

# CYAQUATA – Untersuchung der Wechselbeziehungen von toxinbildenden Cyanobakterien und Wasserqualität in Talsperren unter Berücksichtigung sich verändernder Umweltbedingungen und Ableitung einer nachhaltigen Bewirtschaftungsstrategie

Die Wechselbeziehungen zwischen der Wasserqualität in Talsperren und dem Auftreten toxinbildender Cyanobakterien stehen im Fokus des Projektes. Ziel ist die Identifikation von Schlüsselfaktoren für die Entwicklung von Cyanobakterien und die Bildung von Toxinen, um daraus eine nachhaltige Bewirtschaftungsstrategie unter Berücksichtigung sich verändernder Umweltbedingungen abzuleiten.

## KERNBOTSCHAFTEN

- Etablierung und Weiterentwicklung neuer Verfahren zur gezielten Detektion von Cyanobakterien: FluoroProbe-Sonde zur *In-situ*-Messung sowie Durchflusszytometrie
- Es wird eine molekularbiologische Methode (PCR) zur Verfügung gestellt, um das genetische Potenzial zur Toxinbildung von Cyanobakterien in Wasserproben nachzuweisen.
- Sich ändernde klimatische Bedingungen führen zu länger andauernden stabilen Schichtungen in Seen und verlängern die Wachstumsperiode für Cyanobakterien.
- Strategien zur Vermeidung von Massenentwicklungen der Cyanobakterien sind die Reduzierung von Nährstoffen (insb. Phosphor), die Vermeidung stärkerer Stauspiegelabsenkungen und eine modifizierte Bewirtschaftung von Vorsperren (Cyanobakterien-Einträge reduzieren) sowie die Durchmischung zur Vermeidung langanhaltender Schichtungen des Wasserkörpers.

## HINTERGRUND UND FORSCHUNGSFRAGEN

Die Konzentration sowie die taxonomische Zusammensetzung des Phytoplanktons sind wichtige Parameter zur Bewertung der Wasserqualität in Standgewässern. Aufgrund ihres Potenzials zur Ausbildung von Massenentwicklungen sowie der Fähigkeit zur Bildung von Toxinen kann das Auftreten planktischer Cyanobakterien die Nutzung der Gewässer, z. B. für die Trinkwassergewinnung oder Freizeitnutzung, beeinträchtigen.

Besonders in eutrophen Gewässern traten im gesamten Bundesgebiet wiederholt Massenentwicklungen auf. Aber auch in oligo- und mesotrophen Staugewässern wird eine zunehmende Cyanobakterien-Dominanz verzeichnet.

Im Rahmen von CYAQUATA wurden unterschiedliche Methoden zur Erfassung und Bewertung von Cyanobakterien-Aufkommen kombiniert eingesetzt, um das Auftreten und die Toxinbildung besser zu verstehen. Hierzu wurden neben einem intensiven Monitoring an verschiedenen Talsperren Freiland- sowie Laboruntersuchungen durchgeführt. Mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse und weiterentwickelten Methoden können toxische Massenentwicklungen zukünftig frühzeitiger erkannt und Maßnahmen eingeleitet werden.

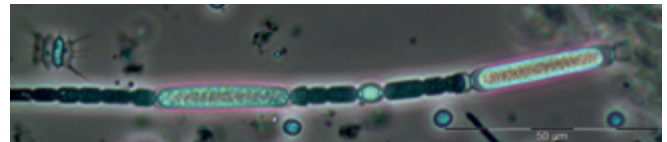


Abb. 1: *Aphanizomenon gracile*, Probe aus Speicher Radeburg II vom 25.09.2017, Vergr. 400fach, Lichtmikroskop Phasenkontrast. Foto: G. Paul, LfULG

## ERGEBNISSE

Verschiedene Phytoplanktongruppen können über ihre spezifischen Pigmente photometrisch detektiert und quantifiziert werden. Im Projekt wurde eine Weiterentwicklung der FluoroProbe (bbe Moldaenke) mit einem zusätzlichen Kanal für das Photopigment Phycoerythrin eingesetzt, mit der eine wesentlich verbesserte Erfassung der Cyanobakterien möglich ist. Die regelmäßige Aufnahme von Tiefenprofilen erlaubt eine gezieltere Beprobung und eine Optimierung der tiefenselektiven Rohwasserentnahme bei Trinkwassertalsperren (Abb. 2). Die klassische mikroskopische Methode ergibt ein genaueres Bild der Phytoplanktonzusammensetzung, ist aber wesentlich zeitaufwendiger. Mit der Durchflusszytometrie (Accuri C6) wurde eine weitere geeignete Methode zur Cyanobakterien-Erfassung etabliert, die auch eine Größendifferenzierung der Zellen ermöglicht. Die Differenzierung der anderen Phytoplanktongruppen ist im Vergleich zur FluoroProbe geringer.

Cyanobakterien mit der Fähigkeit zur Toxinbildung stellen eine besonders hohe Gefährdung dar. Mit molekularbiologischen Methoden (PCR) können in Wasserproben jene für die Bildung cyanobakterieller Toxine essentiellen Genabschnitte nachgewiesen und Hepato-, Neuro- oder Cytotoxin-produzierende Cyanobakterien erkannt werden. Bei positivem Nachweis solcher Toxingene empfiehlt das Projektkonsortium den Einsatz

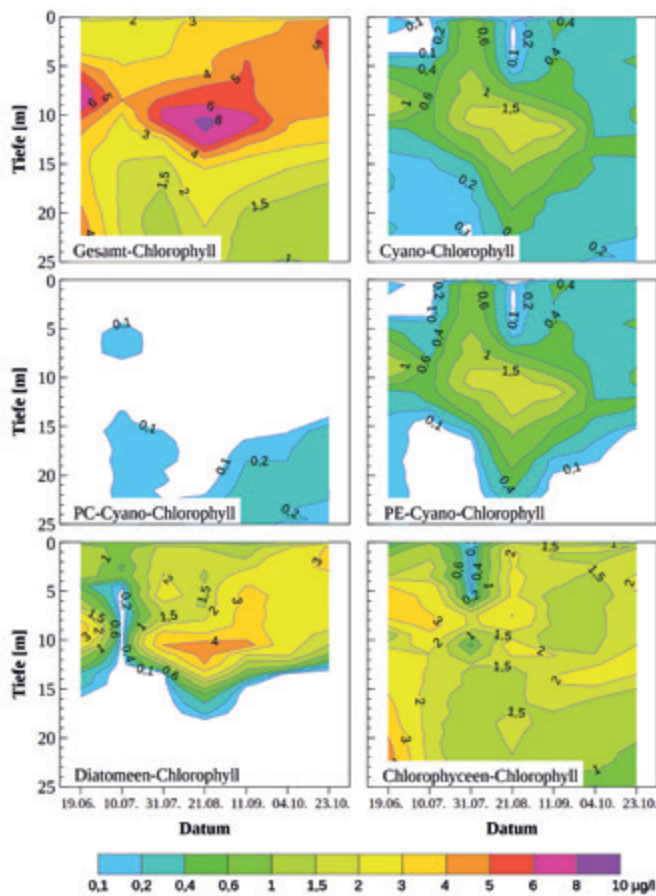
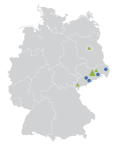


Abb. 2: Jahresverlauf der Chlorophyll-Konzentration für die Phytoplanktongruppen in der Talsperre Gottleuba (gemessen mit FluoroProbe II). Das dargestellte Cyanobakterien-Chlorophyll entspricht der Summe aus dem Chlorophyll der phycocyaninhaltigen (PC-Cyano-Chlorophyll) und phycocyaninhaltigen Cyanobakterien (PE-Cyano-Chlorophyll). Grafik: LfULG

von Immunoassays (z. B. ELISA) zur einfachen und schnellen Erfassung der Summenkonzentration einer Toxingruppe (z. B. Microcystine). Zur besseren Gefährdungsabschätzung sollten die Einzelsubstanzen (z. B. Microcystin-LR) durch zusätzliche LC-MS/MS-Analysen charakterisiert und quantifiziert werden. Hierfür wurden neue Einzelsubstanzstandards etabliert. Eine noch umfassendere Risikobewertung ist mit zellbasierten Toxizitätstests möglich. Mit der wirkungsbasierten Teststrategie wird die Gesamttoxizität der Probe bestimmt, um auch additive Wirkungen oder neue toxikologisch relevante Cyanotoxine zu erkennen. Das Projektkonsortium wird in seinem Handlungsleitfaden eine Vorgehensweise für die Überwachung von Cyanobakterienentwicklungen in Standgewässern und die Auswahl von Bewirtschaftungsmaßnahmen empfehlen.

Sowohl Monitoring als auch Feld- und Laborversuche bestätigen den erheblichen Einfluss der Nährstoffverfügbarkeit (insb. Phosphor) auf die Entwicklung von Cyanobakterien. Die Nährstoffeinträge müssen daher langfristig gesenkt werden.

In Laborversuchen zeigte die Variation von Klimafaktoren, wie Temperatur, Licht oder atm. CO<sub>2</sub>, keine einheitliche Auswirkung auf Cyanobakterienentwicklung oder Toxinbildung. Allerdings konnten einige Cyanobakterien-Stämme von klimawandelbedingten Änderungen, wie der Erhöhung der Wassertemperatur, profitieren. Die Freilandversuche mit Enclosures bestätigten, dass eine stabilere und länger anhaltende thermische Schichtung die Entwicklung von Cyanobakterien begünstigt. Die Enclosure-Experimente zeigten zudem, dass die Cyanobakterienentwicklung sowohl aus dem Sediment (Frühjahr) als auch durch Einträge aus den Vorsperren stattfindet („Animpfung“, v. a. im Spätsommer). Zur Kontrolle dieser externen Einträge eignen sich die Überwachung der Zuflüsse sowie die gezielte Bewirtschaftung der Vorsperren.

### FAZIT

Die im Projekt eingesetzten Methoden zum Monitoring sind verlässlich und bieten die Möglichkeit der Überwachung gefährdeter Bereiche, z. B. Badestellen. Zudem können für die Bewirtschaftung relevante Gewässertiefen, z. B. Entnahmehorizonte, gezielt und regelmäßig beprobt werden. Für Prognosen und eine Früherkennung von Cyanobakterien-Massenentwicklungen sind nach Möglichkeit kontinuierliche Messungen erforderlich. In den untersuchten Talsperren wurden neben Hepatotoxinen auch potentielle Produzenten von Neurotoxinen nachgewiesen. Derzeit zeigen die Untersuchungen keine kritischen Konzentrationen und nur wenige toxikologische Befunde. Dennoch stellen die Neurotoxine eine potentielle, aber bisher kaum beachtete Gefahr dar und sollten aus Vorsorgegründen bei Massenentwicklungen in das Gewässermonitoring einbezogen werden. In den nährstoffarmen Trinkwassertalsperren wurde ein vermehrtes Auftreten von picoplanktischen Cyanobakterien beobachtet, die aufgrund ihrer geringen Größe Probleme bei der Trinkwasseraufbereitung verursachen können. In der Literatur wurde vereinzelt die Produktion von Hepatotoxinen beschrieben. Allerdings gibt es kaum Maßnahmen zum Management dieser bisher wenig erforschten Entwicklungen.

### KONTAKT

Technische Universität Dresden  
Institut für Wasserchemie  
Dr. Hilmar Börnick | Tel.: +49 351 463 35616  
hilmar.boernick@tu-dresden.de

[www.tu-dresden.de/hydro/cyaquata](http://www.tu-dresden.de/hydro/cyaquata)  
Projektlaufzeit: 01.06.2015 – 31.12.2018  
Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 50