors using a spatially-explicit meta-population model for a generic, hemimetabolous freshwater insect (Streib et al. 2020 - Ecol. Model. 416). Stressors were land-use and climatic extreme events, implemented in spatio-temporally different profiles. Land-use permanently influenced meta-population network connectivity and patch qualities, whereas climatic extreme events resulted in periodic mortality. We ran over 100,000 simulations and analysed, which factors drive the overall effect size and stressor interactions. In most scenarios, the continuous stressor determined the overall effect. Low land-use stress buffered long-term effects of climatic extreme events at all levels, by supporting recovery dynamics inside the network. We discuss the relevance of the spatial and temporal dimension when assessing the effects of multiple stressors and for freshwater management.

Fatty acid accumulation in feeding types of a natural freshwater fish population

Kristin Scharnweber¹; Fernando Chaguaceda²; Peter Eklöv³

¹ Universität Potsdam; ² Swedish University of Agricultural Sciences (SLU); ³ Uppsala University

Fatty acids are widely used to study trophic interactions in food web assemblages. Generally, it is assumed that there is a very small modification of fatty acids from one trophic step to another, making them suitable as trophic biomarkers. However, recent literature provides evidence that many fishes possess genes encoding enzymes with a role in bioconversion, thus the capability for bioconversion might be more widespread than previously assumed. Nonetheless, empirical evidence for biosynthesis occurring in natural populations remains scarce. In this study, we investigated different feeding types of perch (*Perca fluviatilis*) that are specialized on specific resources with different levels of highly unsaturated fatty acids (HUFAs), and analyzed the change between HUFA proportions in perch muscle tissue compared to their resources. Perch showed matching levels to their resources for EPA, but ARA and especially DHA were accumulated. Compound-specific stable isotope analyses helped us to identify the origin of HUFA carbon. Our results suggest that perch obtain a substantial amount of DHA via bioconversion when feeding on DHA-poor benthic resources. Thus, our data indicate the capability of bioconversion of HUFAs in a natural freshwater fish population.

Berliner Biodiversitätsdaten für ein EBV-basiertes Langzeitmonitoring

Nike Sommerwerk¹; Jörg Freyhof,¹; Sandra Heinze¹; Martina Lutz¹; Katharina Kasper²

¹ Museum für Naturkunde Berlin ; ² Museum für Naturkunde - Leibniz Institute for Evolution and Biodiversity Science

Wie hat sich Biodiversität verändert? Eine simple Frage, die derzeit kaum datenbasiert zu beantworten ist. Doch das effektive Bewirtschaften und Schützen von Biodiversität erfordern eine umfassende und solide Datengrundlage. Oft wird Biodiversität nicht in Form einer einzelnen Variable erhoben. Vielmehr werden Daten zu einzelnen Elementen und Dimensionen von Biodiversität erhoben, die erst in ihrer Zusammenschau etwas über den Zustand und die Veränderungen von Biodiversität aussagen können. Noch dazu werden diese Daten von einer Vielzahl von Akteur*innen aus Administration, Wissenschaft und Zivilgesellschaft gesammelt, weshalb sie heterogene Formate aufweisen und über verschiedenste Institutionen und Verbände verteilt liegen.

Das Museum für Naturkunde Berlin (MfN) stellt sich der Herausforderung, Biodiversitätswandel datenbasiert greifbar zu machen mit einem neuen Forschungsschwerpunkt. Hierzu werden vorhandene Daten und Akteur*innen zusammengebracht, Langzeitdatenreihen entwickelt, taxonomische und thematische Erfassungslücken geschlossen und spezifische, politisch-relevante Indices erarbeitet. Dabei orientieren wir uns an den Essentiellen Biodiversitätsvariablen¹ (EBVs), die von genetischer Komposition bis hin zu Ökosystemstrukturen reichen.

Wir stellen erste Ergebnisse und das Potential dieses Vorhabens beispielhaft anhand der WRRL Daten zu Fischen aus Berlin vor.

Der Nordamerikanische Ochsenfrosch *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) als invasives Neozoon im Raum Karlsruhe – Untersuchungen an den Larven zur Altersstruktur der Population, zur Überwinterungsstrategie und Verbreitung sowie zur exakten Artbestimmung

Jennifer Tersteegen¹; Ralph Schill²; Valentin Gutekunst; Steffen Scholz³; Franz Brümmer⁴

¹ Wissenschaftliche Tauchgruppe Universität Stuttgart (WiTUS); ² aquatil gGmbH; ³ Karlsruher Institut für Technologie (KIT)/IAI; ⁴ Universität Stuttgart, IBBS

Im Gebiet des nördlichen Oberrheins in der Nähe von Karlsruhe konnte sich eine Population des Nordamerikanischen Ochsenfroschs *Lithobates catesbeianus* etablieren. Das Gebiet ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl verschiedenener Gewässer, welche sich in unmittelbarer Nähe des Rheins befinden. Der Nordamerikanische Ochsenfrosch wird in Europa als invasive Art eingestuft und wird auf der „Liste invasiver gebietsfremder Arten von unionsweiter Bedeutung“ geführt, Daraus folgt die Notwendigkeit zur Durchführung eines Monitorings und zur Dokumentation, sowie zur Bekämpfung der Ochsenfroschpopulation im Raum Karlsruhe. Dies setzt hinreichende und abgesicherte Kenntnisse zur Biologie beziehungsweise zur Ökologie und zur Ausbreitung voraus.

Verschiedene morphologische Merkmale wurden dahingehend untersucht, ob diese für eine exakte Artbestimmung der Larven geeignet sind. Dabei lag der Schwerpunkt vor allem auf dem Mundfeld und insbesondere auf den Zahnreihenverhältnissen, welche bei gefangenen Larven untersucht wurden. Es wurden die Zahnreihenverhältnisse 1/3 und 2/3 beobachtet. Die Untersuchung des Mundfelds sowie das Ermitteln der Zahnreihenverhältnisse eignet sich nicht alleine zur exakten Artbestimmung, da die Angaben in der Literatur variieren. Eine Betrachtung der Gesamtmorphologie ist zur Artbestimmung zwingend erforderlich.

Das Wander- und Überwinterungsverhalten von Ochsenfroschlarven wurde mit Telemetriesender untersucht, eine Unterwasserfotodokumentation der Überwinterungsquartiere durchgeführt sowie die jahreszeitlichen Temperaturänderungen ermittelt, die das Wanderungsverhalten und die Metamorphose der Larven bestimmen. Während des Überwinterns zeigen die Larven eine geringere Aktivität und graben sich mehr oder weniger im Sediment ein.

Um zu ermitteln, wie Informationen über die Altersstruktur in der Population erhalten werden können, wurde bei einer Larve eine skeletochronologische Untersuchung durchgeführt, die einen Wachstumsring zeigte, welcher auf eine erfolgte Überwinterung hindeutet.

Im Rahmen einer mehrjährigen Citizen Science-Aktion wurden Ochsenfroschlarven von Taucher*innen während ihrer freizeitlichen Tauchgänge gefangen und anschließend von Wissenschaftler*innen ausgewertet. Laufende Untersuchungen unter Verwendung von eDNA (environmental DNA) untersuchen die Dynamik der Besiedelung und Ausbreitung von Ochsenfröschen, auch als Grundlagenforschung für einen angewandten Naturschutz in Baden-Württemberg.

ScienceDIVER - Harmonisierung des wissenschaftlichen Tauchens in Europa

Ralph Schill¹; Kimon Papadimitriou²; Konstantinos Tokmakidis²; Angelos Manglis³; Fabio Bruno⁴; Rumen Stoyanov⁵; Fabio Figurella⁶; Franz Brümmer⁷

¹ envirocom; ² Aristoteles-Universität Thessaloniki; ³ Atlantis Consulting; ⁴ Universität von Kalabrien; ⁵ Marine Cluster Bulgaria; ⁶ Divers Alert Network Europe Foundation; ⁷ Universität Stuttgart, IBBS

Wissenschaftliches Tauchen ist eine produktive und kostengünstige Methode für die Meeres- und Süßwasserforschung unter Wasser. Es ergänzt und unterstützt Fernbeobachtungen, Messungen und die Sammlung von Daten und Materialien, die unter Wasser mit verschiedenen Instrumenten von Wissenschaftler*innen gewonnen werden. Die Welt des Wissenschaftlichen Tauchens hat sich in den vergangenen Jahrzehnten weiterentwickelt. Mit neuen technischen Möglichkeiten, die beispielsweise das Technische Tauchen mit verschiedenen Gasmischungen und Kreislaufgeräten bietet sowie dem Wissen über tauchspezifische Gefahren, können auch schwierig zugängliche und tiefere Bereiche unter Wasser wissenschaftlich untersucht und dokumentiert werden. Dies trifft auch für den Süßwasserbereich mit Seen, Talsperren und Flüssen zu.

Die Ausbildung von wissenschaftlichen Taucher*innen garantiert inzwischen eine gute wissenschaftliche Praxis unter Wasser und erlaubt auch die Bearbeitung komplexer wissenschaftlicher Fragestellungen und den Einsatz auf bestimmte Fragestellungen spezialisierte Gerätschaften. Die Ausbildung erfolgt derzeit weitgehend nach den internationalen Standards der American Academy of Underwater Sciences (AAUS), Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques (CMAS), Canadian Association for Underwater Science (CAUS) und dem European Scientific Diving Panel (ESDP). Aufgrund von unterschiedlichen Regulierungen des Tauchens und nationalen Gesetzgebungen gibt es jedoch keine einheitliche Anerkennung. Das erschwert besonders die internationale Zusammenarbeit von Wissenschaftler*innen in Europa, aber auch weltweit.

ScienceDIVER ist ein laufendes EU-Projekt, das sich mit den verschiedenen Trainingstandards, Zertifizierungen und gesetzlichen Regelungen innerhalb der Länder in der europäischen Union beschäftigt, um eine gegenseitige Anerkennung von Fähigkeiten und der reibungslosen Mobilität innerhalb aller EU-Länder zu ermöglichen. Es sind sieben Institutionen aus fünf europäischen Ländern beteiligt. Ein international besetztes Expertengremium unterstützt dieses Projekt.

Das Projekt ScienceDIVER (Projekt-Id 863674, EMFF-Blue Economy-2018), wird vom Europäischen Meeres- und Fischereifonds der Europäische Union finanziert und von CINEA (Exekutivagentur für Klima, Infrastruktur und Umwelt) verwaltet.

Interaction of bottom-up and top-down control of structure and functions of stream biofilm

Alexandra Schlenker; Mario Brauns; Patrick Fink; Markus Weitere

Helmholtz Center for Environmental Research - UFZ

Excess nutrients and light (bottom-up control) in streams often lead to an increase of benthic primary production, i.e., eutrophication. When the primary consumer community fails to control the biomass (top-down control), eutrophication often implies a decrease in water quality and biodiversity. Previous eutrophication research mainly focused on bottom-up regulations. Less is known about the potential of benthic macroinvertebrates controlling eutrophication from the top-down. In this study, the interaction of bottom-up and top-down control on stream biofilms was investigated. A biofilm community was grown in artificial flumes connected to a headwater stream, while light and dissolved phosphorus were manipulated in a two-factorial design. Top-down control on the biofilm was studied by addition of grazers. Net oxygen production and incorporation of a ^{15}N -labeled nitrate tracer were used to quantify primary production and nitrogen uptake into algae and grazers. Both light and phosphorus addition increased net oxygen production, but the area-specific oxygen production rates converged over time despite high differences in biofilm biomass. Biomass-specific net oxygen production and nitrogen uptake into grazer biomass were highest under enriched phosphorus and low light conditions. This indicates high importance of the effect of light and nutrients on top-down control of biofilm productivity and nutrient transfer. Furthermore, the behavioural response of the grazers to high light exposure appeared to mediate the top-down control of biofilms. These results further support the importance of top-down control via grazers on stream eutrophication and water quality.

Pegelstandsänderungen im Bodensee und ihre Beziehung zu Veränderungen in der Makrophytenbesiedlung der Abflüsse des Bodensee-Ober- und Untersees

Klaus Schmieder¹; Bernd Wahl²; Michael Dienst³; Irene Strang³; Gunnar Franke¹; Martin Mainberger⁴

¹ Universität Hohenheim; ² Institut für Seenforschung (ISF) der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW);

³ AGBU; ⁴ UWARC

Seit 2008 vergrößerten sich im Bodensee die Pegelunterschiede von Ober- und Untersee zunehmend, nachdem sie im 20. Jh. deutlich abnahmen. Die Frage nach den Ursachen der Änderung der Seespiegelverhältnisse führt zu der Annahme, dass die Veränderungen der Wasserpflanzenvegetation infolge der starken Nährstoffzunahme in den 1960er und 1970er Jahren und des anschließenden, bis heute andauernden Nährstoffrückgangs eine wesentliche Rolle spielen. Um die Frage zu klären, wurde die Verbreitung der Wasserpflanzen in den Seeausflüssen kartiert. Vor allem das Schweizer Laichkraut (*Potamogeton helveticus*) nimmt als immergrüne Art der Abflussrinnen hier eine Schlüsselstellung ein. Tauchuntersuchungen und hydraulische Modellierungen ergänzten die Untersuchungen.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Schweizer Laichkraut im vergangenen Jahrzehnt tatsächlich stark zugenommen hat. Die Art besiedelt aktuell die Sohle der Abflussrinnen des Seerheines bis in 6 m Tiefe mit bis zu 1000 Sprossen pro Quadratmeter und Sprosslängen von bis zu 5 m, während sie in den Jahrzehnten zuvor lediglich an den Rändern der Abflussrinnen in kleinen Beständen mit Sprosslängen von unter 1 m vorkam. In den Flachwasserzonen außerhalb der Abflussrinnen haben sich im vergangenen Jahrzehnt im Seerhein vor allem Armleuchteralgen ausgebreitet. Die hydraulischen Modellierungen bestätigen die Annahme, dass Wasserpflanzen die Ursache für die veränderten Seespiegelverhältnisse darstellen.

Regime shifts in freshwater ecosystems exposed to multiple stressors under climate change - the CLIMSHIFT-project

Mechthild Schmitt-Jansen¹; Joey Allen²; Nora Kipferler³; Bastian Polst¹; Vinita Vijayaraj²; Martin Laviale²; Gregorio López⁴; Franz Hölker⁴; Joséphine Leflaive⁵; Herwig Stibor³; Sabine Hilt⁴; Elisabeth. M. Gross²

¹ Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ, Leipzig; ² Université de Lorraine, LIEC UMR 7360 CNRS, Metz, France; ³ Ludwig-Maximilians University Munich, Department of Biology, Munich; ⁴ Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries,

This presentation will provide an overview on the research questions and first results of the French-German ANR – DFG - collaborative project CLIMSHIFT.

Shallow aquatic systems in agricultural landscapes are threatened by multiple stressors. Regime shifts between macrophyte- versus phytoplankton dominance have been described for these systems in dependence of eutrophication factors like phosphorus, however, shallow lakes are especially vulnerable to climate warming and agricultural run-off due to their high surface to water ratios. Therefore, the challenge in understanding multiple stressor effects in shallow lakes derives from the complexity of different functional groups of benthic and pelagic primary producers and associated consumers as well as stressor interactions, as stressors may act additive, synergistic or antagonistic or even reversed.

CLIMSHIFT aims for a mechanistic understanding of stressor interactions in shallow lakes potentially resulting in alternative stable regimes and to identify multiple stressor effects on related critical thresholds. Our main hypothesis is that multiple stressors trigger non-linear shifts between those regimes, with far-reaching effects on crucial ecosystem processes and functions.

To address the above mentioned complexity we performed microcosm studies at laboratory scale and up-scaled to larger, outdoor mesocosms. Submerged plants, periphyton and phytoplankton as primary producers were exposed individually and in combination with the second trophic level, consumers, composed of the snail *Lymnaea*, consuming periphyton and plants, and benthic and pelagic phytoplankton filter-feeders, *Dreissena* and *Daphnia*. Integrative dynamical model approaches are used to simulate potential outcomes and critical thresholds, and predict stressor interactions.

First results indicate that combined stressors lead to shifts in community structure in these experimental systems. Macrophytes were replaced by phytoplankton or benthic algae in a context-dependent way and shifts were modulated by climate warming. Changes in community structure goes along with major consequences for important ecosystem functions. The outcome of our project will support the definition of “safe operating spaces” for a sustainable agriculture and management of shallow aquatic systems in a changing world.

Von Sauren, Salz- und Soda-Seen zu Lake Magadi Soda - Chemische Modellexperimente zur Umweltbildung

Wolfgang Schmitz

Pädagogische Hochschule Karlsruhe

Bei sauren Seen denkt man zunächst an die versauerten Seen beispielsweise in Schweden oder an Braunkohletagebauseen und deren typisches Phänomen der Verockerung [1-3].

Die vier sauersten Gewässer der Erde sind Kraterseen von Vulkanen in Costa Rica und Indonesien. Aus dem Vulkanschlott eines solchen Kratersees entweicht unter anderem das Gas Schwefeldioxid. Das Baden im See ist hier strengstens verboten. Der pH-Wert des Kraterwassers beträgt 0,3.

Der Lake Magadi in Kenia ist einer der stark alkalischen Sodaseen im ostafrikanischen Grabenbruch. Das Wasser dieser und auch anderer Sodaseen hat einen pH-Wert von über 11,5 [4]. Am Lake Magadi werden die großen Trona-Vorkommen wirtschaftlich abgebaut.

Der Vortrag gibt unterstützt von Experimenten[1-4] einen Einblick in die Entstehung und die Chemie von sauren-, salinen- und alkalinen Seen sowie über natürliche und synthetische Soda [4]. In diesem Zusammenhang werden auch kurz das LEBLANC- und das SOLVAY-Verfahren gegenübergestellt.

Ziel der Modellexperimente [1-4] ist es, aktuelle Forschungsergebnisse aus den Umweltwissenschaften dem Bildungssektor für die Aus-, Fort- und Weiterbildung zur Verfügung zu stellen. Mit Hilfe solcher Modellexperimente sollen die komplexen Prozesse, die hinter der Limnochemie stehen und im Falle der Versauerung und Versalzung von Oberflächengewässern eines der bedeutendsten Umweltproblemen der heutigen Zeit darstellen, einfach, klar und verständlich veranschaulicht werden.

Referenzen

- [1] W. Schmitz, Umweltbildung interdisziplinär - Modellexperimente zur Gewässerversauerung (Experimentalvortrag), Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2013 (Potsdam-Berlin), Hardeggen 2014, 143 - 149. [2] S. Westermann & W. Schmitz, Modellexperimente zur Gewässerversauerung, PdN Chemie in der Schule 2014, 4/63, 38 – 45.
- [3] S. Westermann & W. Schmitz, Gewässerversauerung – viel mehr als nur ein niedriger pH-Wert. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2012 (Koblenz), Hardeggen 2013, 520-524.
- [4] W. Schmitz, Lake Magadi Soda, PdN Chemie in der Schule 2015, 7/64, 33-37.

Monitoring von Auentümpeln (Makrozoobenthos, Hydrophyten) im NSG "Neue Lippe Mündung" im Jahr 2019

Gerhard Schoolmann

Universität zu Köln

Lebewesen in Auentümpeln leben in der Regel im Spannungsfeld zwischen hohem Wasserstand und Austrocknung. Drei Jahre nach der endgültigen Fertigstellung der neuen Lippe Aue im Jahr 2016, konnte im Auftrag des Lippe Verbandes im Untersuchungsgebiet an neu angelegten Auentümpeln ein mehrmaliges Monitoring von Makrozoobenthos und Hydrophyten durchgeführt werden. Auffällig starke Algenentwicklungen wurden ebenfalls dokumentiert. Von den elf vorgefundenen Auentümpeln wurden acht ausgewählt und mehrfach beprobt.

Die Tümpel, die mit der Lippe und einem Ausgrabungsgewässer in Verbindung stehen, zeigten eine Beeinflussung durch beide Lebensräume. Da die Lippe weiterhin eine Salzfracht transportiert, waren halophile Arten nachweisbar. Der Anteil an vorgefundenen Neobionten war relativ groß. Die Untersuchung zeigte aber auch, dass diese anthropogen geformten Gewässer bereits nach relativ kurzer Zeit einer vielfältigen Artengesellschaft Lebensraum bieten. Insbesondere Libellen konnten mit zwölf Arten nachgewiesen werden. Amphipoden waren in teils ungewöhnlicher Artenzusammensetzung anzutreffen.

Light or mechanics: What drives phototrophic and heterotrophic microbial activity in sandy sediments?

José Schreckinger¹; Michael Mutz¹; Insa Franzmann¹; Ute Risse-Buhl²

¹ Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg; ² Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ

Even under low flow, sandy riverbeds hold sediment patches that undergo frequent motion. These mobile sediments are defined as migrating ripples and can be the dominant patch type in riverbeds. Even though they are globally distributed, little is known about their role in river's biogeochemical dynamics. Due to frequent migrating-resting cycles in migrating ripples, single sediment grains are exposed to light (while migrating) and dark (while resting and buried) conditions during daylight. The ripples dimension and migration velocity define the time sediment grains are exposed to light. Here, we tested hypothesize that light effects are more pronounced than sediment migration effects on phototrophic and heterotrophic microbial activity. By implementing a microcosm-based experiment, we exposed the microbial community of River Spree (North-east Germany) sediment sampled in May 2021 to three treatments: (i) stationary sediment at constant light regime (14h light and 10h dark), (ii) migrating sediment with discontinuous light regime (14h light period consisting of a 3.3 min light and 9.7 min dark cycle), and (iii) stationary sediments with discontinuous light regime (same as ii). Microcosms were kept at 14°C and run for eight days. Preliminary results revealed that both light and migration significantly affected sediment's phototrophic and heterotrophic microbial activity. The gross primary production of stationary sediments under constant light was 15times higher than under discontinuous light. Under discontinuous light, gross primary production of stationary sediments doubled those observed in migrating sediments. Interestingly, reduced light exposure had a more substantial effect on both sediment-associated community respiration and net ecosystem production than migration. Phototroph abundance and nutrient dynamics in sediments are under analysis and results will be presented in the DGL meeting. Our preliminary findings contribute to a better understanding of migrating sediments for biogeochemical processes and, thus, ecosystem function in lotic systems, which is essential for proper river management.

Technisches Sicherheitsmanagement (TSM)

Georg Schrenk

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

Was ist TSM?

Das Technische Sicherheitsmanagement (TSM) ist ein Verfahren zur Selbstüberprüfung von Unternehmen hinsichtlich der Qualifikation und Organisation des technischen Bereiches. Es ist nach Sparten gegliedert und wird von den technisch-wissenschaftlichen Vereinigungen getragen. Das TSM hat sich im Bereich der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung als ein nützliches Instrument zur Überprüfung der Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmens bewährt und wurde auf den Bereich Gewässerunterhaltung und anschließend auch auf den Stauanlagenbereich ausgedehnt. Die Anforderungen für die jeweilige Sparte werden in verschiedenen Merkblättern definiert. Im Merkblatt DWA-M 1001 werden die Anforderungen an die Gewässerunterhaltungslastträger hinsichtlich der Organisation und Qualifikation der beschäftigten Personen sowie die sicherheitstechnischen und betriebstechnischen Belange für den Betrieb, die Unterhaltung und die Überwachung dargestellt .

Anhand von Leitfäden wird überprüft, ob die Anforderungen der jeweiligen Merkblätter im Unternehmen erfüllt sind. Die Leitfäden sind modular aufgebaut. Neben einem allgemeinen organisatorischen Teil, der für alle Sparten gilt, ist für die spezifischen Belange der jeweiligen Sparte ein weiterer fachspezifischer Teil zu bearbeiten.

Diese Leitfäden bestehen aus konkreten Fragen zu technischen und organisatorischen Sachverhalten in den Unternehmen und sind zunächst zur Selbstüberprüfung des Betriebs vorgesehen.

TSM Gewässer

Gewässer und die damit im Zusammenhang stehenden wasserwirtschaftlichen Anlagen müssen so unterhalten bzw. betrieben werden, dass die Anforderungen insbesondere nach bundes- und landesrechtlichen Regelungen eingehalten werden.

Das TSM einigt die Anforderungen gewässerunterhaltungspflichtiger Institutionen hinsichtlich der Organisation und der beschäftigten Personen sowie die sicherheitstechnischen und betriebstechnischen Belange für Planung, Bau und Betrieb wasserwirtschaftlicher Anlagen und unterstützt die Verantwortlichen dabei, eine sichere, zuverlässige, umweltgerechte und wirtschaftliche Gewässerunterhaltung zu praktizieren.

Der Nutzen

Das Bürgerliche Gesetzbuch formuliert in § 823 eine weitreichende Schadensersatzpflicht bei vorsätzlicher oder fahrlässiger Verletzung von Gesundheit, Freiheit, Eigentum oder sonstiger Rechte Dritter.

Genetisches Monitoring zur Wiederansiedlung des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*) im Rheingebiet (GeMoLaR)

Anne Schrimpf¹; Christopher Bridges²; Thomas Schmidt¹; Ralf Schulz¹

¹ Universität Koblenz-Landau; ² TunaTech GmbH

Der Lachs (*Salmo salar*) ist eine charakteristische Fischart in vielen europäischen Flusssystemen. Auf Grund seines anadromen Wanderverhaltens und seiner hohen Habitatansprüche ist er eine ausgezeichnete Indikatorart für vitale und ökologisch gut vernetzte Gewässersysteme.

Der Atlantische Lachs war im Rhein und zahlreichen Zuflüsse eine häufige und wirtschaftlich überaus bedeutende Fischart. Der Rhein galt daher als wichtiger Lachsfluss Europas. Die Bestände waren jedoch bereits im späten 19. Jahrhundert rückläufig und kollabierten in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Die wesentlichen Gründe waren Wanderhindernisse, schlechte Wasserqualität und Überfischung. In den 1950er Jahren galt der Lachs im Rhein als ausgestorben. In den 1980er Jahren wurden ambitionierte Programme zur Sanierung des Rheins und zum Wiederaufbau von Lachspopulationen begonnen. Die Gründertiere stammen im Wesentlichen aus Frankreich und Schweden.

Durch intensive Besatzmaßnahmen seit den 90er Jahren ist der Lachs auch im Rhein wieder eine heimische Art geworden. Der Lachs hat im Rhein jedoch noch keine selbsterhaltende Population gebildet. Trotz nachgewiesener Naturreproduktion in einigen Gebieten muss die Art weiterhin in Zuchten vermehrt und besetzt werden. Sechs Zuchten beteiligen sich am Zuchtprogramm des Lachses für das deutsche Rheineinzugsgebiet und über 1 Mio. Besatzfische werden jährlich in zahlreichen Maßnahmen in Nordrhein-Westfalen, Hessen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg besetzt.

Das Ziel des Projektes GeMoLaR ist die Evaluierung und Optimierung der Wiederansiedlungsmaßnahmen des Atlantischen Lachses im gesamten deutschen Rhein-System. Hierzu soll erstmals ein großflächiges genetisches Monitoring der Wiederansiedlung durchgeführt werden. Das Projekt wird von 10 Projektpartnern in den vier Bundesländern unterstützt.

Als Methode wird eine Mikrosatellitenanalyse mit 15 Loci nach dem international standardisierten SALSEA-Merge-Protokoll verwendet. Dadurch sind die aus dem Rheineinzugsgebiet erhobenen Daten mit den internationalen Referenzdaten der SALSEA-Merge Genetics Database vergleichbar. Rückkehrenden Lachse können mittels Elternschaftsanalyse und Assignment Tests der Herkunft zugeordnet werden.

Derzeit sind über 6.000 Proben aus den Zuchten und dem Rheineinzugsgebiet (Rückkehrer und Besatzexperimente), die zwischen 2012 und 2021 genommen wurden, genetisch analysiert worden. Die ersten Ergebnisse aus den Zuchten und von rückkehrenden Lachsen werden vorgestellt.

Zweite Restaurierung des Barleber Sees nach 33 Jahren

Martin Schultze¹; Kurt Frieze¹; Olaf Mietz²; Karsten Rinke¹

¹ Helmholtz Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ; ² Institut für angewandte Gewässerökologie GmbH

Der Barleber See ist eines der wichtigsten Erholungsgewässer Magdeburgs. Er entstand durch Kies- und Sandgewinnung Anfang der 1930er Jahre. In den 1970er und 1980 Jahren erfuhr er eine zunehmende Eutrophierung, einschließlich des Auftretens von Massenentwicklungen von Cyanobakterien und dadurch verursachten Badeverboten. Im Herbst 1986 wurde der Barleber See daher mit Aluminiumsulfat behandelt (37 t Al).

Der gelöste, reaktive Phosphor (SRP) wurde um mehr als 98%, der Gesamtphosphor (TP) um 90% reduziert. Die vor der Restaurierung beobachtete Freisetzung von Phosphor aus dem Sediment wurde trotz weiterhin vorherrschender Anoxie im Hypolimnion weitgehend unterbunden. Die Sichttiefe erhöhte sich deutlich und die Besiedlung mit Makrophyten wurde dominant. Massenentwicklungen von Cyanobakterien traten nicht mehr auf, so dass die Erholungsnutzung für 28 Jahre keine Beeinträchtigung erfuhr.

2016 traten neuerlich große Freisetzungen von Phosphor aus dem Sediment auf, die Phosphorkonzentration im Seewasser stieg auf höhere Konzentrationen als vor der Restaurierung von 1986 und wegen Massentwicklungen von Cyanobakterien mussten ab 2017 wiederholt Badeverbote erlassen werden.

2019/20 fand daher eine zweite Restaurierung statt, für die in zwei Etappen mit Poly-Aluminiumchlorid (PAC) verwendet wurde. Von Juli bis Oktober 2019 wurden 1000 t PAC-Lösung (Al-Gehalt der PAC-Lösung: 9%) ausgebracht und weitere 250 t im Frühjahr 2020. Eine Behandlung im Sommer ist ungewöhnlich und wird in der Regel als weniger effektiv angesehen. Am Barleber See sollte sie möglichst schnelle Erfolge noch in der Badesaison 2019 bewirken, was auch tatsächlich gelang. Im August erreichte die TP-Konzentration in den obersten 2,5m der Wassersäule Werte von 10-15µg/L. Tiefere Bereiche des Sees wurde in Kombination aus Phosphorelimination durch sedimentierende Aluminiumhydroxid-Flocken und fortschreitender Tiefenmischung nach und nach mit erfasst. Anfang Oktober erreichte diese Wirkung und mit ihr die Sichttiefe (9m) den Seegrund. Im Laufe des Winters 2019/20 stiegen die Phosphorkonzentrationen im tiefsten Teil des Sees wieder marginal an.

Die Nachfällung Frühjahr 2020 sollte die Phosphorbindung im Sediment weiter stärken. Die gute Pufferung des Barleber Sees ließ die großen Einsatzmengen an PAC problemlos zu. Etwa 50% der Anfang Juli 2019 vorhandenen Pufferkapazität wurden verbraucht. Cyanobakterien spielten im Sommer 2020 nur noch eine untergeordnete Rolle.

Colonization of salt-affected running waters by non-diatom benthic algae: A case study from Thuringia (Germany)

Elisabeth Pohlen¹; Claus-Jürgen Schulz²; Antje Gutowski³

¹ Institut für Allgemein Zoologie an der Universität Gießen; ² Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz; ³ AlgaLab

Salinization of running waters has been identified as a severe worldwide ecological problem. Biological investigations concerning the impacts of elevated salt concentrations on aquatic organisms often focused on benthic macroinvertebrates and diatoms so far, other groups being less considered. The following study is about the colonization of both geogenically and anthropogenically salt-affected running waters by non-diatom benthic algae (PoD).

Datasets of chemical and biological parameters from 4 Thuringian catchments (Wipper, Bode, Kyffhäuserbach, Solgraben) being characterized by different levels of salinity were analyzed with respect to the following questions: (i) Which PoD-taxa do occur in these creeks and rivers under elevated salt concentrations and (ii) in which way does salinization influence the PoD community composition?

Data were collected from 2008 to 2017 at 12 sampling sites. They are characterized by loads from potassium mining residuals, geogenic salinization, and also nutrients from agriculture. Among 101 PoD taxa which were correlated with nutrients (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, Ninorg, TP, o-P) and salts (Na⁺, K⁺, Mg⁺⁺, Cl⁻, SO₄⁻⁻, HCO₃⁻), 30 taxa were correlated significantly with nutrients (17 pos., 12 neg. and 1 pos.+neg.) and 15 taxa with salt ion (6 pos. and 9 neg.). Regarding the salt ions the PoD responded stronger to Mg⁺⁺ (2 pos., 8 neg.) and K⁺ (4 pos., 7 neg.) than to Cl⁻ (4 pos., 2 neg.). Measurements of conductivity did not reflect the effects of the salt load. Only 6 taxa (3 pos., 3 neg.) were correlated with conductivity.

Most frequently reported were the species *Cladophora glomerata*, *Pleurocapsa minor* and *Gongrosira incrustans* as well as species of the genera *Vaucheria*, *Ulva* and *Oedogonium* and preliminary stages of some red algae (*Chantransia*). Positively correlated with salt were: *Melosira nummuloides* and the species of the genera *Lyngbya*, *Microcoleus* and *Ulva*. Negatively correlated with salt ions were *Chantransia* stages, *Closterium ehrenbergii*, *C. moniliferum*, *C. leibleinii*, *Phormidium incrustatum* and the taxa of the genera *Spirogyra*, *Mougeotia* and *Vaucheria*.

The results also indicate that often the coverages of some PoD taxa were elevated at sampling locations of higher salinities and thus may be assumed to be of indicative value for such ecological conditions.

Ökologische Durchgängigkeit: Auch für Holz relevant

Michael Seidel

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume Schleswig-Holstein

„Wood is good, but it moves“, titelten Hervé Piégay und seine Koautor-Innen auf der dritten internationalen Konferenz zu Holz in Fließgewässern. Damit fassten sie sehr gut die Mobilität als eine der wesentlichen Herausforderungen im Management von Holz zusammen. Konsens ist mittlerweile, dass Holz ein wesentlicher Bestandteil naturnaher Fließgewässer, und von hoher Bedeutung für den ökologischen Zustand ist. Aber es bewegt sich eben – vor allem das ökologisch besonders relevante, natürlich eingetragene Holz.

Am Beispiel einer Renaturierungsmaßnahme in einem kiesgeprägten Tieflandbach wird gezeigt, dass vor allem das natürlich eingetragene Holz eine hohe Bedeutung für die Besiedlung von Organismen des Makrozoobenthos hat, aber sehr mobil sein kann und einer ständigen Umlagerung unterliegt. Zwischen zwei Untersuchungsjahren wurden ca. 65 % der kartierten Hölzer verlagert. Über einen Zeitraum von 10 Jahren waren lediglich 5 % der kartierten Hölzer lagestabil. Mobil war vor allem das kurze Astholz von unter 1,5 m Länge. Aufgrund dessen hoher Oberfläche im Vergleich zum Volumen, ist es von hoher Relevanz für die Ausprägung eines leitbildkonformen Deckungsgrades von Holz auf der Sohle.

Die Entnahme und anschließende Entsorgung von Holz an Wasserkraftanlagen ist vor allem vor dem Hintergrund der nach wie vor überwiegend holzarmen Fließgewässer problematisch. Der Beitrag wirft daher zusammenfassend die relevanten Aspekte der Längsdurchgängigkeit von Holz auf, sowohl anhand eigener Untersuchungen, als auch auf Grundlage einer Literaturrecherche.

Unravelling winter diatom blooms in temperate lakes using high frequency data and ecological modeling

Tom Shatwell¹; Xiangzhen Kong; Michael Seewald; Tallent Dadi; Kurt Friese; Chenxi Mi; Bertram Boehrer; Martin Schulze; Karsten Rinke

¹ Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ

In temperate lakes, it is generally assumed that light rather than temperature constrains phytoplankton growth in winter. Rapid winter warming and increasing observations of winter blooms warrant more investigation of these controls. We investigated the mechanisms regulating a massive winter diatom bloom in a temperate lake. High frequency data and process-based lake modeling demonstrated that phytoplankton growth in winter was dually controlled by light and temperature, rather than by light alone. Water temperature played a further indirect role in initiating the bloom through ice-thaw, which increased light exposure. The bloom was ultimately terminated by silicon limitation and sedimentation. These mechanisms differ from those typically responsible for spring diatom blooms and contributed to the high peak biomass. Our findings show that phytoplankton growth in winter is more sensitive to temperature, and consequently to climate change, than previously assumed. This has implications for nutrient cycling and seasonal succession of lake phytoplankton communities. The present study exemplifies the strength in integrating data analysis with different temporal resolutions and lake modeling. The new lake ecological model serves as an effective tool in analyzing and predicting winter phytoplankton dynamics for temperate lakes.

Interaction of temperature and nutrients and its short-term effects on metabolic pathways in the hyporheic zone

Tatjana Simčič¹; Monika Poklukar²; Nataša Mori³

¹ National Institute of Biology; ² University of Primorska; ³ National institute of biology

Heterotrophic metabolism within hyporheic zone is one of the key ecosystem processes enabling the fluxes of energy and matter across surface – groundwater interface. In the climate warming scenario predicted for this century, water temperature and nutrient concentrations are expected to increase while their synergistic effects on the stream metabolism are poorly known. In this study, the effects of water temperature and nutrient concentrations on the hyporheic metabolic pathways were investigated at reference and agriculturally impacted sites. The experiment was carried out in the laboratory under controlled conditions but using hyporeic sediments collected in the field. We measured the total protein content, respiratory terminal electron transport system activity (ETSA) and substrate utilization using Biolog® Ecoplates in the experimental sediments incubated for one month at 10°C and 14°C and with addition of 0, 5 or 30 mg DOC. We demonstrated significant differences in hyporheic biofilm response to increased temperatures and nutrients in regard to the sites where experimental sediments were collected (reference and impacted sites), indicating that climate change is affecting rivers metabolism differently, depending on the current on-site ecological conditions and microbial community structure. Moreover, the temporal pattern of changes in metabolic profile depended mostly on the temperature and less on the nutrient contents.

Homogenization through environmental stressors – Impacts of climate change and pollution legacy on spring plant communities

Timothy J. Smith

University of Bayreuth

Springs in general but especially helocrenic springs, which can be found in a high spatial density in the lower mountain ranges of Central Germany are ideal model ecosystems for testing complex changes in the environment. These springs are representing the interface between aquifers and surface waters. This interface is characterized by the Physico-chemical conditions of the groundwater, which is fed in the case of siliceous mountains from the periglacial area mainly by the interflow that is transported in the Pleistocene solifluction layers. In consequence, hydro-physical and hydro-chemical parameters are rather constant, but because of their close link with soils and ecosystems, they exhibit more seasonal variation compared to deeper aquifers.

The renowned ecologist Eugene Odum described springs as “natural constant temperature laboratories” which “hold a position of importance as study areas that are out of proportion to their size and number” (Odum 1971). This is partly true in the case of helocrenic springs from forest catchments. However, we also find repercussions of environmental stressors such as acid rain or climate change. The plant communities within the seepage area respond to shifts in water quantity and quality quite rapidly. However, springs are still among the least studied aquatic ecosystems and almost completely underrepresented in ecological research despite their global importance for biodiversity.

The investigation area encompasses two main forest areas the Frankenwald and the Fichtelgebirge within the Thuringian-Franconian Highlands in Germany. 102 sites were sampled over the last three decades. At all sites discharge, water temperature, conductivity and pH were measured, along with 3x 100ml filtered samples were extracted for further hydro-chemical analysis. The abundance of all trees, moss, grass and herbaceous plants was collected within the saturated area of all spring sites. Fine-scale transecting was also performed on a subset of the total sampling sites (n= 57).

The past research focused mainly on the effects of acid rain that occurred in the '70s to late '80s, and its effect on the soils buffering capacity. We found clear patterns of hydrochemistry and species responses related to acid precipitation. (Beienkuhnlein C et al, 1993, Strohbach M et al 2009, Schweiger A, 2015) Recently, we achieved very interesting insights into how extreme weather events cause a re-emergence of acidification within the groundwater and how Road salting can interfere with acidified forest catchment health. (Schwieger A, 2015)

The current research is aiming to understand the emerging patterns in plant community homogenization within the saturation zone of the spring sites. Biotic homogenisation is referring to the increase in floral and faunal similarity amongst communities or decrease in beta-diversity over time (McKinney et al 1999).

The current findings lead us towards these questions:

1. What are the current drivers of Biotic homogenization within spring plant communities?
2. Are changes in spring plant community similarity/dissimilarity permanent or transient?
3. Can past trends in biotic homogenisation within spring plant communities tell us about the likely future of biodiversity at larger scales?
4. How can this body of knowledge help to shape conservation policy and management decisions?

The main body of literature

- Arno, Kleber, et al. "Slope deposits and water paths in a spring catchment, Frankenwald, Bavaria, Germany." *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 50.1 (1998): 119-126.
- Beierkuhnlein, Carl, and Walter Durka. "Assessment of material discharges from immission-polluted forest ecosystems of northeast Bavaria by means of spring water analyzes." *Forstwissenschaftliches Centralblatt united with Tharandter forstliches Jahrbuch* 112.1 (1993): 225-239.
- Beierkuhnlein, Carl. "Spatial analysis of material discharges from forest areas by examining forest spring meadows." *The Earth* 122 (1991): 291-315.
- Jurasinski, Gerald, Vroni Retzer, and Carl Beierkuhnlein. "Inventory, differentiation, and proportional diversity: a consistent terminology for quantifying species diversity." *Oecologia* 159.1 (2009): 15-26.
- McKinney, Michael L., and Julie L. Lockwood. "Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction." *Trends in ecology & evolution* 14.11 (1999): 450-453.
- Odum, Eugene Pleasants, and Gary W. Barrett. *Fundamentals of ecology*. Vol. 3. Philadelphia: Saunders, 1971.
- Strohbach, Michael, Volker Audorff, and Carl Beierkuhnlein. "Drivers of plant species composition in siliceous spring ecosystems: groundwater chemistry, catchment traits or spatial factors?." *Journal of Limnology* 68.2 (2009): 375.
- Schweiger, Andreas H., and Carl Beierkuhnlein. "Scale dependence of temperature as an abiotic driver of species' distributions." *Global Ecology and Biogeography* 25.8 (2016): 1013-1021.
- Schweiger, Andreas H., Volker Audorff, and Carl Beierkuhnlein. "The acid taste of climate change: 20th-century acidification is re-emerging during a climatic extreme event." *Ecosphere* 6.6 (2015): 1-11.
- Schweiger, Andreas H., Volker Audorff, and Carl Beierkuhnlein. "Salt in the wound: The interfering effect of road salt on acidified forest catchments." *Science of the Total Environment* 532 (2015): 595-604.
- Audorff, Volker, Jutta Kapfer, and Carl Beierkuhnlein. "The role of hydrological and spatial factors for the vegetation of Central European springs." *Journal of Limnology* 70.Supplement 1 (2011): 9-22.

Does warming promote cold-adapted cyanobacteria in a stratified lake?

Erik Sperfeld¹; Barbara Bauer¹; Ulrich Sinsch²

¹ Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald; ² Universität Koblenz-Landau, Campus Koblenz

Global warming and other environmental changes such as eutrophication are expected to increase the occurrence of harmful cyanobacterial blooms. Warming of surface waters can lead to longer stratification periods in deep stratified lakes that may promote buoyant cyanobacteria. How changes in stratification may affect cold-adapted cyanobacteria, such as *Planktothrix rubescens*, via indirect effects of internal nutrient loading is not well described yet. Here we present data on temperature regime, stratification length, oxygen and nutrient concentrations, as well as water transparency and chlorophyll concentrations measured regularly during the last 3 decades in lake Meerfelder Maar. This stratified lake has been used previously as a standard model of a dimictic eutrophic lake in the northern temperate zone. We found that autumn surface temperature increased and that the stratification period was prolonged. Consequence was a profoundly delayed full mixing during the year, whereas the start of stratification did not occur significantly earlier. We observed prolonged anoxic conditions at the lake bottom, promoting accumulation of ammonium and resuspension of phosphorus (P) from the sediment. An increased P availability after mixing in winter and spring may explain an increasing abundance of *P. rubescens* that decreased water transparency in spring and culminated in surface blooms observed in recent years. External nutrient loads may also have increased recently, exacerbating lake eutrophication and thus the occurrence of harmful cyanobacterial blooms.

Einfluss von Konnektivität auf Vorkommen und Verbreitung von Laufkäfern in den Elbauen

Franziska Struller¹; Kathrin Januschke¹; Daniel Hering¹; Peter Horschler²

¹ Universität Duisburg - Essen; ² Bundesanstalt für Gewässerkunde

Laterale Fluss-Aue-Konnektivität setzt sich zusammen aus der strukturellen Konnektivität – die Morphologie bzw. Architektur der Vernetzung – und der funktionalen Konnektivität – der ökologischen Wirksamkeit der Vernetzung durch Überflutung und Grundwasseranbindung. Welche Effekte aus höherer struktureller Konnektivität für Artengruppen der Aue resultieren ist nicht hinreichend untersucht.

In dem Forschungsprojekt „ElBiota“ werden die Effekte von Konnektivitätsunterschieden in Auen auf die Verteilung von Bodenschadstoffen, Mollusken, Vegetation und Laufkäfer untersucht. Im Fokus dieses Beitrags stehen die Laufkäfer unter dem Einfluss von Vegetation und Bodenbeschaffenheit.

Im Herbst 2020 wurde die Laufkäferfauna in zwei Untersuchungsgebieten entlang der Mittel Elbe beprobt: in einem eingetieften Abschnitt der Elbe bei Bösewig und in einem stärker angebundenen Abschnitt weiter stromabwärts bei Schönberg. Pro Untersuchungsgebiet wurden 20 Plots ausgewiesen, die unterschiedliche jährliche Überflutungsdauern sowie die laterale Ausdehnung der Aue abbilden. Auf jedem Plot wurden fünf Barberfallen für zwei mal zwei Wochen exponiert und Handaufsammlungen auf einer Fläche von 5,25m² durchgeführt.

Untersucht wird, ob und welche signifikanten Unterschiede es in der Besiedlung durch Laufkäfer zwischen den Untersuchungsgebieten gibt und inwieweit diese von unterschiedlicher Fluss-Aue-Konnektivität bestimmt werden.

Die Analysen basieren auf 8739 Individuen aus 60 Arten. Im Gebiet Bösewig wurden durchschnittlich mehr Arten pro Plot gefunden als in dem Gebiet mit stärkerer Fluss-Aue-Konnektivität. Unterschiede in der Individuenanzahl oder beta-Diversität gibt es zwischen den Gebieten keine. Auch eine höhere Anzahl an Rote-Liste-Arten in der besser angebundenen Aue wurde nicht festgestellt. Betrachtet man Besiedlungsmuster über beide Gebiete hinweg, hat die Überflutungsdauer an einem Plot einen deutlich größeren Erklärungsanteil als Gebietszugehörigkeit. Im Vergleich der Besiedlung zwischen den Gebieten deutet sich jedoch an, dass in der stärker angebundenen Aue lokale Standortparameter, wie Deckung der Vegetation, einen größeren Erklärungsanteil haben als in der entkoppelten Aue. Tiefergehende Analysen zu Unterschieden in der Besiedlung zwischen den Gebieten stehen noch aus.

Die Ergebnisse der Studie tragen zu einem besseren Systemverständnis von Fluss-Aue-Ökosystemen bei. Sie können dabei helfen, Auen besser zu schützen und Renaturierungsmaßnahmen effektiver zu gestalten.

Effects of anthropogenic organic micropollutants on population genetic diversity of freshwater amphipods

Vid Švara¹; Till Luckenbach¹; Stefan Michalski¹; Stephan Geuchen; Martin Krauss¹; Tobias Schulze¹; Werner Brack¹

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

Pollution is one of the main drivers of biodiversity decline in rivers worldwide. In particular, anthropogenic organic micropollutants, including pesticides and pharmaceuticals, contribute majorly to negative trends in freshwater species diversity. Of the manifold adverse effects of these pollutants, some can result in a shift of the population genetic structure in species living in rivers with a pollution gradient. Here, we present insights into the effects of anthropogenic organic micropollutants on genetic diversity indices of an amphipod species, *Gammarus pulex* (Linnaeus, 1758), living in polluted as well as pristine river sections. Levels of over 500 organic micropollutants and their potential for adverse effects were determined in *G. pulex* from 35 sites within six rivers in central Germany. Applying linear mixed-effects models, the adverse effect potential of pollutants at different sites was compared to the genetic diversity indices of amphipods, acquired through genotyping 16 microsatellite loci. The results suggested that neonicotinoid insecticides, biocides, and common pharmaceuticals contributed the most to toxic potential at the analyzed sites. Although *G. pulex* genetic structure depended strongly on the river catchment at the regional scale, several population genetic diversity indices suggested effects of micropollutants on species genetic composition at the local scale. In fact, wastewater effluents positively contributed to increased allelic richness and abundance of amphipods at moderate pollution levels. However, amphipods at sites with higher toxic potential showed reduced genetic diversity and high rates of inbreeding that can lead to an increase of the vulnerability of amphipods at seasonal pollution peaks.

Elbe- und Havel-Auen und Auengewässer-Besonderheiten - Beispiele aus dem Elbe-Havel-Winkel und der unteren Havelniederung im Biosphärenreservat Mittelelbe (Sachsen-Anhalt, Deutschland)

Lothar Täuscher

Petersburger Straße 44, 10249 Berlin, ltaeu@yahoo.com

Keywords: Auengewässer, Elbe, Havel, Langzeit-Untersuchungen, Sachsen-Anhalt

Abstract

Floodplains of the Rivers Elbe and Havel and particularities of floodplain waters - examples from the River Elbe-River Havel area and from the lower Havel valley in the Middle Elbe-Biosphere Reserve (Saxony-Anhalt, Germany)

The author has been investigating the waters in the River Elbe-River Havel area and from the lower Havel valley for 45 years. In environmental education, too, the diversity of aquatic colonization is recorded on excursions. Factors influencing the growth of planktic microalgae and of submerged and floating macrophytes in floodplain waters are discussed. Indicator types for an increased salt load are mentioned. Floodplains and floodplain waters are important for many red list algae, water mosses, aquatic plants and aquatic animals. European water and natural reserve directives (European Water Framework Directive: for the River Elbe and Havel; EU Fauna-Flora-Habitat Directive: for the floodplain waters) play a major role. The relocation of the Wulkau-Havelberg dike („Sandau South“ and „Sandau North“) was carried out between 2014 and 2021. The floodplains must be viewed holistically.

Einleitung

Seit 45 Jahren untersucht der Verfasser die Gewässer im Elbe-Havel-Winkel und der unteren Havelniederung in Sachsen-Anhalt (s. Täuscher 1994-2001, 1996, 2001, 2009, 2011, 2018). Auch in der Umweltbildung werden bei Exkursionen die Vielfalt und die Besonderheiten der aquatischen Besiedlungen erfasst (Täuscher 2017-2021, Täuscher & Wischer 2015). Deshalb sollen die Elbe- und Havel-Auen und die Auengewässer-Besonderheiten in diesem Gebiet vorgestellt werden.

Untersuchungsgebiet

Der Elbe-Havel-Winkel und die untere Havelniederung mit Mittlerer Elbe (Elbe-km 395 [Hämerten] bis 423 [Havelberg]) und Unterer Havel (Untere Havelwasserstraße-km 103 [Rathenow] bis 147 [Havelberg]) gehören zur Elbtalniederung (Urstromtalbereich 24 bis 30 m ü. NN). Während die Obere Mittelelbe zwischen Tanger- und Havelmündung ein Gefälle von 17,7 cm/km hat, ist das

Gefälle der Unteren Havel zwischen Rathenow und der Mündung in die Elbe mit 6,5 cm/km deutlich geringer.

Diese ursprünglich einheitliche Talsandfläche ist im Brandenburger Stadium der Weichselvereisung entstanden. Sie wurde von mehrmaligen Laufänderungen der Elbe, die sowohl in glazialer als auch postglazialer Zeit bis zur Eindeichung der Elbe im 12. Jahrhundert (Beginn der Eindeichung 1180; Bau von „Ringdeichen“ um die Ortschaften) stattfanden, zerschnitten. Dies wird auch als die Ausbildung eines Binnendeltas („Das Elb-Havelland: Ländchen in der Wassersuppe“) (s. Karte in Küster 2007) bzw. als „Skelettkarte“ der Elbe (Keilhack 1887) beschrieben. Seen des Gebietes sind in alten Elbläufen (Altwasserflächseen: Kamernscher-Schönfelder See, Kietzer See, Rahnsee mit Biberburg, Scharlibber See) und in Toteislöchern (Schollener See in der Havelniederung; Pelose-Gewinnung für die Pharmazie) zu finden. An den Ufern der Elbe und Havel sind Schlammfluren, Weichholz- und Hartholz-Auenwälder (z. B. Jederitzer Holz in der inaktiven Havelaue, Mühlenholz bei Havelberg in der inaktiven Elbaue, „das freie Holz“ oder Fernholz südlich Wulkau in der inaktiven Elbaue) ausgebildet. Künstliche Standgewässer („Gewässer aus zweiter Hand“) sind Kiesgruben (z. B. Kieslöcher bei Hohengöhren), Tongruben (z. B. Tonabgrabungen Havelberg-Sandau; zahlreiche Ziegeleien - das Rote Rathaus in Berlin und das Holländer-Viertel in Potsdam sind aus Havelberger Ziegeln erbaut!), Abgrabungen (z. B. Garzer See mit Biberburg), Torfstiche (z. B. Torflöcher bei Ferchels), Dorfteiche und Fischteiche bzw. Angelgewässer (z. B. Wulkauer Fischteiche). Um Hochwässer und Schäden in diesem Gebiet zu reduzieren, wurden als Maßnahmen hohe Elbdeiche als künstliche Wasserscheide errichtet und der Gnevsdorfer Vorfluter mit der Wehranlage Quitzöbel als Havellauf-Verlängerung in den dreißiger und Anfang der fünfziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts gebaut (die natürliche Havel-Mündung in die Elbe ist geschlossen!). Im Jahr 2013 wurden der Elbe-Havel-Winkel und die untere Havel durch das extreme Elbe-Hochwasser mit dem Deichbruch bei Fischbeck sehr stark beeinflusst. Innerhalb von wenigen Tagen stieg der Wasserstand um über 2,60 m an. Erst nach über zwei Monaten wurde der normale Wasserstand wieder erreicht. Das Hochwasser im Juni 2013 hatte schwerwiegende Auswirkungen. Hochwässer, die aus ökologischer und naturschutzfachlicher Sicht ein natürliches Ereignis im Ökosystem der Flussauen darstellen, haben durch den Deichbau (Trennung der aktiven von der inaktiven Aue) dann solche anthropogen verursachten Folgen. Bei Sonderbeprobungen während des Hochwassers wurde festgestellt, dass die Wasserproben mit fauligem Geruch und schwarzer Färbung (sehr starke Schwefelwasserstoff-Bildung) und starker Trübung (Sichttiefe von 7 cm) auf lebensfeindliche Bedingungen in den Gewässern hin deuteten, die auch durch die weiteren Parameter (sehr niedrige Sauerstoffsättigung, erhöhter Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen, erhöhte Gehalte an TOC, DOC, NH₄-N, NO₂-N, o-PO₄-P) entsprechend bestätigt wurden (s. Täuscher 2018 und zit. Lit., Täuscher & Wischer 2015). Hinter den Deichen entstehen in der inaktiven Elbaue Qualmgewässer verschiedener Größe und Tiefe (z. B. „der Rüdow“ zwischen Wulkau und Schönfeld). Durch Deichbrüche entstandene Gewässer werden als „Weele“, „Wehle“, „Wiele“ oder „Wiehle“ (= „Bracks“: Tümpel, kleiner See) bezeichnet. Zwischen 2014 und 2021 wurden zwischen Wulkau (Elbe-km 412,5) und Havelberg (Elbe-km 422,0) zwei umfangreiche Deichrückverlegungs-Projekte als ökologischer Hochwasserschutz realisiert. Es wurde damit eine neue Überflutungsfläche der Elbe von 180 ha geschaffen. Die Niederungen mit Mooren (vor allem Überflutungs- und Verlandungsmoore) werden durch verzweigte Grabensysteme („Gewässer aus zweiter Hand“: Rüschraben, Trübengraben, Weidengraben als Hauptgräben) zur Havel entwässert. Außerdem münden der Große Grenzgraben, der Rhin (über den Fließ-Flachsee Gülper See), die Dosse und die Jäglitz einschließlich des Königsfließes in die Untere Havel. Der Elbe-Havel-Winkel und die untere Havelniederung sind eine Kulturlandschaft mit einem Mosaik nasser und feuchter und trockener

Standorte, die nährstoffreich und z. T. nährstoffarm (Qualmwasser hinter den Deichen, Kiesgruben, Endmoränenzüge und Sanderflächen) sind.

Einflussfaktoren auf das Wachstum planktischer Mikroalgen und Makrophyten-Pleuston in Auengewässern

Auengewässer nehmen durch ihre Genese, Morphologie und Hydrologie (Hydrodynamik) eine Sonderstellung zwischen den typischen natürlichen Fließgewässern (Bach, Fluss, Strom) und typischen natürlichen Standgewässern (Seen, Flachseen/Weiher, Tümpel/Sölle) ein.

Dabei spielen Altarme, Altwässer (Altwasser-Flachseen, Haken, Wehle = Weele = Wiele = Wiehle = Bracks), Totarme, Qualmgewässer, Flutrinnen und Tümpel/Kolke in der rezenten/aktiven und fossilen/inaktiven Flussaue eine große Rolle (Lüderitz et al. 2009, Pottgiesser et al. 2012, Scholten et al. 2015, 2016). Auf das Wachstum planktischer Mikroalgen wirken sich morphologische (Gewässertiefe), hydrodynamische (Wasserstand und -führung: permanent/ausdauernd oder episodisch/temporär), hydrophysikalisch-chemische (z. B. Wasserfärbung durch Huminstoffe: Dystrophierung) und biologische Besonderheiten (Fraßdruck durch Zooplankton, Biofiltration durch Schwämme, Konkurrenz um Nährstoffe und Licht mit submersen und natanten Makrophyten, allelopathische Wechselwirkungen zwischen Makrophyten und Mikroalgen) besonders in Auengewässern aus. Starker Wasserstandswechsel (bis zur vollständigen Austrocknung von sehr flachen Gewässern) und eine starke Braunfärbung des Wassers durch Huminstoffe und/oder Detritus sind ungünstige Bedingungen für ein Phytoplankton-Wachstum, da nur sehr anpassungsfähige Arten überleben und die Lichtverhältnisse im Freiwasser stark beeinflusst werden. Durch Zooplankton-Fraßdruck können auch in Auengewässern Klarwasser-Zustände bewirkt werden (Scholten et al. 2015, 2016). Außerdem können Schwämme als Filtrierer die Phytoplankton-Quantität reduzieren. In nährstoffreichen Flachgewässern spielen pleustische Fadenalgen-Watten (aus Xanthophyceae-, Ulvophyceae- und/oder Zygnematales-Taxa), die beim Austrocknen das so genannte „Meteorpapier“ bilden (s. Scholten et al. 2015, 2016, Täuscher 2009), und Wasserlinsen-Decken eine große Rolle. Dieses Makrophyten-Pleuston kann große Bereiche der Wasseroberfläche einnehmen und eine Lichtabschirmung bewirken, d.h. das Mikroalgen-Wachstum wird dadurch lichtlimitiert. Außerdem konkurrieren die submersen Makrophyten in eutrophen Klargewässern mit den planktischen Mikroalgen um die anorganischen Nährstoffe. Von einigen submersen und natanten Makrophyten ist auch bekannt, dass sie allelopathische Substanzen bilden, die das Wachstum von Mikroalgen hemmen und/oder unterbinden (z. B. *Chara*-, *Ceratophyllum*-, *Myriophyllum*-Arten, *Stratiotes aloides*) (s. Mulderij 2006 und die umfangreich zitierte Literatur).

Auengewässer - „Grauzone“ in den EU- und LAWA-Richtlinien

Die Besonderheiten von Auengewässern wurden bisher in verschiedenen Richtlinien zur physikalisch-chemischen und biologisch-ökologischen (einschließlich naturschutzfachlichen) Bewertung und ökologischen Einstufung ungenügend berücksichtigt.

Deshalb müssen diese Richtlinien (FFH-RL 1992, LAWA 1999, WRRL 2000) modifiziert werden bzw. zur Anwendung der ökologischen Einstufung von Auengewässern angepasst werden.

Gute Beispiele sind die Weiterentwicklung/Anpassung des Halobienindex durch Ziemann (2010) und die Typisierung potamaler Altwässer im Land Sachsen-Anhalt durch Pottgiesser et al. (2012). Dazu machen die Autoren folgende wichtige Aussage: „Die zur Umsetzung der WRRL entwickelte

Fließgewässertypologie sowie die Beprobungs- und Bewertungsverfahren für diese Gewässerkategorie berücksichtigen diese Biotope (potamaler Altgewässer, d. Verf.) allerdings nicht bzw. sind für diese nicht anwendbar. Standgewässer werden gemäß WRRL erst bei einer Größe > 50 ha berücksichtigt, so dass Typologie, Beprobungs- und Bewertungsverfahren für diese Gewässerkategorie auch nur bedingt für Altgewässer angewendet werden können. Keine der für diese beiden Gewässerkategorien zur Umsetzung der WRRL entwickelten Gewässertypologien und Bewertungsverfahren kann damit 1:1 auf diese Gewässer übertragen werden.“

In der Stromelbe, in der Havel und im Königsfließ kommen auch Indikarorarten für eine erhöhte Salzbelastungen (anthropogene Salzbeeinflussung zum Großteil durch Abwässer und durch Straßen-Streusalz) der Gewässer vor. Dies sind die halophile Rotalge *Bangia atropurpurea*, die halophile Grünalge *Ulva intestinalis*, der halophile Schönaugengeißler *Euglena hemichromata*, die planktischen und tychoplanktischen Kieselalgen *Actinocyclus normanii* f. *subsalsus*, *Cyclostephanos dubius*, *Diatoma tenuis*, die benthische Kieselalpengesellschaft *Naviculetum cryptocephalo-venetae* und der neozoische Brackwasserpolytyp *Cordylophora caspia*, die elektrische Leitfähigkeiten größer als 1000 µS/cm bzw. Chloridgehalte größer als 120 mg/l anzeigen.

Ökologische und naturschutzfachliche Wertigkeit von Auen und Auengewässern

Die erfassten und untersuchten Auengewässer sind Bestandteile der FFH-Gebiete „Elbaue zwischen Sandau und Schönhausen“, „Havel nördlich Havelberg“, „Jederitzer Holz östlich Havelberg“, „Kamernscher See und Trübengraben“ und „Untere Havel/Sachsen-Anhalt und Schollener See“.

Auengewässer haben eine hohe ökologische und naturschutzfachliche Wertigkeit, wenn es eutrophe Klargewässer mit einer mäßigen Entwicklung planktischer Mikroalgen im Freiwasser und einer artenreichen Entwicklung submerser (z. T. Grundrasen, Tauchblattfluren) und natanter (Schwimmdecken und -blattfluren) Makrophyten sind (s. Täuscher 1996). In Gebieten großer Stromauen sind potamale Auengewässer mit einer mäßigen Belastung mit anorganischen Nährstoffen und Sichttiefen größer als 1 m (= eutrophe Klargewässer) der natürliche/naturnahe Zustand (s. Lüderitz et al. 2009, Pottgiesser et al. 2012, Täuscher 1996, 2001, 2009, 2011) und gehören damit nach der FFH-Richtlinie (1992) zu den Lebensraumtypen 3150 „Natürliche eutrophe Seen mit einer Vegetation des Magnopotamions oder Hydrocharitions“ und 3260 „Flüsse der planaren bis montanen Stufe mit Vegetation des *Ranunculion fluitantis* und des *Callitrichio-Batrachion*“. Charakteristische Pflanzenarten dieser Lebensraumtypen mit vielen Arten der Roten Listen (s. Schnitter 2020) sind in den Auengewässern des Elbe-Havel-Winkels und der Unteren Havel *Ceratophyllum*-Arten (*C. demersum*, *C. submersum*), *Hottonia palustris*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna*-Arten (*L. minor*, *L. trisulca*), *Myriophyllum spicatum*, *Najas marina*, *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata*, *Persicaria amphibia* f. *natans*, *Potamogeton*-Arten (*P. friesii*, *P. lucens*, *P. natans*, *P. obtusifolius*, *P. pectinatus*, *P. perfoliatus*), *Ranunculus circinatus*, *Riccia fluitans*, *Spirodela polyrhiza*, *Stratiotes aloides* und *Utricularia vulgaris*. Nährstoffärmere (mesotrophe) Qualmgewässer an der Elbe (z. B. das große Qualmwasser „Rüdow“), Auentümpel an der Havel und Sekundärgewässer (Abgrabungsgewässer: Sand- und Kiesgruben) haben in den untersuchten Auengebieten eine große Bedeutung sowohl für eine Besiedlung mit Armleuchteralgen (*Chara globularis*, *Chara vulgaris*, *Nitella mucronata*), mit Wassermoosen (*Fontinalis antipyretica*, *Leptodictyum riparium*) als auch mit der emers und submers wachsenden Nadel-Sumpfsimse (*Eleocharis acicularis*) (s. Täuscher 1994-2001, 2012). Die Schlammfluren, Weichholz- und Hartholz-Auenwälder, die nur klein flächig ausgebildet sind, gehören zu den FFH-Lebensraumtypen 3270 „Flüsse mit Schlammhängen“, 91E0 „Weichholzauenwälder“ und 91F0 „Hartholzauenwälder“.

In den Hartholz-Auenwäldern sind Flutrinnen und Kleingewässern wichtige Biotope mit temporärer Wasserführung. Bemerkenswert sind Funde des Grünen Pantoffeltierchens (*Paramecium bursaria*: Symbiose mit den Grünalgen *Chlorella variabilis*, *Chlorella vulgaris*, *Micractinium conductrix*), das eine sehr hohe organische Belastung indiziert. Außerdem kommt in und an der Stromelbe, der Havel, den Altwasserflachseen, in den Qualmgewässern und in den Gräben eine tierische Besiedlung mit vielen Arten der Roten Listen (s. Schnitter 2020) vor. *Spongilla lacustris* (z. T. mit der symbiontischen Grünalge *Choricystis parasitica*) spielt für die Biofiltration eine große Rolle. Bei den Mollusken sind *Ancylus fluviatilis*, *Anodonta cygnea*, *Dreissena polymorpha*, *Pisidium*-Arten, *Radix auricularia*, *Sphaerium corneum*, *Succinea putris*, *Unio pictorum*, *Unio tumidus* und *Viviparus contectus* zu nennen. Zum Zooplankton und zum Makrozoobenthos gehören die Urzeitkrebse (Frühjahrsarten: *Eubbranchipus grubii* = *Siphonophanes grubei*, *Lepidurus apus*, Sommerarten: *Triops cancriformis*, *Branchipus schaefferi*) und die Krebse (*Asselus aquaticus*, *Astacus astacus*, *Bosmina longirostris*, *Cyclops* s.l.-Arten, *Daphnia*-Arten., *Diaphanosoma*-Arten, *Dikerogammarus villosus*, *Eriocheir sinensis*, *Gammarus fossarum*, *Gammarus roeseli*, *Gammarus tigrinus*, *Jaera sarsi*, *Orconectes limosus*). Auch 39 Libellen-Arten (z. B. *Aeshna viridis*, *Calopteryx splendens*, *Gomphus flavipes*, *Ophiogomphus cecilia*), Wasserwanzen (*Gerris*-Arten, *Nepa cinerea* = *N. rubra*, *Notonecta*-Arten, *Ranatra linearis*) und als besondere Wasserkäfer *Dytiscus marginalis* und *Hydrophilus piceus* wurden dokumentiert. 33 Fisch-Arten (mit den Arten nach Anhang II der FFH-Richtlinie: *Aspius aspius*, *Cobitis taenia*, *Lampetra fluviatilis*, *Misgurnus fossilis*, *Petromyzon marinus*, *Rhodeus amarus*, *Romanogobio belingi*, *Salmo salar*), viele Lurche (*Bombina bombina*, *Bufo bufo*, *Bufo viridis*, *Pelobates fuscus*, *Rana arvalis*, *Rana* kl. *esculenta*, *Rana lessonae*, *Rana temporaria*, *Triturus cristatus*, *Triturus vulgaris*), von den Reptilien *Anguis fragilis* und *Natrix natrix*, Wasservogel (*Alcedo atthis*, *Chlidonias niger*, *Ciconia ciconia*, *Ciconia niger*, *Haliaeetus albicilla*) und von den Säugetieren *Castor fiber albicus* und *Lutra lutra* sind als bemerkenswerte Wirbeltiere zu beobachten.

Fazit und Ausblick

Große Flüsse und ihre Auen mit der Vielfalt von primären und sekundären Auengewässern müssen ganzheitlich untersucht und betrachtet werden, um ihre ökologische und naturschutzfachliche Wertigkeit und ihre anthropogenen Beeinflussungen richtig bewerten zu können (s. auch Lüderitz et al. 2009). Dies ist wichtig, um naturnahe Bereiche in der Kulturlandschaft zu schützen und um starke negative menschliche Aktivitäten zu beseitigen. Dabei sind gute ökologische Verhältnisse (ökologischer Zustand 2 nach WRRL 2000) und gute Erhaltungszustände (Kategorie B nach FFH-RL 1992) das erste sehr wichtige Ziel.

Literatur

- FFH-RL (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie) (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. – Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Reihe L 206 vom 22. Juli 1992, S. 1-50.
- Keilhack K. (1887): Über alte Elbläufe zwischen Magdeburg und Havelberg. - Jahrbuch der königlich Preußischen geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin für das Jahr 1886: 238-252.
- Küster, H. (2007): Die Elbe. Landschaft und Geschichte. - Verlag C. H. Beck oHG, München: 336 S.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1999): Gewässerbewertung - stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien 1998. - Berlin.
- Lüderitz, V., U. Langheinrich & C. Kunz (eds.) (2009): Flussaltwässer. Ökologie und Sanierung. - Vieweg + Teubner / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden: 232 S.

- Mulderij, G. (2006): Chemical warfare in freshwater - allelopathic effects of macrophytes on phytoplankton. - Diss. Univ. Nijmegen, 289 S.
- Pottgiesser, T. (in Zusammenarbeit mit T. Ehlert, unter Mitwirkung von S. Guttman) (2012): Typisierung potamaler Altgewässer in Sachsen-Anhalt. – Endbericht im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Umweltbüro Essen Bolle & Partner GbR, Essen: 45 S. + Anhang; + 3 Steckbriefe für Altgewässer-Typen; + 4 Karten der Altgewässer-Typen.
- Schnitter, P. (Bearb.) (2020): Rote Listen Sachsen-Anhalt. - Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Halle), Heft 1/2020: 1-920.
- Scholten, M., M. Kleinwächter & L. Täuscher (2015, 2016): Kapitel 2.6: Lebensgemeinschaften in Fluss und Aue. - In: Kofalk, S., M. Scholten, P. Faulhaber, R. Baufeld, M. Kleinwächter & J. Kühnborn (eds.): Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft, Bd. 2: Struktur und Dynamik der Elbe. - Weißensee Verlag, Berlin 2015, Schweizerbart science publishers, Stuttgart 2016 - unveränderter Nachdruck der Originalausgabe: 103-140; Literatur - gesamt: 731-779.
- Täuscher, L. (1994-2001): Hydrobotanische und ökologische Untersuchungen an und in Gewässern des nördlichen Elb-Havel-Winkels (Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“, Sachsen-Anhalt) I. Untertrübengraben und Rahnsee (Wulkauer See); II. Garzer See und naturnahes Kleingewässer; III. Entwässerungsgräben; IV. Die planktische und benthische Algenbesiedlung der unteren Havel (incl. Gnevsdorfer Vorfluter); V. Die Mikro- und Makrophytenbesiedlung von Teilbereichen der Oberen Mittelelbe und ihrer Auengewässer (Elbe-km 395 bis 430); VI. Beitrag zur Mikroalgenbesiedlung des Königsfließes; VII. Die Wasser- und Sumpfpflanzen-Besiedlung von Kleingewässern; VIII. Beitrag zur Makrophyten-Besiedlung der Torflöcher bei Ferchels; Nachträge (Addenda). - Untere Havel - Naturkd. Ber. (Havelberg, Stendal) 3: 4-13; 4: 3-11; 5: 31-37; 6/7: 9-15; 8: 39-51; 9: 31-35; 10: 29-32; 11: 7-8; 11: 38-39.
- Täuscher, L. (1996): Beitrag zur Gewässerökologie des Elbe-Havelwinkels (Sachsen-Anhalt). - Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 33: 40-50.
- Täuscher, L. (2001): Die aquatische Mikro- und Makrophyten-Besiedlung der Mittelelbe und ihrer Auengewässer im Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“ (Brandenburg, Sachsen-Anhalt). - Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL)-Tagungsbericht 2000 (Magdeburg): 127-130.
- Täuscher, L. (2009): Wasser- und Sumpfpflanzen-Funde im Elbe-Havel-Winkel (Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“, Sachsen-Anhalt) III. Nachträge - Mitt. florist. Kart. Sachsen-Anhalt 14: 79-85.
- Täuscher, L. (2011): 50 Jahre Langzeit-Untersuchungen der Besiedlung mit Algen und Wasserpflanzen in dem Altwasser-Flachsee Kamernscher-Schönfelder See im Elbe-Havel-Winkel (Sachsen-Anhalt). - Untere Havel - Naturkd. Ber. (Stendal) 21: 2-7.
- Täuscher, L. (2012): Die Vorkommen von Armleuchteralgen (Charales) im Norden von Sachsen-Anhalt (Deutschland). – In: Schubert, H. (ed.): Kranswieren – Sonderband in Memoriam Joop van Raam. - Rostock. Meeresbiolog. Beitr. 24: 111-118.
- Täuscher, L. (2017-2021): Gewässerökologie des Elbe-Havel-Winkels und der unteren Havelniederung (Sachsen-Anhalt). - Beitragsskript zu „Taxonomisch-Ökologische Übungen“. - Humboldt-Universität zu Berlin - Lebenswissenschaftliche Fakultät – Institut für Biologie -Fachgebiet Ökologie (Prof. Dr. rer. nat. habil. Liliane Rueß), 39 S.
- Täuscher, L. (2018): Über 60jähriges Langzeit-Monitoring der aquatischen Makrophyten-Besiedlung im Kamernschen-Schönfelder See im Elbe-Havel-Winkel (Sachsen-Anhalt). - Untere Havel - Naturkd. Ber. (Stendal) 25: 51-57.
- Täuscher, L. & S. Wischer (2015): „Spurensuche“ - ein Schülerkurs „Auenökologie / Hochwasserschutz“ im „Grünen Haus“ im Elbe-Havel-Winkel (Sachsen-Anhalt) als Beitrag zur Umweltbildung. - Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL)-Erw. Zus.fass. der Jahrestagung 2014 (Magdeburg): 178-183.
- WRRL (Wasserrahmenrichtlinie) (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik – kurz: Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). - Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327 vom 22.12.2000, S. 1-72.
- Ziemann, H. (2010): Der Halobienindex und seine Weiterentwicklung. - Lauterbornia 70: 111-131.

Loss of functional traits in freshwater ecosystems: what are the impacts on phytoplankton-zooplankton dynamics?

Jessica Titocci¹; Patrick Fink; Maria Stockenreiter; Herwig Stibor

¹ Helmholtz Centre for Environmental Research GmbH - UFZ

Freshwater ecosystems are under pressure from climatic shifts and anthropogenic alterations. This is creating profound modification on ecosystem function and processes.

Freshwater biodiversity is in crisis and we generally know too little about it. Thus, it becomes crucial to understand the effects of diversity loss and community responses in a changing world. Here, we investigate how a loss of functional traits impacts on the complex phytoplankton-zooplankton interactions and feedback dynamics in natural freshwater ecosystems using a complementary approach with controlled laboratory scale and field mesocosm experiments. By manipulating natural phytoplankton trait diversity we hypothesize to get shifts in zooplankton community and possible feedback responses to the phytoplankton community again. We assume that differences in terms of phytoplankton community composition and structure (i.e. changes in pigments composition, size distribution, essential fatty acids production and nutrient uptake rates) due to changes in

nutrient availability, resource use, recycling patterns and feeding behaviors of altered zooplankton communities will occur. Overall, this will help us to assess how loss of specific traits could impact on plankton communities and to infer how the altered dynamics in turn could influence the maintenance of biodiversity itself.

Integrating freshwater fish biodiversity into spatial prioritization in Colombia

Thomas Tomiczek¹; Jaime Garcia Marquez²; Sami Domisch²

¹ Humboldt University Berlin; ² Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries

Colombia forms one of the global freshwater biodiversity hotspots, home to 1494 freshwater fish species. This exceptional fish fauna has, however, rarely been taken into account when selecting areas for biodiversity conservation. This study integrates freshwater fish distributions into a spatial prioritization exercise to assess to which extent (i) freshwater biodiversity, using fish as a proxy, is currently represented within the existing protected areas, and (ii) if alternative protected area schemes may have the potential to increase the number of fish species under protection.

We first collated a database of over 112,535 fish geographic occurrences of 1224 freshwater fishes across Colombia for which data was available, harmonized the nomenclature and revised the geo-referenced coordinates. Using the GMTED-digital elevation model at 1 km² resolution, we delineated a stream network with a minimum catchment size of 90 km², and

extracted the corresponding 33612 sub-catchments that served as spatial units within the analyses. We then aggregated fish occurrence data and environmental variables (climate, topography, land cover) across the sub-catchments and employed an ensemble of machine learning algorithms to project single fish distributions across the study area.

We finally used the integer linear programming to delineate a hypothetical protected area network that fulfills the minimum requirements for each fish species, i.e. maximizing species complementarity and connectivity among river catchments, while minimizing the cost in terms of human footprint index and required area for protection. Comparing the resulting portfolio of potential protected area networks to the existing one, it allows us to highlight possible gaps in the current freshwater fish representativeness across Colombia.

Nitrogen (nitrate and ammonium) as driver of phosphorus use efficiency in phytoplankton?

Gabriele Trommer¹; Patrick Lorenz²; Patrick Fink³; Monika Poxleitner²; Herwig Stibor²

¹ Wasserwirtschaftsamt Ansbach; ² Ludwig-Maximilians Universität München / Aquatische Ökologie; ³ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

It is known that the nitrogen forms nitrate (NO₃) and ammonium (NH₄) are used differentially by phytoplankton. One reason is for example that NH₄ can be taken up directly by species, whereas the utilization of NO₃ requires costly enzyme activity by especially equipped phytoplankton species. To investigate effects of increasing NO₃:NH₄ load and different ratios under low phosphorus conditions, we performed mesocosm experiments in an oligotrophic lake in southern Germany. We fertilized mesocosms over several months with different molar NO₃:NH₄ ratios. We found that increasing nitrogen load under 4:1 NO₃:NH₄ fertilization led to a reduction of polyunsaturated fatty acids in the phytoplankton community and not to large changes in phytoplankton biomass. However, we observed greater phytoplankton biomass in mesocosm treatments with a relatively higher ammonium supply (NO₃:NH₄ fertilization 1:4), and independent of total nitrogen load. Ammonium significantly increased the total chlorophyll a concentrations, and the resource use efficiency of available phosphorus. This effect was mainly driven by the growth of small phytoplankton species. The results show that spring phytoplankton is able to respond to variations in nitrogen forms under low phosphorus conditions not even by adjusting their biochemical and community composition but also with biomass changes. Such changes at the base of the food web may certainly affect higher trophic levels and should also be investigated in higher trophic lakes.

Entwicklung eines Biomonitoring-Verfahrens in Grünlandgräben

Lisa Tunder¹; Anna-Lena Rotenhagen²; Luise Giani²; Ellen Kiel¹

¹ Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, IBU, AG Gewässerökologie und Naturschutz; ² Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, IBU, AG Bodenkunde

Gräben bilden im Tiefland ein dichtes Netz aquatischer Systeme. Ursprünglich als Element des Wassermanagements angelegt, zeigt sich heute die regional hohe Bedeutung von Gräben als Ersatzlebensraum für eine Vielzahl von Tier- und Pflanzenarten. Diese ‚Lebensadern‘ der Agrarlandschaft sind meist vielfältigen Belastungsfaktoren ausgesetzt. Kommt es durch Boden- und Nährstoffeinträge aus angrenzenden Nutzflächen zur Eutrophierung der Gräben, kann die verstärkte pflanzliche Biomasseproduktion schnell zur Verlandung des Systems führen. Die intensivere Gewässerunterhaltung zur Sicherung der optimierten Landbewirtschaftung steht den aktuellen Bestrebungen zur Belastungsminimierung von Gräben entgegen.

Anders als bei Fließgewässern fehlt für Gräben die Möglichkeit, ökologische Effekte unterschiedlicher (Nährstoff-)Einflüsse systematisch zu bewerten und von bewirtschaftungsunabhängigen Faktoren zu differenzieren. Um effiziente Empfehlungen an die landwirtschaftlichen Akteure zu richten, ist diese Differenzierung jedoch essenziell.

Ziel dieser Studie ist (1) die ökologische Charakterisierung der Effekte unterschiedlicher Düngung auf die Gemeinschaft der grabenlebenden Makroinvertebraten, (2) die Entwicklung eines Konzeptes zur Bewertung der gewässerökologisch relevanten Düngeeffekte und (3) die Entwicklung eines Methodenstandards, der eine Erfolgskontrolle der (veränderten) Nährstoffsituation erlaubt. Ausgangspunkt bildet die Annahme, dass nährstoffbedingte Unterschiede der Grabenvegetation – als wesentliches Besiedlungssubstrat – systematische Unterschiede der Makroinvertebratenfauna bedingen.

Im Rahmen dieser Studie werden 47 Grünlandgräben im Einzugsbereich der Jade (Nordwestdeutsches Tiefland, Niedersachsen) untersucht. Mit Marsch-, Moor- und grundwasserbeeinflussten Mineralböden sind im Projektgebiet die wesentlichen Bodentypen der niedersächsischen Küstenregionen vertreten. In allen Gräben wird die Besiedlung durch Makroinvertebraten systematisch erfasst. Die regelmäßige Erfassung der Parameter Stickstoff und Phosphor ermöglicht die Charakterisierung der Nährstoffsituation. Dieser Vortrag beinhaltet neben konzeptionellen und methodischen Grundlagen zur Realisierung des Vorhabens erste Ergebnisse zur Besiedlung der Gräben durch Makroinvertebraten.

Vorhabens- und Sanierungspläne als Lösungsansatz zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele von Oberflächenwasserkörpern in Sachsen

Kai-Uwe Ulrich¹, Adrian Horn¹, Johannes Kranich², Frank Herbst² & Christine Stevens²

¹ BGD ECOSAX GmbH, Tiergartenstr. 48, 01219 Dresden, k.ulrich@bgd-ecosax.de; ² Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden, johannes.kranich@smekul.sachsen.de

Keywords: Gewässerbewirtschaftung, Zielerreichung, Cadmium, Hintergrundkonzentration, Nährstoffeintrag, Wasserüberleitung

Einleitung

Die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000) zur Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials und des guten chemischen Zustands von Fließgewässern schreitet auch in Sachsen nur langsam voran. Zwar hat sich der Anteil der Oberflächenwasserkörper (OWK) im guten Zustand/ Potenzial vom 1. Bewirtschaftungszyklus (2009–2015) zum Ende des 2. Bewirtschaftungszyklus (2016–2021) auf etwa 6 % verdoppelt. Das Ziel, alle OWK bis zum Ende des 3. Bewirtschaftungszyklus im Jahr 2027 in einen guten Zustand/ Potenzial zu bekommen, ist aus heutiger Sicht jedoch nicht zu erreichen, was zu einem Vertragsverletzungsverfahren der EU führen kann. Deshalb müssen erhebliche Anstrengungen zu einer besseren Umsetzung der WRRL ergriffen werden. Das LfULG Sachsen hat als einen Konzeptansatz sog. Vorhabens- und Sanierungspläne (VoSa) initiiert, um die relevanten Belastungsfaktoren näher zu spezifizieren, die Quellen, Quellpfade und -stärken zu identifizieren und geeignete, kosteneffiziente Maßnahmen zur Belastungsminderung abzuleiten. Eine problembezogene Tiefenprüfung soll die Fokussierung auf relevante Belastungen und Maßnahmen ermöglichen. Ausschnittsweise werden Ergebnisse der VoSa für die OWK Triebel (Vogtland) und Eula-4 (mitteldeutsches Braunkohlenrevier) vorgestellt.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet

Der **Triebelbach** ist ein 15,5 km langer grobmaterialreicher silikatischer Mittelgebirgsbach (LAWA Gewässertyp 5) im Oberlauf der Weißen Elster (Vogtland) mit 39,4 km² Einzugsgebiet. Gemäß 2. Bewirtschaftungsplan (2016–2021) befand sich der natürliche Wasserkörper Triebel (DESN_566138) in einem als „mäßig“ eingestuften ökologischen Zustand (Ursachen: Makrophyten/Phytobenthos, Fischfauna). Er wurde wegen Reliktvorkommen der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) als Zielerreichungsgewässer deklariert. Für den „nicht guten“ chemischen Zustand waren Belastungen durch Cadmium (nicht ubiquitäre Stoffe) sowie Quecksilber und PAK (ubiquitäre Stoffe) verantwortlich. Im Einzugsgebiet (EZG) gibt es einen aktiven Diabas-Steinbruch und Einflüsse durch früheren Erz- und Flussspat-Bergbau. Ein Abflusspegel existiert nicht, jedoch mehrere Gütemessstellen. Die Landnutzung im EZG ist geprägt durch 57 % Nadelwald,

25 % Ackerland und 15 % Grünland (LfULG 2017). Rund 3 % entfallen auf Siedlung, Infrastruktur und Sonstiges. Die gewässernahen Flächen außerhalb der Ortslagen werden überwiegend als Grünland bewirtschaftet und als Weiden genutzt. Ein naturnaher Gewässerrandstreifen fehlt, lediglich eine Reihe älterer Bäume säumt die Bachufer.

Der erheblich veränderte Wasserkörper **Eula-4** (DESN_566688-4) ist ein 11,6 km langer Sand- und Lehm-geprägter Tieflandfluss (LAWA Gewässertyp 15) im von Braunkohlebergbau geprägten Südraum Leipzigs mit 35,8 km² Einzugsgebiet. Er wies im 2. Bewirtschaftungsplan ein unbefriedigendes ökologisches Potenzial (Makrophyten/Phytobenthos) auf. Die Morphologie war sehr stark verändert und die Orientierungswerte der allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (ACP) Sauerstoff (Minimalkonzentration), Gesamt-P, Nitrit, Ammonium und Sulfat nicht eingehalten. Für den „nicht guten“ chemischen Zustand waren Belastungen durch Nickel und DDT (nicht ubiquitäre Stoffe) sowie Quecksilber und PAK (ubiquitäre Stoffe) verantwortlich. Wegen der Überleitung von Muldewasser zur Brauchwasserbereitstellung für das Kraftwerk Lippendorf und einen Chemiestandort (realisiert über den Wasserspeicher Witznitz) ist der Abfluss des OWK Eula-4 (Menge und Dynamik) anthropogen stark überprägt. Die Überleitung wirkt sich auf das ökologische Potenzial und den chemischen Zustand aus.

Inhalte eines Vorhabens- und Sanierungsplans in Sachsen

Nach der gängigen Mustergliederung enthält das Planungsinstrument zehn Hauptbestandteile:

1. Gebietsübersicht: OWK mit Einzugsgebiet, Leitbild und Referenzzustand, relevante Planungen
2. Zustands-/Defizitanalyse: Antwort auf die Frage: Was ist nicht gut?
3. Kausalitätsanalyse: DPSIR¹-Ansatz zur Frage: Was sind maßgebliche Belastungen?
4. Verursacheranalyse: Antwort auf die Frage: Was sind die Ursachen / Quellen der Belastungen?
5. Handlungsanalyse: Antwort auf die Frage: Was ist grundsätzlich zu tun?
6. Restriktionsanalyse: Analyse der Hindernisse (z. B. Zielkonflikte, Eigentumsverhältnisse)
7. Maßnahmenableitung: Prinzipiell geeignete Maßnahmen, um Belastungen zu reduzieren
8. Maßnahmenbewertung & Priorisierung nach Wirksamkeit, Synergien, Umsetzbarkeit, Kosten
9. Maßnahmenkonzept: Konzeptionelle Darstellung der priorisierten Maßnahmen
10. Zielerreichbarkeit: Prognose, ob Ziele erreichbar sind; ggf. Fristverlängerung oder Begründung weniger strenger Bewirtschaftungsziele gemäß § 30 WHG (2009)

Die Erstellung der beiden VoSa erforderte mehrere Gewässerbegehungen. Die Erstbegehung bezweckte u. a., potenzielle Belastungsquellen aufzuspüren, Ufer- und Flächenerosion, Querbauwerke und Strukturdefizite zu erfassen und Messstellen unter- und oberhalb von Zuflüssen und Einleitungen sowie in diesen selbst festzulegen. Bei späteren Kampagnen wurden die Abflüsse mit piezoelektrischem Sensor (OTT-Gerät) gemessen und Wasserproben genommen. Zudem wurden einmalig Seston- bzw. Sedimentproben gewonnen. Die Analysen erfolgten in akkreditierten Laboratorien, u.a. bei der Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft des Freistaates Sachsen.

¹ D: drivers (antreibende Faktoren), P: pressures (konkrete Belastungen), S: state (Gewässerzustand), I: impact (Auswirkungen auf Biozöten), R: responses (abgeleitete Maßnahmen)

Ergebnisse

OWK Triebel: Verursacheranalyse

Bei der Erstbegehung von der Mündung zur Quelle wurden mehrere mutmaßliche diffuse und punktuelle Belastungsquellen festgestellt, die im Zuge von drei Kampagnen bei unterschiedlichem Abfluss untersucht wurden. Die erste Messung im Nov. 2018 fand bei Niedrigwasser < MNQ statt, der Triebel-Oberlauf war ausgetrocknet. Bei der zweiten Messung im März 2019 herrschte leichtes Hochwasser, bedingt durch Schneeschmelze und Niederschlag. Der Abfluss an der Mündung war 9-fach höher, lag aber nur leicht über dem regionalisierten MQ-Wert (Abb. 1). Der Vergleich der im Triebelbach gemessenen Abflüsse mit der kumulierten Abflusssumme der gemessenen Zuflüsse zeigt, dass bis zum Unterlauf etwa ein Drittel aus diffusem Wasserzutritt (Hangwasser, Interflow) stammte. Bei der dritten Stichtagsmessung Ende Mai 2019 lag der Abfluss unter dem regionalisierten MQ mit Tendenz zu MNQ. Diesmal resultierte etwa die Hälfte des Abflusses im Triebelbach aus diffusem Wasserzutritt. Bei den Kampagnen wurden bis zu 38 Wasserproben genommen und analysiert.

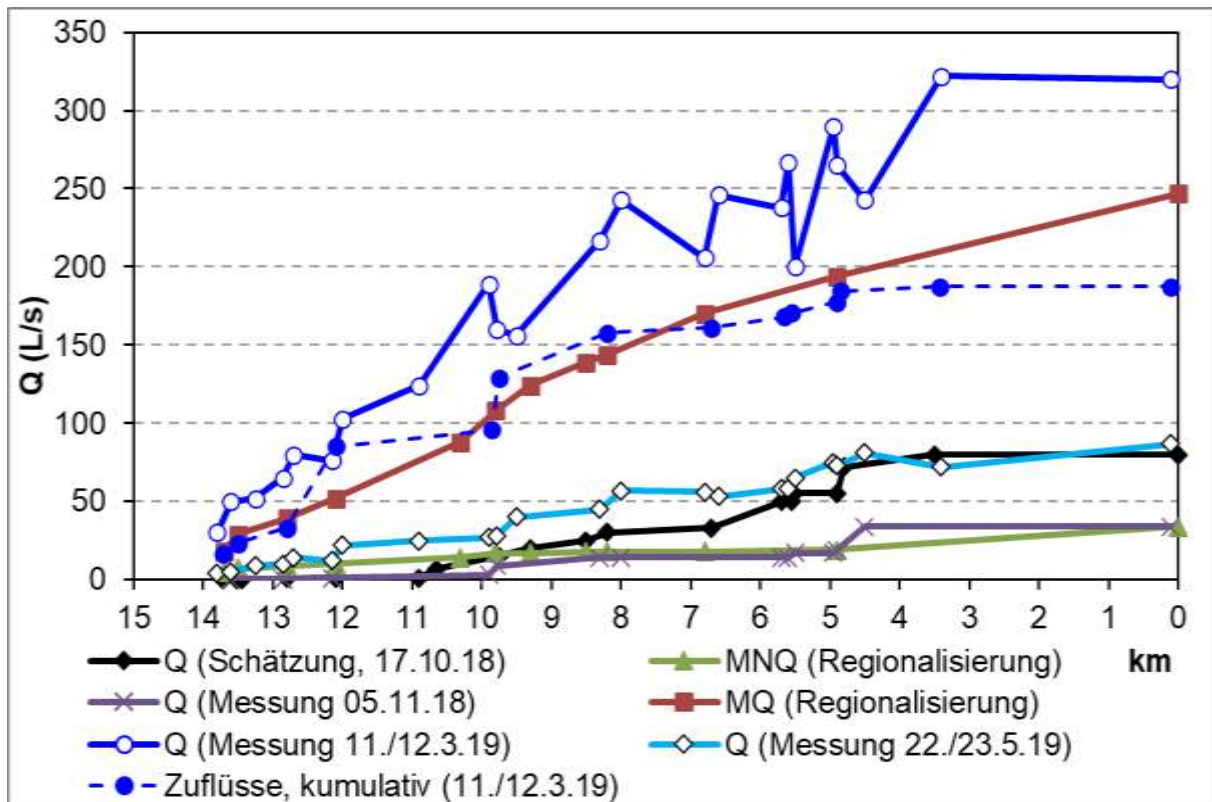


Abb. 1: Gemessener und geschätzter Durchfluss im Triebelbach entlang der Fließstrecke im Vergleich mit regionalisierten MNQ- und MQ-Werten aus dem Wasserhaushaltsportal Sachsen (2018). Für die Messung im März 2019 sind die Zuflüsse zum Triebelbach kumulativ aufgetragen.

Um mögliche Belastungsquellen zu erkennen, wurden die Stofffrachten (Produkt aus Konzentration und Abfluss) als Funktion der Fließstrecke visualisiert. Die Abb. 2 demonstriert dies am Beispiel von Nitrat, Gesamtphosphor und Cadmium. Die Tagesfrachten von $\text{NO}_3\text{-N}$ korrelierten positiv mit dem Abflussregime und nahmen in Fließrichtung des Triebelbachs stetig zu. Während im Oberlauf die Frachtsumme der Zuflüsse mit der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Fracht im Triebelbach nahezu übereinstimmte, divergierten beide Frachtgrößen zunehmend stromabwärts von Fluss-km 10. Dies zeigt, dass diffuse Nitratreinträge über Sickerwasser aus ufernahen Flächen die Nitratfracht entlang der Fließstrecke steigern.

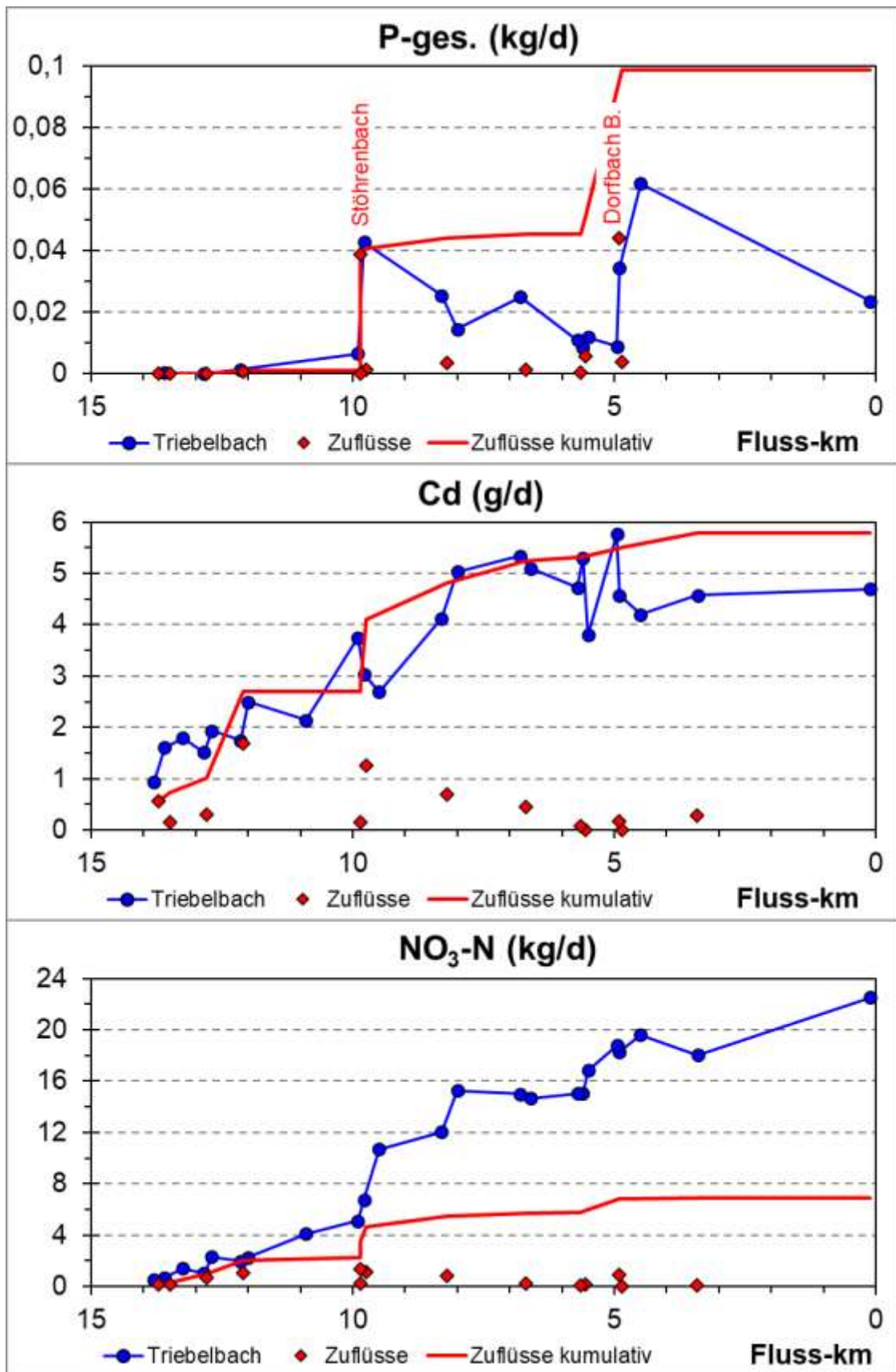


Abb. 2: Frachten von Gesamtphosphor bei MNQ im Nov. 2018 (oben), gelöstem Cadmium bei >MQ im März 2019 (Mitte) und Nitrat-Stickstoff bei ca. 2-fach MNQ im Mai 2019 (unten) im Triebelbach entlang der Fließstrecke (blaue Kreise) und in teilweise bezeichneten Zuflüssen (rote Rauten) sowie kumulativ für alle beprobten Zuflüsse (rote Linie).

Die P-ges Fracht war erwartungsgemäß bei hohem Abfluss (>MQ) mit bis zu 400 g/d am höchsten, bei MNQ (Herbst 2018) betrug sie lediglich ein Viertel (Abb. 2). Haupteintragsquellen waren der Stöhrenbach und der Bösenbrunner Dorfbach, wobei erhöhte Einträge von Ammonium, Nitrit, BSB und TOC den Verdacht auf Siedlungsabwasser lenken. Im Mai 2019 kam noch ein deutlicher Frachtanstieg bei P-ges unterhalb von Fluss-km 4,5 hinzu. In diesem Bereich weideten Rinder entlang des Flussufers. Der zwischen den Ortslagen Triebel und Bösenbrunn sowie flussabwärts bis zur Mündung erkennbare Rückgang der P-ges Fracht auf ein Drittel bis Viertel (Abb. 2) beruht auf Sedimentation, was auch zur Akkumulation abgelagerter Schwebstoffe beiträgt.

Auch die Tagesfrachten des gelösten Cadmiums korrelierten mit dem Abflussregime. So stieg bei hohem Abfluss (>MQ) die Cd-Fracht in Fließrichtung von 1 g/d auf über 5 g/d an, wobei der Hauptanstieg im Ober- und Mittellauf erfolgte (Abb. 2). An der guten Übereinstimmung des Frachtverlaufs im Triebelbach und der Summenfracht der Zuflüsse zeigt sich die Herkunft des Cadmiums aus Seitenbächen, insbesondere bei der Schneeschmelze. Die niedrigste Cd-Fracht wurde unter MNQ-Bedingungen festgestellt (bis 0,11 g/d). Der namenlose Zufluss bei der Triebelmühle wies überraschend hohe Konzentrationen, aber geringe Frachten auf. Der Brüder-Einigkeits-Erbstollen stellte keine Eintragsquelle dar.

OWK Triebel: Ableitung von Maßnahmen

Da keine lokalen anthropogenen Belastungsquellen für Cadmium im Einzugsgebiet identifiziert werden konnten, wurde nach der Methodik der LAWA (2015) eine Hintergrundkonzentration als regionale Jahresdurchschnitt-Umweltqualitätsnorm (JD-UQN) erarbeitet. Für die amtlichen Gütemessstellen ohne anthropogenen Einfluss im Oberlauf wurden die langjährigen Datenreihen (Zeitraum 2001–2017) gepoolt ausgewertet:

N = 95, Median 0,27 µg/l Cd, 90-Perz. 0,50 µg/l Cd, Max 1,2 µg/l Cd

Das 90-Perzentil von **0,5 µg/l Cd** wurde als Hintergrundkonzentration und JD-UQN statt 0,09 µg/l Cd nach OGewV (2016) vorgeschlagen und mittlerweile in der Zustandsbewertung für den 3. Bewirtschaftungsplan herangezogen. Außerdem existiert bereits für den Grundwasserkörper im Einzugsgebiet ein geogen erhöhter Schwellenwert von 0,7 µg/l Cd statt 0,5 µg/l Cd [9]. Für die ZHK-UQN von 0,6 µg/l Cd (OGewV 2016) besteht kein fachlicher Grund für eine regionale Anpassung.

Die Tabelle 1 nennt acht Maßnahmen zur Minderung bzw. Beseitigung punktueller Belastungen, wovon vier in den Verantwortungsbereich des Steinbruchbetreibers und je zwei in den der Unteren Wasserbehörde und des zuständigen Landwirtschaftsbetriebs fallen.

Zur Minderung diffuser Belastungen dienen folgende Maßnahmen des LAWA-Katalogs:

- 14 Pufferstreifen entlang erosionsgefährdeter Steillagen ($\geq 130 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) mit Längen von 115–565 m als extensive Sukzessionsflächen (Flächenbedarf 4,5 ha);
- Minderung von Erosion am Gewässer und des Stoffeintrags durch Weidetiere (zurückgesetzter Weidezaun, Mahd im Gewässerrandstreifen, Trinkwagen entfernt vom Gewässer, keine Düngung);
- Minderung des Nitrataustrags, Senkung des Nährstoffeintrags auf Grünland und Ackerflächen, ausgewogene Nährstoffbilanz, gewässerschonende Gülleausbringung;
- Landwirtschaftliche Beratung insbesondere zu Erosionsminderung, Minderung des Nitrataustrags und Besonderheiten der gewässernahen Weidenutzung.
- **Hydrologie:** Entnahmeverbote bei Niedrigwasser.
- **Durchgängigkeit:** Rückbau von acht Querverbauungen (ca. 32 T€ Baukosten).

Tab. 1: Maßnahmen am Triebelbach zur Minderung punktueller Belastungen

Flussmeter	Maßnahme	Präzisierung
630	Maßnahmen zur Reduzierung der direkten Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft (Zugang Weidetiere unterbinden)	Unterbindung des Zugangs von Weidetieren zum Bach, "Durchsetzung gute fachliche Praxis"
1450	Sonstige Maßnahme zur Reduzierung anderer hydromorphologischer Belastungen	Untersagung der Gewässerdurchfahrt ohne befestigte Furt oder Überfahrt
3420	Maßnahmen zur Reduzierung punktueller Stoffeinträge aus dem Bergbau (Haldensickerwassereinleitung)	Unterbindung der Einleitung von unbehandeltem Haldensickerwasser
4910, 9850	Vertiefende Untersuchungen und Kontrollen (Kleinkläranlagen)	Kontrollen der Funktion von Kleinkläranlagen mit Entwässerung in den Dorfbach Bösenbrunn / Stöhrenbach
5500, 5550, 5650	Vertiefende Untersuchungen und Kontrollen (Rückhalt partikuläre Stoffe, Ausfällung)	Ablauf Diabasbruch, Partikelrückhalt, Prüfung Ausfällungspotenzial

Gewässer-/Habitatstruktur: Sechs Maßnahmen in der Ortslage Triebel (Initialpflanzungen von standorttypischen Gehölzen, Dynamisieren von Profil und Uferlinie (Uferbermen, Dreiecksbuhnen als Strömunglenker, Belebungssteine zur Strömungsvitalisierung, optimierte Böschungsmahd) als Aufwertungsstrahlweg mit Trittsteinen (Kostenschätzung 92 €/m). Zusätzlich sollte die Flussperlmuschel durch wechselseitigen Gehölzbestand und gehölzfreie Abschnitte entlang des Triebelbachs gefördert werden.

Die abgeleiteten Maßnahmen wurden bezüglich ihrer Umsetzbarkeit, Kosten und Wirksamkeit eingestuft. Eine **Nutzwertanalyse** diente der Priorisierung. Die Nutzfaktoren zur Ökologie wurden insgesamt mit 50 % gewichtet mit stärkerem Fokus auf Makrozoobenthos und Makrophyten/Phytobenthos, da hier die Hauptdefizite laut der Bewertung von 2015 liegen. Die Kosten wurden mit 30 % und die Umsetzbarkeit mit 20 % gewichtet. Die Nutzwerte errechnen sich aus den Produktsummen.

Im Ergebnis der Nutzwertanalyse erhielten fünf Maßnahmen eine sehr hohe Priorität (< 1,5), 17 Maßnahmen eine mittlere Priorität (< 2) und sieben Maßnahmen eine geringere Priorität (< 2,5). Die höchsten Nutzwerte zeigen Maßnahmen zur Verhinderung des Eintrags von Haldensickerwasser, der Rückbau von Stauanlagen sowie landwirtschaftliche Maßnahmen gegen Erosion auf der Fläche. Deshalb folgert die Studie, diese Maßnahmen zügig zur Stabilisierung des derzeit zwischen „mäßig“ und „gut“ pendelnden Zustands umzusetzen. Dagegen sind die Strukturmaßnahmen in der Ortslage Triebel aufgrund der Kosten und der nur mittleren Priorität nachrangig.

OWK Eula-4: Verursacheranalyse

Ausschlaggebend für das „unbefriedigende“ ökologische Potenzial war im 1. Bewirtschaftungszeitraum die biologische Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos. Als Referenzzustand karbonatisch und basenreich organisch geprägter potamaler Fließgewässer des

Norddt. Tieflandes werden Makrophyten vom Typ TNk, Phytobenthos vom Typ PB 10 und benthische Diatomeen vom Typ D 12.2 erwartet. Demgegenüber ergab die Untersuchung der morphologisch verschieden strukturierten OWK-Abschnitte im Jahr 2020 ein sehr heterogenes Bild u.a. mit flutenden Makrophyten und rhithralen Zeigerarten. Aus den jeweiligen Indices für Diatomeen, Makrophyten, Phytobenthos, Halobien und Trophie errechnete sich die Ökologische Zustandsklasse 4. Als **Hauptbelastungsfaktoren**, die sich besonders negativ auf die Bewertung auswirken, wurden abgeleitet: Nährstoffe (N, P), erhöhte Strömung (Q, v) und die sehr stark veränderte Hydromorphologie. Für die letzten beiden Belastungsfaktoren liegt die Ursache eindeutig in der bedarfsgesteuerten Muldewasserüberleitung (Abb. 3) und dem begradtigten Gewässerausbau. Als Nährstoffquellen wurden die Vorbelastung im Oberlieger-OKW Eula-3 und im Muldewasser sowie alle Zuflüsse außer dem Saubach erkannt. Dadurch schwankt die P-ges Konzentration unabhängig von der Überleitung (Abb. 4). Im Gegensatz dazu zeigt die Sulfatkonzentration eine deutliche Abhängigkeit, wobei ohne Überleitung der Orientierungswert der OGewV (2016) von 200 mg/L für das „gute“ ökologische Potenzial merklich überschritten ist.

Als Quelle für die Nickelbelastung wurden der Saubach (bis zu 100 µg/L in 2019), der Heinersdorfer Bach und die Vorbelastung im OWK Eula-3 identifiziert.

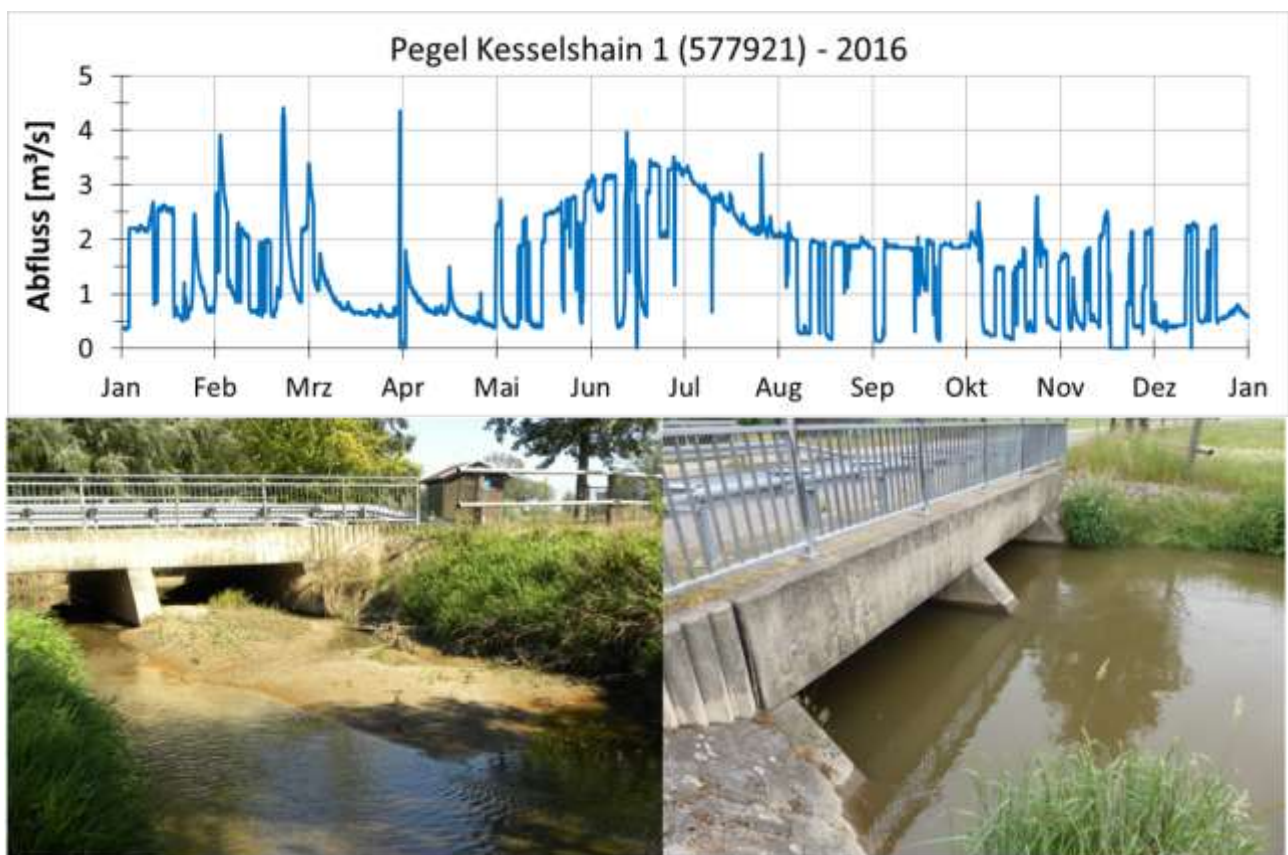


Abb. 3: Abflussschwankung im OWK Eula-4 (Pegel Kesselshain 1) im Kalenderjahr 2016. Die hohen Werte resultieren aus der Überleitung von Muldewasser (rechtes Foto: Horn, 06.06.2018), die niedrigeren repräsentieren den natürlichen Gebietsabfluss (linkes Foto: Herbst, 12.09.2018).

OWK Eula-4: Ableitung von Maßnahmen

Die Muldewasserüberleitung ist eine bis 2045 genehmigte Restriktion, die sich nicht beseitigen lässt. Zur Abschwächung der erhöhten Strömung wurden lokale Aufweitungen des Profils und die Schaffung strömungsberuhigter Bereiche vorgeschlagen. Dadurch soll auch morphologische

Strukturvielfalt geschaffen werden. Zur Durchgängigkeit der für Fische nicht passierbaren Wehre wurden bereits Maßnahmen umgesetzt. Maßnahmen zur Minderung der Nährstoffeinträge betreffen die Hofentwässerung eines Milchviehbetriebs, Düngoptimierung im landwirtschaftlich genutzten EZG, den Ausbau von Gewässerrandstreifen und von kommunalen Kläranlagen.

Als Fazit des VoSa wurde aufgrund der bestehenden Restriktionen ein weniger strenges Bewirtschaftungsziel für den OWK Eula-4 für den Zielerreichungshorizont 2027 formuliert, nämlich ein „mäßiges“ ökologisches Potenzial. Damit wäre die konsequente Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Potenzials um eine (statt um zwei) Zustandsklassen geboten. Weniger strenge Bewirtschaftungsziele bedürfen einer regelmäßigen Prüfung. Eine Fortschreibung für weitere Bewirtschaftungszyklen nach 2027 ist möglich, soweit alle verhältnismäßigen Maßnahmen zur Erreichung des bestmöglichen Zustandes ergriffen werden.

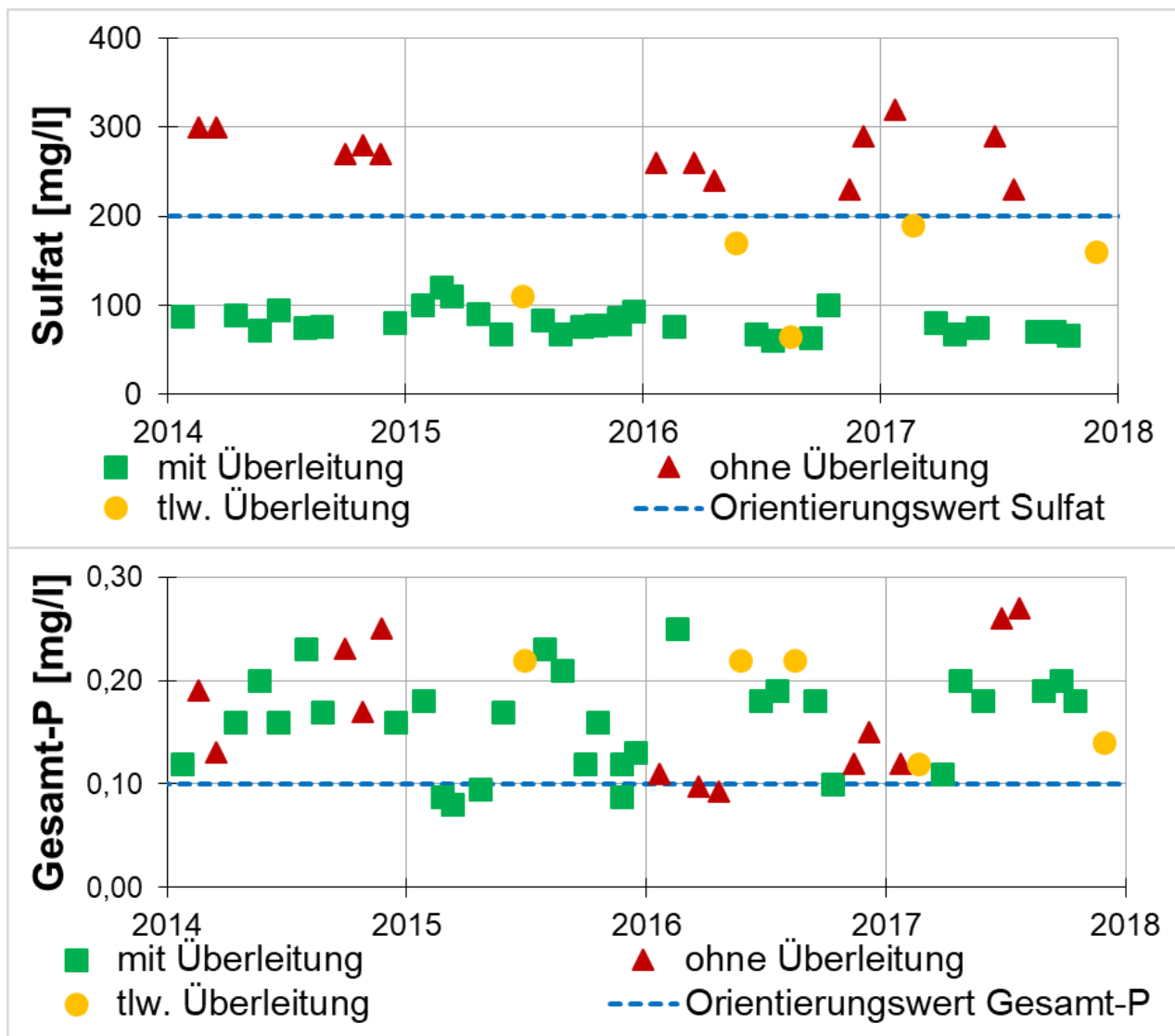


Abb. 4: Konzentration von Sulfat (oben) und P-ges (unten) an Stichtagen mit maximaler bzw. teilweiser Wasserüberleitung und ohne Überleitung. Die Strichlinien zeigen die Orientierungswerte von Anl. 7 OGewV (2016) für das „gute“ ökologische Potenzial.

Schlussfolgerungen

Um die Zielerreichung gemäß WRRL (2000) für Oberflächenwasserkörper passgenau zu beschleunigen, hat der Freistaat Sachsen das Planungsinstrument VoSa für Oberflächenwasserkörper mit komplexen Belastungssituationen geschaffen. Zwei Beispiele aus der Praxis haben demonstriert, wie es bei vielschichtigen Gewässerbelastungen gelingt, die Ursachen der Zielverfehlung ganzheitlich zu ergründen, Maßnahmen zielkonkret abzuleiten und anhand von Nutzwerten zu priorisieren, vorhandene Restriktionen einzubeziehen und im Bedarfsfall Ausnahmetatbestände (z. B. weniger strenge Bewirtschaftungsziele) stichhaltig zu begründen. Das Planungsinstrument erweist sich als ein geeignetes Werkzeug, die dringend erforderlichen Maßnahmen wirkungsvoll zu planen. Zum Erfolg der geforderten Zielerreichung nach WRRL bedarf es einer konsequenten und stark beschleunigten Realisierung solcher Maßnahmen.

Danksagung

Die Arbeit entstand im Rahmen von zwei vom LfULG beauftragten Projekten zur Vorhaben- und Sanierungsplanung. Wir bedanken uns für die konstruktive Zusammenarbeit und Unterstützung.

Literatur

- LAWA (2015): Berücksichtigung von natürlichen Hintergrundkonzentrationen bei der Beurteilung von Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen nichtsynthetischer Schadstoffe. LAWA-AO, Technische Anleitung zur Oberflächengewässerverordnung, Arbeitspapier 1, 2.7.2015.
- LfULG (2017): Steckbrief Oberflächenwasserkörper Triebel (DESN_566138). Bewertungszeitraum 2009-2015, Stand 24.5.2017.
- OGewV (2016): Oberflächengewässerverordnung (OGewV) - Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer vom 20.06.2016, zuletzt geändert am 09.12.2020.
- Wasserhaushaltsportal Sachsen, URL: <https://www.wasser.sachsen.de/wasserhaushaltsportal-11071.html> (Stand 11/2018).
- WHG (2009): Wasserhaushaltsgesetz (WHG) - Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 31.07.2009, zuletzt geändert am 18.07.2017.
- WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik - Wasserrahmen-Richtlinie (WRRL), zuletzt geändert durch die Richtlinie 2014/101/EU vom 30.10.2014.

Biochemically stimulated sludge degradation with a new method - first experiences from feasibility studies

Kai-Uwe Ulrich ¹, A. Rau ² & T. Willuweit ³

1 BGD ECOSAX GmbH, Tiergartenstraße 48, 01219 Dresden, k.ulrich@bgd-ecosax.de; 2 Landestalsperrenverwaltung Sachsen, Betrieb Oberes Elbtal, 01744 Dippoldiswalde; 3 SÖLL GmbH, Fuhrmannstr. 6, 95028 Hof, willuweit@soelltec.de

Keywords: lake, phosphorus, sediment treatment, calcium peroxide, organic matter, decomposition

Introduction

Accelerated eutrophication of lakes and rivers, coupled with high sediment accumulation, near-bottom oxygen deficiency, insufficient phosphate (PO₄) burial, and dominance by cyanobacteria, remains a major water quality and health issue worldwide (Morris 1999; Rabalais et al. 2010; Ansari et al. 2011). Especially prone are shallow lakes, the most common freshwater bodies in the world (Wetzel 2001; Downing et al. 2006). They are widespread elements of the landscape and contribute to the microclimate, biodiversity, local recreation and, managed as fish pond, also to food production. Due to their low water depth (<5 m) they are usually polymictic, sometimes short-term stratified depending on the weather (DGL 2014).

In contrast to deep lakes, nutrients in shallow lakes are recycled faster and more frequently, giving them a higher degree of trophic (Kumar & Sekaran 2014). At medium trophic level, major primary producers and transient nutrient pools are macrophytes and floating leaf plants, supporting transparent lake water. With increasing nutrient input, the dominance of macrophytes can rapidly shift to phytoplankton, while water turbidity increases (Qin et al. 2013). Cyanobacteria and accelerated sedimentation are undesirable for lake usage. Because lowering of the trophic state due to the well-known hysteresis can take a long time even after reducing nutrient inputs, supportive or faster effective water treatment measures are desirable. This may direct the focus on the pond sediment.

Restoration methods directed to the sediment include traditional sediment dredging, which causes severe disturbance of established habitats and usually high costs and requires deposition of the dredged matter, which is frequently loaded with substances above regulated threshold values. In-situ measures are combating excessive oxygen deficits and/or nutrient release from the sediments. An established technology is supply of nitrate as an electron acceptor to increase the redox potential near the sediment–water interface and stimulate mineralization, in combination with calcium or iron to precipitate phosphate (RIPLOX method, Ripl 1976). Although a water-soluble nutrient is introduced by this technique which may temporarily enhance eutrophication, the phosphorus binding capacity of the sediment may increase (Schauser et al. 2003).

The present study tested the feasibility of a new approach based on a nutrient-free substance mixture that contains aerobic microbes and liberates molecular oxygen as electron acceptor for microbial decomposition of organic matter (OM) and potential oxidation of reduced ions. Here we report and discuss effect monitoring results from applications at three test sites, two ponds and one shallow lake located in Germany and China.

Material, Procedure and Methods

The tested products (SchlixX[®] and SeDox[®], Söll 2015) contain up to 3 components:

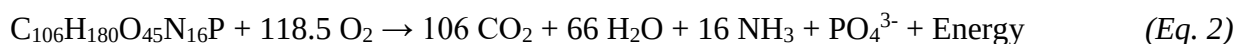
- Calcium peroxide (CaO₂), active ingredient (15–75 %)
- Bentonite (for approval), CaCO₃ (for buffering), CaCl₂, Ca(OH)₂ (side-products of manufacturing)
- Cultivated aerobic bacteria (up to 8 different species, freeze-dried).

Calcium peroxide is a water insoluble powder that in non-acidic water slowly decomposes over 8–10 weeks by releasing molecular oxygen (Eq. 1; Ma et al. 2007). The substance has been used as an oxygen realizing compound (ORC) for contaminant degradation in soil (Cassidy & Irvine 1999), in shrimp farm sediment (Hanh et al. 2005), in treatment walls (Chevalier & McCann 2008) or to control P-concentration in water and sediments (Willuweit et al. 1999).



The substance was introduced to the sediment surface by boat equipped with a suspension and dosing system and GPS tracking, or injected ~0.5 m deep into the sediment by using a lance.

To derive the chemical reaction potential, we calculated the SchlixX⁺ dose per m² needed to reduce loss on ignition by 1 % unit. Assuming “average biomass” according to Eq. 2 (Uhlmann & Horn 2001), 1.56 g O₂/g OM are needed. Thus 15.6 g O₂/kg DR (dry residue) is needed to decompose 10 g OM/kg DR. For the 0–1 cm sediment layer with dry residue content of 0.045 g DR/cm³ WS (original wet sediment), 450 g DR/m² require 7.0 g O₂/m².



Because 1 kg of SchlixX[®] will release 33.3 g O₂ over 8–10 weeks, the demand would be 210 g/m².

However, O₂ may also oxidize inorganic reductants in the sediment, e. g. Fe(II) (Eq. 3):



A conceptual sketch of interacting processes and reactions across the water-sediment interface is shown in Fig. 1.

Study sites

The Mühlenteich pond (52° 12.027' N, 8° 6.265' E) is located in the village Georgsmarienhütte near Kloster Oesede, Lower Saxony, Germany. The surface area is roughly 10,700 m² (excluding a fully silted area), the water depth ranged from less than 0.5 m to 1.1 m (2014). The lake is fed by precipitation and groundwater as it has no connection to a nearby river. The total sediment volume prior to the first application of ORC was estimated to roughly 10,700 m³ (Boenert & Lansing 2014). SchlixX[®] was applied four times by supplying doses of 47 (9/2012), 280 (7/2013), 140 (6/2014) and 62 g/m² (8/2018). Between August 2012 and June 2019, the sediment thickness was repeatedly determined at fixed poles indicating sampling points P1 to P17 (initially P1 to P5) relative to actual and initial water table. Sediment samples were collected in coring tubes, homogenized and analyzed for weight percentage of dry residue (DR) and OM according to DIN EN 12880 and DIN EN 15935. DR density was calculated from DR content assuming an average solid density of 2.5 g/cm³. Diffusive P release from the sediment was measured in 10 sediment cores after 48 h incubation at in-situ temperature and daylight simulation. Lake water quality, phytoplankton, zooplankton and macrophyte communities were monitored.

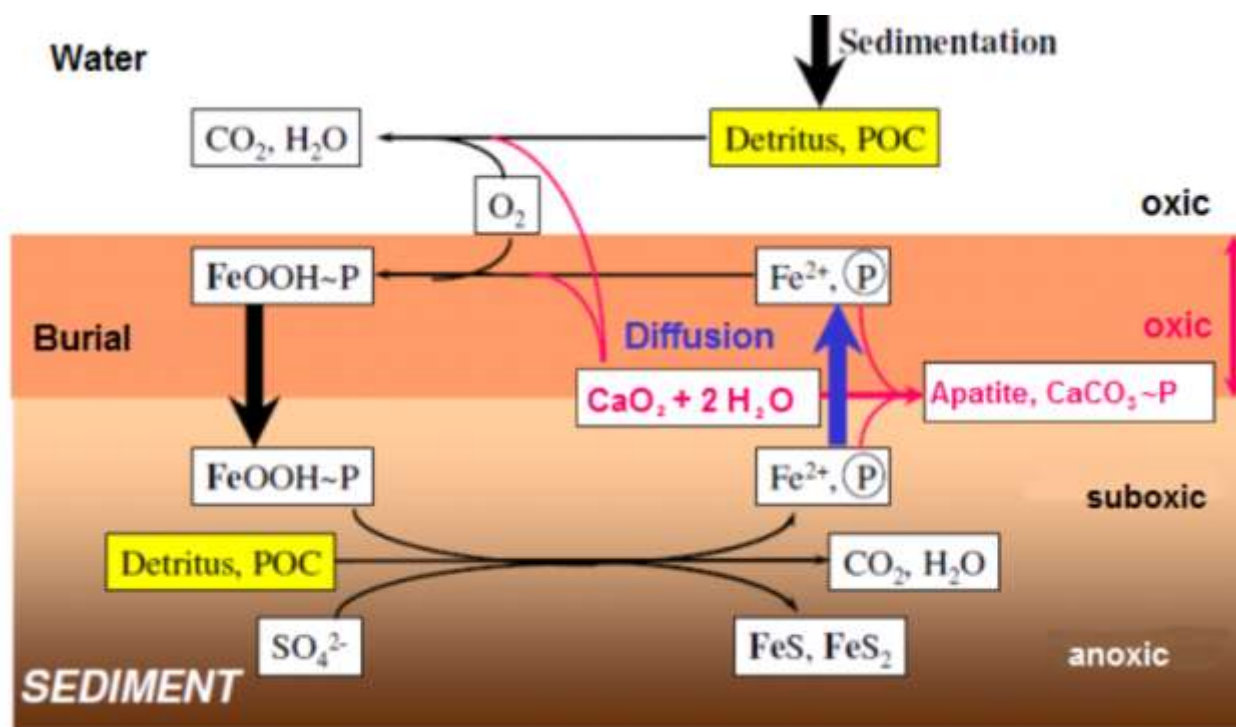


Fig. 1: Conceptual sketch of biochemical reactions in lake sediments and near the sediment-water interface

For a six months feasibility study in a China-German cooperation project, a dammed fish pond connected to the Caohai basin of Dian Lake (24°48'-25°28'N, 102°29'-103°01'E) was selected. This old-age shallow eutrophic lake is located at an elevation of 1,887 m above sea level near Kunming City in Yunnan Province, southwestern China. Near the center of a ~10,000 m² test pond, two enclosures formed by acrylic glass tubes of 1 m diameter and 2 m length were installed prior to the sediment treatment with ORC. Each enclosure covered a sediment area of 0.8 m² down to ~0.8 m sediment depth, and a water volume of roughly 0.8 m³, depending on water level fluctuation. In the experimental enclosure and the test pond, SeDox[®] suspension with a CaO₂ dose of roughly 0.2 g/kg sediment was injected 0.5 m deep into the mud, while the second enclosure remained untreated as a reference.

Prior to the sediment treatment and after six months, sediment samples were collected to determine key properties like bulk water content and density of residue, organic content as loss on ignition, P-content and P-fractions by sequential extraction according to Psenner et al. (1984, 1988) modified by Hupfer (1995). The monitoring of sediment thickness was performed by measuring the water depth in relation to a fixed label on the enclosure outer wall in weekly intervals. The School of Life Science, Yunnan University, carried out biological monitoring covering phytoplankton, submerged plants and benthic animals. The phytoplankton monitoring was carried out along two sample strips. The aquatic biology was monitored prior to the project start as well as three and six months after SeDox[®] application.

In the shallow lake Kleiner Rußweiher located near Eschenbach i.d.Opf. (Bavaria, Germany), 16.9 of 27 ha of the sediment surface were treated in April 2019 with 7.5 t of SchlixX[®] at a dose of 44 g/m². The boat lanes were tracked by GPS, as is visible in Fig. 2. Monitoring included lake water, pore water and sediment composition including sequential P extraction as well as communities of phytoplankton, zooplankton, macrozoobenthos and macrophytes.

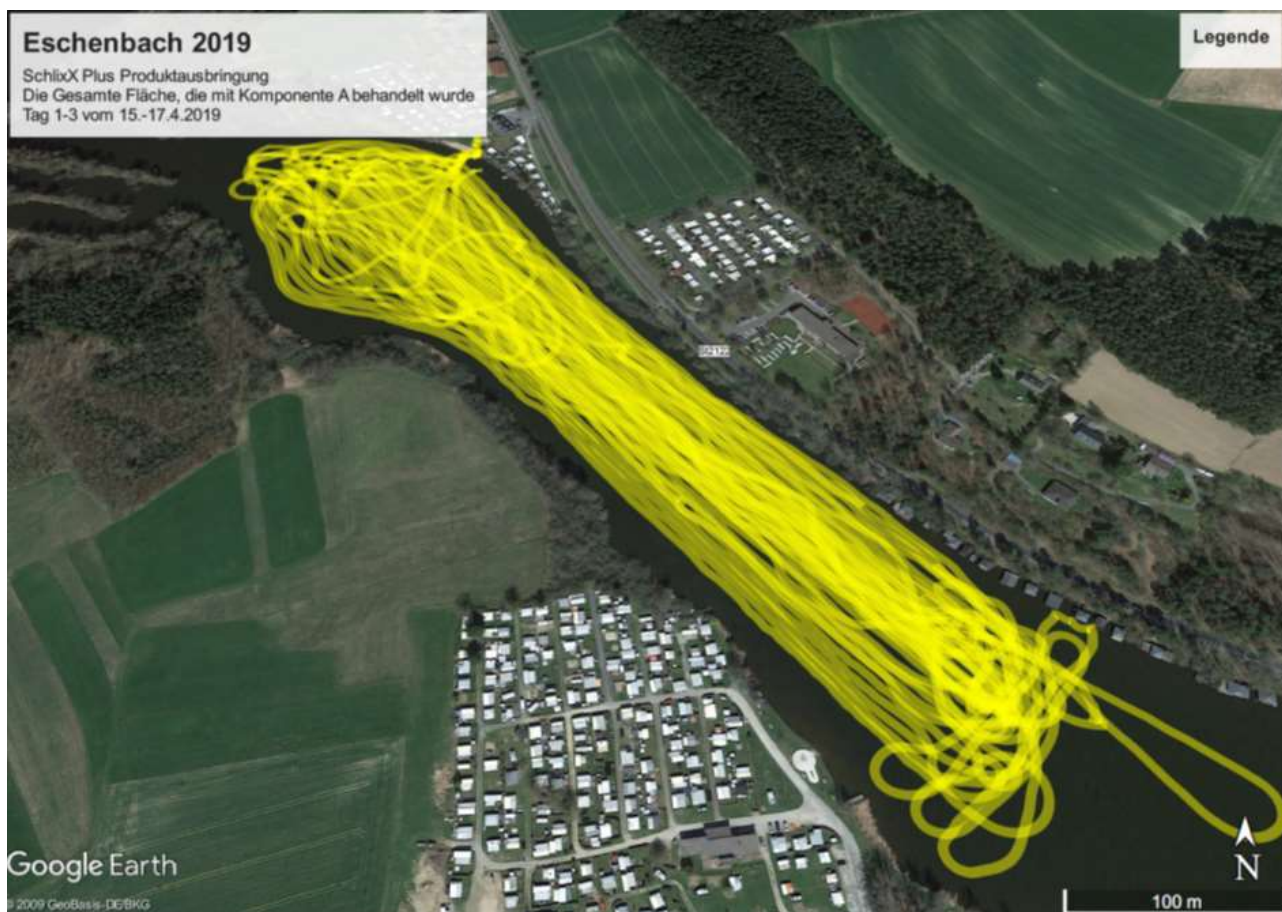


Fig. 2: Aerial view of western part of Lake Kleiner Rußweiher, yellow line indicates the boat lane of SchlixX+® application above the sediment surface

Results and Discussion

In the Mühlenteich pond, the initial sediment thickness was 99.8 ± 32.5 cm (N=5). The first low-dose supply of ORC (47 g/m^2) in 2012 led to a sediment thickness decrease of 12 % on average. In June 2013, prior to the second (major) ORC supply, an average sediment thickness of 91.4 ± 32.5 cm (N=5) has been measured at P1 to P5, due to ongoing settling of seston. Sediment property data showed high variability that could be reduced by dividing the five initial monitoring points into two groups: Group 1 (P1, P3, P4) and Group 2 (P2, P5). Three months after the second ORC application, the sediment decrease was even more pronounced (Fig. 3). Based on the initial DR content, a maximum loss of 220 kg/m^2 or 25 % decrease of sediment thickness was found.

After the third ORC application the sediment thickness further decreased to 59.8 ± 16.8 cm (N=17). This decrease of sediment thickness by another 20 % was close to the maximum average loss of OM ($234 \pm 128 \text{ kg/m}^2$) or 22 % decrease of sediment volume based on the sediment property data measured in October 2013 (N=15). However, due to ongoing settling of OM containing seston, the sediment samples contain some residual OM after each ORC application. When accumulating the treatment effect over the whole monitoring period from August 2012 to October 2014, an average sediment thickness reduction of 45 ± 11 % (N=5) has been calculated. Between October 2018 and June 2019 after the fourth ORC application the sediment volume and the OM content both diminished by 18 % on average.

The P release rates determined prior to SchlixX[®] application were higher ($13.7 \pm 8.1 \text{ mg P m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) than a few months after this measure ($3.9 \pm 9.8 \text{ mg P m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), where 3 of 10 sediment samples even showed P-uptake (Fig. 4). Variability and patchiness were strong, and seasonal effects with higher P release in early summer than in early spring cannot be excluded.

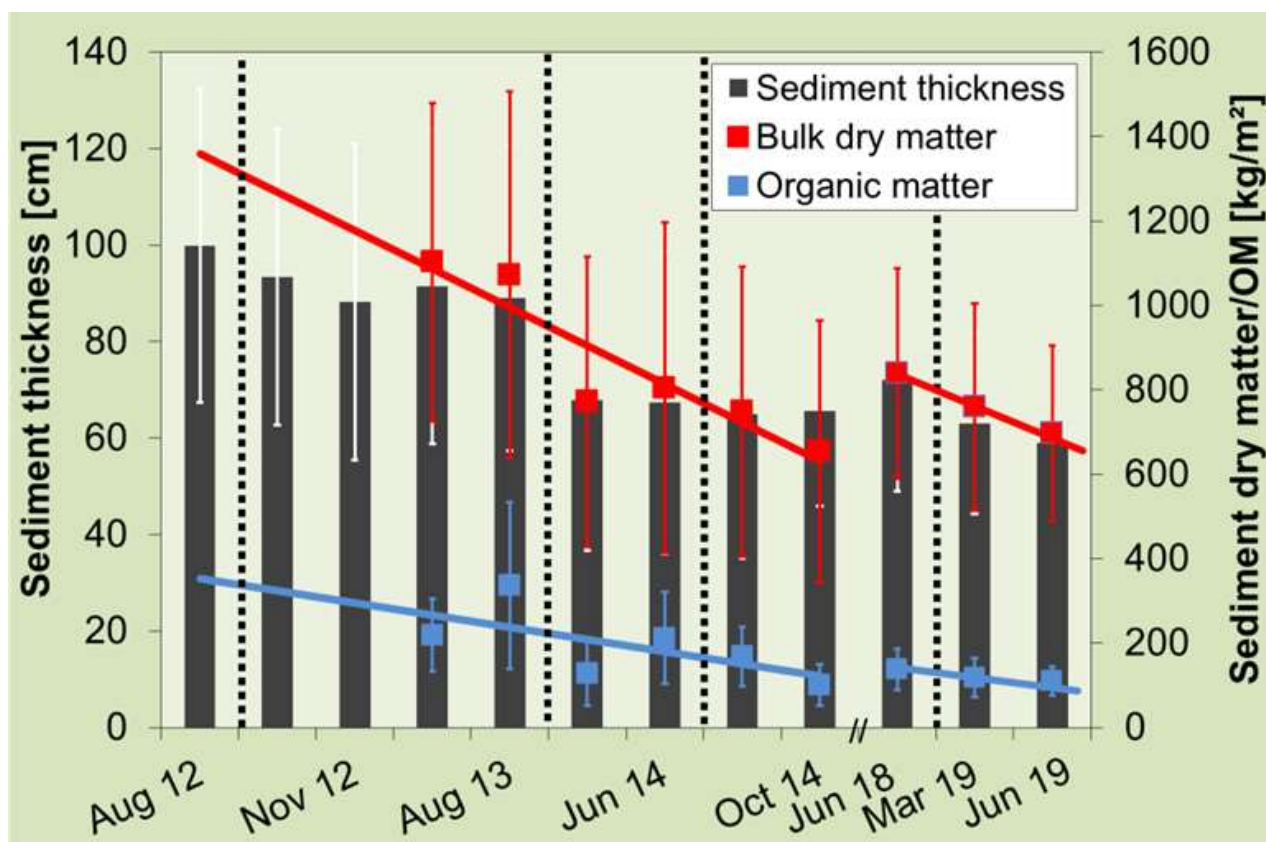


Fig. 3: Time course of sediment thickness (left ordinate), dry residue and organic matter content (right ordinate) affected by SchlixX[®] dosage (dashed lines) in Mühlenteich pond.

The ecological monitoring of pond Mühlenteich did not reveal any negative effects neither on zoo- and phytoplankton species composition and abundance nor on the submersible macrophyte vegetation (Boenert & Lansing 2014, 2019). Because some species propagated during the autumn and effectively incorporated phosphate, the observed slight decrease of phosphate concentration in the lake water could not solely be attributed to the ORC application. Further investigation on the effects of ORC on P cycling is needed.

In the untreated Reference Enclosure of the Caohai test pond, the sediment surface fluctuated around $\pm 3 \text{ cm}$ compared to the initial surface level. In the experimental enclosure, this level diminished up to 12 cm (or by 24 % of the treated layer) after SeDox[®] application (Fig. 5). A temporary increase of the sediment surface level in June can be attributed to the massive growth of submerged and benthic water plants that occurred likewise in the Reference Enclosure and in the test pond area. The massive growth of benthic water plants impeded correct depth measurements. A declining trend of the sediment surface level was also measured at several piercings distributed across the test pond area in comparison to an untreated reference site (data not shown).

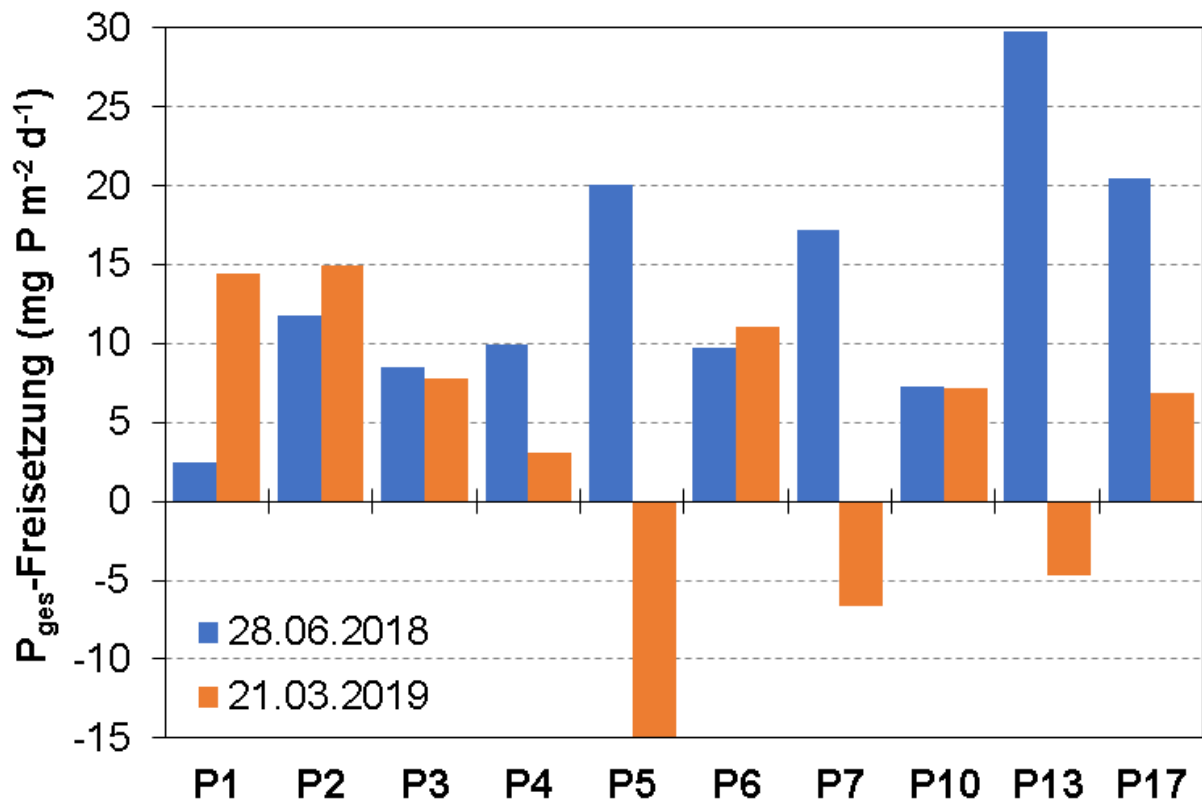


Fig. 4: P release rates measured in 10 sediment cores collected from Mühlenteich pond before (28.06.18) and several months after dosage of SchlixX[®].

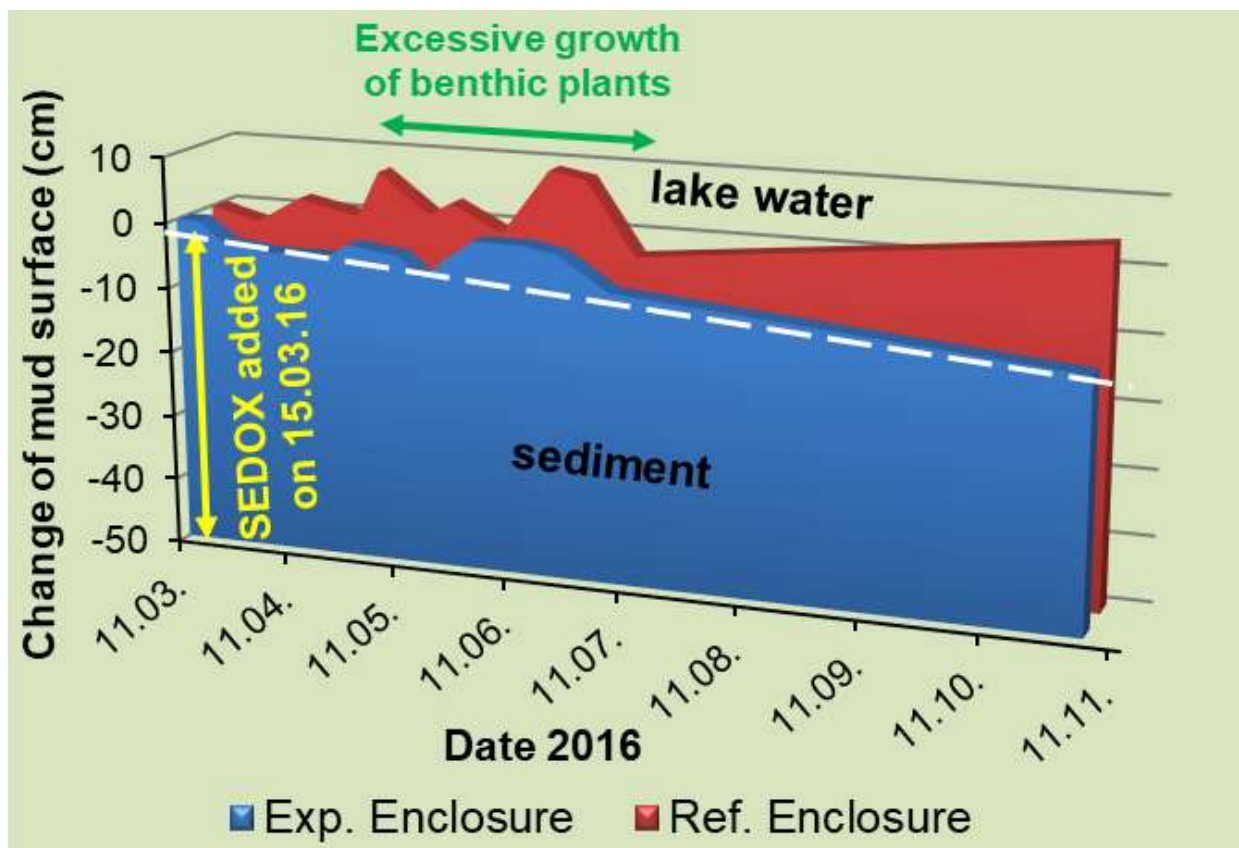


Fig. 5: Change of upper sediment thickness in Experimental Enclosure (0.5 m treated with Sedox) in comparison to the untreated reference enclosure in the Caohai test pond of Dian lake, China

Nine weeks after SchlixX+[®] supply to the lake Kleiner Rußweiher, the OM content of the sediment diminished by 3–6 % units at the sampling point of the treated section as compared to 2.5–4 % in the untreated section (N=4). However, there were obvious signs showing wind driven drifting of substance from the treated to the untreated lake section. The DR content also showed slight decrease rather than increase expected from the addition of solid by-products. After nine weeks, the sediment decomposition yielded 2.7 ± 1.5 cm in the treated section (N=115, including measured gross sedimentation rate). Another measurement after five months showed a total volume decrease of 11,700 m³ sediment on a measured area of 70,000 m², equivalent to an average decrease of sediment thickness of 17 cm. Taking into account the measured settling rate of dry matter, the average sediment decline was 22 ± 2 cm. Hence, most part of the sediment decomposition happened later than nine weeks after SchlixX+[®] application, indicating delayed adaptation of microbial activity.

The analyses of P binding to the sediment using a standard sequential extraction protocol (Psenner et al. 1984, 1988; Hupfer 1995) revealed substantial shifts of P fractions, in particular an increase of the soluble reducible P-fraction (BD-SRP) and the soluble P-fraction extractable with 1 M NaOH base (NaOH-SRP) (Fig. 6). These phosphate pools coincided with extracted iron, suggesting that Fe(II) oxidation had increased the P sorbing pool of Fe(III)-hydroxides. Thus, SchlixX+[®] application may support increased P-sequestration as long as oxic conditions are maintained near the sediment surface. This sequestration effect was more pronounced in the treated enclosure sediment of Caohai than in the sediment of Kleiner Rußweiher, most likely due to the higher SchlixX+[®] dosage.

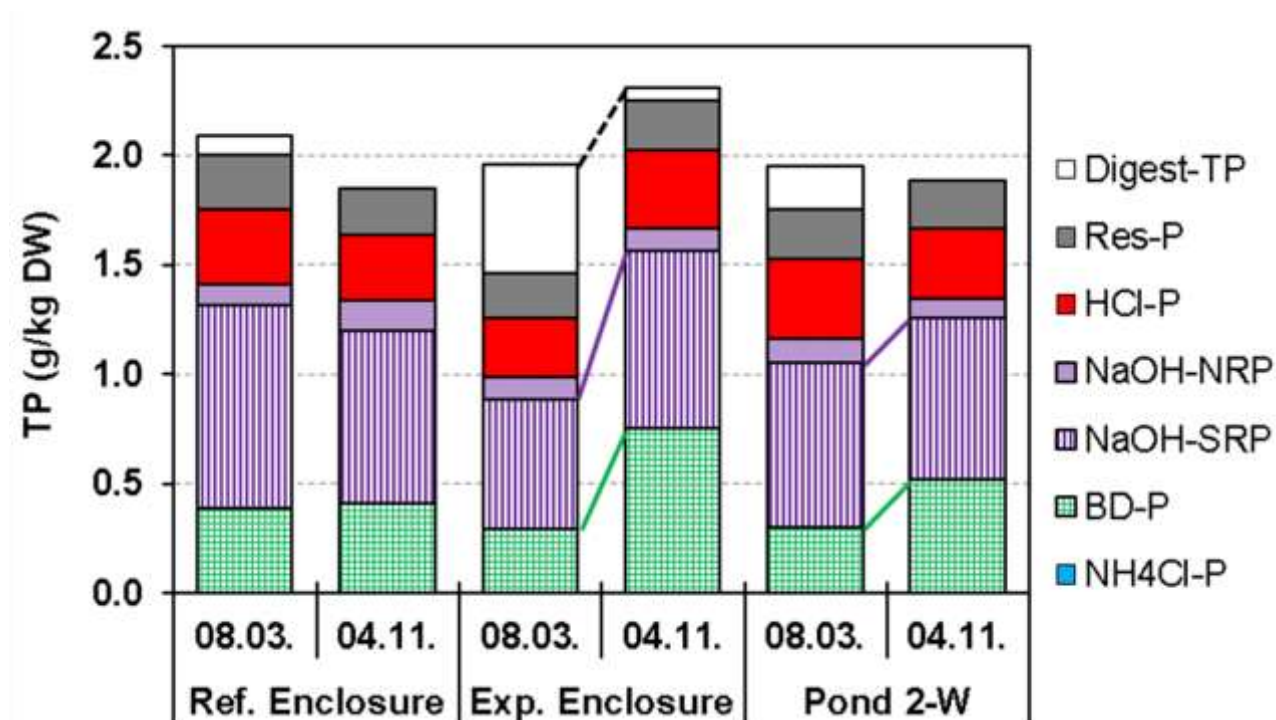


Fig. 6: Change of TP content and P fractions in the upper sediment of Experimental Enclosure and Caohai test pond of Dian lake, China (0.5 m treated with SeDox) in comparison to the untreated Reference Enclosure

Conclusions

The independent feasibility studies showed considerable decrease of sediment depth and organic matter content after ORC supply even exceeding the pre-estimated magnitude. Likewise effects were lacking in the untreated reference enclosure. Hence, the data support the proposed mechanism of stimulated organic matter decomposition through the release of oxygen from CaO_2 . This process obviously improved the transfer of electron acceptors (oxidants) from the lake water across the interface and enhanced microbial mineralization activity in the sediment. Adverse effects of the tested ORC on the lake ecosystems have not been observed. Seasonal changes of plankton communities and nutrient concentrations in the lake water (data not shown) occurred during the monitoring period, but cannot be attributed to the sediment treatment with ORC. The CaO_2 containing products appear suitable as effective, environmentally friendly, low-cost alternatives to conventionally applied remediation measures such as aeration or sediment dredging. Further research is needed on the potentials to prevent P-release from sediment and promote P sequestration.

Acknowledgements

Special thanks are owed to the cities of Georgsmarienhütte and Eschenbach, Germany, and to the environmental officer Andreas Möllenkamp and Christian Meyer, for supporting the investigation. We thank Andreas Boenert of AgL Company for providing supportive information on the project. Juliana Valle of SÖLL Company assisted with improving an earlier draft of this paper.

References

- Ansari AA, Gill SS, Lanza GR, Rast W (eds.) (2011): Eutrophication: causes, consequences and control. Springer, Berlin.
- Boenert A, Lansing U (2014): Monitoring Mühlenteich Georgsmarienhütte 2014. Büro für Umweltgutachten. AgL, Saerbeck (in German, unpublished).
- Boenert A, Lansing U (2019): Monitoring Mühlenteich Georgsmarienhütte 2018-19. Büro für Umweltgutachten. AgL, Saerbeck (in German, unpublished).
- Cassidy DP, Irvine RL (1999): Use of calcium peroxide to provide oxygen for contaminant biodegradation in a saturated soil. *J. Hazard. Mater.* 69: 25–39.
- Chevalier LR, McCann CD (2008): Feasibility of calcium peroxide as an oxygen releasing compound in treatment walls. *Int. J. Environ. Waste Managem.* 2,3: 245–256.
- Cooke GD, Welch EB, Peterson S, Nichols SA (2005): Restoration and management of lakes and reservoirs, third edition. CRC press, Boca Raton.
- DGL (2014) Deutsche Gesellschaft für Limnologie e.V. (ed.): DGL-Arbeitshilfe 1-2014 „Handlungsempfehlung zur Abschätzung der Chancen einer Wiederansiedlung von Wasserpflanzen bei der Restaurierung von Flachseen Deutschlands“. Arbeitskreis Flachseen der DGL, 75 p. (in German)
- DIN EN 12880:2001-02. Characterization of sludges - Determination of dry residue and water content; German version EN 12880:2000. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- DIN EN 15935:2012-11. Sludge, treated biowaste, soil and waste - Determination of loss on ignition; German version EN 15935:2012. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- Downing, J. a., Prairie, Y. T., Cole, J. J., Duarte, C. M., Tranvik, L. J., Striegl, R. G., Melack, J. M. (2006). The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments. *Limnology and Oceanography*, 51(5), 2388–2397. <https://doi.org/10.4319/lo.2006.51.5.2388>.
- Hanh DN, Rajbhandari BK, Annachhatre AP (2005): Bioremediation of sediments from intensive aquaculture shrimp farms by using calcium peroxide as slow oxygen release agent. *Environ. Technol.* 26: 581–589.
- Hupfer M (1995): Bindungsformen und Mobilität des Phosphors in Gewässersedimenten. In: Steinberg C, Bernhardt H, Klapper H (eds.), *Handbuch Angewandte Limnologie, ecomed, IV-3.2*: 1–22.
- Kumar, D. S., & Sekaran, V. (2014). Nutrient Cycles in Lakes. *International Journal of Lakes and Rivers*, 7(1), 11–24.

- Ma Y, Zhang BT, Zhao L, Guo G, Lin JM (2007): Study on the generation mechanism of reactive oxygen species on calcium peroxide by chemiluminescence and UV-visible spectra. *Luminiscence* 22: 575–580.
- Morris JG (1999): Harmful algal blooms: an emerging public health problem with possible links to human stress on the environment. *Annu. Rev. Energ. Env.* 24: 367–390.
- Qin, B., Gao, G., Zhu, G., Zhang, Y., Song, Y., Tang, X., Deng, J. (2013). Lake eutrophication and its ecosystem response. *Chinese Science Bulletin*, 58(9), 961–970. <https://doi.org/10.1007/s11434-012-5560-x>.
- Psenner R, Pucsko R, Sager M (1984): Die Fraktionierung organischer und anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten. Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Fraktionen. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 70: 111–155 (in German).
- Psenner R, Boström B, Dinka M, Pettersson K, Pucsko R, Sager M (1988): Fractionation of phosphorus in suspended matter and sediment. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 30: 98–110
- Rabalais NN, Díaz RJ, Levin LA, Turner RE, Gilbert D, Zhang J (2010): Dynamics and distribution of natural and human-caused hypoxia. *Biogeosciences* 7: 585–619.
- Ripl W (1976): Biochemical Oxidation of Polluted Lake Sediment with Nitrate: A New Lake Restoration Method. *Ambio* 5 (3): 132–135.
- Schauser I, Lewandowski J, Hupfer M (2003): Seeinterne Maßnahmen zur Beeinflussung des Phosphor-Haushalts eutrophierter Seen. Leitfaden zur Auswahl eines geeigneten Verfahrens. *Berichte des IGB Heft 16/2003*, ISSN 1432-508X, 106 p. (in German).
- Söll GmbH (2015): SeDox: An environmentally compatible active ingredient in products of the Lavaris Group targeted for sediment oxidation and phosphate immobilization. (URL: https://www.soeiltec.de/images/2015_Calciumperoxid.pdf).
- Wetzel RG (2001): *Limnology – Lake and River Ecosystems*. 3rd ed. Academic Press, San Diego, 1006 pp.
- Willuweit T, Nowicki S, Ulrich KU, Jakobson D (1999): Precipitation of phosphate and heavy metals from water or sediment using alkaline earth metal peroxide, giving high level of phosphate removal DE1998121609 19980514.
- Zamparas M, Zacharias I (2014): Restoration of eutrophic freshwater by managing internal nutrient loads. A review. *Sci. Total Environ.* 496: 551–562.

Beitrag der Jahrestagung 2019 in Münster.

Parts of this study have been published in German unter (Ulrich et al. 2020). Beitrag verfügbar unter www.springerprofessional.de/link/18039046

Omnipräsentes Auftreten von Herbizid-Transformationsprodukten in allen Wasserkörpertypen eines landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebietes

Uta Ulrich¹; Matthias Pfannerstill²; Guido Ostendorp³; Nicola Fohrer¹

¹ Christian-Albrechts-Universität Kiel; ² Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume Schleswig-Holstein; ³ Landesamt für soziale Dienste Schleswig-Holstein

Die Erforschung des Umweltverhaltens von Pestiziden hat gezeigt, dass die ausgebrachten Verbindungen (Muttersubstanz) im Laufe der Zeit in ihrer molekularen Struktur verändert werden und sich in der Umwelt verteilen. Eine solide Risikoabschätzung dieser Transformationsprodukte (TP) ist bislang nicht möglich, da sie nicht systematisch in den verschiedenen Wasserkörpertypen eines Einzugsgebietes erfasst wurden. 2015/16 wurden in einem 50 km² Einzugsgebiet die vier Wasserkörpertypen Drainagewasser, Flusswasser, oberflächennahes Grundwasser und Trinkwasser aus Privatbrunnen beprobt und auf die Herbizide Metazachlor und Flufenacet sowie auf ihre TP

-sulfonsäure und -oxalsäure untersucht. Die TP waren in jedem Gewässertyp präsent, häufiger und in bis zu 10-fach höheren Konzentrationen als ihre Muttersubstanz vorhanden. Insbesondere Metazachlorsulfonsäure, -oxalsäure und Flufenacetoxalsäure wurden in fast allen Drainage- und Flussproben nachgewiesen. Der Transformationsprozess führt zu mobileren und persistenteren Molekülen, wodurch die höheren Nachweishäufigkeiten und Konzentrationen erklärt werden können. Diese Befunde können sogar noch ein Jahr oder länger nach der Anwendung der Muttersubstanz auftreten. Auch die Gefährdung von oberflächennahem Grundwasser und privaten Trinkwasserbrunnen wird durch zahlreiche positive Befunde von Metazachlor-TP mit maximalen Konzentrationen von 0,7 µg L⁻¹ (Trinkwasser) und 20 µg L⁻¹ (oberflächennahes Grundwasser) von Metazachlorsulfonsäure belegt. Niederschlagsereignisse während des Anwendungszeitraums führen zu einem hohen Austrag der Muttersubstanz und einer geringeren Freisetzung von TP. Spätere Niederschlagsereignisse führen zu einer hohen Verlagerung von TP. Für eine integrierte Risikobewertung von Gewässern muss das Umweltverhalten von Pestizid-TP in die regelmäßige Überwachung der Wasserqualität einbezogen werden.

Long-term research on springs and headwaters in the Engiadina Val Müstair UNESCO biosphere reserve

Stefanie von Fumetti

Forschungsgruppe Geoökologie/Universität Basel

Springs and headwaters worldwide face severe environmental changes caused by Global Climate Change. These changes will be more drastic in alpine regions. Rising water temperatures and a shifting discharge regime will impact springs and spring-fed headwaters as well as glacier-fed headwaters. It is, however, still unknown what the consequences will be for species composition and ecosystem functioning. Overall, biodiversity loss and a homogenization of species assemblages are expected. For venturing future predictions on how species composition in springs could change two prerequisites are necessary: We need to know the status quo and we need to conduct a sophisticated long-term monitoring. In 2019 a long-term research project started in the Engiadina Val Müstair UNESCO biosphere reserve including the Swiss National Park on 40 selected springs and headwaters. The goal is to understand how these aquatic systems will react to predicted hydrogeological changes caused by climatic changes. First results from 2019 and 2020 show relatively stable hydrogeological conditions and slight annual variation of water temperature and ion concentrations. Species assemblages are dominated by Limnephilid-species, *Protonemura lateralis* and Chironomids. Species richness is highest within Hydrachnidia, Plecoptera and Trichoptera. Significant differences between springs and their brooks were not found, but slight changes in species composition are obvious. After a third field campaign in 2021 and a thorough data analysis 15-20 springs and headwaters will be selected for long-term research in the following decades.

Auswirkungen des Klimawandels auf Überleben und Wachstum der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera* L.)

Annekatriin Wagner¹; Felix Grunicke²; Thomas Schiller³; Daniel Linke; Thomas U. Berendonk¹

¹ TU Dresden; ² TU Dresden / Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ; ³ Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft, Dresden

Die Bestände der Flussperlmuschel (FPM) sind weltweit und in besonders starkem Maße auch im Sächsischen Vogtland dramatisch zurückgegangen. Einer der Faktoren, die zu diesem Rückgang beitragen, ist die Klimaerwärmung und die damit verbundene Veränderung der Habitatqualität bis hin zur partiellen Austrocknung der Gewässer. Derzeit bestehen aber noch große Wissenslücken, wie sich der Klimawandel im Detail auf die Ökosysteme und damit auch auf die FPM auswirkt. Im Rahmen des Verbundprojektes ArKoNaVera wurde Überleben und Wachstum von juvenilen bis semiadulten FPM in den Jahren 2016 bis 2020 in fünf Bächen im Vogtland analysiert. Ergänzt werden die Untersuchungen durch Wachstumsexperimente in einem Temperaturgradienten zwischen 12 bis 26°C in Klimaschränken.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl bei juvenilen als auch semiadulten FPM das Wachstum insbesondere bei Wassertemperaturen < 15°C von der Temperatur limitiert wird, während bei Wassertemperaturen > 22°C die Mortalität stark ansteigt. Die Untersuchungen belegen, dass selbst im Mittelgebirge in den Oberläufen der Gewässer die Wassertemperaturen in Hitzeperioden in nicht beschatteten Bereichen auf bis zu 26°C ansteigen können. Daneben hat das Temperaturregime Auswirkungen auf das Timing von Trächtigkeit und Glochidienausstoß sowie die Habitatwahl des Wirtsfisch (Bachforelle). Indirekte Auswirkungen steigender Wassertemperaturen auf die FPM resultieren auch aus der abnehmenden Löslichkeit des Sauerstoffs im Wasser, dem niedrigen Abfluss und Veränderungen der Wasserchemie.

Für die Definition von Szenarien in Bezug auf Temperatur, Niederschlag und Grundwasserstand wurden langfristige Trends (1950-2020) abgeleitet. Demnach sind gute Überlebensraten für die juvenilen FPM (und damit starke FPM-Jahrgänge) nur dann zu erwarten, wenn in 3-4 aufeinanderfolgenden Jahren im Sommer an mindestens 11 Tagen pro Monat moderater Niederschlag auftritt. Als besonders kritisch für die FPM erweist sich das Absinken des Grundwasserstandes auf > 120 cm (=Trockenheitsindikator). Ein Zustand, der im vogtländischen Projektgebiet seit 2000 mit zunehmender Häufigkeit während des Sommers zu beobachten ist. Ziel ist es die komplexen Auswirkungen der Klimaerwärmung auf das Gewässerökosystem zu verstehen und diese Erkenntnisse bei der Auswilderung der FPM aus dem Sächsischen Nachzuchtprogramm zu berücksichtigen, um mittelfristig wieder selbstreproduzierende Flussperlmuschelbestände in den Bächen im Vogtland etablieren zu können.

Die Leitwirkung eines horizontal schräg angeströmten Fischschutzrechens an einer Wasserkraftanlage und deren Bedeutung für den Fischschutz am Standort

Falko Wagner¹; Peter Warth²; Wolfgang Schmalz³

¹ Institut für Gewässerökologie und Fischereibiologie Jena; ² Institut für Gewässerökologie und Fischereibiologie Jena / Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart; ³ Fischökologische & Limnologische UntersuchungsStelle Südthüringen

Wasserkraftanlagen schränken die stromauf- und stromabwärts gerichteten Wanderungen der Fische ein. Aus der Passage von Gefahrenbereichen, insbesondere der Turbinen, kann ein erhebliches Schädigungsrisiko für absteigende Fische resultieren. Fischschutzsysteme sollen verhindern, dass Fische bei der Turbinenpassage zu Schaden kommen. Gleichzeitig muss ihnen eine sicheren Abstiegsalternative angeboten werden. Nach dem derzeitigen Stand des Wissens gebaute Fischschutzsysteme müssen aktuell dringend auf ihre Wirksamkeit hin überprüft werden. Daten von Freilanduntersuchungen sind rar. Vergleiche der Effizienz verschiedener Fischschutz- und Abstiegskonzepte sind aufgrund uneinheitlicher Untersuchungsansätze schwierig.

Die „Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges“ (Schmalz et al. 2015) enthält Vorschläge für eine Standardisierung der methodischen Ansätze. An der Wasserkraftanlage (WKA) Rappenberghalde bei Tübingen wurde die Arbeitshilfe einem Praxistest unterzogen. In einer mehrjährigen Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes kamen verschiedenste Techniken zum Einsatz, um den Fischschutz am Standort zu evaluieren. Es wurden dabei alle im Gewässer vorkommenden Arten entsprechend dem Artenspektrum der fischfaunistischen Referenz des Epipotamals des Neckars bei Tübingen berücksichtigt.

Ein Fischschutzsystem muss zwingend drei Funktionen erfüllen: Blockieren, Leiten und Ableiten. Da hierbei Fischschutzrechen und Bypässe eine funktionelle Einheit bilden, wurden beide Komponenten intensiv untersucht. Ein Hauptaspekt war die Leitwirkung des horizontal schräg angeströmten Leitrechens mit 15 mm lichtem Stababstand für das gesamte Größenspektrum der Fischfauna. Außerdem stand die Auffindbarkeit des als Fischschleuse konzipierten Bypasses und dessen Nutzung durch die absteigenden Fische im Mittelpunkt. Zur differenzierten Bewertung der Funktionsfähigkeit des Fischschutzsystems erfolgten neben Hamenfängen Verhaltensuntersuchungen der Fische im Oberwasser sowie vor und im Bypass mittels Radiotelemetrie, RFID-Telemetrie, Imaging Sonar und Videokameras.

Die Ergebnisse zeigen die große Bedeutung der Abstimmung von Fischschutzrechen und Bypasssystem für den Fischschutz. Hohe Schutzraten (efficiency) und Schutzsystemableitraten (guidance efficiency) entsprechend der Parameterdefinitionen von Schmalz et al. 2015 sind nur erreichbar, wenn alle Komponenten des Fischschutzsystems optimal funktionieren.

Non-linear dynamics drive single-cell populations

Johannes Werner¹; Tobias Romankiewicz¹; Frank Hilker²; Hartmut Arndt¹

¹ Universität zu Köln, Institut für Zoologie, Allgemeine Ökologie; ² Osnabrück University, Institute of Environmental Systems Research, School of Mathematics/Computer Science

The importance and distribution of oscillations and deterministic chaos in natural systems have been discussed since the 1970s. Already at that time, a simple model of population growth showed that chaos can be explained in single-species systems and started a debate on the importance of chaos in natural systems. In the meantime, a few chaotic discrete-time models have been developed, but continuous-time systems are still missing. Also, experimental evidence of oscillations and non-linear interactions in controlled systems is still difficult to show. Chemostat growth experiments with the freshwater flagellate genus *Ochromonas* (Chrysophyceae) and a continuous-time mathematical model for explaining non-linear interactions in single-species systems were investigated. *Ochromonas* showed in all chemostat experiments non-linear dynamics due to a high measuring resolution. For the first time, a continuous-time model, simulating the cell cycle for the explanation of chaotic dynamics, in single-species chemostat systems will be provided. The presence of non-linear interactions and dynamics showed the non-linearity in intra-specific processes. The results demonstrated the importance of non-linear dynamics in natural systems. In addition, the results confirmed that chaos might be a widespread phenomenon occurring at least for specific parameter sets in most population dynamics.

Quantitative Abschätzung der Plankton-Elimination durch den Biofilm im Rhein

Jennifer Werner¹; Vera Kersten¹; Leandra Hamann²; Anja Scherwaß¹; Hartmut Arndt¹

¹ Universität zu Köln, Institut für Zoologie, Allgemeine Ökologie; ² Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Evolutionsbiologie und Ökologie

Biofilme sind ein wesentlicher Bestandteil in aquatischen Ökosystemen und spielen aufgrund ihrer dreidimensionalen Struktur eine wichtige Rolle als Lebensraum. Bakterien, Algen, Ciliaten, Flagellaten und verschiedene Metazoen sind auf Biofilmen in Flusssystemen zu finden. Die immer wärmeren und niederschlagsärmeren Sommer können die Filterfähigkeit und Abundanzen von Muscheln in Flüssen negativ beeinflussen. Verschiedene Organismen auf den Biofilmen können höhere Temperaturen besser bewältigen und Organismen weiterhin aus dem Pelagial filtern. In dieser Studie zeigen wir, dass die Biofilme im Jahresmittel etwa 47 % der umgebenden planktischen Bakterien und etwa 30 % der Algen und 26 % der Flagellaten eliminierten. Die Clearance-Rate betrug bis zu 2,2 Liter pro cm² pro Tag. Vor allem peritriche und heterotriche Ciliaten waren die Hauptkonsumenten. Weiterhin könnte die dreidimensionale Struktur, die durch extrazelluläre polymere Substanzen und Algen, insbesondere verschiedene Kieselalgen, gebildet werden, eine Senke für planktonische Bakterien darstellen. Nach diesen Erkenntnissen sollten neben den Bakterien auch im Flusswasser vorkommende Mikroplastikpartikel von Protozoen konsumiert oder in der Biofilmstruktur eingebettet werden.

Influences of pesticides, nutrients, and local environmental variables on phytoplankton communities in lentic small water bodies in a German lowland agricultural area

Lishani Wijewardene¹; Naicheng Wu¹; Yueming Qu¹; Kun Guo²; Beata Messyas³; Stefan Lorenz⁴; Tenna Riis²; Uta Ulrich¹; Nicola Fohrer¹

¹ Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Natur- und Ressourcenschutz; ² Aarhus University; ³ Adam Mickiewicz University in Poznan - Institute of Environmental Biology; ⁴ Julius Kuehn-Institute

Agrochemicals such as pesticides and nutrients are concurrent chemical stressors in freshwater aquatic ecosystems surrounded by agricultural areas. Lentic small water bodies (LSWB) are ecologically significant habitats especially for maintaining biodiversity but highly understudied. Phytoplankton are ideal indicator species for stress responses. Functional features of the phytoplankton are important in revealing the processes that determine the structure of the communities. In this study, we investigated the effects of pesticides, nutrients, and local environmental variables on the species composition and functional features of phytoplankton communities in LSBW. We studied pesticide toxicity of ninety-four pesticides, three nutrients (NH₄-N, NO₃-N and PO₄-P) and local environment variables (precipitation, water level change, temperature, dissolved oxygen concentration, electrical conductivity, pH) in five LSBW over twelve weeks during the spring pesticide application period. We explored respective changes in species composition and functional features of phytoplankton community. Redundancy analysis and variance partitioning analysis were applied to correlate phytoplankton community compositions with the pesticide toxicity (as maximum toxicity in toxic units), nutrients and local environment variables. We used multiple linear regression models to identify the main environmental variables driving the functional features of phytoplankton communities. Pesticide toxicity, nutrients and local environmental variables significantly ($p < 0.001$) contributed to shaping phytoplankton community composition individually. Local environment variables showed the highest pure contribution for driving phytoplankton composition (12%), followed by nutrients (8%) and pesticide toxicity (2%). Functional features of the phytoplankton community were significantly affected by pesticide toxicity and nutrient concentrations. The functional richness and evenness were negatively affected by PO₄-P concentrations. Pesticide toxicity was positively correlated with functional redundancy indices. Our findings emphasized the relative importance of concurrent multiple stressors (e. g., pesticides and nutrients) on phytoplankton community structure, directing potential effects on metacommunity structures in aquatic ecosystems subjected to agricultural runoff.

Functional diversity alters the effects of a nutrient pulse on the dynamics of tritrophic plankton food webs

Laurie A. M. Wojcik; Ruben Ceulemans; Ursula Gaedke

University of Potsdam/Institute of Biochemistry and Biology

Biodiversity decline causes a loss of functional diversity, which threatens ecosystems through a dangerous feedback loop: this loss may hamper ecosystems' ability to buffer environmental changes, leading to further biodiversity losses. Previous studies investigating how functional diversity influences the response of food webs to disturbances have mainly considered systems with at most two diverse trophic levels. We investigate the effects of a nutrient pulse on the resistance, resilience and elasticity of a tritrophic plankton food web model with low or high functional diversity at each trophic level. The species fitness differences are balanced through costs of trait adjustments (trade-offs) between defense/growth rate for prey and selectivity/half-saturation constant for predators. This implies that a prey can get more defended under high predation pressure at the cost of a slower growth rate and a predator can get less selective if defended prey dominates at the cost of a higher saturation constant, i.e. being less efficient at exploiting low prey densities. We show that the robustness of our system decreases with stronger perturbations and depends on the system's state when the perturbation occurs. Importantly, we find that a more diverse food web is generally more resistant, resilient, and elastic. Functional diversity also dampens the probability of a regime shift towards a non-desirable alternative state. The interaction between phytoplankton and herbivorous zooplankton, which is regulated by the diversity present and the carnivorous zooplankton or fish, determines the robustness against a nutrient pulse. Overall, this study confirms the destructive potential of the positive feedback loop between biodiversity loss and robustness to disturbances by uncovering mechanisms leading to a decrease in resistance, resilience and elasticity as functional diversity declines.

Bewertung der Mortalität von Fischen an Wasserkraftanlagen

Christian Wolter¹; Dirk Bernotat; Jörn Gessner; Anika Brüning; Jan Lackemann; Johannes Radinger

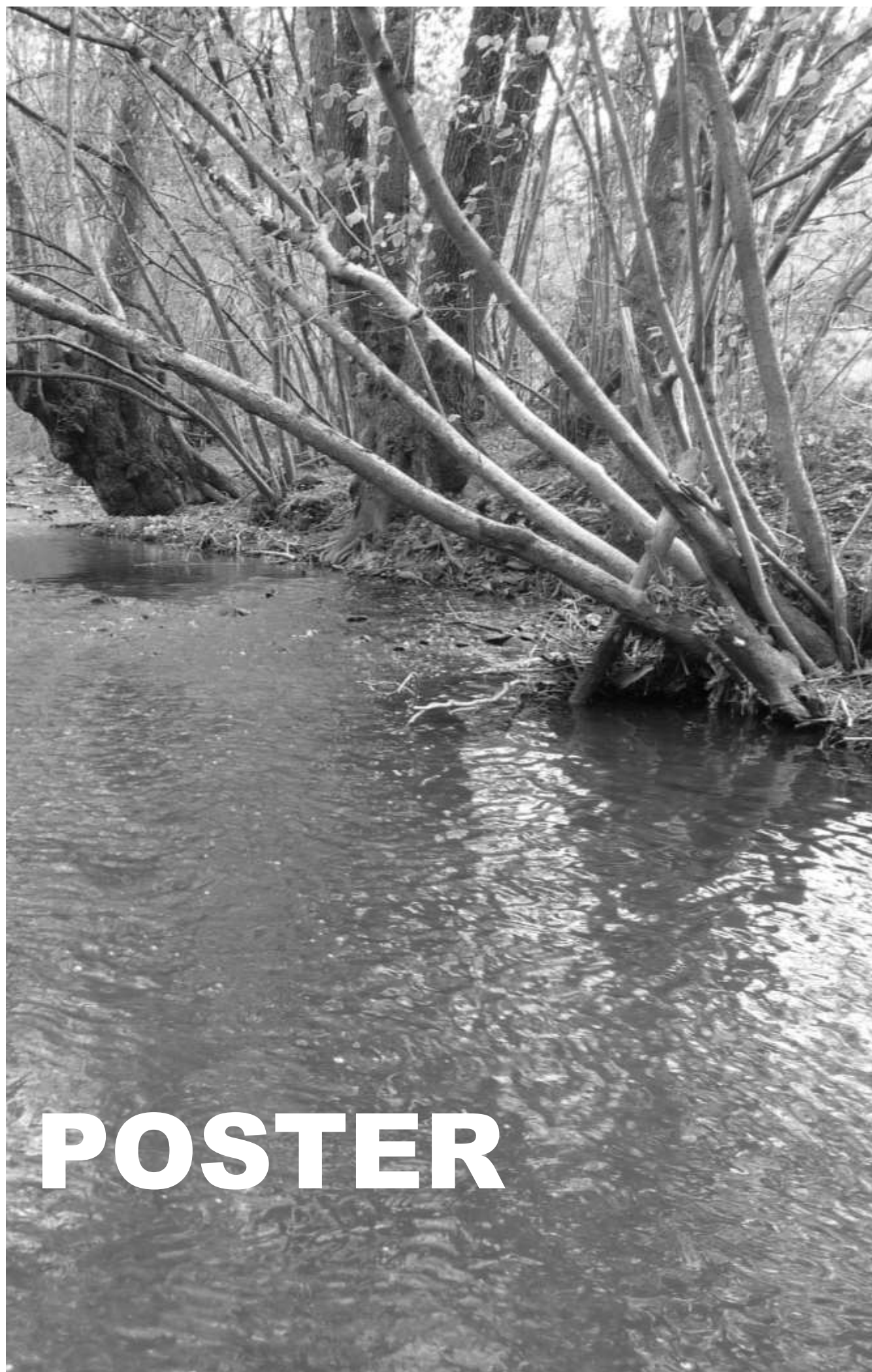
¹ Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin

Die Bewertung anthropogen induzierter Mortalität von Fischen ist in Planungs- und Genehmigungsverfahren immer wieder Gegenstand kontroverser Diskussionen. Neben der fachlichen Herausforderung, die Mortalität von Fischen an Wasserkraftanlagen zu prognostizieren, gibt es bislang keinen allgemein akzeptierten Ansatz zur artspezifischen Bewertung dieser zusätzlichen Mortalität.

In der vorliegenden Arbeit wurden die allgemeine Empfindlichkeit von Fischen gegenüber anthropogener Mortalität (MGI) und ihre vorhabenbedingte Mortalitätsgefährdung an Wasserkraftanlagen (vMGI) abgeleitet. Hierfür wurden: i) die maßgeblichen populationsbiologischen und naturschutzfachlichen Parameter zum Mortalitäts-Gefährdungs-Index (MGI) zusammengeführt, der die Empfindlichkeit einer Art gegenüber anthropogener Mortalität widerspiegelt; ii) das vorhabentypspezifische Tötungsrisiko von Fischarten an Wasserkraftanlagen 5-stufig bewertet und iii) mit der allgemeinen Mortalitätsgefährdung (MGI) der Art zu einer vorhabentypspezifischen Mortalitätsgefährdung (vMGI) der Art an Wasserkraftanlagen aggregiert sowie iv) methodische Ansätze zu planerischen Bewertung der Mortalitätsgefährdung von WKA basierend auf vorhabentypspezifischer Mortalitätsgefährdung der Arten und konstellationsspezifischem Risiko des Vorhabens im Hinblick auf verschiedene Rechtsnormen entwickelt.

Mit Hilfe von Muster-Bewertungstabellen sowie anhand von Beispielen wird die Anwendung des Bewertungsverfahrens und das methodische Vorgehen zur Einstufung des konstellationsspezifischen Risikos einerseits mit Hilfe eines artspezifischen Ansatzes (im Rahmen der FFH-VP und der speziellen artenschutzrechtlichen Prüfung) sowie mit Hilfe eines zönosenspezifischen Ansatzes (im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot sowie das Verbesserungsgebot nach WRRL) demonstriert.

Mit dem Vorhaben wurden konkrete Hinweise erarbeitet, wie Individuenverluste bei Fischen bzw. Tötungsrisiken vorhabentypspezifisch zu bewerten und wie im Einzelfall die konstellationsspezifischen Risiken zu beurteilen sind. Die vorliegende Arbeitshilfe zur Bewertung der Konfliktintensität von Wasserkraftanlagen stellt eine differenzierte und handhabbare Methodik zur fachlichen und rechtlichen Bewertung von Wasserkraftanlagen dar. Damit kann und muss jede Anlage und jede Konstellation standortbezogen betrachtet werden, um die massiven Eingriffe dieses Vorhabentyps auf die Gewässermorphologie und die Fischzönosen ausreichend differenziert und valide zu bewerten.



Bewertung zweier urbaner Standgewässer in Köln

Eileen Hannah Becker¹; Anja Scherwaß¹; Hartmut Arndt

¹ Universität zu Köln, Institut für Zoologie, Allgemeine Ökologie

Städtische Standgewässer sind gerade in Zeiten des Klimawandels eine Möglichkeit, die steigenden Temperaturen zu puffern. Darüber hinaus dienen sie als Naherholungsort und beherbergen oft eine hohe Diversität in Flora und Fauna. Allerdings sind urbane Gewässer häufig zahlreichen Nährstoffbelastungsquellen ausgesetzt und leiden stark unter daraus resultierenden Eutrophierungsprozessen.

Seit einiger Zeit gibt es von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) einen Leitfaden, der bei der gewässerspezifischen Einstufung hilft. Auf dem Poster wird die Bewertung zweier Standgewässer im Kölner Stadtgebiet dargestellt, wobei die Bewertung auch im Rahmen der Grundausbildung der Biologie-Studierenden an der Universität zu Köln erfolgen soll.

Für die beiden analysierten Gewässer (Aachener Weiher & Volksgartenweiher) gelten die Grenzwerte für polymiktische Standgewässer mit einer Tiefe von $< 3\text{m}$. In Kombination mit den älteren Trophieeinordnungen von Naumann (1932) und Vollenweider (1968) bilden diese Klassifizierungen die Grundlage für einen praktischen Kurs mit den Studierenden der Universität zu Köln. Ein weiterer wichtiger Anteil soll dabei die Analyse der Organismen durch die Studierenden sein sowie die darauf aufbauende Bewertung der Nährstoffbelastung nach den o.a. Bewertungsinstrumenten. Darüber hinaus soll es auch um potentielle Schutzmaßnahmen gehen, wie sie von Dokulil (2001) vorgeschlagen werden.

Insgesamt werden auf dem Poster die Hintergründe für einen Grundstudiumskurs dargestellt, bei dem die Bewertung von (städtischen) Standgewässern Eingang in die (Grund-)ausbildung von Biologie-Studierenden finden kann. Darüber hinaus soll ein kurzer Einblick in die praktische Umsetzung gegeben werden.

Der Leipziger Limnologen-Stammtisch: Interdisziplinärer Austausch von limnologisch relevanten Fachinformationen über den Tellerrand hinaus

Leipziger Limnologenstammtisch

Ingrid Carmienke, auentuerkis@posteo.de; Christian Wilhelm, SenProf für Algenbiotechnologie, Universität Leipzig, Permoserstr. 15, 04315 Leipzig, E-Mail: cwilhelm@rz.uni

Keywords: Fachstammtisch Limnologie – Leipzig – interdisziplinärer Austausch - Vorträge

Einleitung

Die hydrobiologischen Traditionen reichen in Leipzig bis in das vorletzte Jahrhundert zurück, als Prof. Carl Chun vom Zoologischen Institut der Universität 1897/98 die erste deutsche Tiefsee-Expedition leitete. Die Limnologie ist allerdings leider nicht (mehr) vertreten, obwohl der Hochschulstandort Leipzig sonst vieles zu bieten hat.

Einen fachlichen Austausch zu limnologischen Fragen gibt es in Leipzig dennoch: Vor zehn Jahren entstand spontan der „Leipziger Limnologen-Stammtisch“, an dem etwa 30 Kolleginnen und Kollegen aus unterschiedlichen Berufsfeldern beteiligt sind. Wir sind in Forschungseinrichtungen, Fachbüros, Laboren, Behörden oder an Schulen im Raum Leipzig, Dresden, Zwickau, Chemnitz, Halle, Bad Dübener Heide und Görlitz tätig. Wir treffen uns in der Regel im Frühjahr und im Herbst, um in lockerer Runde Erfahrungen und aktuelle Entwicklungen rund um die Limnologie in Praxis und angewandter Forschung zu diskutieren.

Themenübersicht

Die angesprochenen Themen decken ein breites Spektrum ab:

- (1) Berichte zur Wasserqualität regionaler Fließgewässer und den umliegenden Tagebauseen,
- (2) methodische Probleme der Qualitätssicherung chemischer und biologischer Gewässeranalysen,
- (3) Möglichkeiten und Grenzen der Gewässergütemodellierung,
- (4) Berichte um spezielle Organismengruppen wie Egel oder Steinfliegen,
- (5) Berichte zur Wassersituation im Sudan, Tansania oder Amazonien,
- (6) Ergebnisse der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Europa

oder auch innovative Methoden in der Limnologie wie die bildgebende Zytometrie oder die Bedeutung von physiologischen Schlüsselmerkmalen bei Planktonalgen. Details können Tabelle 1) entnommen werden.

Es sind die Breite der Themen und die unterschiedlichen beruflichen Blickwinkel darauf, die den Stammtisch für die Mitglieder als Weiterbildungsveranstaltung so wertvoll machen. Durch die persönlichen Kontakte ist auch ein Kompetenznetzwerk entstanden, auf das jeder zurückgreifen kann, das mit einem Rat bei der eigenen Arbeit unterstützen kann. Solche Netzwerke können wir aus unserer Erfahrung generell für alle Tätigen in der limnologischen Praxis und Forschung weiterempfehlen.

Tab.1: Übersicht Vorträge und Vor-Ort-Aktivitäten 2011 – Juli 2021

Nr.	Datum	Referent/in	Vortragstitel
1	06.10.2011	Im alten Rathaus / „Lotter & Widemann“; ohne Vorträge	
2	26.04.2012	Erstmalig im „Zunftkeller“; ohne Vorträge	
3	22.10.2012	S. Dunker	Phytoplanktondynamik unter hypertrophen Bedingungen
4	12.03.2013	D. Böhme	Wasserwirtschaft im Sudan - neue Projekte und alte Probleme
5	15.10.2013	C. Orendt S. Schmidt	Krautung Floßgraben (Leipziger Auwald) 2011 Neues von den Leipziger Tageauseen
6	08.04.2014	C. Grosser H. Milke	Ausgewählte Egelarten Deutschlands Hybride Modellierung im Wasserbau
7	23.09.2014	H. Dienemann, M. Oberländer, M. Scala	Cospudener See/Pier 1: Demonstration von Probenahmetechnik für Standgewässer
8	14.04.2015	C. Wilhelm	Test physiologischer Schlüsselmerkmale von Phytoplankton-Algen und die Konsequenzen für Wassergütemodelle wie z. B. Qsim
		D. Böhme	Gewässergütemodellierung in der Praxis
9	27.10.2015	M. Hammer	Genehmigung / Bau / Funktionskontrolle von Fischauf- und -abstiegsanlagen sowie Fischschutz im Bereich Leipzig, Erfahrungen zum Vollzug und der fachlichen Umsetzung aus Sicht der UWB Stadt Leipzig
		A. Kruspe	Ingenieurbioologische Maßnahmen zur Aufwertung der Uferstrukturen am Karl-Heine-Kanal
10	12.04.2016	S. Bernhard	Ursachenforschung zu Bestandsveränderungen von Makrophyten im Kulkwitzer See
		R. Küttner	Flusssteinfliegen in Sachsen (Vortrag und Film)
11	25.10.2016	M. Oberländer, M. Scala, H. Dienemann I. Hildebrandt	Standgewässeruntersuchungen und deren Qualitätsabsicherung – Schwerpunkt Probenahme
		U. Biermann	Einige Aspekte zur Qualitätssicherung für chemische Untersuchungen an Oberflächengewässern Anforderungen an die Qualitätssicherung eines akkreditierten Labors im Hinblick auf biologische Parameter
		N. Grosser	Demonstration lebender Blutegel (ohne Vortrag)

Nr.	Datum	Referent/in	Vortragstitel
12	08.12.2016	H. Milke	Besichtigung Modell TS Lehmühle / HTWK
13	04.04.2017	F.-W. Junge	Der geologische Untergrund der Stadt Leipzig – Spiegelbild der natürlichen Klima- und Landschaftsentwicklung seit 50 Millionen Jahren
		C. Wendt, N. Hinz	Grundwasserverhältnisse in Leipzig – Entwicklung über die letzten Jahrzehnte, Bewertung nach EU-WRRL
14	17.10.2017	J. Mählmann	Limnologische Einsatzmöglichkeiten technischer Textilien
		N. Schippel	Wasserwirtschaftliche Planungen im Ingenieurbüro – Projektbeispiele aus den Arbeitsfeldern Hochwasserschutz an Fließgewässern und urbane Sturzfluten
15	17.04.2018	S. Dunker	Bild-basierte Zytometrie als neue Methode zur automatisierten Erfassung von Phytoplanktonorganismen
		E. Arndt	Auswirkungen von Niedrigwasserphasen auf benthische Lebensgemeinschaften
16	23.10.2018	H. Milke	Wasser im globalen Blick – von Tansania bis zum Amazonas
17	16.04.2019	U. Schmedtje	Zustand der Gewässer Europas 2018 - Ergebnisse zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie
18	08.10.2019	D. Böhme	Auf den Spuren von Alfred Russel Wallace im Malayischen Archipel
19	30.03.2021	J. Mählmann	DGL-Tauchexkursion im Geiseltalsee (Videokonferenz)
20	06.07.2021	C. Wilhelm	Integrierte Ökobiotechnologie – was ist das? Ein Konzept klimafreundlicher Wertschöpfung in der Lausitz (Videokonferenz)

Diversity within phytoplankton species isolated from a subalpine lake

Domiziani Christini, Lutz Becks

Research Training Group R3, Aquatic Ecology and Evolution, Department of Biology, University of Konstanz, 78464, Konstanz, Germany

The aim of this study is to investigate eco-evolutionary dynamics of phytoplankton communities in a central European, subalpine lake (Lake Constance, Germany). Seasonal phytoplankton dynamics are well described in the highly cited PEG (Plankton Ecology Group) model, but relevant aspects, such as species eco-evolutionary dynamics, are under explored. Following the Spring bloom in Lake Constance, these aspects have been investigated, and phytoplankton functional traits measured. Recent studies have shown that ecologically relevant traits can evolve rapidly, affecting ecological dynamics of populations. So far most of the experiments have been conducted either in chemostats or mesocosms with algae obtained from algal culture collections. Here we present both biotic/abiotic factors (temperature, nutrient concentration, phytoplankton and zooplankton biomasses) of lake Constance and trait data of the phytoplankton species isolated directly from the lake. Diatom isolates were used since diatoms represent the most abundant taxonomic group during spring in the lake. Growth trajectories and traits (like morphology and sinking rate) within the isolated species were measured. From the preliminary results, we saw that during the Spring Bloom 2021, phytoplankton biomass fluctuated quite much over the season, probably due to the frequent re-circulation of surficial water that did not allow for thermal stratification until end of April-beginning of May. The nutrient concentrations showed different trends: nitrate (NO₃) stayed quite high for the whole period of investigation (~4 mg/L), phosphate (PO₄-P) was present for the entire spring at very low concentration (~1 µg/L) and silica (SiO₂-Si) decreased abruptly during March and at the beginning of June. The biomass of the dominant crustaceans increased from the beginning to the end of spring, except for two taxa (*Eudiaptomus gracilis* and cyclopoids). Regarding the phytoplankton isolates, the first assays on growth and sinking rate suggested that samples isolated in different weeks do show intra-specific variation. These and further data will be used to quantify the rate and direction of evolution in natural communities.

Emergent patterns of water and matter fluxes in a coupled catchment-lake model: a case study

Maria Determann¹; Andreas Musolff¹; Karsten Rinke¹; Marieke Frassl²; Tom Shatwell¹

¹ Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ; ² German Federal Institute of Hydrology (BfG)

Solute concentrations (C) that are discharged (Q) out of catchments are represented in C-Q-relationships. The discharge reaching streams and lakes can alternate between phases of dilution and phases of increased concentration at seasonal and event scales. Standing waters are common in cultural landscapes and tend to retain nutrients. Accordingly, the role that lakes and reservoirs play in the modulation of C-Q-relationships of outgoing solute matter fluxes is poorly understood.

Here I seek to determine how lakes modify the emergent nutrient pattern and to classify patterns of nutrient retention for a catchment-lake-system. I want to find out the contribution of standing waters to catchment nutrient retention and release, and gain insight into the impact of variations at seasonal scales.

For this study a catchment model (Musolff et al., 2017) was coupled with the 1d-lake model GOTM-FABM-PCLake (Hu et al., 2016) to examine the nutrient retention characteristics of lakes by comparing import and export regimes of N and P.

Ten years of observation data from the Rappbode pre-dam (Harz region, Central German Lowland) were used to analyse the system and validate model results. Stochastic meteorological forcing within the catchment model generated C-Q-relationships, which in turn were fed as inputs into the lake model. The lake model was used to simulate biogeochemical cycling and conversion, and thus to determine how the lake modifies the outflow nutrient retention. The model described the observed dynamics of temperature and mixing, oxygen, chlorophyll, as well as nitrogen and phosphorus in the lake well, with generally low root mean square error, and high model efficiency.

When stratified, the modelled lake retained more nutrients because deep water was isolated, allowing only surface water solutes to leave the lake via outflow. In addition to stratification and mixing, residence time had a strong influence on nutrient retention, with differing effects on N and P.

These modeling results warrant a closer look at how seasonal timing and magnitude of hydrological events affect a lake's retention capacity. Better characterising these dynamics will help to improve water security by developing parsimonious modelling approaches to predict lake nutrient release.

Einfluss von Mikroplastik auf physiologische Kenngrößen von *Daphnia magna*

Lisa Ellenberger; Bettina Zeis

Westfälische Wilhelms-Universität Münster Institut für Zoophysiologie

Die zunehmende Verschmutzung von Gewässern durch Mikroplastikpartikel ($< 5 \text{ mm}$) stellt eine Gefahr für aquatische Organismen, einschließlich Zooplankton, dar. Sowohl kugelförmige, industriell hergestellte Kunststoffpartikel (primäres Mikroplastik, PMP) als auch unregelmäßige Kunststoffpartikel, die durch mechanische Abbauprozesse entstehen (sekundäres Mikroplastik, SMP), können negative Auswirkungen auf Organismen haben. Eine verminderte Nahrungsaufnahme bei filtrierenden Wirbellosen durch die Aufnahme von Mikroplastik kann Fitnessparameter negativ beeinflussen. In dieser Studie wurde mit dem Modellorganismus *Daphnia magna* (Cladocera) der Einfluss von Mikroplastikpartikeln auf Verdauung, Proteinregulation und Reproduktion untersucht. Ein genereller Einfluss von PMP ($1 \text{ }\mu\text{m}$ Durchmesser, Konzentration: $2 \text{ }\mu\text{g/ml}$) auf die Verdauungsenzyme Trypsin und Chymotrypsin sowie die Gesamtproteaseaktivität konnte nicht nachgewiesen werden. Auch ein Proteinabbau, bedingt durch eine Mikroplastik-induzierte Hungersituation, konnte nicht bestätigt werden. Dennoch wurden einige regulatorische Prozesse im Bereich von zellulären Vorgängen, der Signaltransduktion, Informationsspeicherung und -verarbeitung unter dem Einfluss von PMP ($1 \text{ }\mu\text{m}$ Durchmesser, Konzentration: $2 \text{ }\mu\text{g/ml}$) nachgewiesen. Ein Einfluss von PMP ($1 - 50 \text{ }\mu\text{m}$ Durchmesser, Konzentration: $2 \text{ }\mu\text{g/ml}$) und SMP ($0,5 - 62 \text{ }\mu\text{m}$ Durchmesser, Konzentration: $2 \text{ }\mu\text{g/ml}$) auf die Reproduktionsleistung konnte nicht beobachtet werden.

Determination of surface water characteristics using Raman Spectroscopy

Jieping Xu¹, Kaiyi Zhao¹, Thomas Johann Tewes² & Ute Hansen¹

¹ Rhein-Waal-University of Applied Sciences, Faculty of Communication and Environment,
Friedrich-Heinrich-Allee 25, 47475 Kamp-Lintfort, Germany, correspondence to: ute.hansen@hsrw.eu

² Rhein-Waal-University of Applied Sciences, Faculty of Life Sciences, Marie-Curie-Straße 1, 47533 Kleve, Germany,
thomasjohann.tewes@hsrw.eu

Keywords: surface water, Raman spectroscopy, water quality

Introduction

Characteristics of surface water show a very high variability with time and space. Methods based on a fast *in-situ* detection of water characteristics and thus suitable for continuous surveillance would be an advantage. Raman signatures were detected on water samples taken from a suburban river and a nearby lake in order to investigate whether spectral characteristics differ between sampling sites.

Material and Methods

On the 27th of January 2021 water samples were taken from a suburban river at several sites and a nearby lake (Figure 1). They were transported to the lab where Raman spectra were detected using quartz cuvettes and a Raman Reader (Ocean Optics, $\lambda_{\text{exc}}=785$ nm, 70mW). Before a hierarchical cluster analysis (HCA) with average linkage clustering and the Euclidean distance was performed in MATLAB R2021b the spectra were pretreated. Data treatment included baseline correction and smoothing via low pass filter as well as normalization (z-score) as given in Tewes (2019).

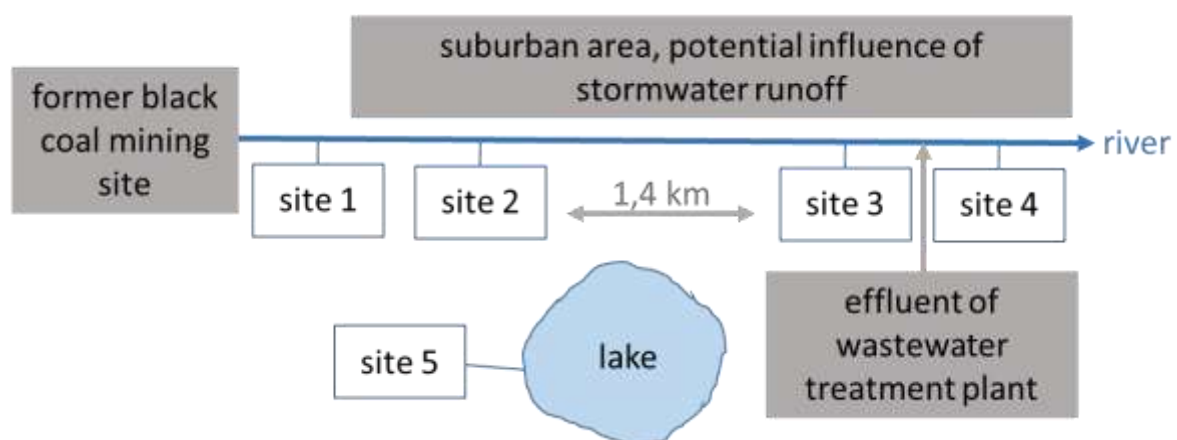


Figure 1: The river water drains a coal mine slag heap and leaves after treatment the remediated black coal mining site. Sites 1, 2 and 3 are located in a suburban area. Between sites 3 and 4 the water characteristics are influenced by the discharge of wastewater treatment plant effluent. A further sample was taken from a nearby lake (site 5).

Results

The investigated surface water types showed specific Raman signatures (Figures 2 and 3), but it was not yet possible to assign all specific patterns of the Raman spectra to certain water constituents or organisms.

The Raman spectra of water samples taken from sites 1, 2 and 3 showed a peak at 980 cm^{-1} . This peak was not present in spectra recorded with tap water, water of the lake (site 5) and water taken at site 4. The 980 cm^{-1} peak can be assigned to sulfate ions in the water originating from the mining waste as the river water drains the slag heap of the former coal mine. According to the data the lake water has a lower sulfate concentration. In the Raman spectra gained with water of site 4 downstream the effluent of a wastewater treatment plant the sulfate peak seems to be masked by signatures of other compounds.

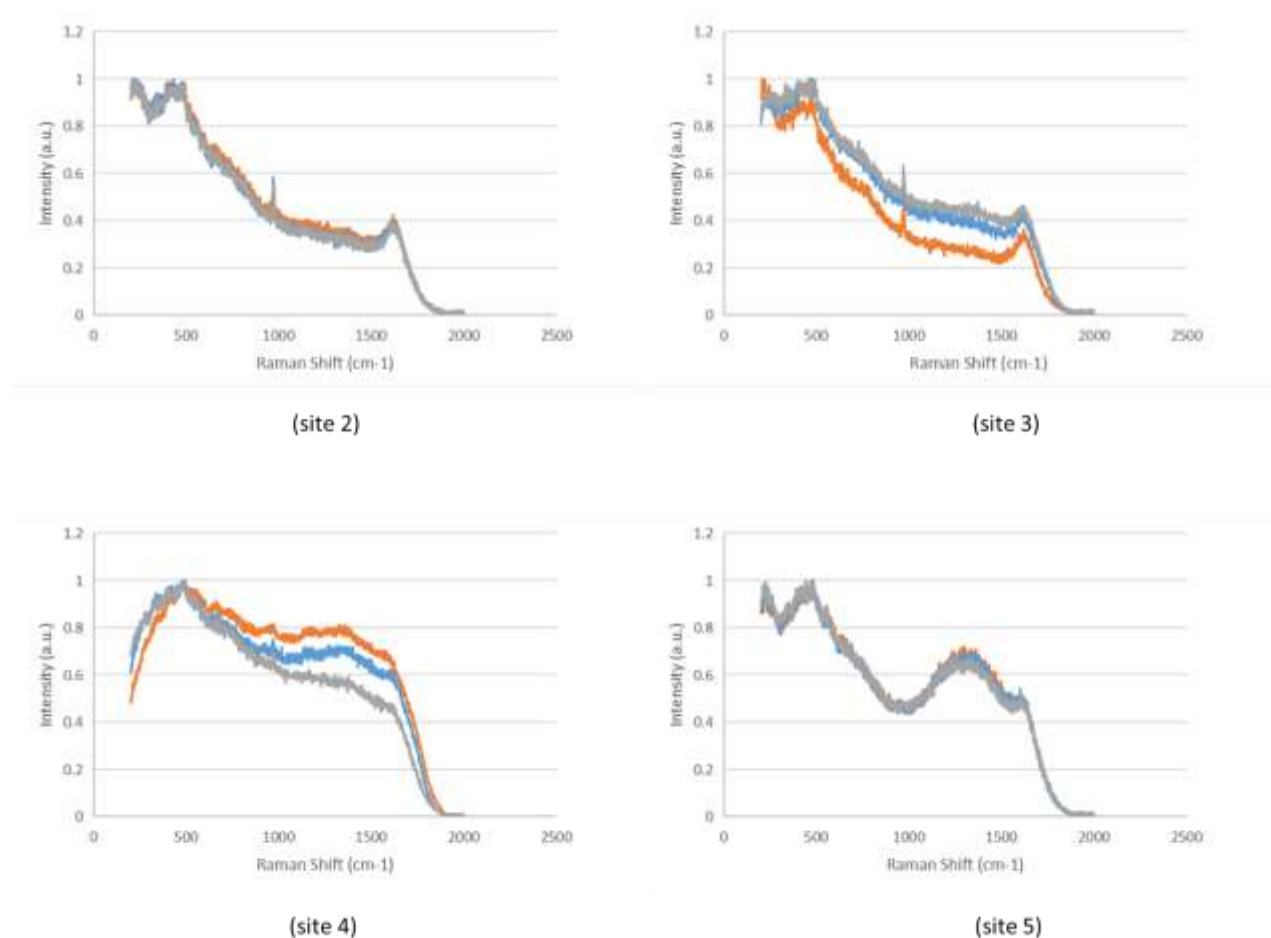


Figure 2: Normalized raw Raman Spectra of water samples taken at the sites described in Figure 1. The peak at 980 cm^{-1} can be assigned to sulfate originating from the coal mine slag heap and/or the remediated mining site.

The HCA analysis results show that Raman signatures of sites 1 to 3 and the tap water blank (T) were similar, whereas the spectra of the sample taken downstream of the wastewater treatment plant effluent discharge point and the lake sample deviated markedly (Figures 2 and 3).

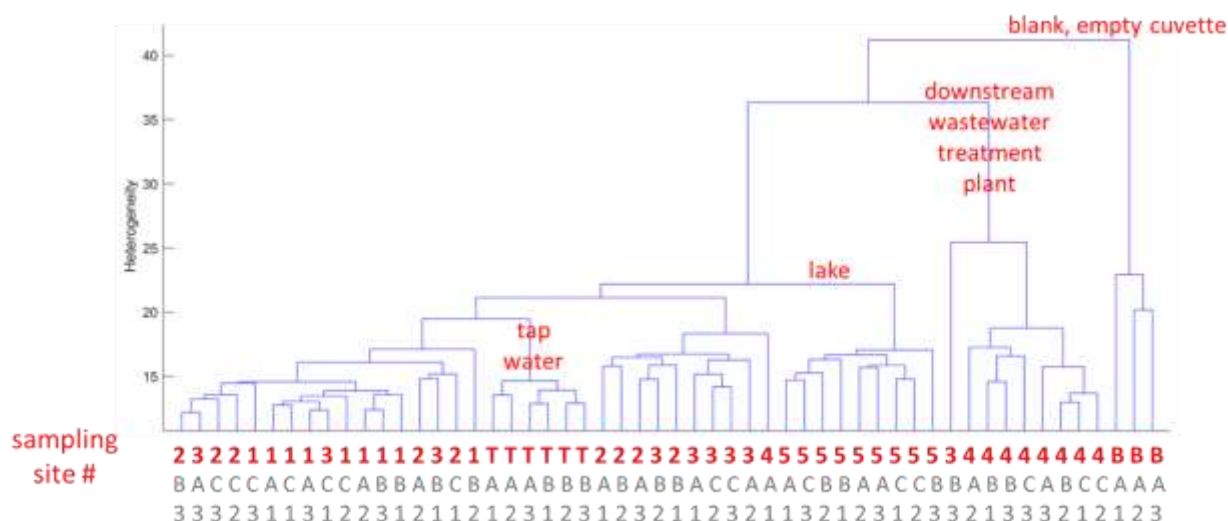


Figure 3: Similarity of spectral characteristics of surface water samples taken at sites 1 to 5 (see Figure 1), the cuvette blank and the tap water blank. From each subsample (A to C) three spectra (1 to 3) were recorded. The spectra were baseline subtracted, smoothed and normalized before the HCA was performed.

Discussion

The fact that a fast optical method revealed spectral differences between the investigated samples shows that it might be possible to develop a continuously working device based on Raman spectroscopy suitable for frequent or continuous monitoring and surveillance of river water characteristics.

According to Figure 3, differences between Raman signatures of the river water samples taken upstream and downstream of the location where wastewater treatment plant effluent was discharged to the river were sufficient to allow automated classification. In a similar way lake water was classified as having other characteristics than the river water and being more similar to the upstream water than to the water sample taken at site 4.

The water composition of the suburban river shows a strong short-term variability (Zhao et al., this volume). Raman spectroscopy might be suitable for a fast screening of surface water characteristics.

References

- Tewes, T (2019) Entwicklung einer Methode zur Identifizierung von Mikroorganismen über Raman-Spektroskopie, Master thesis, Hochschule Rhein-Waal. <https://opus4.kobv.de/opus4-rhein-waal/frontdoor/index/index/searchtype/authorsearch/author/%22Tewes%2C+Thomas%22/docId/321/start/0/rows/10>
- Zhao, K., Xu, J., Wenda, A., Tijssse-Klasen, E., Hansen, U. (2022) Levels of coliform bacteria, enterococci and NPOC detected in a suburban river over six weeks in November and December 20201. Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Tagungsbericht 2021 (Leipzig), Weißensee Verlag, in this volume.

Levels of coliform bacteria, enterococci and NPOC detected in a suburban river over six weeks in November and December 2020

Kaiyi Zhao¹, Jieping Xu¹, André Wenda¹, Ellen Tijssse-Klasen¹ & Ute Hansen¹

¹ Hochschule Rhein-Waal, Fakultät Kommunikation und Umwelt, Friedrich-Heinrich-Allee 25, 47475 Kamp-Lintfort, Germany, ute.hansen@hsrw.eu

Keywords: coliform bacteria, *Escherichia coli*, enterococci, environmental monitoring

Introduction

Coliform bacteria and enterococci are present at high amounts in feces of warm blooded animals and their presence in freshwater indicates fecal contamination which can be due to diverse sources such as birds and dogs feces and both, untreated and treated wastewater. The study presented here has been carried out in order to investigate the day-to-day and week-to-week variability of microbiological contamination and to find out whether there was evidence for an influence of rain events, air temperature specifics and wastewater treatment plant effluent on the concentration of the investigated types of bacteria.

Material and Methods

Concentrations of coliform bacteria, *Escherichia coli* and enterococci were followed over 6 weeks (2nd November to 8th December 2020) in water of a small river in a suburban environment using the membrane filtration method (ISO 9308-1:2014). Semi-quantitative most probable number determination of concentrations of coliforms (ISO 9308-2:2012) and analysis of total organic carbon as non-purgeable organic carbon (NPOC, using a TOC-L Shimadzu device) was performed with the samples as well. Data on precipitation and air temperature were available from an external source (<https://meteostat.net/en/place/DE-X997>). During weeks 4 to 6 further samples were taken at site 2 located ca. 1.4 km downstream of site 1 where river water was mixed with effluent of a wastewater treatment plant.

Results and Discussion

The abundance of coliform bacteria (Figure 1), *Escherichia coli* and enterococci (Table 1) showed a high day-to-day and week-to-week variability reflected by both, data gained with the most probable number method (MPN, blue symbols) and those gained with the filtration method (black symbols). The data show that sample dilution tended to reveal higher levels of coliform bacteria. Furthermore, high concentrations were found on the first day of week 6, the only day with rain during sampling (Figure 1 and Table 1). In order to find out whether the variability of the abundance of coliform bacteria in the river can be explained by the variation of the amount of precipitation during the 24 h

period preceding sampling the bacteria concentration was related to the respective precipitation data (Figure 2A).

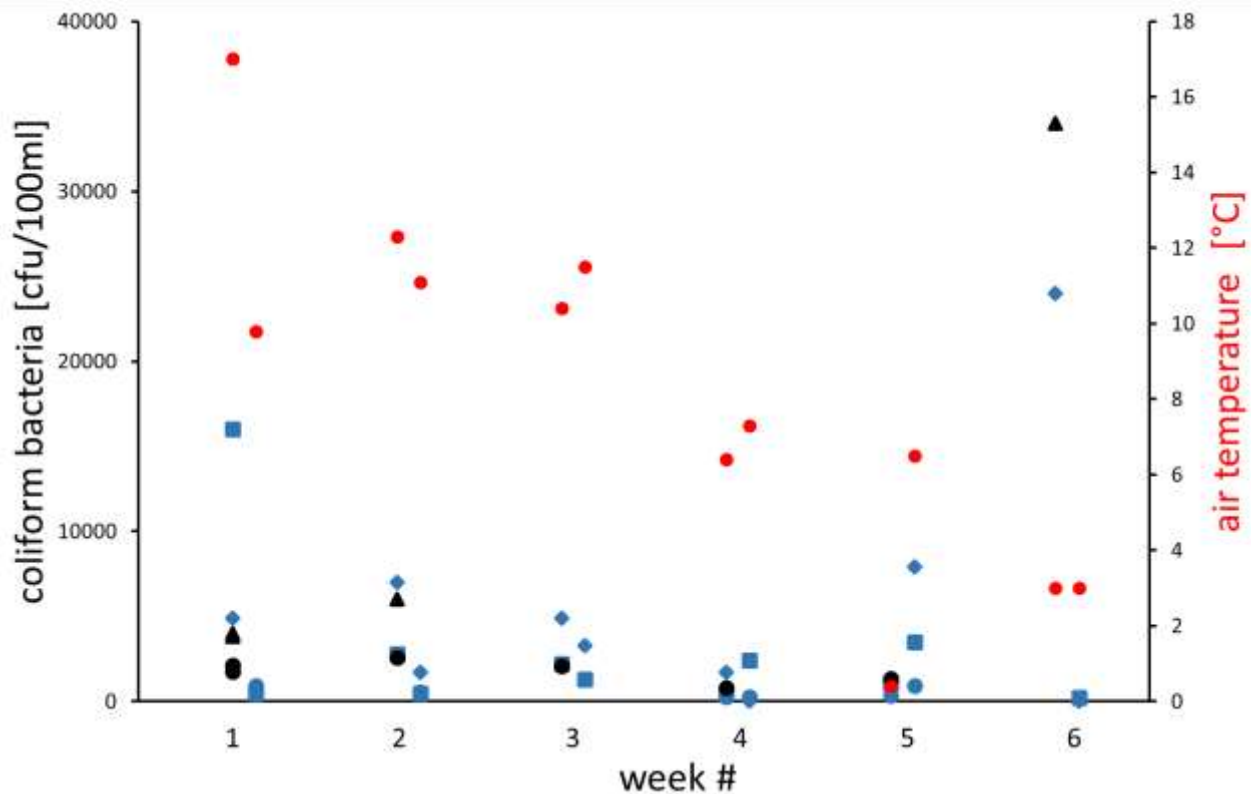


Figure 1 Concentration of coliform bacteria in samples taken from a small suburban river over six weeks in November and December 2020 and air temperature given as average over the 24 hours prior to sampling (red symbols ●). Bacteria concentrations were determined using the most probable number method (blue symbols) with no (●), 1:10 (■) and 1:100 (◆) dilution of the sample and with the filtration method (black symbols) with 1:20 (●) and 1:200 (▲) dilution. Plates with counts <12 were disregarded. Relationships with 24 h precipitation and temperature data are given in Figure 2. Only on the 7th of December, the first day of week 6, rain was falling during sampling.

No clear relationship with rain events was found if the precipitation was expressed as sum over the 24 h prior to sampling (Figure 2). The high levels of coliform bacteria present on the day on which it was raining during sampling (Figure 1) suggest that such contaminations are short-term events.

Over the six weeks of investigation the air temperature decreased markedly (Figure 1, red symbols). The data show a tendency towards a positive linear relationship (see Figure 2, $r^2=0.45$) between the concentration of coliform bacteria and the 24 h average of air temperature which can be explained by a higher survival rate of the mesophilic coliforms at higher temperatures. The shallow water of the little river can be assumed to have, in general, a water temperature close to the average air temperature.

Table 1: Concentration of *Escherichia coli* bacteria and enterococci in cfu/100 ml determined using the filtration method over the six weeks of investigation, for details see Figure 1, means of 2 to 4 plates).

	1	2	3	4	5	6
<i>Escherichia coli</i>	122	514	62	34	185	4229
Enterococci	120	350	120	0	110	3150

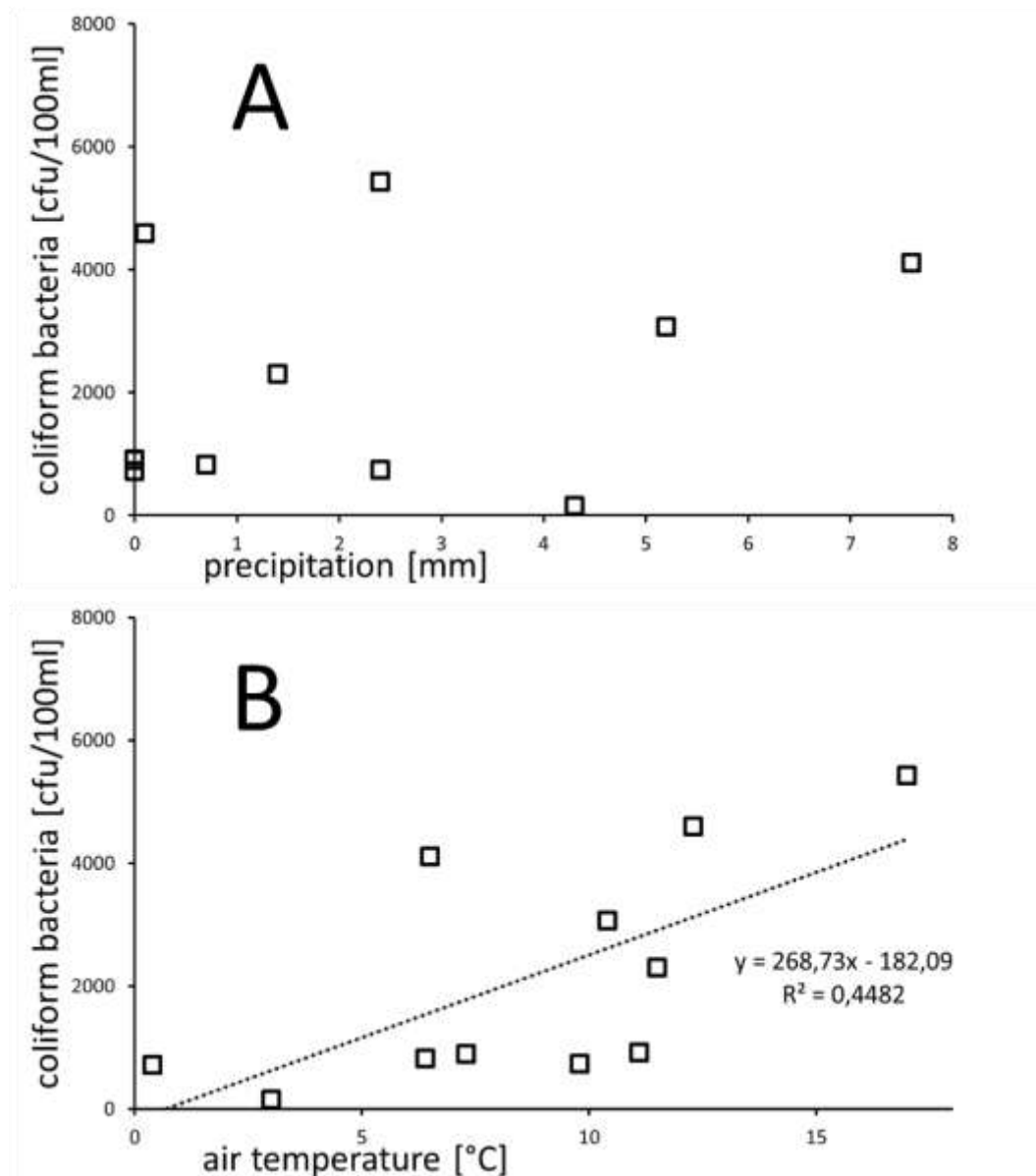


Figure 2 Concentration of coliform bacteria in water of a sub-urban stream related to the precipitation (A) and air temperature (B) during the 24 h prior to sampling. The data set gained with a sample taken when it was raining was excluded. Coliforms data are given as mean of all data sets of the respective day shown in Figure 1.

Concentrations of coliform bacteria, *E. coli* and enterococci showed a similar time course (Figure 1 and Table 1) and were highly correlated (Table 2) suggesting their origin from the same source of contamination.

The effluent of a wastewater treatment plant increased the concentration of coliform bacteria in the receiving river by 7600, 2020 and 4000 cfu/100 ml in weeks four, five and six, respectively. The extent of this increase was closely related to the organic carbon concentration determined as non-purgeable organic carbon (NPOC) of the water sampled at this site (Figure 3).

Table 2: Coefficients of linear correlation (r^2) of concentrations of coliform bacteria, *Escherichia coli* and enterococci determined with the filtration method, in parentheses under exclusion of the high values detected in week 6 (see Figure 1).

	<i>Escherichia coli</i>	Enterococci
Coliform bacteria	0.9969 (0.7307)	0.9989 (0.8990)
<i>Escherichia coli</i>		0.9980 (0.8112)

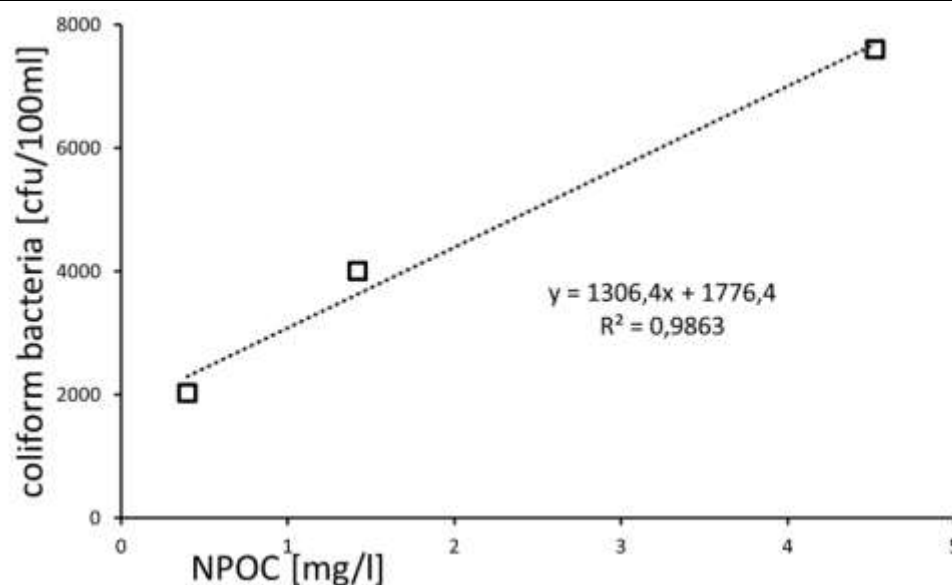


Figure 3 Increase in the concentration of coliform bacteria due to the discharge of effluent of a wastewater treatment plant related to the NPOC concentration of the sample taken at this site. Relatively low NPOC values were found at site 1 (0.05 to 0.78 mg/l) showing a tendency towards a positive correlation with levels of coliforms.

The question arises how the strong variability of microbiological quality of surface water can be taken into account in monitoring programs aiming at characterizing the microbiological quality of surface water. The high variability with time is reflected, for example, by the fact that the highest abundance of indicators for fecal contamination was detected on the 7th of December 2020 whereas lowest most probable numbers of coliform bacteria abundance were found on the following day. The impact of effluent of a wastewater treatment plant on the microbiological quality of the river water represents an example for the high spatial variability due to multiple sources of such contamination. Anyway, there is no risk of a threshold exceedance as respective quality standards are in place only for surface water bodies used as bathing water (DIRECTIVE 2006).

Conclusions

The data show a very high variability of microbiological contamination with time. A monitoring system suitable for continuous surveillance would be required for a sound evaluation of microbiological water quality.

Acknowledgement

The authors thank their University for providing the materials used for experimental work performed as a part of the B.Sc. thesis in the study course Environment and Energy taught at the Rhine-Waal University of Applied Sciences.

References

- ISO 9308-1:2014 Water quality — Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria — Part 1: Membrane filtration method for waters with low bacterial background flora
- ISO 9308-2:2012, Water quality -- Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria
- DIRECTIVE 2006/7/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC

Vier Jahrzehnte Langzeitmonitoring an der Talsperre Saidenbach - Wasserbeschaffenheitsentwicklung im gesellschaftlichen und klimatischen Wandel

Tilo Hegewald; Dirk Geissler; Peter Reichelt; Karin Freier

Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen

Seit Mitte der 1970er-Jahre wurden bis 2013 im Rahmen von Langzeitprojekten, die an der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig und der TU Dresden angesiedelt waren, mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung kontinuierlich abiotische und biotische Kennwerte in der Talsperre Saidenbach und ihren für die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit bedeutsamen Teileinzugsgebieten ermittelt.

Die Gewinnung des Datensatzes war maßgeblich an den Bedürfnissen der wasserwirtschaftlichen Praxis orientiert und hatte u. a. die Entwicklung ökotechnologischer Maßnahmen und Verfahren zur Stabilisierung und Verbesserung der Wassergüte zum Ziel. Einen zweiten Schwerpunkt bildete die Analyse der Auswirkungen der Klimaerwärmung auf Gewässerökosysteme.

Seit 2016 wird das Langzeitmonitoring der Talsperre Saidenbach in Anlehnung an das ehemalige wissenschaftliche Untersuchungsprogramm durch die Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen fortgeführt.

Das Poster zeigt die Wassergütesituation der Talsperre Saidenbach während der langanhaltenden Trockenwetterperiode 2014 bis 2020 im Kontext ihrer langfristigen Beschaffenheitsentwicklung.

DNA-basierte Gewässerüberwachung in der behördlichen Praxis

Sascha Krenek; Julia Kleinteich; Demetrio Mora; Saskia Schmidt; Andreas Schöl; Franz Schöll; Helmut Fischer

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Die Bewertung des ökologischen Gewässerzustands auf Grundlage morphotaxonomischer Daten sowie der Nachweis bestimmter Organismen im Gewässer wird zunehmend durch DNA-basierte Methoden ergänzt. Für eine Reihe wichtiger biologischer Qualitätselemente (BQEs) wie Fische, Makrozoobenthos, Phytobenthos und Phytoplankton konnte das große Potential der DNA-Metabarcoding Methode bereits in wissenschaftlichen Studien dargelegt werden. Für das behördliche Monitoring und die ökologische Zustandsbewertung von Fließgewässern gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) bedarf es allerdings einer Standardisierung, Evaluierung und Validierung der molekularbiologischen Verfahren als alternative Methode. Wir stellen hier sowohl den Bedarf auf Seite der Anwendergruppen dar als auch die Möglichkeiten und Limitationen, welche die neuen Methoden aktuell bieten.

Mit der Etablierung eines Labors für molekulare Taxonomie und Ökologie an der BfG sollen die DNA-basierten Verfahren zukünftig auch in die praktische Anwendung für die Biodiversitätserfassung und dem Monitoring von großen Flüssen überführt werden. Hierfür werden zunächst DNA-basierte und klassische Methoden parallel genutzt, um die molekularbiologischen Verfahren als ergänzende Methode zur Bewertung von Fließgewässern im regulatorischen Kontext zu evaluieren und validieren. Diese Ergebnisse sollen u. a. für die Ableitung neuer Ansätze zur Integration DNA-basierter Daten in das bestehende Gewässerbewertungssystem genutzt werden mit dem Ziel, dass die molekularbiologischen Verfahren zukünftig für einige BQEs in die Biomonitoringverfahren der wasserwirtschaftlichen Praxis integriert werden können.

Weitere relevante Anwendungsgebiete der molekularbiologischen Verfahren in der Gewässerüberwachung großer Flüsse sind z. B.

- 1) die gezielte Erfassung gebietsfremder Arten (Neobiota) sowie seltener Taxa, die naturschutzfachlich von Bedeutung sind,
- 2) die Artdiagnose bewertungsrelevanter, aber schwer bestimmbarer Taxa und
- 3) die Untersuchung der Auswirkung von Gewässerbelastungen sowie wasserbaulicher und Biodiversitätsschutzmaßnahmen auf die Artenvielfalt und genetische Diversität. Erste Ergebnisse zu Untersuchungen des Zooplanktons im Ästuar der Elbe dienen als exemplarische Diskussionsgrundlage.

Wir freuen uns über Kooperationsanfragen von Forschungseinrichtungen und Akteuren aus der wasserwirtschaftlichen Praxis und auf neue Ideen der Zusammenarbeit!

Diversity in trade-off strategies among resurrected alga

Richard Lambrecht¹; T. Réveillon²; Lutz Becks³

¹ Limnologisches Institut der Universität Konstanz; ² University of Konstanz; ³ Universität Konstanz

Eco-evolutionary feedbacks can be central for ecological and evolutionary processes driving population dynamics and ecosystem functioning in freshwaters. Importantly, these feedbacks have been suggested to allow natural systems to buffer environmental perturbations. One key element in that context is trait variation, which is often found as a result of a trade-off. Predator-prey systems represent ideal settings for eco-evolutionary dynamics and are determinants for the transfer of matter and energy through food webs. Moreover, predator-prey interactions usually involve trade-offs between prey traits, such as protection against grazing (defense) and competitiveness (growth), and these traits can be switched due to strong selective pressures. Here, we focused on a predator-prey system composed of a rotifer predator (*Brachionus calyciflorus*) and a green alga prey (*Chlamydomonas* sp.). We resurrected multiple prey genotypes from lake Constance sediments that were associated with different environmental conditions (eutrophication and re-oligotrophication), providing prey with different evolutionary backgrounds. We investigated the diversity in defense-competitiveness trade-off strategies among prey genotypes and between periods by measuring the ingestion rate of the predator (i.e. defense) and the growth rate of the prey (i.e. competitiveness). In addition, we characterized the morphologies of prey genotypes to explore the link between structural and functional traits involved in this trade-off. We found that genotypes from the eutrophic period were displaying a larger spectrum of morphological traits and strategies (i.e. very defended and/or very competitive) than genotypes from the re-oligotrophic period. Overall, we show different compositions in prey traits, which may have direct consequences on predator-prey interactions and ultimately on the functioning of freshwater ecosystems.

Projektvorstellung: Analyse und Bewertung der ökologischen Belastungen von Seen durch Fahrgast- und Freizeitschifffahrt im Spannungsfeld von Gewässerschutzziele und Nutzungsansprüchen: Mitigationsstrategien für eine dauerhaft umweltverträgliche Lenkung

Frank Peeters¹; Ralf Köhler²; Ole Lessmann³; Wolfgang Ostendorp¹

¹ Limnologisches Institut der Universität Konstanz; ² Landesamt für Umwelt Brandenburg; ³ Limnologisches Institut Universität Konstanz

Die Arbeitsgruppe Umweltphysik am Limnologischen Institut der Universität Konstanz und das Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU), Referat W26 (Gewässerentwicklung) führen gemeinsam ein von der Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördertes Projekt durch, in dem die ökosystemare Auswirkungen der stark zunehmenden Fahrgast- und Freizeitschifffahrt auf Seen analysiert werden, um Szenarien unter Einbeziehung der Belastungsgrenzen zu entwickeln und Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Im Rahmen des dreijährigen Projektes werden

- (1) der rechtliche Rahmen sowie die Anbieter- und Verbandsstrukturen einschließlich ihrer institutionellen Beziehungen zu Fachbehörden der Länder und des Bundes und zur interessierten Öffentlichkeit analysiert,
- (2) die bisherige Faktenlage im Hinblick auf die Umweltbelastungen synoptisch neu bewertet,
- (3) eine Analyse der ökosystemaren Folgen der Fahrgast- und Freizeitschifffahrt, insbesondere der Wellenbelastungen und des wasser- und landseitigen Flächenbedarfs durchgeführt und
- (4) die Auswirkung von anthropogenen Uferstrukturen, u. a. solche für die Schifffahrt auf die seeufer-relevanten biotischen Qualitätskomponenten der EG-Wasserrahmenrichtlinie analysiert.

Aus diesen Ergebnissen sollen

- (5) Wirkpfade abgeleitet und Perspektiven eines nachhaltigen Entwicklungspotenzials und der Entwicklungsgrenzen entwickelt werden, die die langfristige Sicherung der Ökosystemleistungen erlauben,
- (6) Best Practice-Beispiele identifiziert, analysiert und ökologisch bewertet werden,
- (7) Managementempfehlungen bzw. für eine dauerhaft umweltverträgliche Steuerung und Lenkung der Fahrgast- und Freizeitschifffahrt auf den Seen entwickelt werden („sustainable use“) und
- (8) Handlungsempfehlungen zusammengestellt werden, die sich an alle beteiligten Stakeholder wenden.

Die Ergebnisse dieses Verbundprojekts sollen dazu beitragen, die voraussichtlich fortdauernden Kontroversen unterschiedlicher Akteure zu versachlichen und eine faktenbasierte Dialogbereitschaft zu fördern. Die Basis für Entscheidungsfindungen der zuständigen Behörden soll verbessert werden, so dass zukünftig Umweltschutzgesichtspunkte stärkeres Gewicht erhalten können.

Classification of lichenized and free-living forms of *Prasiola* with simple machine learning algorithms

Mitchell Kennedy¹, Claire Kowalewski¹, Paul Nätke², Daniela Lud¹

¹ Hochschule Rhein-Waal, Faculty of Communication and Environment, Friedrich-Heinrich-Allee 25, Kamp-Lintfort, Germany, ²JB Hyperspectral Devices GmbH, Am Botanischen Garten 33, Düsseldorf, Germany

Keywords: *Prasiola*, *Mastodia*, Machine learning, Python, Species classification

Introduction

The symbiotic relationship between some species of the genus *Prasiola* and a fungus is remarkable as the photobiont of the lichen is a foliose macroalga. One of the proposed benefits of lichenization for these algal species seems to be enhanced tolerance to low, subzero temperatures, which is useful in the habitat of these algal species in polar regions (Fernández-Marín et al. 2019). Changing temperatures due to climate change might have an effect on the symbiotic relationship of the species. Lud et al (2001) and Fernández-Marín et al. (2019) have previously discussed the uncertainty of intermediate forms of *Prasiola* and so it is important that the continuation of species identification occurs. As with any research, data analysis and species identification can be a very time-consuming task.

Machine learning has quickly become a helpful tool for scientists to accurately classify flora species. The aim of this study was to use machine learning to classify lichen species data attained after the morphological analysis of herbarium samples of *Mastodia tessellata* and *Prasiola crispa*. With this data, along with Python, Keras API and Tensorflow machine learning platform, it was possible to accurately classify the data into two distinct species, indicating the great potential for machine learning for *Prasiola* free-living and lichenized species classification.

Materials and Method

Morphological Analysis of Samples

The samples of *M. tessellata* and *P. crispa* were obtained from various locations in Antarctica by D. Lud. In total 84 of the samples collected featured either *M. Tessellata* (Fig. 1A), *P. Crispa* (Fig. 1B) or both. During the morphological analysis a dissecting and light microscope were used to record the sample measurements for growth size (mm²), number of reproductive organs and average RGB values. Red peak and far red peak values (wet and dry samples) were measured using a ROX reflectance box developed by JB Hyperspectral.

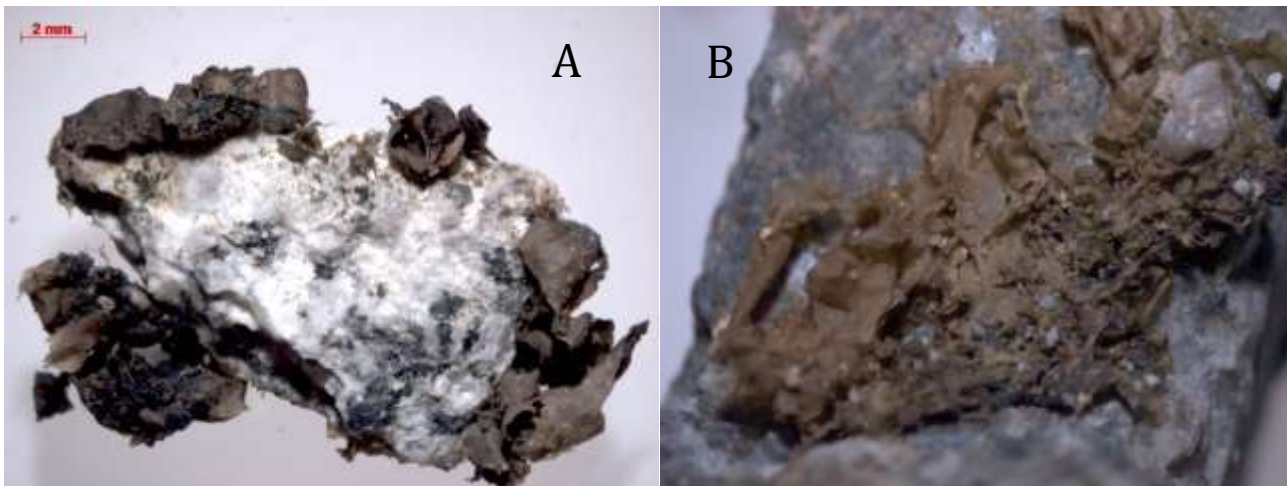


Fig. 1: (A) Collected sample of the lichenized form (*Mastodia tessellata*) used during the morphological analysis. (B) Collected sample of free-living form (*Prasiola crispa*).

Machine learning model

The machine learning model was built in Python following the tutorial created by Brownlee (2019) with adjustments made as needed. Fig. 2 shows the layers of the model and gives an overview of the layer types used with inputs and outputs.

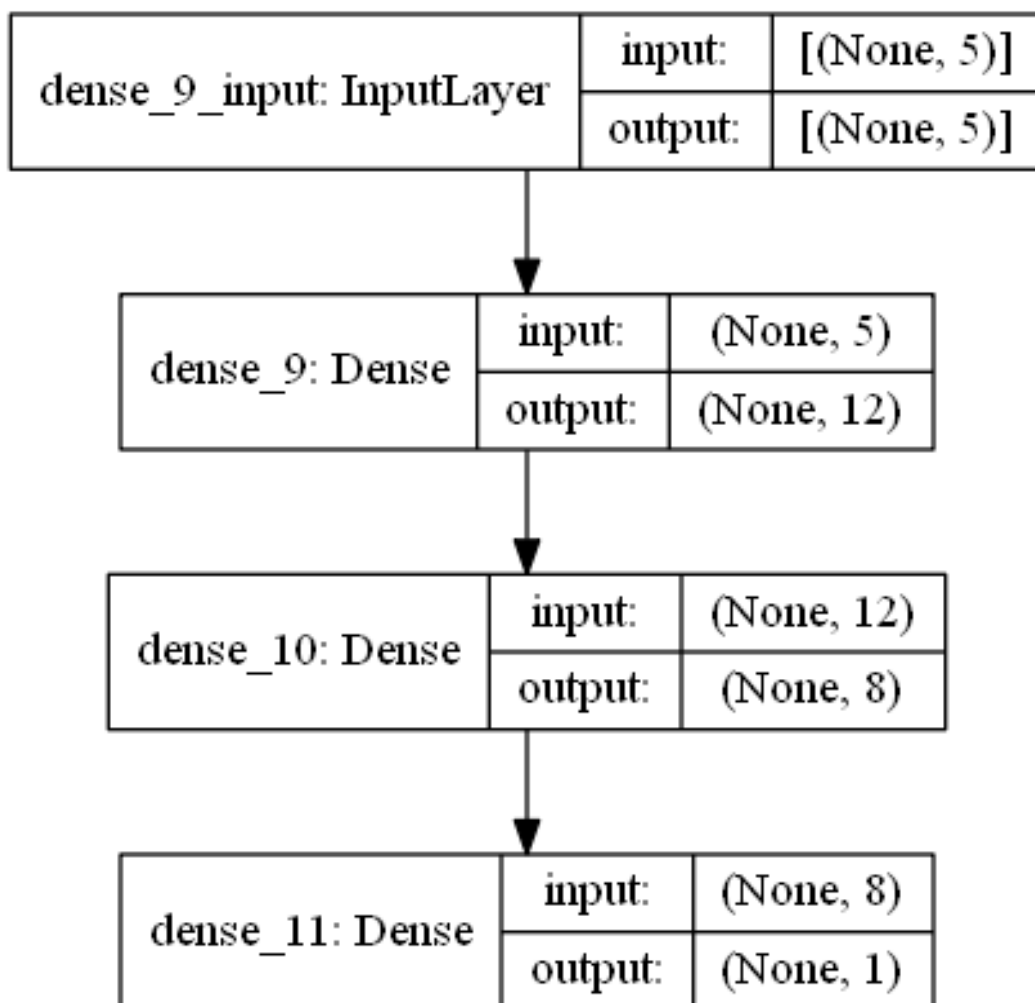


Fig.2: A diagram of the machine learning model showing the layers input and output

The value on the right shows the number of input nodes (top) and output nodes (bottom) for each layer. ‘Dense’ defines that fully connected layers are being used. Through trial and error the number of epochs required by the model was 150 and a batch size of 1 due to the small size of samples. A training set of 0.8 and validation set of 0.2 was decided for the classification predictions. The model was run five times with both accuracy (%) and loss recorded. Multiple runs are needed as the model learns differently on each run giving different levels of accuracy $\pm 5\%$. With multiple runs an average accuracy can be determined.

Results and Discussion

The model achieved convincing results with all five runs achieving a high species classification accuracy as seen in Table 1. With adjustments to the number of epochs and batch size it was possible to maintain a consistent accuracy of 90 percent or above. As expected, the model suffered very low accuracy in the first 10-20 epochs. After the model further analysed the data and adjusted, the accuracy reached a consistent average of above 80 percent by the 20th epoch. The accuracy was not influenced by an increase of epochs showing the learning capacity of the model for this particular data set.

The loss of the model was high in the first several epochs since the model was learning the data. This was quickly reduced with increasing epochs at approximately epoch 20, similar to the accuracy, where the loss has significantly reduced indicating successful learning. As the loss value does not begin to increase again during the final epochs it shows that the model has not begun to overlearn and no adjustments are needed.

Fernández-Marín *et al.* (2019) discussed the potential intermediate forms of *Prasiola*. The results from this model show that it is possible to clearly classify the lichenized and free-living *Prasiola* into two distinct forms. This may mean that there are few intermediate forms within the specimens although more research is needed. Since the number of samples was limited it may be that no intermediate forms were collected or did not occur in the locations used for collection. A more in-depth study with a higher number of samples in more locations may give a clear indication of intermediate forms. Secondly, as only a basic machine learning model was used, the results potentially could be not a true indication of the presence of intermediate forms. A custom model developed with the intent of lichen classification could give different results as precise parameters can be developed, adjusted and used.

Tab. 1: Results of the model after five runs with accuracy (%) and loss shown.

Run Number	Classification Accuracy (%)	Loss
1	95	0.0954
2	100	0.0152
3	98.81	0.0342
4	96.52	0.0531
5	92.78	0.1256
Average	96.62	0.0647

References

- Brownlee, J (2019), Your First Deep Learning Project in Python with Keras Step-By-Step, Machine Learning Mastery, Available from <https://machinelearningmastery.com/tutorial-first-neural-network-python-keras/>, Accessed 22.06.21.
- Fernandez-Marin, B., López-Pozo, M., Perera-Castro, A., Arzac, M., Sáenz-Ceniceros, A., Colesie, C., de los Ríos, A., Sancho, L., Pintado, A., Laza, J., Pérez-Ortega, S., García-Plazaola, J. (2019) Symbiosis at its limits: ecophysiological consequences of lichenisation in the genus *Prasiola* in Antarctica, *Annals of Botany* 124(7), pp.1211-1226
- Lud, D., Huiskes, A.H.L. and Ott, S., 2001. Morphological Evidence for the Symbiotic Character of *Turgidosculum complicatulum* Kohlm. & Kohlm. (= *Mastodia tessellata* Hook. f. & Harvey). *Symbiosis*.

Controlling metalimnetic blooms of *Planktothrix rubescens* with a novel water withdrawal strategy: a modelling study

Mi Chenxi ¹; David P. Hamilton; Marieke A. Frassl; Tom Shatwell; Xiangzhen Kong; Bertram Boehrer; Yiping Li; Karsten Rinke

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ

Aggregations of cyanobacteria in lakes and reservoirs are commonly associated with surface blooms, but may also occur in the metalimnion as subsurface or deep chlorophyll maxima. Metalimnetic cyanobacteria blooms are of great concern when potentially toxic species, such as *Planktothrix rubescens*, are involved. Metalimnetic blooms of *P. rubescens* have apparently increased in frequency and severity in recent years so there is a strong need to establish the external factors controlling its growth. We hypothesized that *P. rubescens* blooms in reservoirs can be managed by modifying the water withdrawal strategy and altering the light climate experienced by this species. We tested our hypothesis in Rappbode Reservoir by establishing a series of withdrawal and light scenarios based on a calibrated water quality model (CE-QUAL-W2). Our scenarios demonstrated that metalimnetic water withdrawal reduced *P. rubescens* biomass in the reservoir. According to the simulation results we defined an optimal withdrawal volume to control *P. rubescens* blooms in the reservoir as approximately 10 million m³ (10% of the reservoir volume) during its bloom phase. The simulations also indicated that *P. rubescens* growth can be most effectively suppressed if the metalimnetic withdrawal is applied in the early stage of its rapid growth (i.e., before the occurrence of blooms). Additionally, the results showed that *P. rubescens* biomass gradually decreased with increasing light extinction and nearly disappeared when the extinction coefficient exceeded 0.55 m⁻¹. Our results indicate that close linkages among in situ measurements, model simulations, empirical growth rate and flushing rate calculations can usefully inform management strategies to minimise the harmful impacts of *P. rubescens* in water supplies. Such a strategy could be used in reservoir operation as an adaptive response to offset the rise in *P. rubescens* populations.

Wissenschaft macht Schule – Eine Wanderausstellung zu (Mikro)plastik

Antje Nieber¹; Per-Olaf Walter²; Friederike Gabel²; Katrin Wendt-Potthoff¹

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ Magdeburg; ² Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Plastik ist in Gewässern mittlerweile allgegenwärtig. Die Verbreitung von Mikroplastik lässt sich nicht nur im Meer, sondern auch in vielen Binnengewässern nachweisen. Diese Umweltbelastung ist ein wichtiges ökologisches Thema, das zunehmend großes mediales Interesse hervorbringt. Da die Verschmutzung mit (Mikro-)Plastik u. a. aufgrund der Langlebigkeit und steter Degradation noch sehr lange bestehen wird, ist es wichtig auch jüngere Generationen für dieses Thema zu sensibilisieren und profunde zu informieren. Aus diesem Grund ist im Forschungsprojekt MikroPlaTaS (Mikroplastik in Talsperren und Staubereichen) eine Wanderausstellung zum Thema Mikroplastik entstanden, die von Schulen und weiteren Akteuren der Umweltbildung ausgeliehen werden kann. Das Projekt untersucht die genannten strömungsberuhigten Fließgewässerbereiche hinsichtlich des Verhaltens und Vorkommens von Mikroplastik, der Bildung von Biofilmen auf Plastik und der Sedimentation dieser bewachsenen Partikel sowie Wirkungen auf Organismen.

Bei der inhaltlichen Konzeption der Wanderausstellung standen zudem Aspekte der Bildung für nachhaltigen Entwicklung (BNE) im Vordergrund. Insbesondere Schülerinnen und Schüler sollen daher befähigt werden, globale Zusammenhänge zu verstehen und auf eigenes verantwortungsbewusstes Handeln im Sinne einer lebenswerten Zukunft für alle zu übertragen.

Die Wanderausstellung besteht aus insgesamt acht sogenannten Roll-Ups, hochformatigen, transportablen Postern. Die ersten vier Poster beleuchten das Thema Mikroplastik in der Umwelt und gehen überblicksartig auf die Entstehung von Mikroplastik, Verbreitungswege und die Verteilung in der Umwelt sowie im Nahrungsnetz ein.

Der zweite Teil erklärt die Arbeit der Forscher:innen im MikroPlaTaS-Verbundprojekt näher und gibt einen Einblick in deren Arbeit. Anhand der durchgeführten Untersuchungen wird der Prozess des wissenschaftlichen Arbeitens erläutert und erste Ergebnisse vorgestellt.

Während die Informationen in der ersten Hälfte der Ausstellung allgemein verständlich aufbereitet sind und die interessierte Öffentlichkeit ansprechen, richtet sich der spezifischere zweite Teil vorrangig an Oberstufenschüler:innen der Biologie-/Geographie und Chemie-Leistungskurse (Sekundarstufe II). Darüber hinaus liegt der Wanderausstellung zum Einsatz im Unterricht ein Lehrbegleitheft mit vorbereiteten Unterrichtsstunden bei.

Vergleich von Prognose- und Monitoringdaten nach Umsetzung der Maßnahme am Mortelbach in Waldheim (Sachsen)

Sandra Niebergall¹; Ulrike Haase²; Rima Alshomaree¹; Luise Richter²; Thomas Berendonk²

¹ Technische Universität Dresden; ² Technische Universität Dresden, Institut für Hydrobiologie

Für die Zielerreichung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) sind Revitalisierungsmaßnahmen notwendig, um strukturelle Defizite in anthropogen veränderten Gewässern zu verbessern. Nur durch die Etablierung gewässertypischer Lebensgemeinschaften kann das Ziel des „guten“ ökologischen Zustands für die Qualitätskomponente Makrozoobenthos erreicht werden. Die Habitateignungsmodellierung verknüpft die biologischen Ansprüche der Organismen (Präferenzen) mit den hydrodynamischen Prozessen an der Gewässersohle (FST-Halbkugelwerte) und kann als unterstützende Planungs- und Bewertungsmethode eingesetzt werden.

Der Mortelbach wurde mit ingenieurb biologischen Maßnahmen auf einem 220m langen Streckenabschnitt im Siedlungsbereich revitalisiert. Statt durch die ehemalige Niedrigwasserrinne aus Beton fließt das Gewässer nun durch eine Riegel-Becken-Sequenz und durch zwei mit Lochblechen umgestaltete Durchlässe. Der ökologische Zustand benthischer Invertebrate wurde vor der Maßnahme überwiegend als „mäßig“ und „schlecht“ eingestuft und die Gewässerstruktur als „vollständig verändert“ bewertet.

Die Habitateignungsmodellierung (CAsiMiR-Fish2D) basierend auf einem mehrdimensionalen hydronumerischen Modell wurde für die ökofunktionalen Gruppen (Strömungstyp) des Makrozoobenthos durchgeführt. Das Habitatmodell wurde anhand der Monitoringdaten des Kartierverfahrens „Typology of Riverbed Structures and Habitats (TRiSHa)“ validiert und mit dem naturnahen Referenzabschnitt verglichen. Die Habitateignung der Einzelflächen („suitability index“) und die Integralwerte der gesamten Modellfläche („hydraulic-habitat-index“, „weighted usable area“) wurden für vier relevante Abflüsse, sowohl für Niedrigwasser- als auch Hochwassersituationen, prognostiziert.

In einem natürlichen Mittelgebirgsbach (Typ 5) dominieren die rheophilen Arten in der Strömungstypenverteilung mit ca. 60%. Für den revitalisierten Abschnitt ist bei mittlerem Niedrigwasserabfluss und mittlerem Abfluss die Dominanz jedoch zu den limnophilen Arten hin verschoben. Auch die Kartierungen zeigen, dass nur mit steigenden Abflüssen ausreichend geeignete Habitate für rheophile Arten zur Verfügung stehen.

Angesichts vermehrt auftretender Niedrigwasserabflüsse aufgrund zunehmender Dürreperioden ist jedoch die Gewährleistung von geeigneten Habitaten für gewässertypspezifische Arten unabdingbar für den guten ökologischen Zustand.

Bewertung des ökologischen Zustandes der Münsteraner Schlossgräfte

Mariya Poryazova; Melisa Gündogan; Elisabeth I. Meyer; Bettina Zeis

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Die Münsteraner Schlossgräfte ist ein ca. 700 m langes künstliches Stillgewässer mit einer mittleren Breite von 25 m, einer Wasserfläche von ca. 3 ha und einer Wassertiefe von bis zu 1,8 m. Die Gräfte steht unter Denkmalschutz und umschließt den Schlossgarten in Münster sternförmig. Es ist ein Gewässer mit sehr steilen Ufern. Der hohe Falllaubeintrag hat zur Bildung einer bis zu 90 cm mächtigen Faulschlammschicht geführt. Die Gräfte dient als Regenrückhalte- und Klärbecken bei Starkregenereignissen. Im Rahmen einer Projektarbeit, die vom Juni bis Oktober 2020 durchgeführt wurde, wurde der ökologische Ist-Zustand des Gewässers ermittelt. Außer physiko-chemischen Parametern wurden noch die Chlorophyll a-Konzentration, die Zusammensetzung des Zooplanktons, des Makrozoobenthos und des Fischbestands ausgewertet. Die im Sommer beobachteten Sauerstoffmangelsituationen begünstigen eine Rücklösung von Phosphat. Hohe Chlorophyll a-Konzentrationen als Indikator einer hohen Phytoplankton-Abundanz kennzeichneten das nährstoffreiche Gewässer. Die Cyanobakterien spielten dabei nur eine untergeordnete Rolle. Das Zooplankton war durch eine hohe Abundanz von *Bosmina longirostris* im Mai gekennzeichnet. Die unterschiedlichen Gruppen des Zooplanktons wiesen zeitlich verschiedene Größenmaxima auf, hier könnten sich Effekte des Fraßdrucks durch planktivore Fische und die Demographie der Populationen überlagern. Beim Makrozoobenthos dominierten Anneliden und Arthropoden, v.a. Dipterenlarven. Die durchschnittliche Abundanz von Makrozoobenthos war mit der Sauerstoffkonzentration im Wasser korreliert. Bei der Elektrofischung wurde deutlich, dass wenigen Raubfischen ein hoher Anteil an Friedfischen gegenüberstand. Die Münsteraner Schlossgräfte zeigte erhebliche ökologische Defizite, welche vor allem durch die am Gewässergrund liegende Faulschlammschicht begründet sind. Eine zukünftige Sanierung und Entschlammung des Gewässers kann zur Verbesserung der Gewässerökologie beitragen.

Untersuchung der Fließgewässerqualität unter Einbeziehung einer Bestimmungs-App

Judith Rosenbach; Anja Scherwaß; Hartmut Arndt

Universität zu Köln

Jedes Fließgewässer lässt anhand der dort lebenden Organismen Rückschlüsse auf seine Wasserqualität ziehen.

Üblicherweise bestimmt man zum Zwecke der mittelfristigen Gewässeruntersuchung den Saprobienindex. Die Makrofauna des Gewässers „of interest“ wird gesammelt und den Funden je einen Saprobiewert, einen Abundanzwert und ein Indikationsgewicht zugeordnet, aus denen man dann den Saprobienindex errechnet.

Auf dem Poster wird exemplarisch dargestellt, wie in einem Universitätskurs (Grundstudium) die Qualitätsbestimmung unterschiedlicher Gewässer in und um Deutschland erlernt wird. Zusätzlich zu den herkömmlichen Bestimmungsschlüsseln, die üblicherweise für die Bestimmung des Saprobienindex verwendet werden, kommt hierbei auch eine App zur Bestimmung von Lebewesen zum Einsatz. In dieser können die Beobachtung nicht nur digital gesammelt, festgehalten und selbständig bestimmt werden, sondern auch von anderen Nutzern eingesehen und ggf. nachbestimmt werden.

Es soll gezeigt werden, dass die unbegleitete Bestimmung von Organismen seitens Studierender dadurch vereinfacht und besser betreut werden kann.

Erste Ergebnisse zeigen, dass in einem ersten Durchgang dieser Art der Kursdurchführung um die 80 verschiedene Standorte untersucht und bei knapp 170 Personen mehr als 2.350 Beobachtungen gemacht wurden. Entsprechend der Erwartungen blieb die unmittelbare selbständige Bestimmung der Organismen oft auf Gattungsebene. Aufgrund der Speichermöglichkeit der Beobachtungen wurde aber eine genauere Artbestimmung z. T. in Folgetagen der eigentlichen Beobachtung selbständig oder durch Spezialisten vorgenommen, so dass final in vielen Fällen die Bestimmung des Saprobienindex gut möglich war.

Herausforderungen der TP-Bestimmung in pH-neutralen Tagebauseen

Jacqueline Rücker¹; Gudrun Lippert¹; Yvonne Kreutziger²; Ina Hildebrandt³; Björn Grüneberg⁴

¹ BTU Cottbus-Senftenberg; ² Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann; ³ BGD ECOSAX GmbH; ⁴ Landeslabor Berlin-Brandenburg

Im Rahmen eines von der DBU geförderten Projekts werden empirische Phosphor-Retentionsmodelle für pH-neutrale Tagebauseen (TBS) entwickelt, mit denen eine Abschätzung der tolerierbaren P-Belastung möglich ist. TBS zeichnen sich v.a. auf Grund bergbaulich bedingter Einträge von Eisen durch ein höheres P-Retentionsvermögen im Vergleich zu natürlichen Seen aus. Daher sind empirische Modelle vom Vollenweider-Typ für TBS nicht anwendbar, weil sie deren Resilienz gegenüber Nährstoffeinträgen unterschätzen und falsche (zu hohe) seeinterne Nährstoffkonzentrationen prognostizieren.

Dieser Beitrag widmet sich der Bestimmung der seeinternen P-Konzentrationen (P_{See}) als wichtige Eingangsgröße für die Modellentwicklung (zu Projekt- und Modellansatz siehe Vortrag Grüneberg et al.). Im Rahmen einer Metadatenanalyse wurden 39 TBS aus dem Lausitzer und Mitteldeutschen Braunkohlerevier ermittelt, die für die Modellanpassung in die engere Wahl kommen. Die Analyse von Langzeitmonitoringdaten verschiedener Quellen für den Zeitraum 2010 – 2020 ergab, dass der langjährige Mittelwert von P_{See} nur in 25 % der ausgewählten Gewässer über 10 µg L⁻¹ Gesamtphosphor (TP) liegt. Was zunächst für eine sehr gute Wasserqualität der TBS spricht, erweist sich für die Modellentwicklung als große Herausforderung, da diese eine möglichst große Spannweite von TP-Konzentrationen, also auch in ihrer Entwicklung fortgeschrittene TBS mit höherer Trophie benötigt. Darüber hinaus liegt die analytische Bestimmungsgrenze (BG) für TP der meisten Labore bei < 10 oder < 5 µg L⁻¹. Das hat zur Folge, dass der Anteil von TP-Werten unter der BG in den Monitoringdaten in 16 der ausgewählten 39 TBS über 50 % und in 9 TBS sogar über 75 % beträgt.

Für die P_{See}-Berechnung sind Datensätze mit hohem Anteil von Werten < BG ungeeignet. Daher wurden 2019/20 Messkampagnen mit hohem analytischen Aufwand durchgeführt, um für ausgewählte Seen reale TP-Werte im Bereich der BG zu ermitteln. Die TP-Analysen erfolgten manuell als Autoklavenaufschluss mit Peroxidisulfat und anschließender photometrischer Bestimmung nach der Molybdänblau-Methode. Durch äußerst große Sorgfalt bei der Reinigung von Probegefäßen, Laborgeräten und beim Handling sowie Mehrfachbestimmungen konnte eine BG um 3 µg L⁻¹ erreicht werden. In diesem Beitrag werden Probleme der TP-Analytik in niedrigen Konzentrationsbereichen thematisiert sowie Empfehlungen für die Analytik, aber auch die Probenahme, Probenkonservierung und –lagerung gegeben.

Analysing the diversity of fauna in the River Rhine and nearby aquatic systems – Comparison of morphological and metabarcoding techniques

Dominik Scepanski¹; Alexandra Schoenle²; Ann-Marie Waldvogel³; Hartmut Arndt¹

¹ University of Cologne, Zoological Institute, General Ecology; ² University of Cologne, Zoological Institute, General Ecology/Ecological Genomics; ³ University of Cologne, Zoological Institute, Ecological Genomics

Human activities have altered aquatic habitats, influencing the complete diversity of fauna all over the lower Rhine region. Hence, while the continuous loss of biodiversity becomes more and more prominent, studies on the whole diversity incl. most taxa are urgently needed. However, traditional methods are time-consuming and often lack the comprehensive assessment of the total biodiversity. Therefore, metabarcoding approaches might be a valuable addition to morphological studies to detect a close to complete proportion of the diversity in a given environmental sample.

We investigate the zoobenthos diversity of the River Rhine and associated aquatic systems including nano-, micro-, meio-, macro and possible megafauna. With this study, we aim at comparing the community structure in different habitats using morphological and metabarcoding approaches. Therefore, two riprap river sections (Cologne and Grietherbusch), two cut-off meanders as well as four lakes in the flood plain around Grietherbusch are included in this study. Differences in the obtained diversity measures, resulting from the different methods and habitats will be discussed as well as the benefits of each technique. This study should reveal a brief snapshot of each habitats specific composition of fauna while providing valuable information for future biodiversity studies and the potential implementation of metabarcoding techniques.

Bundestaxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands (BTL): Taxaliste für Monitoring und Naturschutz - Herausforderungen am Beispiel der Kieselalgen

Petra Schilling¹, Gabriele Hofmann² & Wolf-Henning Kusber³

1 Umweltbundesamt, Qualitätssicherungsstelle des BLMP, FG II 2.5, Schichauweg 58, 12307 Berlin, e-mail: petra.schilling@uba.de

2 Hirtenstraße 19, 61479 Glashütten, e-mail: GM.Hofmann@t-online.de

3 Freie Universität Berlin, ZE Botanischer Garten und Botanisches Museum, Königin-Luise-Str. 6-8, 14195 Berlin, e-mail: w.h.kusber@bo.berlin

Keywords: Arteninventar; Diatomeen; Gewässerbewertung; Indikatortaxa; marines Monitoring; Taxaliste; Wasserrahmenrichtlinie

Einleitung

Eine eindeutige Benennung und Kodierung der in Deutschland vorkommenden Gewässerorganismen ist Grundlage für den nationalen und internationalen Austausch von Biodiversitätsdaten und somit eine wichtige Voraussetzung für die Qualitätssicherung biologischer Gewässeruntersuchungen, die auf eine lange Tradition zurückblicken kann.

Die Anfänge reichen bis in die 1970er Jahre zurück (siehe Tab. 1). Im Jahr 2003 wurde erstmalig eine „Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands“ durch das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft (Mauch et al. 2003) veröffentlicht. Danach erfolgten in unregelmäßigen Abständen unter Federführung des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU Bayern) mehrfache Überarbeitungen und Aktualisierungen. Die letzte Gesamtausgabe durch das LfU Bayern wurde im März 2017 herausgegeben. Seit diesem Zeitpunkt wird die Pflege und Betreuung durch das Umweltbundesamt (UBA) wahrgenommen.

Die Bundestaxaliste (BTL) als bundesweit einheitliche taxonomische Liste der Gewässerorganismen Deutschlands ist Grundlage für die Bewertung des Gewässerzustandes gemäß den gesetzlichen Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) und der EG-Meeressstrategierahmenrichtlinie (EG-MSRL). Sie ist ein Service der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und des Bundes, um taxonbezogene Arbeiten im Bereich der Gewässeruntersuchung sowie die damit verbundene Forschung zu unterstützen. Die aktuelle Ausgabe vom Mai 2020 ist über https://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article_id=456&clang=0 im Internet abrufbar (siehe Abb. 1).

Tab. 1: Kurzüberblick zur Entstehung und Entwicklung der Bundestaxaliste

Jahr	Inhaltlicher Stand	Taxazahl
1979	Interne Arbeitsunterlagen für den Dienstgebrauch des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU Bayern)	ca. 500
1985	„Biologische Gewässeranalyse in Bayern“ (1/85)	ca. 3.000
1990	2. Auflage (4/90)	ca. 4.300
2003	LfU-Informationsbericht „Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands“ (Mauch et al. 2003)	9.714
2011	Aktualisierung im Internet	12.701
2017	Letzte Aktualisierung durch das LfU Bayern im Internet	12.893
2020	Erste Aktualisierung durch das UBA – Schwerpunkt Phytoplankton	13.366
2021	Bearbeitung der Diatomeen	ca. 890 neue & ca. 3120 zu prüfende Taxa
2022	Nächste geplante Aktualisierung der BTL - Schwerpunkt marine Taxa und Diatomeen	



The screenshot shows the homepage of the Bundestaxaliste website. The navigation menu on the left includes links to 'gewässerbewertung.de', 'Gewässerbewertung gemäß WRRL', 'Fließgewässer', 'Seen', 'Übergangsgewässer', 'Küstengewässer', 'Bundestaxaliste', 'Glossar und Abkürzungen', 'UBA-Workshop "Hydromorphologie"', and 'Berechnung'. The main content area features a large blue header with the title 'Bundestaxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands'. Below the header, there is a detailed introduction text explaining the purpose and history of the BTL. The text mentions that the BTL is the basis for water quality assessment according to the EU Water Framework Directive (WRRL) and the EU Marine Strategy Framework Directive (MSFD). It also states that the BTL is updated regularly, with the latest update in 2020. The text further explains that the BTL is a taxonomic list of freshwater organisms in Germany, including all species found in Germany. It also mentions that the BTL is used for the assessment of water quality and for the identification of species. At the bottom of the page, there is a section titled 'Bundestaxalisten und Bestimmungsliteratur' which provides links to the latest version of the BTL (2020) and previous versions (2017 and 2003).

Bundestaxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands

Die eindeutige Benennung und Kodierung der in Deutschland vorkommenden Gewässerorganismen ist Grundlage für die Bewertung des Gewässerzustandes gemäß den gesetzlichen Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) und der EG-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (EG-MSRL) sowie Voraussetzung für den nationalen und internationalen Austausch von Biodiversitätsdaten. Im Jahr 2003 wurde deshalb erstmalig eine „Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands“, durch das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft (Mauch et al. 2003) veröffentlicht. Zwischenzeitlich erfolgten in unregelmäßigen Abständen unter der Federführung des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU Bayern) mehrfache Überarbeitungen und Aktualisierungen. Im März 2017 wurde die Liste letztmalig durch das LfU Bayern veröffentlicht.

Auf Bitte des LfU Bayern, hatte die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) – Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (AO) auf ihrer 48. Sitzung das Umweltbundesamt (UBA) gebeten, die Pflege der **Bundestaxaliste (BTL)** zu übernehmen. Die Übergabe der BTL an das UBA erfolgte zum 31.03.2017.

Die BTL ist als bundesweit einheitliche taxonomische Liste die Grundlage für die Bewertungsverfahren nach EG-WRRL und EG-MSRL und somit ein wichtiges Instrument der Qualitätssicherung biologischer Gewässeruntersuchungen. Sie muss stetig auf die dafür erforderlichen Belange unter Berücksichtigung der aktuellen Entwicklungen in Systematik und Taxonomie überprüft und bei Bedarf angepasst und erweitert werden.

Die inzwischen über 13.350 Taxa umfassende BTL enthält alle in Deutschland vorkommenden Gewässerorganismen der unterschiedlichsten limnischen und mitteleuropäischen der marinen Lebensräume mit Artnamen und Synonymen. Jedem Taxon ist eine eindeutige Kennziffer (DV-Nummer) zugewiesen. Daneben enthält die Liste Angaben zur Zuordnung der Organismen zu einer systematischen Gruppe, zur Bestimmbarkeits-Kategorie und zur Lebensform.

Seit der letzten Veröffentlichung (03/2017) sind ca. 470 Taxa neu hinzugekommen und für ca. 180 Taxa erfolgte eine Änderung des Status von „akt.“ zu Synonym. Der größte Teil der Neuaufnahmen bzw. Änderungen betrifft Phytoplanktontaxa der harmonisierten Taxaliste für Flüsse und Seen (HTL, Mischke et al. 2020) sowie von in Sachsen vorkommenden Vertretern der Zieralgen (Desmidiaceae).

Bundestaxalisten und Bestimmungsliteratur

Neben dem aktuellen Stand (31.05.2020) sind auch ältere Versionen verfügbar:

- Bundestaxaliste 2020 (.xlsx, .xls)
- Bundestaxaliste 2017 (.xlsx)
- Bundestaxaliste 2003 (.pdf)

Die Zusammenstellung der Bestimmungsliteratur ist 2020 ebenfalls aktualisiert worden.

Abb. 1 Zugang zur BTL über die Homepage www.gewaesser-bewertung.de

Die Betreuung der BTL, die inzwischen über 13.350 Taxa verschiedenster Gruppen der in limnischen und marinen Gewässern Deutschlands vorkommenden Organismen umfasst, ist eine bundesländerübergreifende Daueraufgabe. Zur Verbesserung des Austausches und zur Fortentwicklung der BTL wurde im Juni 2021 in Zusammenarbeit mit den Expertenkreisen Fließgewässer und Seen der LAWA und Vertretern des Bund/Länder-Messprogramms für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP) ein Beirat aus Bund- und Ländervertretern gegründet, der die anstehenden Arbeiten begleitet und koordiniert. Da die inhaltlichen Arbeiten nur mit Hilfe umfangreicher externer wissenschaftlicher Expertise zu bewältigen sind, werden diese durch fachliche Begleitgruppen und externe Experten unterstützt.

Durch einheitliche an die biologische Systematik angelehnte Klassifikation und Schlüsselnummern wird der Datenaustausch und die Anwendung vorhandener und in Entwicklung befindlicher Auswertungsprogramme wesentlich erleichtert. Die Bereitstellung von eindeutigen Identifiern (DV-Nummern) ermöglicht langfristig und dauerhaft die eindeutige Identifizierung taxonomischer Objekte und somit eine effektive Nutzung, Beschreibung und Archivierung biologischer Daten, wie z. B. ökologische Attribute (Trophie, Halobie, Saprobie usw.). Damit wird die Rückverfolgbarkeit von taxonomischen Entwicklungen und deren Auswirkung auf die Bewertung des ökologischen Zustands deutscher Gewässer gewährleistet.

Für die praktische Arbeit werden in der BTL über die Auflistung von Taxa hinausgehend auch nicht rein taxonomisch begründete Taxa-Gruppen bzw. -Komplexe (zum Beispiel Art- oder Gattungskomplexe) für die Erfassung und Auswertung morphologisch nicht oder nur schwer unterscheidbarer Taxa geführt. Somit wird durch die vereinheitlichte Benennung und Kodierung eine bessere Vergleichbarkeit der Monitoringergebnisse gewährleistet.

Funde neuer Taxa sowie aktuelle taxonomische und autökologische Erkenntnisse erfordern eine regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung der BTL. Aus diesem Grund wird gegenwärtig die Gruppe der Kieselalgen im Rahmen eines von der LAWA finanzierten Projektes (O 3.20) überarbeitet. In diesem Projekt erfolgt neben der Überprüfung des bestehenden Datenbestandes der überwiegend limnischen Taxa auch die Neuaufnahme der Diatomeen aus den deutschen Meeresgebieten, die im Rahmen des Bund/Länder-Messprogramms für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee erfasst wurden.

Herausforderungen

Aufgrund der Publikation der neuen Roten Liste und Gesamtliste der Diatomeen Deutschlands (Hofmann et al. 2018) sowie durch zahlreiche Neu- oder Nachmeldungen von Kieselalgenvorkommen aus dem Monitoring der Bundesländer besteht ein erheblicher Aktualisierungsbedarf der BTL. Qualität und Plausibilität der Neumeldungen sind sehr uneinheitlich und umfassen neue Namen für bekannte Taxa, alte und jüngere Synonyme, vereinzelt Fehlbestimmungen sowie neu beschriebene Taxa, die schon kurz nach der Veröffentlichung auch in Deutschland nachgewiesen wurden.

Eine allgemeinverbindliche Quelle für alle limnischen und marinen Taxa fehlt sowohl national als auch international für Diatomeen und alle anderen Algengruppen. Die Rote Liste limnischer Diatomeen (Hofmann et al. 2018) wurde unabhängig von der BTL überarbeitet. Lehnte sich die 1996er Rote Liste noch sehr an die Süßwasserflora mit konservativen Gattungsumschreibungen an, sind Gattungs- und Artkonzepte in der Liste 2018 deutlich aktueller und die Zahl gelisteter Taxa stieg von 1435 auf 2103. Vielfach konnten inzwischen Sippenkomplexe in einzelne Arten aufgelöst

werden, was einen sehr genauen und transparenten Abgleich der Synonymien und Konzeptsynonymien erfordert.

Unterschiedliche Aktualisierungsstrategien verschiedener internationaler Datenbanken (Algaebase, WoRMS, DiatomBase) stellen ein Problem dar, da oft taxonomische und nomenklatorische Änderungen umgehend aufgenommen werden ohne immer ausreichende Angaben zur Historie mitzuführen. AlgaeBase (Guiry & Guiry 2021) übernimmt die neuesten taxonomischen Entwicklungen sehr schnell aber teils unkritisch, was zu einer aktuellen, jedoch instabilen Datenlage führt. DiatomBase (Kociolek et al. 2021), auch Datenlieferant für das World Register of Marine Species, WoRMS, enthält viele noch nicht evaluierte Taxa.

Widersprüche in den Datenbanken, aber auch in den verschiedenen Auflagen einschlägiger Bestimmungsliteratur machen Einzelentscheidungen notwendig. Hauptherausforderung ist es, eine stabile BTL zu erstellen, deren Einträge durch moderne Bestimmungsliteratur dokumentiert sind, die aber auch rückwärts- und vorwärtskompatibel sind. Letzteres ist wichtig, um modernere Namen für die Gewässerbewertung nutzbar zu machen. Daneben ist es ein wichtiges Ziel, möglichst vollständige (Klassifikation, Autoren, Jahre etc.) und widerspruchsfreie Datensätze zur Verfügung zu stellen. Im Zweifelsfall sind einzelne Entscheidungen im BTL-Beirat abzustimmen, um den Anforderungen aus der Praxis gerecht zu werden.

Vorgehensweise

Die Entwicklung des Datenbestands der BTL ist in Tab. 1 wiedergegeben. In Mauch et al. (2003) wurde für Kieselalgen (Diatomeen) im Wesentlichen der Stand der Roten Liste Deutschlands nach Lange-Bertalot (1996) abgebildet. Wesentliche Ergänzungen ergaben sich bis zur Version vom Mai 2020 (Schilling 2020) durch die Einarbeitung von Vorversionen der aktuellen Roten Liste (Hofmann et al. 2018) sowie Evaluierungen im Rahmen der Überarbeitung der Phytoplanktonliste für die WRRL-Bewertungsverfahren der Biokomponente Phytoplankton (Mischke et al. 2018).

Die aktuellen Taxa der Roten Liste und Gesamtartenliste der limnischen Kieselalgen Deutschlands (Hofmann et al. 2018) werden mit dem Datenbestand der Bundestaxaliste vom Mai 2020 sowie mit den Fundmeldungen von Diatomeentaxa aus dem deutschen Monitoring limnischer und mariner Standorte, die dem UBA bis Oktober 2021 vorlagen, abgeglichen.

Die Prüfung des Datenbestands und der Neuaufnahmeanträge beinhaltet die nachfolgend aufgelisteten Bereiche:

- **Nomenklatur:**
Prüfung der Gültigkeit und Legitimität des Namens (Turland et al. 2018), Richtigkeit von Orthographie, Autoren und Referenz nach Originalquellen und Datenbanken (Index Nominum Algarum 2021, PhycoBank 2021).
- **Taxonomie:**
Prüfung des akzeptierten Namens anhand aktueller sowie im deutschen Monitoring verwendeter Bestimmungsliteratur, ausgehend von der in Mauch et al. (2003) angegebenen Liste, ergänzt um relevante Titel der Reihen „Diatoms of Europe“ (Lange-Bertalot 2000-2020), sowie aktuellerer Veröffentlichungen von Hofmann et al. (2013) und Lange-Bertalot et al. (2017) und Einzelpublikationen (z. B. Reichardt 2018). Abgleich der akzeptierten Taxa mit AlgaeBase (Guiry & Guiry 2021) sowie DiatomBase als Datenlieferant für das World Register of Marine Species, WoRMS (Kociolek et al. 2021).

- **Klassifikation:**
Abgleich der in der BTL verwendeten Klassifikation mit einem aktuellen und versionierten System der Diatomeen (Cox 2015).
- **Vorkommen der Taxa:**
Soweit aus der Literatur bzw. den Meldungen bekannt, Hinterlegung von Referenzstandorten und Angaben zu Referenzpräparaten für Bestandstaxa und neu aufzunehmende Taxa.
- **Bestimmbarkeit:**
Aufbauend auf den Projektergebnissen aus Mischke et al. (2018) wird eine Referenzbestimmungsliteratur mit Seitenzahl und Abbildung an die neu aufzunehmenden Taxa angehängt.
- **Ökologische Attributierung:**
Herstellung des Bezugs bewertungsrelevanter ökologischer Attribute zu den Einträgen der Bundestaxaliste, die sich aus der aktuellen Überarbeitung des Phylib-Bewertungsverfahrens (Länderfinanzierungsprogramm "Wasser, Boden und Abfall", 2020) ergeben.

Ergebnisse

Ca. 890 überwiegend marine Taxa für die die Aufnahme in die BTL beantragt wurde, sind zu prüfen, da darunter auch eine Reihe von Doppelmeldungen oder Meldungen älterer oder neuerer Namen sind, die objektiv auf vorhandene Namen der Bundestaxaliste bezogen werden oder als taxonomische Synonyme zugeordnet werden können. Da auch Inkonsistenzen von Altdaten und Differenzen der Bundestaxaliste zu aktuellen Identifikationsquellen sowie Referenzdatenbanken gemeldet wurden, ergab sich darüber hinaus ein Prüfungsbedarf für die ca. 3120 überwiegend limnischen Diatomeen-Taxa des Datenbestands der BTL 2020 (siehe Tab. 1).

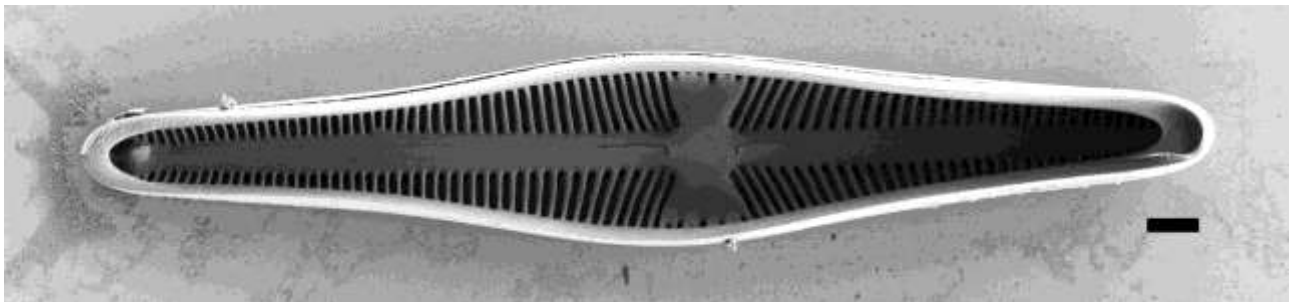


Abb. 2: *Gomphonella tegelensis* aus dem Tegeler See (Berlin). Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Schaleninnenseite. Maßstab: 10 µm. Foto: Forschungsgruppe Diatomeen am BGBM.

Im Folgenden ist beispielhaft dargestellt, welche Aspekte bei der Datenrecherche für die Bundestaxaliste berücksichtigt werden müssen. Das Taxon *Gomphonema transylvanica* Pant. 1892 wurde aus fossilem Material beschrieben (Kociolek et al. 2021), später mit ähnlichen rezenten Funden aus dem östlichen Europa vereint und als *Gomphoneis transsilvanica* (Pant.) Krammer 1985 umkombiniert sowie in Krammer & Lange-Bertalot (1996) dokumentiert. Entsprechend dieser Bestimmungsliteratur wurden Funde für Deutschland gemeldet (Hofmann et al. 2018). Aufgrund der Nomenklaturregeln (Turland et al. 2018) ist die korrekte Schreibweise *Gomphoneis transsylvanica* (Pant.) Krammer 1985. Taxonomische morphologische Vergleiche des fossilen Materials mit dem Neophyten aus Berliner Material ergaben, dass es sich um unterschiedliche Arten handelt. Daher

wurde das rezente Taxon als *Gomphoneis tegelensis* R. Jahn & N. Abarca 2018 neu beschrieben (Skibbe et al. 2018). Nach eingehenden molekularen Analysen wird der Neophyt in der Forschung als *Gomphonella tegelensis* (R. Jahn & N. Abarca) R. Jahn & N. Abarca 2019 (siehe Abb. 2) zu der wieder eingesetzten Gattung *Gomphonella* Rabenh. 1853 gestellt. Die Referenzdatenbanken verfahren unterschiedlich: DiatomBase (Kociolek et al. 2021) akzeptiert *Gomphoneis*, AlgaeBase (Guiry & Guiry 2021) dagegen *Gomphonella*.

Relevant für die Überarbeitung der Bundestaxaliste ist, dass aufeinander bezogene Namen und Taxonkonzepte verknüpft werden und eine geeignete und möglichst gut verfügbare Bestimmungsquelle angegeben wird. Bei der Gattungszuordnung werden solche Gattungen bevorzugt, die bereits in gängige Bestimmungswerke eingegangen sind. Beispiele für die Übernahme aktueller taxonomischer Forschungsstände sind *Halamphora* (Hofmann et al. 2013, 2018, Kusber et al. 2021) und *Tryblionella*, letztere noch nicht in Hofmann et al. (2013, 2018), aber bereits in Lange-Bertalot et al. (2018) gelistet. In den Fällen, in denen die taxonomische Forschung im Fluss ist, und noch nicht umfassend in der Bestimmungsliteratur repräsentiert ist, wird vorläufig auf neue Gattungszuordnungen verzichtet, wie bei der Neubewertung der Gattungen *Cymatopleura*, *Surirella* und *Iconella*.

Zusammenfassung

Zunehmend sind unterschiedliche Aktualisierungsstrategien verschiedener Datenbanken (Algaebase, WoRMS, DiatomBase) ein Problem, da vielfach taxonomische und nomenklatorische Änderungen umgehend und häufig unkritisch aufgenommen werden ohne immer ausreichende Angaben zur Historie mitzuführen, was der Notwendigkeit einer stabilen Liste und der Rückverfolgbarkeit für das Monitoring zuwiderläuft. Hier setzt die Bundestaxaliste an, in dem sie die Gesamtbiodiversität deutscher Gewässer abbildet und stabile Identifier (DV-Nr.) für das Gewässermonitoring in Deutschland zentral zur Verfügung stellt.

Die Überarbeitung und Aktualisierung der Kieselalgen innerhalb der Bundestaxaliste zielt auf eine Zusammenführung verschiedener Listen ab. Dabei soll sowohl eine größere Datentransparenz als auch eine bessere Kommunizierbarkeit von Monitoring-Ergebnissen im nationalen, EU- und internationalen Kontext erreicht werden.

Danksagung

Die Bearbeitung der Diatomeen durch G. Hofmann und W.-H. Kusber wird im Rahmen des LAWA-Projektes Nr. O3.20 – 2020/2022 „Überarbeitung der limnischen und marinen Diatomeen auf Basis von Datenbank- und Literaturrecherchen“ gefördert.

Literatur

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2017): Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands zur Kodierung biologischer Befunde (Stand März 2017): https://www.gewaesser-bewertung.de/files/taxa_liste_03_2017.xlsx.
- Cox, E. J. (2015): Coscinodiscophyceae, Mediophyceae, Fragilariophyceae, Bacillariophyceae. In: Frey, W. (Hrsg.): Syllabus of plant families (13th ed.). 2(1). (Borntraeger): 73-103.
- Gutowski, A.; Foerster, J.; Knappe, J.; Linne von Berg, K.-H.; Hofmann, G.; Lange-Bertalot, H.; Werum, M.; Klee, R.; König, C.; Metzeltin, D.; Reichardt, E.; Kusber, W.-H. (2020): Checklisten und Rote Listen der Süßwasseralgen Deutschlands. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Ergebnisse

- der Jahrestagung 2019 (Münster), Essen: 319-324.
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2021): *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.
- Hofmann, G.; Lange-Bertalot, H. & Werum, M. (2013): *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa*. Königstein (Koeltz Scientific Books): 1-908.
- Hofmann, G.; Lange-Bertalot, H.; Werum, M. & Klee, R. (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyta) Deutschlands – In: Rote Liste und Gesamtartenliste der Schlauchalgen (Xanthophyceae: Vaucheriaceae) Deutschlands. – In: Metzinger, D., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 7: Pflanzen. – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (7): 601-708.
- Index Nominum Algarum (2021): University Herbarium, University of California, Berkeley. Compiled by Paul Silva. <http://ucjeps.berkeley.edu/INA.html>.
- Jahn, R.; Kusber, W.-H.; Skibbe, O.; Zimmermann, J.; Van, A. T., Buczkó, K. & Abarca, N. (2019): *Gomphonella olivacea* (Bacillariophyceae) – a new phylogenetic position for a well-known taxon, its typification, new species and combinations. *Plant Ecology and Evolution* 152 (2): 219-247.
- Kociolek, J. P.; Balasubramanian, K.; Blanco, S.; Coste, M.; Ector, L.; Liu, Y.; Kulikovskiy, M.; Lundholm, N.; Ludwig, T.; Potapova, M.; Rimet, F.; Sabbe, K.; Sala, S.; Sar, E.; Taylor, J.; Van de Vijver, B., Wetzel, C. E., Williams, D. M., Witkowski, A. & Witkowski, J. (2021): *DiatomBase*. <http://www.diatombase.org>.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1996): Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. – In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Hrsg.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 2(1). Stuttgart (G. Fischer Verlag).
- Kusber, W.-H.; Lange-Bertalot, H. & Hofmann, G. (2021): New combinations of diatom names (Bacillariophyta) from the German checklist and Red List with remarks on their indicator values. - *Notulae Algarum* 209: 1-6.
- Länderfinanzierungsprogramm "Wasser, Boden und Abfall" (2020): Anpassung des Fließgewässer-Bewertungsverfahrens für Makrophyten und Phytobenthos an die Anforderungen von Bewertungspraxis und Maßnahmenplanung (PHYLIB Fließgewässer), Teil 1: Fachliche Grundlagen Diatomeen; Projekt O 6.20.
- Lange-Bertalot, H. (2000-2020): *Diatoms of Europe* 1-9. Ruggell, Königstein (Gantner, Koeltz).
- Lange-Bertalot, H. (1996): Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. – In: Ludwig, G. & Schnittler, M. (Red.): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Münster (Landwirtschaftsverlag): 633-677.
- Lange-Bertalot, H.; Hofmann, G.; Werum, M. & Cantonati, M. (2017): *Freshwater benthic diatoms of Central Europe*. (Koeltz Botanical Books): 1-942.
- Mauch, E.; Schmedtje, U.; Maetze, A. & Fischer, F. (2003): Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands zur Kodierung biologischer Befunde. – Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 01/03: 1-367.
- Mischke, U.; Kusber, W.-H.; Kasten, J.; Hoehn, E.; Tworeck, A.; Oschwald, L.; Dürselen, C.-D.; Täuscher, L. & Riedmüller, U. (2018): Aktualisierung der Taxaliste Phytoplankton für die WRRL-Bewertungsverfahren. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Ergebnisse der Jahrestagung 2017 (Cottbus), Hardeggen: 310-315.
- PhycoBank (2021): Registration of Nomenclatural Acts of Algae. <https://phycobank.org>.
- Reichardt, E. (2018): *Die Diatomeen im Gebiet der Stadt Treuchtlingen*. Band 1 und 2. – München (Bayerische Botanische Gesellschaft).
- Schilling, P. (2020): *Bundestaxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands (BTL) - Stand Mai 2020*. Herausgegeben im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) - Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (AO) und des Umweltbundesamtes (UBA). – Elektronische Veröffentlichung auf <https://www.gewaesser-bewertung.de>.
- Skibbe, O.; Zimmermann, J.; Kusber, W.-H.; Abarca, N.; Buczkó, K. & Jahn, R. (2018): *Gomphoneis tegelensis* sp. nov. (Bacillariophyceae): a morphological and molecular investigation based on selected single cells. - *Diatom Research* 33(2): 251-262.
- Turland, N. J.; Wiersema, J. H.; Barrie, F. R.; Greuter, W.; Hawksworth, D. L.; Herendeen, P. S.; Knapp, S.; Kusber, W.-H.; Li, D.-Z.; Marhold, K.; May, T. W.; McNeill, J.; Monroe, A. M.; Prado, J.; Price, M. J. & Smith, G. F. (2018): *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code)* adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. *Regnum Vegetabile* 159, Glashütten: Koeltz Botanical Books. <https://doi.org/10.12705/Code.2018>
- WoRMS Editorial Board (2021): *World Register of Marine Species*. <http://www.marinespecies.org> at VLIZ.

Vergleich genetischer und morphologischer Art-Identifikation des Makrozoobenthos in den Bundeswasserstraßen

Saskia Schmidt; Franz Schöll

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Gesetzliche Vorgaben, Richtlinien und Verordnungen erfordern die Erfassung aquatischer Lebensgemeinschaften an Bundeswasserstraßen, z. B. bei der naturschutzfachlichen Einschätzung von wasserbaulichen Maßnahmen, der Erfassung der Biodiversität, der Früherkennung von invasiven Arten sowie der Bewertung des ökologischen Zustandes des Wasserkörpers im Rahmen der Umsetzung der WRRL. Neben den Fischen, Phytoplankton, Phytobenthos und Makrophyten spielt das Makrozoobenthos hierbei eine wichtige Rolle. Seit 1986 erhebt die Bundesanstalt für Gewässerkunde deshalb die bodenbewohnende Kleintierfauna zwischen Basel und Emmerich an repräsentativen Untersuchungsbereichen in regelmäßigen Intervallen.

Die Art-Identifikation wird derzeit standardmäßig anhand morphologischer Merkmale ermittelt. Diese Methode ist zum einen kostspielig und zeitaufwendig, zum anderen erfordert sie durch jahrelange Erfahrung erworbene Spezialkenntnisse, die in Deutschland und anderen europäischen Staaten immer weniger vorhanden sind, da die Taxonomie von den Lehrplänen der Universitäten zunehmend verschwindet.

Eine Alternative zur morphologischen Bestimmung ist eine DNA-basierte Art-Identifikation, die in der letzten Dekade etabliert wurde. Hierbei wird die DNA eines zu identifizierenden Organismus mit Referenz-DNA-Sequenzen aus Datenbanken abgeglichen und Arten zugeordnet. DNA und Umwelt-DNA (eDNA) basierte Methoden sind vielversprechende Alternativen um die Probleme der morphologisch basierten Art-Identifikation zu umgehen. Die entscheidende Frage ist, inwieweit die Ergebnisse der morphologischen Artdiagnose und der genetischen Taxonomie hinsichtlich des Arteninventars aber auch bei der Berechnung von Indices vergleichbar sind.

Dazu stellen wir die ersten Ergebnisse eines Methodenvergleichs zwischen der morphologischen und der genetischen Art-Identifikation vor. 45 Makrozoobenthos-Proben wurden im Rahmen des 2-jährlichen Langzeit-Monitorings im August 2020 an 9 Stellen längs des Rheins von Basel bis Koblenz an repräsentativen Bereichen im Querprofil genommen. Diese Proben wurden zunächst morphologisch und im Anschluss genetisch bestimmt und hinsichtlich Artenvielfalt und Artenidentität ausgewertet. Die Eingabe der Artenlisten in das Perlodes Online Tool zur Bewertung des ökologischen Zustandes nach WRRL soll zeigen, ob eine Gewässerbewertung über etablierte, standardisierte Indices mit genetischer Taxonomie zu ähnlichen Ergebnissen führt wie mit der klassischen morphologischen Artdiagnose.

Ein Habitateignungsmodell für die Finte im Weser- und Elbeästuar

Michael Schöning¹; Joost Vanoverbeke²; Nele Wendländer¹; Jens Wyrwa¹; Carsten Viergutz¹; Andreas Schöl¹

¹ Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG); ² Instituut Natuur- en Bosonderzoek

Das Vorkommen der Finte (*Alosa fallax*) und ihrer Larven in den Ästuaren ist von besonderer Bedeutung für die Bewertung von Flussökosystemen aufgrund ihres Schutzes durch die FFH-Richtlinien. Dementsprechend werden die Ei- und Larvenbestände in den Ästuaren von Elbe und Weser seit mehreren Jahren überwacht. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Eignung der Ästuarre als Laich- und Larvenwachstumsgebiet mittels Habitatmodellierung zu quantifizieren.

Insgesamt wurden die Jahre 2011 – 2018 modelliert, wobei Expertenwissen in ein Regelwerk eingearbeitet wurde, das die ökologischen Anforderungen der Finte an ihren Lebensraum beschreibt. Diese Regeln wurden in einem fuzzy-logic-System kombiniert und auf modellierte Umweltbedingungen angewandt, was die Bewertungen des Habitats als Laich- und Larvenwachstumsgebiet ermöglicht.

Die Umweltbedingungen wurden mit dem Gewässergütemodell QSim berechnet und enthielten räumliche und zeitliche Verteilungen biotischer und abiotischer Variablen (Temperatur, Sauerstoff, verfügbare Beute und weitere Faktoren) in beiden Ästuaren.

Die modellierten Eignungswerte zeigen intra- und interannuelle Variationen entlang räumlicher Gradienten und zeigen, dass die geeignetsten Gebiete im Frühjahr und Sommer innerhalb von km 580-660 (Elbe) und km 0-50 (Weser) zu finden sind. Diese Gebiete stimmen mit den in Monitoringkampagnen beobachteten tatsächlichen Laichgebieten der Finte überein. Modell- und Beobachtungsdaten werden miteinander verbunden, um die Match-Mismatch-Hypothese für Fintenlarven zu untersuchen.

Zusätzlich wurde eine interaktive Web-App programmiert, um die Modellergebnisse visualisieren und weitergehend analysieren zu können. Sie stellt ein wertvolles Werkzeug dar, um mögliche Ursachen für abnehmende Fintenbestände zu identifizieren und könnte Gewässermanagement- oder Renaturierungsstrategien unterstützen.

Hybride Atlantischer Lachse (*Salmo salar*) im deutschen Rheineinzugsgebiet?

Stefan Theobald¹; Christopher Bridges²; Thomas Schmidt¹; Ralf Schulz¹; Anne Schrimpf¹

¹ Universität Koblenz-Landau; ² TunaTech GmbH

Im Rahmen des Projektes „Genetisches Monitoring zur Wiederansiedlung des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*) im Rheingebiet“ (GeMoLaR) wurden bisher über 6.000 Lachsproben aus Lachszuchten und dem deutschen Rheineinzugsgebiet mittels Mikrosatellitenanalyse an 15 Loci nach dem international standardisierten SALSEA-Merge-Protokoll analysiert. Das Hauptziel des Projektes GeMoLaR ist die Evaluierung und Optimierung der Wiederansiedlungsmaßnahmen des Atlantischen Lachses im gesamten deutschen Rheinsystem.

Sowohl in den Zuchten als auch im Freiland gab es Beobachtungen zu möglichen Hybriden von Lachsen und anderen Fischarten, die anhand äußerer Merkmale jedoch nicht eindeutig als solche identifiziert werden können. Aus diesem Grund wurde der gesamte Datensatz mittels eines diagnostischen Mikrosatellitenmarkers auf Hybride gescreent. Einzelne Proben wurden zusätzlich an einem Abschnitt maternal vererbter mitochondrialer DNA sequenziert, um [...]. Besonderes Augenmerk lag dabei auf den phänotypisch auffälligen Proben. Lachse hybridisieren mit anderen Fischarten wie z. B. der Forelle (*Salmo trutta*). Hier werden erste Ergebnisse der Analysen vorgestellt und mögliche Implikationen für das Wiederansiedlungsprogramm diskutiert. Welche Auswirkungen Hybridisierungen zwischen Lachsen und anderen Fischarten auf das gesamte Besatzprojekt im Rheinsystem hat, ist noch unklar und muss weiter untersucht werden.

Digitale Wissenschaftskommunikation: Die Lebenswelt des Fischotters als interaktives Storyboard - Virtuelle Geländeübung in der Online-Lehre.

Antje Stöckmann¹ & Matthias Holzgreve²

^{1, 2} Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz, Schicklerstr. 5, 16225 Eberswalde

Keywords: Fischotter, Fließgewässer, Naturschutz, Wissenschaftskommunikation, Virtuelle Tour

Einleitung

Im dritten Online-Semester infolge der Corona-bedingten Einschränkungen waren 2021 Geländeübungen und Exkursionen an den Hochschulen kaum noch möglich. Nachdem im Sommersemester 2020 im Rahmen der Online-Lehre ein erster Ersatz mittels Virtueller Exkursionen im seminaristischen Unterricht durchgeführt wurde, wurde im Sommersemester 2021 an der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde im Rahmen einer Lehrveranstaltung eine Virtuelle Geländeübung mit dem Titel „Auf den Spuren des Fischotters. Auf welche Weise interagiert die Schlüsselart Fischotter mit dem untersuchten Teilabschnitt der Ragöse und wie lässt sich dies exemplarisch virtuell darstellen?“ als digitales Lehr- und Lernmodul erarbeitet.

In diesem Beitrag wird das Storyboard unter Verwendung von Auszügen aus dem während der Jahrestagung gezeigten Poster (Stöckmann & Holzgreve 2021) vorgestellt.

Vorgehensweise

Am Beispiel eines Fließgewässerabschnittes wurde eine digitale Darstellung komplexer ökologischer Zusammenhänge anhand der Interaktion des Fischotters mit seinem Habitat entwickelt (Braun et al. 2021a). Dazu wurde ein interaktives Storyboard u. a. unter Einsatz von 360° Aufnahmetechnik erstellt. An dem betrachteten Gewässerabschnitt wurden acht Stationen mit unterschiedlichen Fließgewässeraspecten festgelegt (s. Abbildungen 1, 2). Jede Station wird durch jeweils eine 360°-Aufnahme dargestellt. Diese 360°-Aufnahmen werden als virtuelle vernetzte Räume genutzt. Diese Räume wurden dazu mit verschiedenen, über Schaltflächen aufrufbaren Interaktionsmöglichkeiten wie Bildern, Videos, Tonaufnahmen, kleinen Aufgaben etc. versehen. Die einzelnen Stationen wurden untereinander durch Pfeile verbunden, die zum nächsten Standort oder zur nächsten Information führen. An der HNEE bestehende Ansätze und Erfahrungen mit diesen Formaten (Virtuelle Waldtouren, BioEcoN) wurden aufgegriffen und weiterentwickelt.

Gemäß der Prozeßmethode des Forschenden Lernens (Mieg & Lehmann 2017) sollte es den Studenten ermöglicht werden, unter realen Bedingungen einen Einblick in die Forschungspraxis zu erhalten. Die Studierenden entwickelten konsensual eine eigenen Forschungsfrage und ein dazu passendes

Untersuchungsdesign, welches sie mit dem Feedback der Modulverantwortlichen stetig weiterentwickelten. Aus den Ergebnissen der Felderhebungen erarbeiteten die Studenten eine virtuelle Wanderung am UntersuchungsGewässer (Braun et al. 2021b), welche zusammen mit einem erläuternden Poster auf der DGL-Tagung vorgestellt wurde.

Das Storyboard



Abb. 1: Startbild Standort 1

Standort 1- Einführung in das Gebiet und Portrait des Fischotters (*Lutra lutra*) (Abb. 1)

Zu Beginn wird ein Drohnenflug eingespielt, der zum Anfangspunkt der Tour führt. Die erste Aufnahme der virtuellen 360°-Tour (Abb. 1) soll dem Betrachter einen ersten Eindruck von dem Untersuchungsgebiet und dem Fischotter als Art geben. Hauptthema dieser Station ist der Fischotter und wie er in Interaktion mit seinem Lebensraum steht. Die Aufnahme zeigt einen Abschnitt eines sandgeprägten Tieflandbaches, welcher von einem Bach-Erlen-Eschenwald (*Carici-remotae-Fraxinetum*) umgeben ist. Durch einen Erzähler (Audiospur) wird der Betrachter in die Thematik der Tour eingeführt. Durch das Anklicken eines „Buttons“ auf der 360°-Aufnahme erscheint ein kurzer und prägnanter Informationstext zum Fischotter. Hinzu kommt eine Kartenübersicht über die gefundenen Nachweise des Fischotters zur Orientierung in der Tour und im Gelände sowie Bilder und Grafiken zu den Fischotterspuren. Durch eine weitere Audioaufnahme der örtlichen Geräuschkulisse soll die ruhige, frühlingshafte Stimmung der ersten Szene weiter unterstützt werden. Die eingesetzten Mittel sollen ein einfaches „Eintauchen“ in die Thematik und in das Umfeld ermöglichen.

Standort 2 - Die Gemeine Keiljungfer (*Gomphus vulgatissimus*) (Abb. 2)

Die zweite Station beschäftigt sich mit der Gemeinen Keiljungfer. Innerhalb des Untersuchungszeitraums konnte die Libellen während eines Massenschlupfes entlang des Gewässers beobachtet werden. Die 360° Aufnahme zeigt ein gerade geschlüpftes Exemplar, welches noch neben der leeren Hülle der Larve die Flügel trocknet. Auch werden dem Betrachter an dieser Station durch das Anklicken von Schaltflächen auf der Aufnahme Informationstexte und weiteres Bildmaterial über die Gemeine Keiljungfer gezeigt. Durch eine Drohne soll an dieser Stelle der Flug einer Libelle simuliert werden. Die außergewöhnliche Perspektive der Drohne soll dem Betrachter die Sichtweise einer Libelle vermitteln. Ein weiteres Element dieser Station ist die erste von insgesamt vier Fotoserien, die einen bestimmten Standort am Bachlauf über einen Zeitraum von etwa eineinhalb Monaten im Frühjahr darstellt. Diese Serien sollen die fortlaufende Veränderung des Habitats und der einwirkenden Umweltfaktoren im Jahreszyklus verdeutlichen.

Standort 3 - Der Bach-Erlen-Eschenwald (*Carici-remotae-Fraxinetum*)

Ein großer Anteil des Untersuchungsgebiets ist von einem Bach-Erlen-Eschenwald bewachsen. Dieser ist Hauptthema des dritten Standortes. Es werden Informationen über diese Pflanzengesellschaft über einen Informationstext mitgeteilt, der beim Anklicken einer Schaltfläche auf der 360°-Aufnahme erscheint. Dieses Thema wurde ausgewählt, um auf die Besonderheiten und die Gefährdung dieses Habitats, besonders als Lebensraum für den Fischotter, aufmerksam zu machen. Des Weiteren ist an dieser Station die zweite Fotoserie platziert. Sie zeigt den Veränderungsprozess des Bach-Erlen-Eschenwaldes während der Monate April und Mai am nächsten Standort.

Standort 4 - Die Sumpfschwertlilie (*Iris pseudacorus*)

Der Standort vier widmet sich der Sumpfschwertlilie. Als typische Art von Ufer- und Verlandungszonen an stehenden und fließenden Gewässern kommt sie auch in dem Untersuchungsgebiet häufig vor. Durch einen Informationstext und eine kleine Fotoserie kann der Betrachter mehr über die Pflanze erfahren. Ebenfalls wird die Wissensvermittlung zum Thema Fischotter mit einem Quiz und einer Informationsbox weitergeführt.

Standort 5 - Ein weiterer Bewohner der Flussaue, der Europäische Biber (*Castor fiber*)

Am Standort fünf wird der Biber als weiterer Bewohner der Flussaue und des Untersuchungsgebiets vorgestellt. Die 360°-Aufnahme zeigt einen Baumstamm, welcher gut erkennbare Bissspuren des Bibers aufweist. An dieser Stelle ist auch eine Schaltfläche eingefügt, die beim Betätigen Informationen über den Biber zeigt. Ein weiteres Element dieser Station ist die dritte Fotoserie. Auch sie zeigt den Veränderungsprozess des Standortes über die Monate April und Mai. Dieser Standort weist andere wesentliche Charakteristika als die bisherigen fotografierten Standorte auf. Der Bachlauf fließt entlang eines steileren Hangs und aus dem Bach-Erlen-Eschenwald ist ein Buchenwald geworden. Ziel dieser Station ist es, die Aufmerksamkeit des Betrachters auf direkt benachbarte und vom Biber beeinflusste Biotope zu lenken.

Standort 6 - Was passiert, wenn wir mal nicht vor Ort waren?

Wie der Titel schon beschreibt, ist das Hauptthema dieses Standorts die Aktivität der Bewohner des Untersuchungsraums zu Zeiten, an denen keine menschliche Aktivität vor Ort stattfand. Da viele Lebewesen dämmerungs- oder nachtaktiv sind, wurden zu Beginn der Untersuchung mehrere Wildkameras angebracht. Die 360°-Aufnahme zeigt eine Wildtierkamera, die über den Untersuchungszeitraum den Standort aufgezeichnet hat. An der Wildkamera wurde eine Schaltfläche eingefügt, die beim Betätigen diverse Aufnahme zeigt, die im Beobachtungszeitraum von Wildtieren aufgenommen werden konnten. Über diese Aufnahmen wird die große Artenvielfalt vermittelt, die dieser Lebensraum beherbergt. Unter anderem konnten Schwarzstorch, Kranich, Fuchs, Waschbär, Reh und der Biber fotografiert und damit nachgewiesen werden.

Standort 7 – Gibt's hier eigentlich auch was zu essen?

Hauptthema dieses Standortes ist das Nahrungsangebot, welches der Fischotter im Untersuchungsgebiet vorfinden kann. Zur Beantwortung der Frage, inwiefern der Fischotter Mollusken als Nahrung im Untersuchungsgebiet nutzen könnte, wurden zwei Mollusken-Kartierungen durchgeführt. Die 360°-Aufnahme zeigt die Studierenden bei der Kartierung im Gewässer. Es ist eine Schaltfläche in der Weißschale platziert, in der Informationen, Erkenntnisse und Fotos von den Kartierungen hinterlegt sind. Ziel des Standortes ist es, die Frage aufzuwerfen, inwiefern der Fischotter Mollusken als Nahrung im Untersuchungsgebiet nutzen könnte.

Standort 8 - Ich komm hier nicht durch, dann muss ich wohl drüber!

Eine Besonderheit des Untersuchungsgebiets ist, daß das Gewässer unter einem schiffbaren Kanal hindurchgeleitet wird. Die ausgewählte 360°-Aufnahme zeigt diese Unterführung. Sie ist für viele Lebewesen ein Hindernis, so auch für den Fischotter. Das Hauptthema der achten und letzten Station beschreibt gerade dieses Gefahrenpotential, welches Unterführungen und Brücken ohne Querungshilfen für den Fischotter bedeuten. Hier sind im Hintergrund der Aufnahmen die Unterführung und der sich erhebende Damm zu erkennen. Neben Informationen zu dieser Problematik wird an dieser Station auch die letzte Fotoserie über die Entwicklung der Vegetation gezeigt. Um die Tour abzuschließen, werden die Teilnehmer durch einen integrierten Drohnenflug, der sich vom letzten Standort entfernt, aus dem Gebiet herausgeleitet.



Abb. 2: Startbild Standort 2

Ausblick

Ziel des vorgestellten Formates ist der Einsatz in der Naturschutzbildung für ein Laienpublikum. Darüber hinaus ist es in der Hochschullehre und der allgemeinen Wissenschaftskommunikation zu verwenden. Exkursionen und Geländeübungen sind ein Kernelement der anwendungsorientierten Hochschuldidaktik, welches gerade in den naturschutzfachlichen und ökologischen Fächern als kontextsensitives Format zwischen Wissenstransfer und kognitiver Erfahrung steht. Neben der Förderung individueller Lernaktivitäten könnten auch unzugängliche Orte in der Ökosphäre wie z. B. Gewässersohle, Auen oder auch Naturschutzgebiete mit strengem Schutzstatus virtuell besuchbar und damit erfahrbar werden.

Danksagung

Die Virtuelle Tour entstand im Rahmen des Moduls „Fließgewässer- und Feuchtgebietsmanagement“ im Masterstudiengang „Regionalentwicklung und Naturschutz“ (seit WS 21/22: „Nachhaltige Regionalentwicklung: Bildung. Management. Naturschutz“). Beteiligt waren Paula Braun, Christian Ulrich Fuß, Klara Isermann, Bettina Lebuser, Findus Reinkober, Lena Schlünß, Lydia Vogler. Technische Unterstützung leistete Reinhard Kückes. Die Medien-Plattform wurde durch VR-EASY GmbH, Eberswalde, zur Verfügung gestellt.

Literatur

- BioEcoN (2021): Virtuelle Waldtouren. Europäisch-vietnamesisches Hochschulnetzwerk für nachhaltige Forst- und Bioökonomie BioEcoN, Projekt-Nr. 586183-EPP-1-2017-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP, Erasmus+, <https://bioecon.eu/virtual-forest-tours/>
- Braun, Paula; Fuß, Christian Ulrich; Isermann, Klara; Lebuser, Bettina; Reinkober, Findus; Schlünß, Lena; Vogler, Lydia (2021a): Projektbericht zum Modul Fließgewässer- und Feuchtgebietsmanagement, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Leitung Prof. Dr. rer. nat. Antje Stöckmann)
- Braun, Paula; Fuß, Christian Ulrich; Isermann, Klara; Lebuser, Bettina; Reinkober, Findus; Schlünß, Lena; Vogler, Lydia (2021b): Auf den Spuren des Fischotters. Virtuelle Tour, Modul Fließgewässer- und Feuchtgebietsmanagement, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Leitung Prof. Dr. rer. nat. Antje Stöckmann). <https://vr-easy.com/tour/transea/210622-aufdenspurendesfischotters/#pano=2>
- Harald Mieg, Judith Lehmann (Hrsg.) (2017): Forschendes Lernen: Wie die Lehre in Universität und Fachhochschule erneuert werden kann. Campus Verlag, Frankfurt/Main, 449 S.
- Stöckmann, A., Holzgreve, M. (2021): Digitale Wissenschaftskommunikation - Die Lebenswelt des Fischotters als interaktives Storyboard, Poster bei der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie, Leipzig 2021

Ist die Beeinträchtigung von *Daphnia magna* durch Cyanobakterien temperaturabhängig?

Simon Tulatz; Bettina Zeis

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Das weit verbreitete Krebstier *Daphnia magna* ist ein nicht-selektiver Filtrierer, der planktisch in Seen, Teichen und langsam fließenden Gewässern vorkommt. Aufgrund steigender Temperaturen und einem erhöhten Nährstoffeintrag in Gewässer sind Daphnien neben starken Temperaturschwankungen auch den immer häufiger auftretenden Cyanobakterienblüten ausgesetzt. Von verschiedenen Gattungen der Cyanobakterien ist bekannt, dass sie Sekundärmetabolite mit toxischem Potential produzieren. So ist zum Beispiel die Art *Microcystis aeruginosa* ein gut untersuchter Produzent von Proteasehemmern.

Da sowohl Daphnien als auch Cyanobakterien von Temperaturänderungen beeinflusst werden, wurde die Auswirkung von verschiedenen Stämmen von *M. aeruginosa* als Nahrungsquelle auf die Physiologie von *D. magna* bei verschiedenen Temperaturen untersucht. Methanolische Extrakte aus *M. aeruginosa* schränkten die beiden wichtigsten Proteasen Trypsin und Chymotrypsin stark in ihrer Aktivität ein. Dabei wurden kalt-akklimierte Tiere weniger von Cyanobakterien beeinträchtigt. Eine Inkubation mit einem Chymotrypsin-hemmenden Stamm von *M. aeruginosa* resultierte in einer stark verminderten Chymotrypsinaktivität, jedoch auch in einer Aktivitätssteigerung von Trypsin. Außerdem wurde der Energiestatus der Tiere anhand der Proteinkonzentration nach einer Fütterung mit Cyanobakterien mit den Auswirkungen einer Hungersituation verglichen. Eine Abnahme der Proteinreserven durch zweitägige Fütterung mit *M. aeruginosa* konnte nur bei hohen Temperaturen (30°C) beobachtet werden. Die Ergebnisse weisen insgesamt darauf hin, dass die Wasserflöhe durch Cyanobakterien bei erhöhter Temperatur in stärkerem Ausmaß beeinträchtigt werden.

Phytoplankton communities and their response to environmental modifications

Phuong-Anh Vu; Lutz Becks; Mark van Kleunen

Universität Konstanz

Increasing water temperatures due to climate change as well as changes in nutrient availability due to anthropogenic pressures are severe processes that aquatic ecosystems are currently facing. Climate change and changes in nutrient availability can alter competition between species and thus community composition with consequences for the stability and resilience of the communities. Some of the environmental conditions can be reverted but some remain for longer periods. To better understand the resilience of phytoplankton communities when exposed to changing environmental conditions, we investigated the abundances and frequencies of different microalgal species within phytoplankton communities after being exposed to a temperature shift or altered nutrient concentrations. According to our expectations, some species benefited from the novel environmental condition, while others decreased in their population sizes over time leading to shifts in the community composition.

Das Zooplankton im Elbästuar und dessen Bedeutung als Nahrung für die Larven der Finte (*Alosa fallax*)

Nele Wendländer¹; Michael Schöning; Carsten Viergutz; Jens Wyrwa; Andreas Schoel

¹ Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Das Zooplankton spielt eine Schlüsselrolle in Nahrungsnetzen von Ästuaren. Es gilt als Hauptnahrungsquelle für Fischlarven, wie der anadromen Art Finte (*Alosa fallax*), dessen Larven im limnischen Ästuarbereich der Elbe unterhalb des Hamburger Hafens schlüpfen und aufwachsen.

In den Jahren 2010 - 2019 wurden im Elbästuar drei verschiedene Zooplanktonbeprobungskampagnen durchgeführt. Der erste Datensatz umfasst Proben von Längsprofilen von der Nordsee bis zum Ende des limnischen Abschnitts der Tideelbe beim Wehr Geesthacht. Diese wurden zweimal pro Jahr durchgeführt, wobei ca. alle 4 km Zooplanktonproben genommen wurden. Parallel wurde der Salzgehalt gemessen und das Zooplankton entsprechend der Abundanz und Biomasse bezogen auf die Salzgehaltszonen polyhalin, mesohalin, oligohalin und limnisch ausgewertet. Der zweite Datensatz erfasst im Hamburger Hafen bei Flusskilometer 628 den saisonalen Verlauf des Zooplanktons von März bis November durch wöchentliche bis monatliche Beprobungen. Der dritte Datensatz umfasst parallel zum Monitoring von Finteneiern und Larven von Mitte April bis Mitte Juni bei Flusskilometer 643 erhobene wöchentliche Zooplanktonproben. So kann die Abundanz der Fischlarven direkt im Zusammenhang mit der ermittelten Zooplanktonbiomasse und weiteren abiotischen Faktoren analysiert werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Zooplanktonbiomasse in der Tideelbe von Crustaceen dominiert wird, obwohl Rotifera im limnischen Abschnitt höhere Abundanzanteile aufweisen. Bei den Crustaceen dominieren in allen Salinitätszonen die Nauplius-Larven von Copepoden, sowohl die Biomasse als auch die Abundanzen. Saisonal betrachtet treten bei Flusskilometer 628 im Sommer die höchsten Zooplanktonabundanzen und -biomassen auf, während im Fintenaufwuchsgebiet (km 643) von April bis Juni abnehmende Abundanzen und Biomassen zu beobachten sind.

Allgemein zeigen die Ergebnisse intra- und interannuelle Variationen der Zooplanktonbiomasse, die durch biotische Faktoren, wie die Interaktion zwischen Beute und Räuber, sowie durch abiotische Faktoren wie Temperatur oder Abflussbedingungen erklärt werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse sind essentiell für das Verständnis des Rekrutierungserfolges der Fintenlarven.

Entwicklung eines satellitenbasierten Monitorings von Seen in Baden-Württemberg – das Projekt SAMOSEE-BW

Thomas Wolf¹; Kristina Popp¹; Hendrik Bernert²

¹ Institut für Seenforschung (ISF) der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW); ² Earth Observation & Environmental Services EOMAP GmbH & Co KG

Das Land Baden-Württemberg verfügt über eine große Anzahl von natürlichen Seen, Weihern und künstlichen stehenden Gewässern. Es gibt 28 Wasserkörper mit einer Fläche größer als 50 Hektar, etwa 260 Seen größer als 10 Hektar und rund 1300 Seen größer als 1 Hektar. Diese Seen und deren Gewässerqualität mit herkömmlichen in situ Messprogrammen zu überwachen ist logistisch unmöglich. Satellitenbasierte Fernerkundungsverfahren bieten auf dem Gebiet des Umweltschutzes und der Gewässerüberwachung neue Möglichkeiten, um für eine Vielzahl dieser stehenden Gewässer Informationen zur Gewässerqualität abzuleiten.

Das Institut für Seenforschung (ISF) der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) arbeitet aktuell im Rahmen des Projektes SAMOSEE-BW „Satellitenbasiertes Monitoring von Seen in Baden-Württemberg“ an der Entwicklung eines solchen satellitenbasierten Gewässermonitorings für stehende Gewässer. Das Projekt wird im Rahmen der Digitalisierungsstrategie digital@bw des Landes Baden-Württemberg gefördert (www.digital-bw.de/digitalisierungsstrategie, BWL 2017).

Mit den modernen und langfristig als Plattform betriebenen Satellitendaten und –diensten des europäischen Copernicus-Programmes und den Pendanten des USGS stehen satellitenbasierte Informationen für ein Gewässermonitoring zur Verfügung, das sowohl größere Gewässer mit Satelliten mit gröberer räumlicher Auflösung (z. B.: Sentinel 3, dx= 300 m) und einer hohen Abtastrate als auch kleinere Gewässer mit Satelliten mit höherer räumlicher Auflösung (z. B.: Sentinel 2 A/B dx = 10 - 60 m) erfassen kann.

Die LUBW hat ein hybrides Modell für die Entwicklung eines satellitenbasierten Seenmonitorings gewählt. Dabei werden die Satellitenrohdaten vom Serviceprovider EOMAP (www.eomap.com) zu Gewässerparametern auf Level-3 prozessiert. In weiteren Schritten werden diese Daten am Institut für Seenforschung der LUBW mit MATLAB-Skripten bearbeitet und anwenderorientierte Informationsprodukte abgeleitet.

Die satellitenbasierten Gewässerinformationen, z. B.: Chlorophyll-a-Konzentrationen, Wassertemperatur und Secchi-Tiefe, werden für folgende wesentliche Ziele verwendet:

- Ergänzung und Erweiterung bestehender in situ Routinemonitoringprogramme.
- Indikatives Gewässermonitoring - für eine Vielzahl kleiner Seen können satellitenbasierte Fernerkundungsdaten häufig erstmalig einen Satz von limnologische Basisinformationen liefern, die eine erste Beurteilung und Bewertung des Gewässerzustandes gestatten.

Entwicklung des Zooplanktons nach einer ausgeprägten Hypoxie-Situation in einem eutrophen Flachsee (Aasee, Münster)

Ramona Winkens; Victoria-Sophia Scheuerer; Elisabeth Meyer; Bettina Zeis

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Eutrophe Seen sind aufgrund ihres hohen Nährstoffgehaltes durch eine hohe Primärproduktion gekennzeichnet. Das gilt besonders für flache Seen, die sich im Sommer stark erwärmen. Durch die auch in den nachfolgenden Trophie-Ebenen vergrößerte Biomasse der Konsumenten kommt es auch zu vermehrtem Absterben von Organismen und verstärkten sauerstoffzehrenden Abbauprozessen. Sauerstoffmangel kann dann im gesamten Wasserkörper mit ausgeprägten tagesperiodischen Schwankungen auftreten.

Im Aasee in Münster, einem aufgestauten Wasserkörper mit einer Oberfläche von ca. 40 ha und einer maximalen Tiefe < 2 m, wurde im August 2018 nach einer langen warmen Trockenperiode eine ausgeprägte Hypoxie-Situation erreicht. Als Folge verendete ein großer Teil des Fischbestands (ca. 22 t). Gegenstand der vorgestellten Untersuchungen ist die Auswirkung dieses Zusammenbruchs der Fischpopulation auf die Zusammensetzung und Abundanz des Zooplanktons. In den nachfolgenden Jahren wurden die Rotifera, Copepoda und Cladocera qualitativ und quantitativ erfasst. Weiterhin wurde der Einfluss des nachlassenden Fraßdrucks auf die Größenstruktur dieser Tiergruppen analysiert. Obwohl die relativen Beiträge der untersuchten Tiergruppen und ihre Körpergrößen im saisonalen Verlauf variieren, kann eine hohe Zooplankton-Abundanz als wichtiger Faktor für die top-down-Kontrolle der Primärproduzenten angesehen werden und zur Vermeidung einer erneuten Massenentwicklung von Algen und Cyanobakterien beitragen.

German Barcode of Life 2 (GBOL2) — Kieselalgen DNA-Barcoding und eDNA Metabarcoding im Kontext von Biodiversitätsforschung, Taxonomie und EU Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EC)

Jonas Zimmermann^{1,4}, Nérida Abarca¹, Jana Bansemer¹, Juliane Bettig¹, Gabi Droege¹, Wolf-Henning Kusber¹, Katja Luther¹, Heba Mohamad¹, Demetrio Mora^{1,2}, Sebastian Proft¹, Katherina Schimani¹, Oliver Skibbe¹, Anh Tu Van^{1,3} & Regine Jahn¹

¹ Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Str. 6-8, 14195 Berlin

² Referat U2-Mikrobielle Ökologie, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz

³ Universität Rostock, Angewandte Ökologie & Phykologie, Albert-Einstein-Str. 3, 18059 Rostock

⁴ Kontakt: j.zimmermann@bo.berlin

Keywords: Datenmanagement, Diatomeen, Metabarcoding, Methodik, Reference Library

Einleitung

Das Verbundprojekt German Barcode of Life (GBOL, <https://www.bolgermany.de/>) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, BMBF) hat Aufgabe und Ziel, die Kenntnis der Biodiversität deutscher Organismen durch Erstellung von DNA-Barcodes zu erweitern. Innerhalb der zweiten Projektphase (GBOL2) lag einer der Schwerpunkte darin, molekulare Informationen von Gewässerorganismen für das Gewässermonitoring nutzbar zu machen.

Diatomeen

Kieselalgen (Diatomeen, Abb. 1) sind eine der wichtigsten Indikatorgruppen für die Gewässergüteanalyse. Traditionell wurden meist lichtmikroskopisch sichtbare Merkmale für die Identifikation der Taxa herangezogen. Im Rahmen des GBOL2-Diatomeen-Projektes wurde eine Referenzbibliothek für Diatomeen-DNA-Barcodes (18SV4, *rbcL*) aufgebaut, die das verwendbare Merkmalspektrum zur Artidentifikation deutlich erweitert (Zimmermann et al. 2014). Die taxonomische Validierung der Barcodes wurde durch licht- und rasterelektronenmikroskopisch dokumentierte und identifizierte Klonkulturen, die eigens aus Gewässerstandorten unterschiedlicher Trophie und Morphometrie isoliert wurden, erreicht.

Morphologische Diatomeenanalysen im Monitoring

Aktuell ist die Diatomeenanalyse im Gewässermonitoring nach morphologischen mikroskopischen Befunden etabliert (Tab. 1). Taxalisten und semiquantitative Zählungen gehen in die Analyse ein. Gute Ergebnisse werden durch erfahrene Diatomolog:innen nach aktueller Bestimmungsliteratur erstellt. Aufgrund der taxonomischen Forschung konnten viele Artenkomplexe inzwischen aufgelöst werden. Probleme ergeben sich dort, wo die Ökowerte für neu beschriebene Taxa nicht zeitnah nachgeführt werden und die Synonymie für Anwender:innen ohne fachliche Unterstützung kaum nachvollziehbar ist (zur Synonymie siehe Schilling et al. 2022).



Abb. 1: Einige Diatomeen-Taxa aus Berlin-Brandenburger Gewässern, die im Rahmen des GBOL2 Projektes kultiviert, dokumentiert und sequenziert wurden (Zusammenstellung, Forschungsgruppe Diatomeen, BGBM).

DNA Barcoding Reference Library für Diatomeen

Die Idee hinter Monitoring-Verfahren, die mit molekularen Merkmalen arbeiten, ist eine verbesserte Standardisierung des Verfahrens und die Verarbeitung größerer Probenmengen in geringerer Zeit bei einer größeren Identifikationstiefe. Die Präzision des Verfahrens ist abhängig von sehr gut dokumentierten Referenzsequenzen, die mit Sequenzdaten von der Umwelt-DNA abgeglichen werden. Die DNA Barcoding Reference Library enthält daher nicht nur Sequenzdaten und wissenschaftliche Namen, sondern auch die gesamte Dokumentation, die möglichst eine volle Kompatibilität molekularer und morphologischer Analysen gewährleistet. Letztere ermöglichen Aussagen über Bohrkerne, in denen nur noch Schalen vorhanden sind. In rezenten Proben kann die biologische Bedeutung von DNA-Nachweisen etwa durch den morphologischen Nachweis von Lebenszyklusstadien, Teratologien etc. erschlossen werden.

Kernstück des GBOL2 Projektes war daher der Aufbau einer Reference Library. Durch Hinterlegung von Belegexemplaren im Herbarium Berolinense (B), in der DNA-Bank des BGBM und durch die komplette Dokumentierung aller Daten in öffentlich zugänglichen Datenbanken (INSDC, GGBN, AlgaTerra, Sammlungsdatenbank am BGBM) wurde eine nachhaltige Forschungsinfrastruktur geschaffen. Sie eignet sich gleichermaßen zur Biodiversitätserfassung und Beantwortung taxonomischer Fragestellungen (u.a. Abarca et al. 2020, Jahn et al. 2017, 2019, Mora et al. 2019, Skibbe et al. 2018) wie auch zum Auffinden von Diatomeenarten in der Umwelt. Für die Analyse von Diatomeenartengemeinschaften in Umweltproben mittels eDNA-Metabarcoding zur Gewässergüteeinschätzung steht eine eigens entwickelte automatisierte modulare eDNA-

Datenanalyse-Pipeline (Proft et al. 2017) bereit. Exemplarisch wurden über 400 Indikatorarten aus mehr als 80 Gattungen mit Hilfe von über 1.300 klonalen Kulturen komplett dokumentiert.

Tab. 1: Erstellung von Taxonlisten nach lichtmikroskopischen und nach Befunden aus dem High-Throughput-Sequencing (HTS) im Vergleich.

Phytobenthos	Morphologische Analyse	Molekulare Analyse
Probennahme	Nach Vorschrift	Nach Vorschrift
Probenfixierung, Probenkonservierung	Nach Vorschrift	Möglichst keine Fixierung sondern Konservierung durch umgehendes Einfrieren (Mora et al. 2022)
Präparation	Oxidation des Materials, Dauerpräparate erstellen	eDNA-Extraktion für PCR Amplifikation, Sequenzierung der DNA-Barcodes
Datenanalyse	Lichtmikroskopische Analyse, Identifikation nach dem lichtmikroskopischen Präparat	HTS-Sequenzierung, in einer bioinformatischen Pipeline Abgleich der eSequenzen mit der Reference Library (Bailet et al. 2020)
Quantifizierung	Semiquantitative Auszählung von Schalenpräparaten	Zurzeit nicht möglich, Evaluation von Quantifizierungsverfahren laufend
Auswertung	EU WRRL lizenzierten Software, für DE PHYLIP	EU WRRL lizenzierten Software, für DE PHYLIP

Best-Practice-Anwendungsbeispiel und weitere Schritte

Mit dem GBOL2-Diatomeen-Projekt wurde ein Best-Practice-Anwendungsbeispiel für die Dokumentation und Verfügbarmachung von Barcode-Referenzbibliotheken geschaffen (Tab. 2), das wertvolle Ergebnisse für die Weiterentwicklung von Methoden und Standards liefert (Rimet et al. 2021). Die Analyse von Diatomeengemeinschaften in Umweltproben mittels eDNA-Metabarcoding ermöglicht bei der Gewässergüte-Einschätzung höchstmögliche Auflösung und Reproduzierbarkeit. Vergleichende Analysen nach eDNA-Metabarcoding und PHYLIP entsprechend der WRRL wurden durchgeführt.

Ergänzt werden die GBOL2 Daten durch weitere Kulturen (ca. 500 aus Europa, ca. 600 aus Mexiko, ca. 750 überwiegend aus beiden Koreas, Vietnam und Kanada). Aktuell wird die Referenzbibliothek im Rahmen von Dissertationen um Diatomeen-Taxa aus dem Irak und der Antarktis erweitert, um neben der taxonomischen Grundlagenforschung die Eignung dieser Floren für Zwecke des Biomonitorings in diesen Regionen zu prüfen. Für beide Regionen gab es bisher nur lückenhafte Biodiversitätserfassungen nach vorwiegend lichtmikroskopischen Befunden.

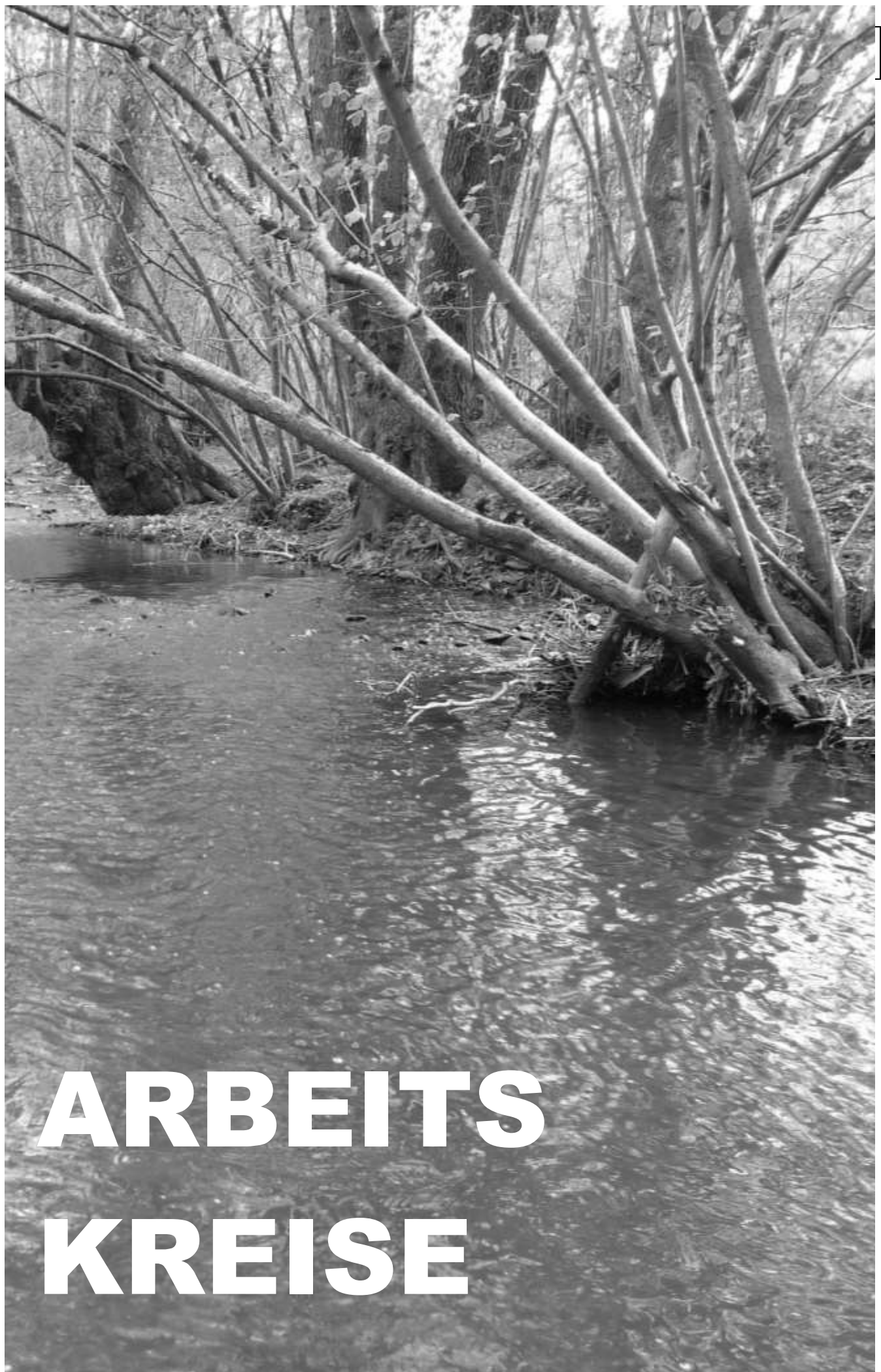
Tab. 2: Obligatorische (O) und empfohlene (E) Metadaten, die mit Diatomeenkulturen welche als Referenz für das Morphologie- sowie DNA-basierte Gewässermonitoring dienen, assoziiert sind.

	Metadaten	Obligatorisch/ Empfohlen
Klonkultur	Isolierende Person	E
	Isolations-Datum	E
	Datum der Ernte	E
	Kulturmedium	E
	Kulturbedingungen	E
	Kultur-Id (Stammnummer)	O
Foto-Dokumentation	Lebendfoto	E
	Lichtmikroskopisches Schalenpräparat	O
	Rasterelektronenmikroskopie	E (O*)
Text-Dokumentation	Morphologische Beschreibung	E
	Morphometrische Daten	E
	Sammlungsdokumentation	O
Physische Dokumentation	Öffentlich zugängliche Sammlung (Herbarium)	O
	Hinterlegung der Umweltprobe (Id)	O
	Hinterlegung der Präparation / des Präparats (Id)	O
	Hinterlegung der DNA in DNA-Bank (Id)	O
Taxon und Identifikation	Identifizierende Person	O
	Identifikationsdatum	E
	Bestimmungsliteratur mit Seite/Abbildung	O
Publikation	Wissenschaftliche Publikation, Referenz	E (O*)
	Kuratierte Datenbank (Id)	O
DNA-Sequenz	INSDC (Id)	O
Dokumentation der Referenzsequenz	Name des Markers	O
	Pherogramm	O
	Primer	O
	DNA-Extraktionsmethode	O
	Sequenzierungstyp (z. B. Sanger)	O

*bei Neubeschreibungen von Taxa, die neu für die Wissenschaft sind

Literatur

- Abarca, N., Zimmermann, J., Kusber, W.-H., Mora, D., Van, A. T., Skibbe, O., Jahn, R. (2020): Defining the core group of the genus *Gomphonema* Ehrenberg with molecular and morphological methods. *Botany Letters* 167: 114-159.
- Baillet, B., Apothéloz-Perret-Gentil, L., Baričević, A., Chonova, T., Franc, A., Frigerio, J.-M., Kelly, M., Mora, D., Pfannkuchen, M., Proft, S., Ramon, M., Vasselon, V., Zimmermann, J., Kahlert, M. (2020): Diatom DNA metabarcoding for ecological assessment: comparison among bioinformatics pipelines used in six European countries reveals the need for standardization. *Science of the Total Environment* 745: 140948.
- Jahn, R., Kusber, W.-H., Skibbe, O., Zimmermann, J., Van, A.T., Buczkó, K., Abarca, N. (2019): *Gomphonella olivacea* (Bacillariophyceae) – a new phylogenetic position for a well-known taxon, its typification, new species and combinations. *Plant Ecology and Evolution* 152(2): 219-247.
- Jahn, R., Abarca, N., Gemeinholzer, B., Mora, D., Skibbe, O., Kulikovskiy, M., Gusev, E., Kusber, W.-H., Zimmermann, J. (2017): *Planothidium lanceolatum* and *Planothidium frequentissimum* reinvestigated with molecular methods and morphology: four new species and the taxonomic importance of the sinus and cavum. *Diatom Research* 32(1): 75-107.
- Mora, D., Abarca, N., Proft, S., Grau, J.H., Enke, N., Carmona, J., Skibbe, O., Jahn, R., Zimmermann, J. (2019): Morphology and metabarcoding: a test with stream diatoms from Mexico highlights the complementarity of identification methods. *Freshwater Science* 38(3): 448-464.
- Mora, D., Kleinteich, J., Zimmermann, J., Fischer, H., Krenek, S. (2022): Influence of preservation methods for phytobenthos samples on the detection of microbial communities through eDNA metabarcoding – first results. *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Ergebnisse der Jahrestagung 2021* (Leipzig), Essen: 8 S.
- Proft, S., Grau, J., Caswara, C., Mazzoni, C., Mora, D., Zimmermann, J. (2017): MetBaN automated pipeline for metabarcoding data using taxonomical/phylogenetical classification of organisms. Available from: <https://github.com/sproft/MetBaN/tree/v0.1.0>
- Rimet, F., Aylagas, E., Borja, A., Bouchez, A., Canino, A., Chauvin, C., Chonova, T., Ciampor, Jr F., Costa, F.O., Ferrari, B.J.D., Gastineau, R., Goulon, C., Gugger, M., Holzmann, M., Jahn, R., Kahlert, M., Kusber, W.-H., Laplace-Tretyure, C., Leese, F., Leliaert, F., Mann, D.G., Marchand, F., Méléder, V., Pawlowski, J., Rasconi, S., Rivera, S., Rougerie, R., Schweizer, M., Trobajo, R., Vasselon, V., Vivien, R., Weigand, A., Witkowski, A., Zimmermann, J., Ekrem, T. (2021): Metadata standards and practical guidelines for specimen and DNA curation when building barcode reference libraries for aquatic life. - *Metabarcoding and Metagenomics* 5: e58056.
- Schilling, P., Hofmann, G., Kusber, W.-H. (2022): Bundestaxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands (BTL) - Taxaliste für Monitoring und Naturschutz: Herausforderungen am Beispiel der Kieselalgen. *Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Ergebnisse der Jahrestagung 2021* (Leipzig), Essen: 7 S.
- Skibbe, O., Zimmermann, J., Kusber, W.-H., Abarca, N., Buczkó, K., Jahn, R. (2018): *Gomphoneis tegelensis* sp. nov. (Bacillariophyceae): a morphological and molecular investigation based on selected single cells. *Diatom Research* 33(2): 251-262.
- Zimmermann, J., Abarca, N., Enke, N., Skibbe, O., Kusber, W.-H., Jahn, R. (2014): Taxonomic Reference Libraries for Environmental Barcoding: a Best Practice Example from Diatom Research. *Plos ONE* 9(9): e108793. DOI: 10.1371/journal.pone.0108793.



ARBEITS KREISE

Der Geiseltalsee, ein wertvolles kalkhaltiges Gewässer mit Grundrasen aus Armleuchteralgen

Silke Oldorff¹, Jens Mählmann², Ellen Kiel³, Markus Eßer⁴, Volker Krautkrämer⁵, Tom Kirschey⁶, Elena Oldorff⁷

¹ Landesamt für Umwelt (LfU) Brandenburg, Seeburger Chaussee 2, 14467 Potsdam OT Groß Glienicke
silke.oldorff@lfu.brandenburg.de;

² Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V., Annaberger Str. 240, 09125 Chemnitz, jens.maehlmann@stfi.de;

³ Carl von Ossietzky Universität 26111 Oldenburg, Fak. V, IBU, ellen.kiel@uni-oldenburg.de

⁴ Severinstraße 22, 41748 Viersen, forsteri20666@gmail.com;

⁵ Leinenstr. 1a, 59556 Lippstadt, volker.krautkraemer@web.de;

⁶ NABU-Bundesgeschäftsstelle, Charitéstraße 3, 10117 Berlin, tom.kirschey@nabu.de;

⁷ Landestauchsportverband Brandenburg e.V., Hasensprung 14, 14478 Potsdam, umwelt@ltsv-brandenburg.de

Einleitung

Anlässlich der Jahrestagung 2020 trafen sich 7 Mitglieder des DGL-Arbeitskreises „Tauchen in der Limnologie“ im Oktober 2020 am Geiseltalsee in Sachsen-Anhalt. Die gut dokumentierten Tauchgänge lieferten Daten, die als „fachkundiger Blick unter die Wasseroberfläche“, für das Management dieses Bergbaufollegewässers hilfreich sind. Der fachliche Austausch vor Ort, im Kontakt zu ortsansässigen Behörden, Tauchsportvereinen und Tauchbasen, ermöglichten einen Austausch zwischen Wissenschaft und Behörden sowie die Wissensvermittlung auch an Laien. Die gewonnenen Daten können zukünftig als fachliche Argumente in der Diskussion um den Erhalt bzw. die Verbesserung der Qualität des Gewässers genutzt werden. Darüber hinaus lieferten die Tauchgänge hochwertiges Unterwasser-Bildmaterial, das u. a. für die universitäre Lehre zur Verfügung steht.

Untersuchungsgebiet

Der Geiseltalsee ist mit einer Fläche von 1.854 ha und einer Tiefe von 78 m der größte See Sachsen-Anhalts und zugleich der größte künstliche See Deutschlands (Abbildung 1). Die Uferlänge des Sees wird mit 41 km angegeben, die Ost-West-Ausdehnung beträgt 7,3 km, die Nord-Süd-Ausdehnung mit 3,5 km (MITZ 2021, MVA 2021, DLRG 2009). Der Geiseltalsee ist fast viermal so groß und 28 m tiefer als Sachsen-Anhalts größtes natürliches Stillgewässer der Arendsee (514 ha, 50 m Tiefe).



Abbildung 1: Tiefenkarte des Tagebaugewässers Geiseltalsee (OTM, 2021)

Wie die Mehrzahl der künstlichen Seen in dieser Region entstand auch der Geiseltalsee als Folge des Braunkohletagebaues. Braunkohle entdeckte man dort bereits um 1698 und begann im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts mit deren mechanisierten Abbau. Am 30. Juni 1993 stellte man im Gebiet des Geiseltalsees den Braunkohleabbau ein und startete 2003 die Flutung des westlichen Abgrabungsgebietes mit Saale-Wasser und ansteigendem Grundwasser. 2011 wurde der Zustrom bei einem Wasservolumen von 423 Millionen Kubikmeter und einem Pegelstand von +98,05 m üNN im April 2011 eingestellt (LMBV 2019).

Ehemalige Halden und Innenkippen bilden eine Halbinsel die ein Nordbecken von einem Südbecken (Abbildung 1) trennen. Der südliche Bereich zwischen Mücheln und Frankleben umfasst 640 ha Seefläche. Diese und die dazugehörigen Uferzonen wurden aus dem Bergrecht entlassen und bereits touristisch erschlossen. Im Ort Braunsbedra entstanden bereits eine Marina und eine Seebrücke. Das Nordufer und Bereiche Grube, in denen Kippen vorlagen (Innenkippen), unterliegt weiterhin dem Bergrecht. Hier wurden Räume für den Natur- und Artenschutz und für die naturnahe Erholung ausgewiesen. Das Naturschutzgebiet (NSG) „Bergbaufolgelandschaft Geiseltalsee“ weist eine Größe von 1.156 ha (Abbildung 2). Der besondere Schutzzweck des NSG bezieht sich auf die neu entstandenen Lebensräume und ihre spezielle Tier- und Pflanzenwelt, die durch den Braunkohletageabbau entstand (Amtsblatt des Landesverwaltungsamts Sachsen-Anhalt 2005). Eine herausragende Bedeutung kommt dabei dem Bereich der strukturreichen Innenkippen im Bereich der Abbaugelände bei Mücheln und Neumark-Nord zu (Abbildung 1 und 4).

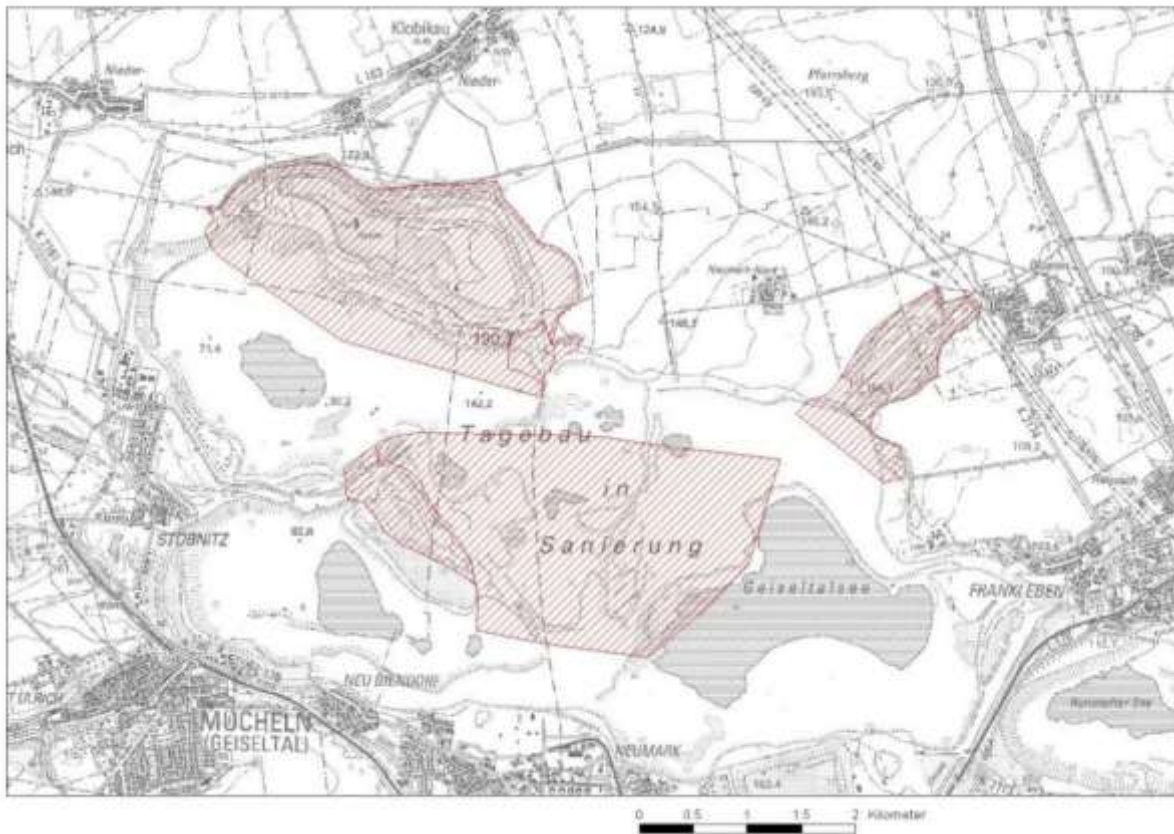


Abbildung 2: Naturschutzgebiet (NSG; straffiert) „Bergbaufolgelandschaft Geiseltalsee“ (Amtsblatt des Landesverwaltungsamts Sachsen-Anhalt 2005)

Im Geiseltalsee ist Freizeittauchen gestattet, beschränkt sich allerdings auf das südliche Becken (Abbildung 3). Das bis -78 m tiefe Nordbecken (NSG) ist für den Wassersport gesperrt. Die Untersuchungen des DGL-Arbeitskreises beziehen sich deshalb ausschließlich auf den südwestlichen Teil, der Maximaltiefen von -40 m erreicht und den bis -33 m tiefen südöstlichen Bereich (LMBV 2019).

Das Gewässer ist durch eine breite, makrophytenreiche Litoralzone mit mäßiger Tiefe um die -2 bis -3 m gekennzeichnet. Häufig schließt sich eine wallartige Erhebung parallel zur Uferlinie an oder die Uferkante stürzt, typisch für Tagebaugewässer, direkt steil ab (Abbildung 1), sodass schnell Tiefen von -15 bis -20 m erreicht werden.

Bei pH-Werten um 8,3 (Regionaler Planungsverband Leipzig-West Sachsen 2019) bietet der Geiseltalsee die abiotischen Voraussetzungen für die Entwicklung von Grundrasen mit Armleuchteralgen. Aufgrund seiner Größe von mehr als 50 ha unterliegt der Geiseltalsee, zusammen mit 30 weiteren Stillgewässern Sachsens-Anhalts, gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie der Berichtspflicht.



Abbildung 3: Tauchplatz „Badestrand“ im touristisch erschlossenen Südteil des Geiseltalsees (Foto: J. Mählmann)



Abbildung 4: Inseln und Kippen im Nordbecken (Foto: S. Oldorff)

Material und Methoden

Neben fotografischer Dokumentation der Tauchgänge kamen etablierte Methoden des Citizen-Science-Projektes „Naturschutztauchen“ zur Anwendung, um den Erhaltungszustand (EHZ) des Geiseltalsees zu prüfen.

An den Tauchplätzen „Badestrand“ (B), „FKK-Stand“ (F), „Wetterschutzhütte“ (H), „Beach-Club“ (Nachttauchgang, N) und „Wald“ (W) (Abbildung 5) unternahmen Mitglieder des DGL-AK-Tauchens in der Limnologie vom 1. bis 4. Oktober 2020 insgesamt 18 Tauchgänge. Diese zielten darauf ab, einen ersten Eindruck von der Flora und Fauna des Geiseltalsees zu bekommen und die Daten gut zu dokumentieren, um sie für zukünftig Bewertungen zugänglich zu machen.



Abbildung 5: Dokumentierte Tauchstrecken (B) „Badestrand“, (F) „FKK-Stand“, (H) „Wetterschutzhütte“, (C) „Beach-Club“ (Nachttauchgang) und (W) „Wald“ (Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA), OTM 2021)

Makrophyten

Für die Einschätzung des Erhaltungszustandes eines Stillgewässers ist der von Makrophyten besiedelte Gewässergrund eine wichtige Grundlage. Die Zahl zu betauchender Gewässerabschnitte, auf Basis derer diese Einschätzung getroffen wird, richtet sich nach der Größe und der Beckengestalt (Arendt et al. 2011; Oldorff et al. 2014). Im Rahmen dieser Untersuchung konnten im Geiseltalsee nur fünf Bereiche betaucht werden. Wird die Mindestanzahl von Tauchabschnitten nicht erreicht, die für eine aggregierte Gesamteinschätzung des jeweiligen Gewässers erforderlich ist, können die Ergebnisse aber zumindest Hinweise zur Einschätzung des Erhaltungszustandes liefern.

Die Erfassung von Makrophyten im Oktober 2020 erfolgte nach der Methode des Naturschutztauchens (Arendt et al. 2011). Sie zielt darauf ab, eine Einschätzung des EHZ von Standgewässern zu ermöglichen, die als Standgewässer-Lebensraumtypen im Anhangs I der EU-Richtlinie 92/43/EWG verzeichnet sind.

Vergleichend wurden unveröffentlicht Daten herangezogen. Diese Daten wurden im Juni 2019 von Teilnehmern des Bundesjugendtreffens des Verbandes Deutscher Sporttaucher (VDST e.V.) nach derselben Methodik (Arndt et al. 2011) und an denselben Tauchplätzen des Geiseltalsees erhoben. Die vor Ort mit Lupe (20-fach) und Binokular (40-fach) durchgeführte Benennung der

Wasserpflanzen wurden von Expertinnen und Experten (Oldorff, Krautkrämer und Kyrschei, 2017) überprüft und dokumentiert (Belegexemplare).

Folgende, während der Tauchgänge erhobene Parameter gingen in die Bewertung ein:

- Vorhandensein und Vollständigkeit lebensraumtypischer Habitatstrukturen für Makrophyten
- lebensraumtypisches Arteninventar der Makrophyten
- Nährstoffanzeiger
- weitere Makrophytenarten
- Lage der unteren Makrophytengrenze (UMG) gemäß Normenausschuss Wasserwesen im DIN (2007), festgemacht an der Pflanzenbestandsgrenzen
- Deckungsgrade und Tiefenverbreitung je Pflanzenart
- erkennbare Beeinträchtigungen und Störungen

In jeden betauchten Gewässerabschnitt erfolgt die Erfassung und Bewertung dieser Kriterien nach dem BfN-Bewertungsschema für den FFH-Lebensraumtyp 3140 (BfN und BLAK, 2017).

Fauna

Im Verlauf der insgesamt sechs Tauchgänge wurde die Unterwassersituation von jeweils mindestens zwei Taucher und Taucherinnen entlang von jeweils drei Tauchstrecken fotografiert. Insgesamt ergaben sich 18 dokumentierte Tauchgänge. Für die Fotodokumentation kamen eine Canon 5d MK IV, im Seacam Silver Gehäuse mit dem 2 Seacam 150 D Blitzen. Objektive EF 8-15 mm 1:4 L USM, EF 100 mm 1:2.8 L IS USM und EF 16-35 1:2.8 L II USM, eine Olympus TG4, im Olympus PT-056 Unterwassergehäuse mit Sea Dragon 1500F Foto und Videolampe SEALIFE; Objektiv 4,5-18,0 mm 1:20-4,9 sowie eine Olympus TG6, im Nauticam NA-TG6 Unterwassergehäuse mit i-Torch Pro 6 Videolampe zum Einsatz. Rd. 394 ausgewerteten (Makro-)Aufnahmen erfassten die Situation auf diesen Tauchstrecken. Die Bilder dokumentieren die Präsenz von Makroinvertebraten oder Fischen. Ebenso wurden die Habitate, Makrophyten sowie der Zustand der Unterwasservegetation in der jeweils vorgefundenen Situation erfasst. Die Determination der Fauna erfolgte anhand der im Literaturverzeichnis aufgeführten Bestimmungsliteratur bis auf das ohne Präparation fachlich vertretbare taxonomische Niveau.

Ergebnisse und Diskussion

Makrophyten

Insgesamt wurden 2019 und 2020 im Geiseltalsee 13 Wasserpflanzen gefunden, die für oligotrophe und kalkreiche natürliche Gewässer typisch sind. Darunter 11 Characeen-Arten (vgl. Tabelle 1). Aufgrund starker Kalkablagerungen auf den Makrophyten, war es z. T. schwierig, Arten direkt während des Tauchganges sicher anzusprechen. Deshalb wurden Pflanzenproben aus den entsprechenden Beständen an Land bestimmt. Diesen Proben zufolge bestanden die großen und überwiegend geschlossene Grundrasenbestände im Flachwasserbereich aus kräftigen Pflanzen von *Chara aculeolata*. Die Tiefengesellschaft (ab etwa 9 m) hingegen dominierte *Chara hispida*. Bemerkenswert war 2019 der Fund von *Tolypella glomerata* (Abbildung 6), eine Frühjahrsart (Oldorff et al. 2017), die im Juni 2019, nicht jedoch im September/Okttober 2020 im Flachwasserbereich neben dem Bootsanleger (Tauchplatz „Wetterschutzhütte“, Abbildung 5, „H“) einen stabilen Bestand bildete. Die Armleuchteralgen traten im Geiseltalsee bis 12,70 m Tiefe auf. Dort dominierten bei oligo- bis mesotraphente Arten, wie *Chara aculeolata* (Abbildung 7) *Chara*

aspera, *Chara papillosa*, *Chara hispida*, *Nitella opaca* und *Nitellopsis opaca* (AKCD 2016). Sie wiesen dort eine Gesamtdeckung von weit über 50 % des besiedelbaren Bereiches auf.

Höhere Wasserpflanzen, waren hingegen seltener anzutreffen. Mit hoher Abundanz (Deckungen bis >25 %) trat das Kamm-Laichkraut (*Stuckenia pectinata*) auf, Deckungen von 5 - 25 % wiesen das ährige Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und die Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) auf. In oligotrophen Gewässern gelten diese Arten als Störanzeiger. Im südwestlichen Bereich beim Tauchplatz „Badestrand (Abbildung 3) häuften sich die Funde dieser Störanzeiger. Weiterhin wurde Salz-Teichbinse (*Schoenoplectus tabernaemontani*) (Abbildung 10) in submerser und emerser Form gefunden und nicht weiter bestimmte Taxa der Gattung *Utricularia* (Abbildung 11). Da eine Unterscheidung der potenziell in Deutschland vorkommenden Arten *Utricularia australis* und *Utricularia vulgaris* nur anhand blühender Exemplare möglich ist, konnten die blütenlosen Individuen des Wasserschlauches (*Utricularia spec.*) nicht weiter differenziert werden. Hervorzuheben sind außerdem die Vorkommen der Salz-Binse (*Schoenoplectus tabernaemontani*), einer vergleichsweise salztoleranten Art und das Große Nixkraut (*Najas marina*). Letztere Art ist wärmeliebend und keimt erst bei höheren Wassertemperaturen ab Juni auf vegetationsfreien Flächen.

Bewertung auf Basis der Markophyten

Der Geiseltalsee ist ein oligotropher See mit Habitatbedingungen, die dem FFH-Lebensraumtyp 3140 (oligo- bis mesotropher kalkhaltiges Gewässer mit Grundrasen aus Armleuchteralgen) entsprechen. Gemessen an den Kriterien für diese Einstufung (BfN und BLAK, 2017) wiesen die Tauchstrecken überwiegend einen hervorragenden Erhaltungszustand (=“A“) auf (Tabelle 2). Beeinträchtigungen bestanden im südwestlichen Bereich im Bereich des Zuflusses der Stöbnitz (Abbildung 1). Der hohe Anteil von Störanzeigern und der Rückgang der UMG lässt Nährstoffeinträge aus dem Fließgewässer vermuten. Auch wurden in diesem Bereich verstärkt Wühlspuren benthivorer Fische entdeckt. Während der Tauchgänge wurden jedoch keine Karpfen beobachtet.

Neben der Gefäßpflanze *Najas marina*, die im Geiseltalsee im Oktober 2020 erfasst wurde, zählt auch die Tiefenform der Grünalge *Vaucheria spec.* zu den lebensraumtypischen Pflanzen oligotropher Gewässern (Oldorff et al. 2017), die oft mit *Nitella spec.* im Bereich der UMG auftritt (Kabus und Mauersberger 2011).



Abbildung 6: 2019 Erstnachweis von *Tolypella glomerata* im Geiseltalsee (Foto: Elena Oldorff)



Abbildung 7: Die Vielstachelige Armleuchteralge (*Chara aculeolata*) ist eine Art der oligo-mesotrophen Gewässer (Foto: S. Oldorff)

Tabelle 1: Pflanzenarten, die im Zuge der Tauchgänge von Jugendlichen des VDST 2019 und dem DGL-AK 2020 im Geiseltalsee gefunden wurden. Deckungsklassen nach Braun-Blanquet (1964): r: 1 Individuum, vereinzelt, sehr sporadisch < 1 %; + = 2 - 5 Individuen, sporadisch 1 - 5 %; 1 = 6 - 50 Individuen, mit geringer Deckung < 5 %; 2 = sehr reichlich, > 50 Individuen und Deckung < 5 6-25 %; 3 = Individuenzahl beliebig 26-50 %; 4= Individuenzahl beliebig 51-75 %; 5 = Individuenzahl beliebig >76 %. re=rechts; li=links

Datum	08.06.2019				09.06.2019		02.10.2020		03.10.2020
Bewertung für LRT nach FFH RL	Badestrand Stöcknitz		FFK		Wetter-schutzhütte		Badestrand Stöcknitz	FFK	Wetter-schutzhütte
	re	li	re	li	re	li			
UMG im Bestand (m)	7,1	7,1	10,6	10,6	12,7	12,7	8,8	9	11,3
UMG max. (m)			10,6	10,6					
Lebensraumtypische Arten									
<i>Chara acueolata</i>		+	1	1	3	3	2	2	3
<i>Chara aspera</i>		+	+	+	2	2	2	2	1
<i>Chara contraria</i>	2	3	2	2	2	2	2	3	2
<i>Chara globularis</i>	1	2	2	2	2	2	+	+	+
<i>Chara papilosa</i>	r		+		+	+	2		2
<i>Chara subspinoso</i>							+		
<i>Tolypella glomerata</i>						+			
<i>Chara vulgaris</i>	3	3	3	3	+	+			
<i>Chara hispida</i>		2	2	2	3	3	+	2	2
<i>Nitella opaca</i>									2
<i>Nitellopsis obtusa</i>	r								+
<i>Najas marina</i>							+	+	+
<i>Vaucheria spec.</i>			+		+	+	+	+	
Weitere Arten									
<i>Potamogeton perfoliatus</i>				r		r			
<i>Potamogeton pusillus</i>				+		+	+		
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>		+							
<i>Utricularia vulgaris</i>				r		r	2	2	+
<i>Elodea canadensis</i>				r		r	2	+	+
Nährstoffanzeiger									
<i>Myriophyllum spicatum</i>	+	+	+	r	r	+	+	+	1
<i>Potamogeton crispus</i>	+	r	r			r			r
<i>Stuckneria pectinata</i>	2	1	1	2	2	1	3	3	2

Tabelle 2: Bewertung untersuchter Gewässerabschnitte im Geiseltalsee nach BfN und BLAK (2017)

Datum	08.06.2019				09.06.2019		02.10.2020		03.10.2020
Bewertung für LRT nach FFH RL	Badestrand Stöcknitz		FFK		Wetter-schutzhütte		Bade-strand Stöck-nitz	FFK	Wetter-schutzhütte
	rechts	links	rechts	links	rechts	links			
Habitatestrukturen	A	A	A	A	A	A	B	A	A
Vegetations-strukturen (Ufer)	B künst-liches Ufer	B künst-liches Ufer	B künst-liches Ufer	B künst-liches Ufer	B künst-liches Ufer	B künst-liches Ufer	B künst-liches Ufer	B künst-liches Ufer	B künst-liches Ufer
Characeen-grundrasen	>50 %	>50 %	>50 %	>50 %	>50 %	>50 %	10-50 %	>50 %	>50 %
Arten	B	B	A	A	A	A	A	A	A
Lebensraum-typische Arten (Arten gesamt)	3 (8)	4 (7)	7 (10)	5 (11)	7 (9)	8 (15)	8 (12)	6 (10)	8 (13)
Beeinträchtigungen	B	B	A	A	A	A	C	A	B
Störanzeiger	10-25 %	<10 %	<10 %	<10 %	<10 %	<10 %	>25 %	10-25 %	<10 %
Anthropogene Einflüsse	<10 %	<10 %	<10 %	<10 %	<10 %	<10 %	<10 %	<10 %	10-25 %
UMG (m)	7,1	7,1	10,6	10,6	12,7	12,7	8,8	9	11,3
Erhaltungszustand gesamt	B	B	A	A	A	A	B	A	A



**Abbildung 8: Die emerse Form der Salz-Teichbinse (*Schoenoplectus tabernaemontani*) als Uferpflanze
(Foto: S. Oldorff)**



**Abbildung 9: Wasserschläuche sind Schweber, sie verwurzeln nicht mit dem Gewässergrund
(Foto: J. Mählmann)**

Fauna

Auf den Tauchstrecken traten folgende Fische auf: *Gasterosteus aculeatus* (Dreistacheliger Stichling), *Esox lucius* (Hecht), *Rutilus rutilus* (Plötze), *Silurus glanis* (Wels).

Mit Hilfe der Makrofotografie wurden 15 Arten oder Taxa höherer Ordnung der Makroinvertebraten nachgewiesen (Tabelle 3), darunter mit *Dreissena polymorpha* ein Neozoon. Alle Funde stammen aus einem Bereich bis -10 m Tiefe und siedelten auf den dort meist dichten Makrophytenbeständen oder auf mineralischem Substrat im Litoral.

Gastropoda wurden vorwiegend auf Pflanzen bemerkt, ebenso *Platycnemis pennipes* (Odonata: Zygoptera) (Abbildung 10), und *Macrolea appendiculata* (Coleoptera: Chrysomelidae) (Abbildung 11) sowie Trichopteren aus der Familie der Leptoceridae. Nach Bäse & Bernhard (2015) konnte diese Art in Sachsen-Anhalt zuletzt 1989 nachgewiesen werden. Erst durch taucherische Unternehmungen konnte 2017 ein Wiederfund im Geiseltalsee bestätigt werden (Bäse 2017). In der kiesreichen Litoralzone wurde einzelne Individuen der Gattung *Molanna* (Trichoptera) bemerkt. Dort und auf Totholz traten *Erpobdella octoculata* (Hirudinea) und *Gammarus sp.* (Crustacea, Gammaridae) auf.

Im Freiwasser über den Makrophyten wurden Hydracarina (Acari) und, vor allem während eines Nachttauchganges, unzählige Larven der Familie Baetidae (Ephemeroptera) entdeckt (Abbildung 12). Am Tag wurde ein einzelnes Exemplar der Gattung *Caenis* (Ephemeroptera) bestätigt und Individuen aus der Familie Baetidae entdeckt. Beide Gruppen konnten aufgrund ihrer geringen Größe und schnellen Bewegung letztlich erst durch die Makrophotographie angesprochen werden. Eine Übersicht der nachgewiesenen Taxa ist in Tabelle 3 zusammenfassend dargestellt.



Abbildung 10: *Platycnemis pennipes* (Odonata: Zygoptera)(Foto: J. Mählmann)

Tabelle 3: Liste der mit Hilfe von 194 Bildern auf sechs Tauchgängen und 18 Tauchstrecken nachgewiesenen Taxa der Makroinvertebraten.

Systematische Einordnung	Art / Taxon höherer Ordnung
Gastropoda	
Hydrobiidae	Hydrobiidae Gen. sp.
Lymnaeidae	Radix auricularia
Lymnaeidae	Radix balthica
Lymnaeidae	Lymnaea stagnalis
Lymnaeidae	Galba truncatula
Bithyniidae	Bithynia sp.
Bivalvia	
Dreisseniidae	Dreissena polymorpha
Hirudinea	
Erpobdellidae	Erpobdella octoculata
Acari	
Hydracarina	Hydracarina Gen. Sp.
Crustacea	
Gammaridae	Gammarus sp.
Ephemeroptera	
Baetidae	Baetidae Gen. sp.
Caenidae	Caenidae Gen. sp.
Odonata	
Zygoptera	Platycnemis pennipes
Trichoptera	
Leptoceridae	Leptoceridae Gen sp.
Molannidae	Molanna sp.
Coleoptera	
Chrysomelidae	Macroplea appendiculata



Abbildung 11: *Macroplea appendiculata* (Coleoptera: Chrysomelidae) (Foto: M. Eßer)



Abbildung 12: Überraschung beim Nachtauchgang: unzählige Larven der Familie Baetidae (Ephemeroptera) im Freiwasser (Foto: M. Eßer)

Diskussion

Bereits mit Beginn der ersten Flutung ab 2003 kam es über verschiedenen Fließgewässer zu ersten Eutrophierungserscheinungen (Nixdorf et al. 2000). Die Wasserzufuhr aus Oberflächengewässern wird aktuell fortgesetzt (Regionaler Planungsverband Leipzig-West Sachsen 2015).

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Daten aus den Untersuchungen des AK Tauchen in der Limnologie der Deutschen Gesellschaft für Limnologie und der Jugend des Verbandes Deutscher Sporttaucher belegten, dass es sich beim Geiseltalsee um einen oligotrophen und kalkreichen See handelt. Oligotrophe Gewässer sind in Deutschland selten. Die abiotischen Bedingungen und die vorherrschenden Makrophytengesellschaften im Geiseltalsee finden eine Entsprechung im Lebensraumtyp 3140, der in der FFH-Richtlinie für natürliche Gewässer beschrieben und deutschlandweit in dieser hervorragenden Ausprägung rar ist.

Wie die Tauchkartierungen der Jahre 2019 und 2020 belegten, ist die Vegetation des Sees derzeit gekennzeichnet von großen Flächen Armleuchteralgen in einen hervorragenden Erhaltungszustand. Störanzeiger, die auf Eutrophierungseffekt verweisen, wurden im Rahmen dieser Stichproben nur lokal im Bereich einmündender Fließgewässer/Badestrand bemerkt.

Die hier ausgewerteten Tauchkartierungen dokumentierten, festgemacht an der Makrophytenvegetation, einen hohen naturschutzfachlichen Wert des Sees.

Über die botanischen Daten hinaus lieferten die Tauchuntersuchungen im Geiseltalsee Nachweise einer ganzen Reihe von Makroinvertebraten. Diese Nachweise gelangen vorrangig durch den systematischen Einsatz von Makrofotografie. Mit Hilfe der Makrofotografie ist in vielen Gruppen der Makroinvertebraten zwar keine Bestimmung bis auf das Artniveau möglich; Sie bedarf in den meisten Fällen der Präparation und noch stärkerer Vergrößerung. Allerdings ermöglicht der systematische Einsatz der Unterwasserfotografie auf – in diesen Studien – zufällig ausgewählten Tauchstrecken, den Nachweis zahlreicher Taxa höherer Ordnung. Solche Überblickserfassungen, durch die Bilder gut dokumentiert, können dazu dienen, Probenahmen und Detailstudien effizient zu planen. So können dann z. B. vom Boot aus oder durch Taucher gezielt Proben genommen, Fangeinrichtungen exponiert oder Messgeräte installiert werden.

Generell wurde am Geiseltalsee erneut deutlich, dass der Einsatz von Tauchern methodische Lücken schließt. So werden im Zuge von Tauchgängen häufig punktuelle oder lokale Gegebenheit (ggf. auch Belastungen) festgestellt, die bei klassischen Beprobungen vom Boot kaum oder höchstens zufällig entdeckt werden können. Zu diesen lokalen Effekten zählt u. a. auch, dass im Zuge von Tauchgängen die strukturelle Situation gut dokumentiert werden kann. Im Geiseltalsee wurden beispielsweise lokal Wühlspuren von Karpfen festgestellt.

Die Tauchstudien begründen auch die Forderung, den Geiseltalsee in ein regelmäßiges Monitoring einzubinden. Dies wäre aus naturschutzfachlicher Sicht angeraten, um den seltenen und (noch) sehr guten Erhaltungszustand der oligotrophen Seesituation und der artenreichen Characeen-Gesellschaften zu erhalten. Diese sind bei zunehmendem Nutzungsdruck gefährdet. Eine Eutrophierung führt unter diesen Bedingungen z. B. zu irreversiblen Veränderungen. Deren Effekte werden ohne Monitoring allerdings oft erst erkannt, wenn irreversible Schäden vorliegen.

Danksagung

Unser Dank gilt den Mitgliedern (Heike Kluge, Ralph Kusserow und Ingo Lupfer, Robert Putwill) des AK-Tauchen in der Limnologie für die Absicherung der Tauchgänge, wertvolle Diskussionen und Umsichtiges (Mit-)Entdecken von Fotomotiven.

Literatur

- Amtsblatt des Landesverwaltungsamts (2005): https://lvwa.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/LVWA/LVwA/Bilder/Landw_Umwelt/407/naturschutzgebiete/verordnungen/bergbaufolgelandschaft_geiseltalvo.pdf. (Aufgerufen am 14.03.2021)
- Arendt, K.; Oldorff, S.; Kabus, T. und Kirschey, T. (2011): Methodik und erste Ergebnisse des „naturkundlichen Tauchens“ in Seen des Naturparks Stechlin-Ruppiner Land. – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 20 (4): 122-135.
- AKCD [Arbeitskreis Characeen Deutschlands] (ed.) (2016): Armleuchteralgen – Die Characeen Deutschlands. Springer Spektrum, Berlin, 618 S.
- Bäse, W. und Bernahrd, S. (2015): Aktueller Fund von *Macroplea appendiculata* (PANZER, 1794) in Sachsen mit Angaben zur Verbreitung der Art in Deutschland (Coleoptera, Chrysomelidae). Entomologische Nachrichten und Berichte, 59, 2015/3-4 S 213-216
- Bäse W. (2017): Wiederfund von *Macroplea appendiculata* (PANZER, 1794) in Sachsen-Anhalt (Coleoptera, Chrysomelidae). Entomologische Nachrichten und Berichte, 61, 2017/1 S 77
- Bundesamt für Naturschutz (BfN); Bund-Länder-Arbeitskreis (BLAK) FFH-Monitoring und Berichtspflicht (Hrsg.) (2017): Bewertungsschemata für die Bewertung des Erhaltungsgrades von Arten und Lebensraumtypen als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring, Auszug Binnengewässer, https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/monitoring/Dokumente/FFH_BWS/BWS_LRT_Binnengewasser.pdf (Aufgerufen am 31.05.2021)
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. neubearb. u. wesentl. verm. Auflage, S. 865. Wien
- DLRG (2009): Vom Braunkohlentagebau zum Badesee – Dr Geiseltalsee braucht ein Sicherheitskonzept. Lebensretter . S 10-12. https://www.dlrg.de/fileadmin/user_upload/DLRG.de/Fuer-Mitglieder/Verbandskommunikation/Lebensretter/Lebensretter_2009/lr1_09topthema_low.pdf (Aufgerufen am 01.02.2021)
- GAS (2015): Badegewässer - Geiseltalsee BST Frankleben. Untersuchungsbericht des Gesundheitsamt Saalekreis 2015 „Badegewässerprofil des nach § 6 der Badegewässerverordnung des Landes Sachsen-Anhalt vom 13. Dezember 2007“. https://ms.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MS/MS/2_Gesundheit_2014/Badegewaesser/Profile/77_Geiseltalsee_BST_Frankleben__16_06_2015_Endfassg_.pdf (Aufgerufen am 27.02.2021)
- Kabus, T. Und Mauersberger, R. (2011): Liste und Rote Liste der Armleuchteralgen (Characeae) des Landes Brandenburg. –Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 20 (4, Beil.), 32 S.; Potsdam.
- Korsch, H.; Doege, A.; Raabe, U. und van de Weyer, K. (2013): Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyceae) Deutschlands. – Haussknechtia Beiheft 17, 33 S.
- LMBV <https://www.lmbv.de/index.php/karten-mitteldeutschland.html> (Aufgerufen am 01.02.2021)
- LMBV (2019): Geiseltal. Schriftenreihe LMBV 03 Mitteldeutsches Braunkohlerevier – Wandlungen und Perspektiven. https://www.lmbv.de/files/LMBV/Publikationen/Publikationen%20Mitteldeutschland/Wandlungen%20und%20Perspektiven%20MD/doku%2003_Geiseltal.pdf (Aufgerufen am 01.02.2021)
- MITZ (2021): <https://www.mitz-merseburg.de/de/der-geiseltalsee.html> . Merseburger Innovations- und Technologiezentrum GmbH (mitz), Merseburg (Aufgerufen am 18.03.2021)
- MVA (2021): <https://www.seen.de/geiseltalsee/fakten/> . more virtual agency GbR, Bonn (18.03.2021)
- Nixdorf, B.; Hemm M.; Schlundt, A.; Kapfer, M. & H. Krumbeck (2000): Braunkohlentagebauseen in Deutschland – Gegenwertiger Kenntnisstand über wasserwirtschaftliche Belange von Braunkohlentagebaurestlöchern. Abschlussbericht F&E Vorhaben FKZ 29822240, 519 S.
- Normenausschuss Wasserwesen im DIN (2007): Wasserbeschaffenheit – Anleitung zur Erfassung von Makrophyten in Seen; Deutsche Fassung EN 15460: 2007. DIN, Berlin, 22 S.

- Oldorff, S.; Kiel, E.; Krautkrämer, V.; van de Weyer, K.; Mählmann, J.; Köhler, R.; Köhler, J.; Bernhard, S.; Bruinsma, J.; Schiller, T.; Eßer, M. & T. Kirschey (2014): Makrophytenkartierung in ausgewählten Seen Nordostdeutschlands. - DGL Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2013, 172-177.
- Oldorff, S.; Bernhard, S.; Krautkrämer, V.; Brümmer, F.; Müller, Ch.; Köhler, R.; Pudwill, R.; Kirschey, T.; Eßer, M. & S. Yasserli (2015): Besonderheiten bei der Bewertung von Tagebaurestseen des LRT 3140 nach der FFH-Richtlinie – Ergebnisse der Exkursion des Arbeitskreises Tauchen in der Limnologie. - DGL Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2014, 69-76.
- Oldorff, S. and Kirschey, T. (2017): Benthivorous fishes interaction with submerged vegetation – A simple enclosure experiment. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge 27: 63-80.
- OTM 2021. <https://opentopomap.org/#map=13/51.30454/11.87897> . Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Kartendarstellung © OpenTopoMap (CC-BY-SA) (Aufgerufen am 18.03.2021)
- Regionaler Planungsverband Leipzig-West Sachsen (2015): Mitteldeutsche Seenlandschaft Gewässerkatalog 2015-2017 Seen, Fließgewässer, Kanäle, 5. Auflage, Leipzig 284 S.
- Regionaler Planungsverband Leipzig-West Sachsen (2019): Mitteldeutsche Seenlandschaft Gewässerkatalog 2019-2021 Seen, Fließgewässer, Kanäle, 6. Auflage, Leipzig 316 S.
- Verband "Netzwerk Geiseltal" e.V., Geiseltalsee.com, Angeln <https://www.geiseltalsee.com/index.php/tourismus/19-touristik/wassersport/1279-angelsport> (Aufgerufen am 23.02.2021)
- VNG Verband "Netzwerk Geiseltal" e.V. (2015): Angeln erlaubt. Internetpräsenz des Verbands „Netzwerk Geiseltal“ e.V. (<https://www.geiseltalsee.com/index.php/tourismus/19-touristik/wassersport/1279-angelsport>) (Aufgerufen am 27.02.2021)

Bestimmungsliteratur

Makrophyten

- AKCD [Arbeitskreis Characeen Deutschlands] (ed. 2016): Armleuchteralgen – Die Characeen Deutschlands. Springer Spektrum, Berlin, 618 S.
- Oldorff, S.; Krautkrämer, V. und T. Kirschey (2017): Pflanzen im Süßwasser. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart, 288 S.

Fauna

- Eggers, T. O. und Martens, A. (2001): Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea) in Deutschland: A key to the freshwater Amphipoda (Crustacea) of Germany. Lauterbornia, 42.: 1-70. Dinkelscherben, Erik Mauch-Verlag.
- Eiseler, B. (2005): Bildbestimmungsschlüssel für die Eintagsfliegenlarven der deutschen Mittelgebirge und des Tieflandes. Lauterbornia 53: 1-112 Dinkelscherben: Erik Mauch-Verlag.
- Eiseler, B. (2010): Bestimmungshilfen-Makrozoobenthos (1): LANUV-Arbeitsblatt 14 (Taxonomie für die Praxis). https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/4_arbeitsblaetter/40014.pdf
- Eiseler, B. und Hess, M. (2013): Bestimmungshilfen - Makrozoobenthos (2): LANUV-Arbeitsblatt 20 (Taxonomie für die Praxis). https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/4_arbeitsblaetter/40020.pdf
- Glöer, P. (2015): Süßwassermollusken: Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland (14. Aufl.). Göttingen: Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung (DJN).
- Glöer, P. (2019): The Freshwater Gastropods of the West-Palaeoarctis: Identification Key, Anatomy, Ecology, Distribution: Fresh- and brackish waters except spring and subterranean snails. Identifikation key, Anatomy, Ecology, Distribution. Hetlingen.
- Nesemann, H., Neubert, E., Brauer, A. & Schwoerbel, J. (1999). Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellaea, Hirudinea. Süßwasserfauna von Mitteleuropa: Bd. 2. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Norling, U. and Göran, S. (2005): Odonata, Dragonflies and Damselflies. In A. N. Nils-son (Hg.), The Aquatic insects of North Europe: A taxonomic handbook (Bd. 2, S. 13-65). Stenstrup: Apollo Books.
- Rheinheimer, J. und Hassler, M. (2018): Die Blattkäfer Baden-Württembergs. Karlsruhe: Verlag Kleinseutber Books

ISBN 978-3-9818302-6-2