



Wasserkurs – Fortbildungstagung für Wasserfachleute
Berlin, 29.11. – 01.12.2022

Vorkommen und Überwachung von Cyanobakterien und Microcystin am Beispiel einer Trinkwassertalsperre

Gabriele Packroff, Wahnbachtalsperrenverband, Siegburg



Anlass

- **Neue EU-Trinkwasser-Richtlinie** (Umsetzung in nationales Recht → Trinkwasserverordnung bis Anfang 2023)
- Zunahme von Cyanobakterien auch in geschützten Gewässern zur Trinkwassergewinnung (Trinkwassertalsperren)

Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung)

Artikel 25

Übergangszeitraum

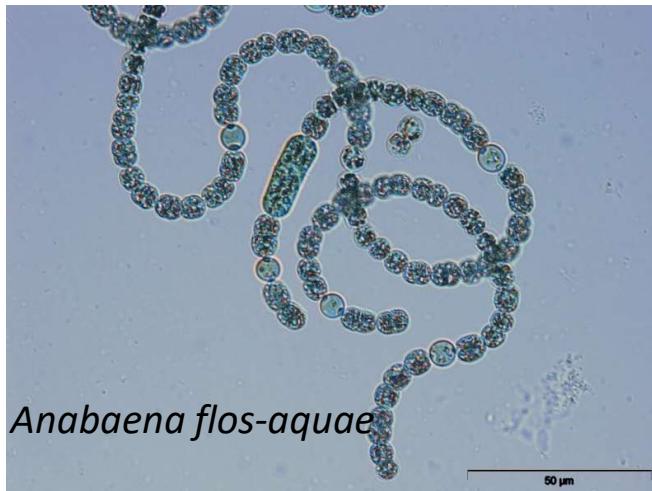
(1) Bis zum 12. Januar 2026 ergreifen die Mitgliedstaaten die nötigen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass Wasser für den menschlichen Gebrauch in Bezug auf die folgenden Parameter den in Anhang I Teil B festgelegten Parameterwerten für Bisphenol A, Chlorat, Chlorit, Halogenessigsäuren, **Microcystin-LR**, PFAS gesamt, Summe der PFAS und Uran entspricht.

Anhang I: Überwachung Teil B, Chemische Parameter

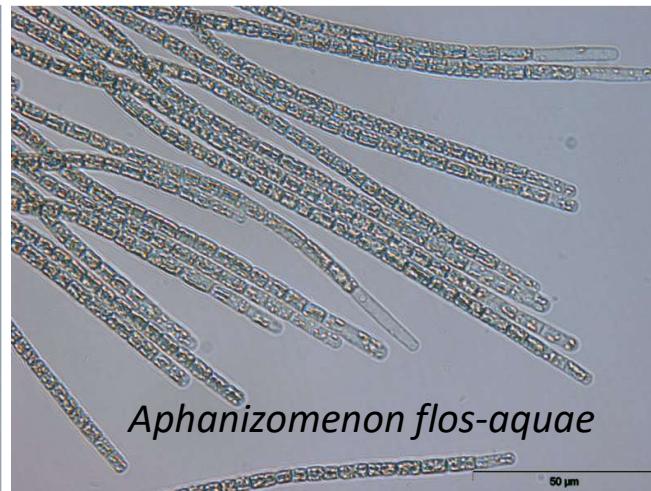
Microcystin-LR	1,0	µg/l	Dieser Parameter ist nur im Fall potenzieller Blüten in der Ressource zu bestimmen (ansteigende Cyanobakterienabundance bzw. Massenentwicklungspotenzial).
----------------	-----	------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Cyanobakterien

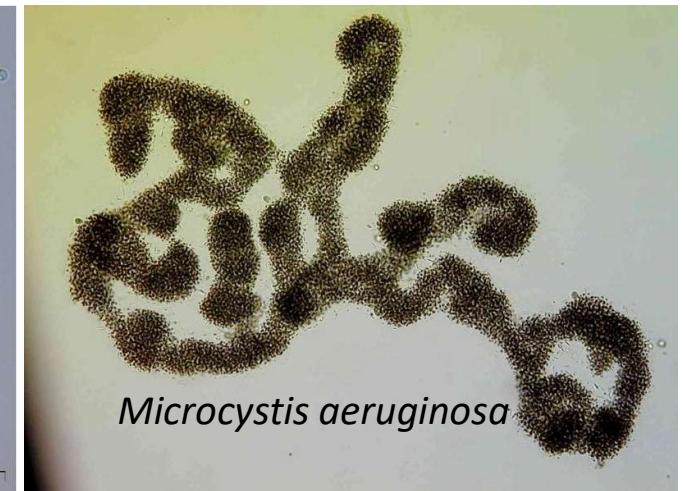
- Fähigkeit zur Photosynthese
- Chlorophyll und weitere Pigmente, z.B. Phycocyanin (blaue Farbe), Phycoerythrin (rote Farbe)
- Vertreter im Plankton und benthisch lebende Arten
- Besondere Eigenschaften: Stickstoff-Fixierer, Bildung von **Toxinen**, Geruchs- und Geschmackstoffen
- Massenentwicklungen in **nährstoffreichen** Gewässern



Anabaena flos-aquae



Aphanizomenon flos-aquae



Microcystis aeruginosa

Fotos: Cyanocenter UBA ([Toxische Cyanobakterien / Cyanocenter \(toxische-cyanobakterien.de\)](http://toxische-cyanobakterien.de))

Cyanobakterien in Trinkwassertalsperren

Beobachtung:

Zunahme von Cyanobakterien in oligotrophen bis mesotrophen Trinkwassertalsperren

Mögliche Ursachen:

- Steigende Wassertemperaturen
- Eintrag von Nährstoffen durch häufigere (Stark-) Regenereignisse
- Veränderte Schichtungsbedingungen (Verlängerung der Stagnationsphase)
- Pegelschwankungen und niedrige Wasserspiegel, Rücklösungsprozesse aus Sedimenten
- Hohe Strahlungsintensitäten

→ Auswirkungen des Klimawandels (siehe Forschungsprojekt CYAQUTA 2018)

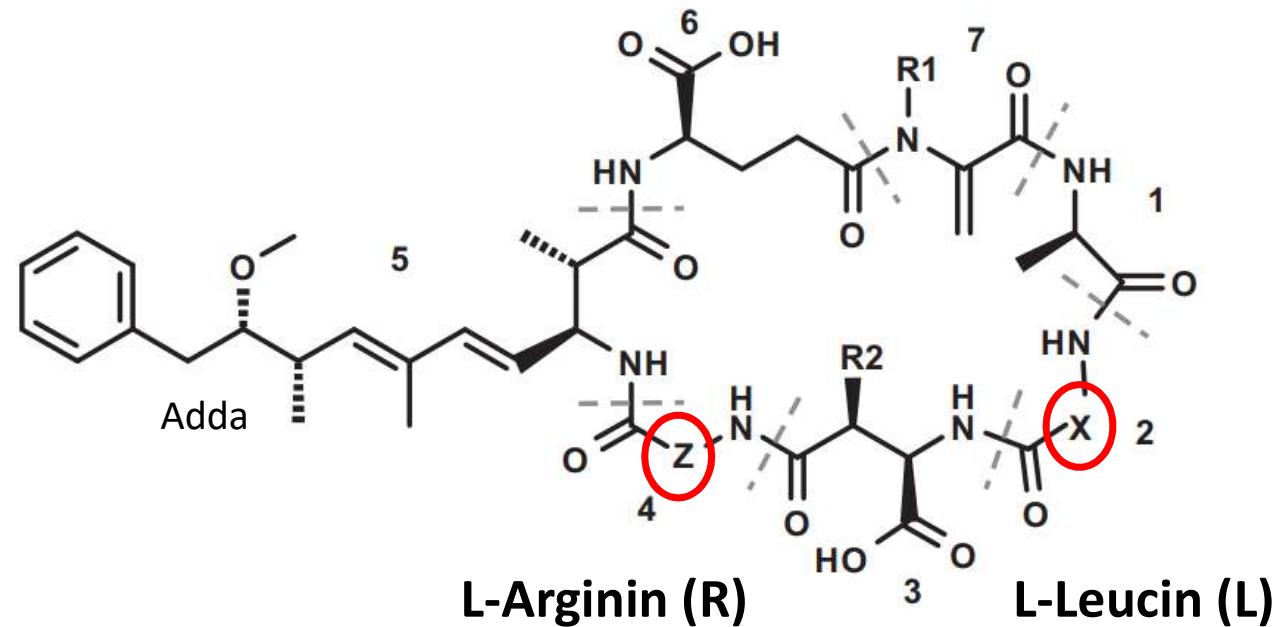
Cyanotoxine

Table 11.1 Cyanotoxins produced by cyanobacteria

Toxic species	Cyanotoxins
<i>Anabaena</i> spp.	Microcystins, saxitoxins, anatoxin-a, anatoxin-a(s)
<i>Aphanizomenon</i> spp.	Anatoxin-a, saxitoxins, cylindrospermopsins
<i>Cylindrospermum</i> spp.	Cylindrospermopsins, saxitoxins, anatoxin-a
<i>Lyngbya</i> spp.	Cylindrospermopsins, saxitoxins, lyngbyatoxins
<i>Microcystis</i> spp.	Microcystins, anatoxin-a (minor amounts)
<i>Nodularia</i> spp.	Nodularins
<i>Nostoc</i> spp.	Microcystins
<i>Oscillatoria</i> spp.	Anatoxin-a, microcystins
<i>Planktothrix</i> spp.	Anatoxin-a, homoanatoxin-a, microcystins
<i>Raphidiopsis curvata</i>	Cylindrospermopsins
<i>Umezakia natans</i>	Cylindrospermopsins

Microcystine? LR?

- Microcystine = Cyclische Heptapeptide mit charakteristischer Aminosäure ADDA
- Überwiegend zellgebunden (intrazellulär), Freisetzung bei Zellzerstörung / Lysis (extrazellulär)
- lebertoxisch, potenziell kanzerogen
- > 200 Microcystin-Varianten
(Kongenere) bisher bekannt
- **Microcystin-LR:** höchste Toxizität, weit verbreitet, beste Datengrundlage
- für andere Strukturvarianten (z.B. -LA, -RR, -YR, -LY) wenig oder keine toxikologischen Daten bekannt



Richtwerte / gesetzliche Regelungen

- **WHO:**
Summe aus intra- und extrazellulärem MC
- Anwendung als Summe aller in einer Probe vorhandenen MC-Kongenere
- Für die lebenslange, tägliche Exposition

Vorläufiger Richtwert
Gesamt- Microcystin-LR
0,001 mg/l (1 µg/l) in **Trinkwasser**
(aus: WHO-Guidelines for drinking water quality, 2011)

Land	Regelung
Australien	GV: 1,3 µg/l (toxicity equivalents of MCYST-LR)
Canada	MAC 1,5 µg/l
Frankreich / Spanien	Standard: 1 µg/l Microcystine (Summe aller Varianten)
Deutschland (bis Anfang 2023)	Allgemeine Regelung in TrinkwV Einhaltung der WHO Richtwerte = gute fachliche Praxis
EU-Trinkwasserrichtlinie	1 µg/l Microcystin im Trinkwasser

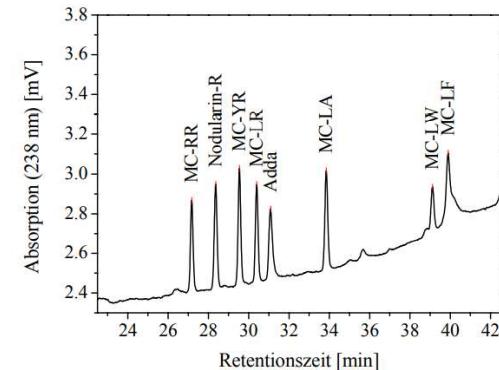
GV: guidance value, MAC: maximum acceptable concentration

Analytik (1)

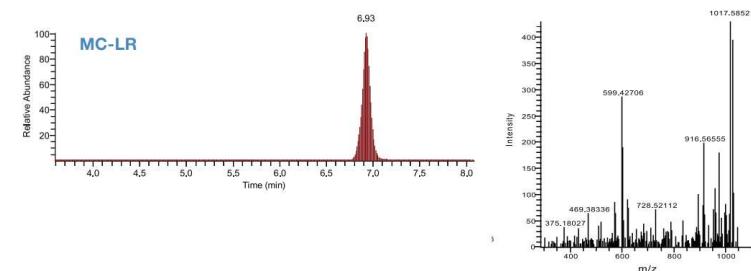
➤ HPLC

DIN ISO 20179:2007-10 (D)

Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Mikrocystinen - Verfahren mittels Festphasenextraktion (SPE) und Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit ultravioletter (UV) Detektion (ISO 20179:2005)



➤ LC-MS/MS

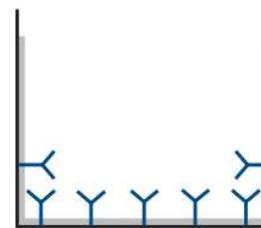


- Bestimmung von einzelnen Strukturvarianten möglich (Einzelstoffanalytik)
- Referenzsubstanzen erforderlich

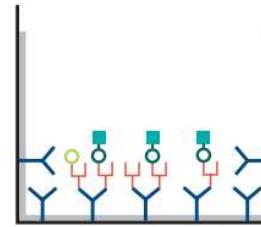
Analytik (2)

➤ ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay)

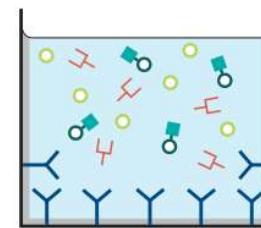
- Summe aller Microcystine in MC-LR-Äquivalenten
- Gut geeignet für Screening (s.a. Ergebnisse BMBF-Projekt CYAQUATA)



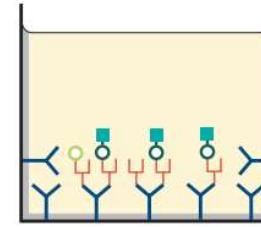
Plates are pre-coated with goat anti-mouse IgG and blocked with a proprietary formulation of proteins.



2. Wash to remove all unbound reagents.



1. Incubate with tracer, antibody, and either standard or sample.



3. Develop the well with TMB Substrate Solution

-  = Goat anti-mouse IgG
-  = Blocking proteins
-  = HRP linked to microcystin (tracer)
-  = Specific antibody to microcystin
-  = Free microcystin

Wahnbachtalsperrenverband



Wasserressourcen:

- Wahnbachtalsperre
- 2 Grundwassergewinnungen mit insgesamt 5 Brunnen

- 3 Aufbereitungsanlagen
- 41 bis 45 Millionen Kubikmeter Trinkwasserabgabe pro Jahr
- Versorgung von 800.000 Einwohnern

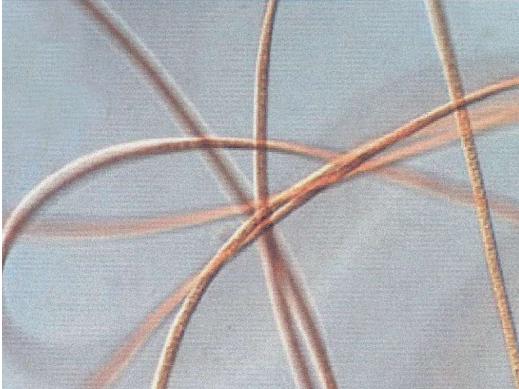
Wahnbachtalsperre



Fläche:	2 km²
Länge:	5,5 km (Luftlinie)
Maximale Tiefe:	46,1 m
Stauinhalt:	41,3 Mio m³
➤ oligo- bis schwach mesotroph	
➤ Phosphoreliminierungsanlage	



Planktothrix rubescens



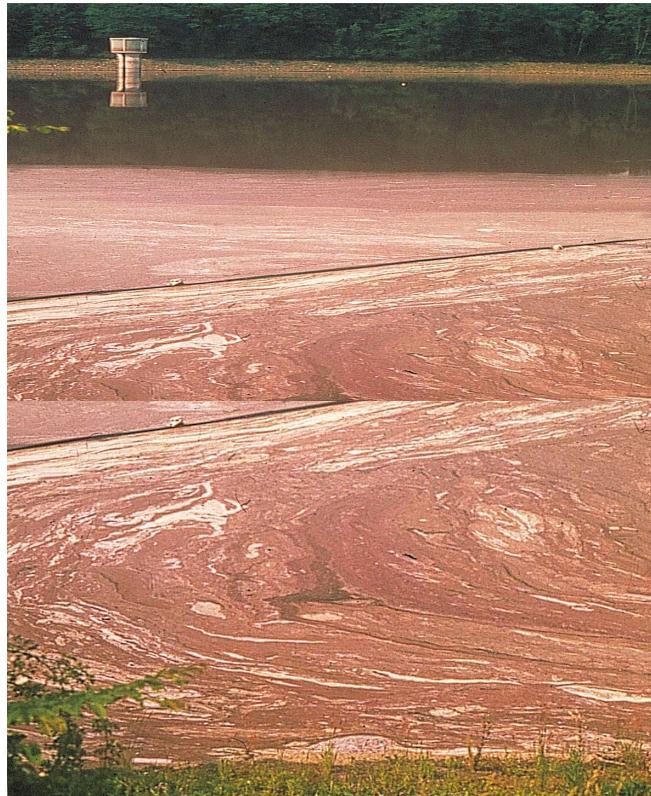
Dt. Name: **Burgunderblutalge**

- Fadenförmige Kolonien (Trichome)
- Gasvakuolen (Einschichtung in bestimmten Wassertiefen)
- Rotfärbung durch Pigment Phycoerythrin

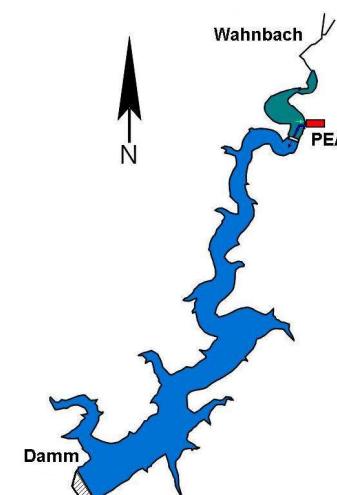
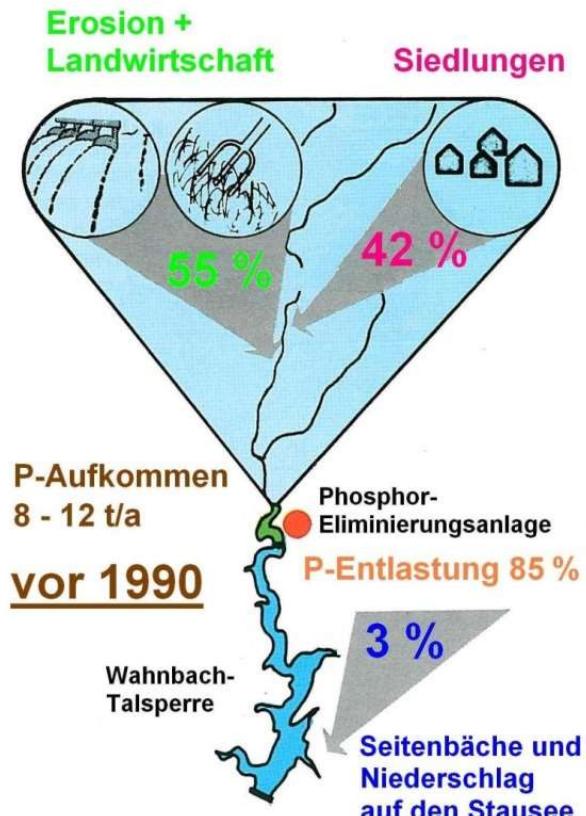


- *Planktothrix rubescens* gehört zu den potentiell toxinbildenden Cyanobakterien (Blaualgen)
- Typisch in tiefen, geschichteten Seen (Mondsee, Zürichsee, Talsperren)

Planktothrix rubescens



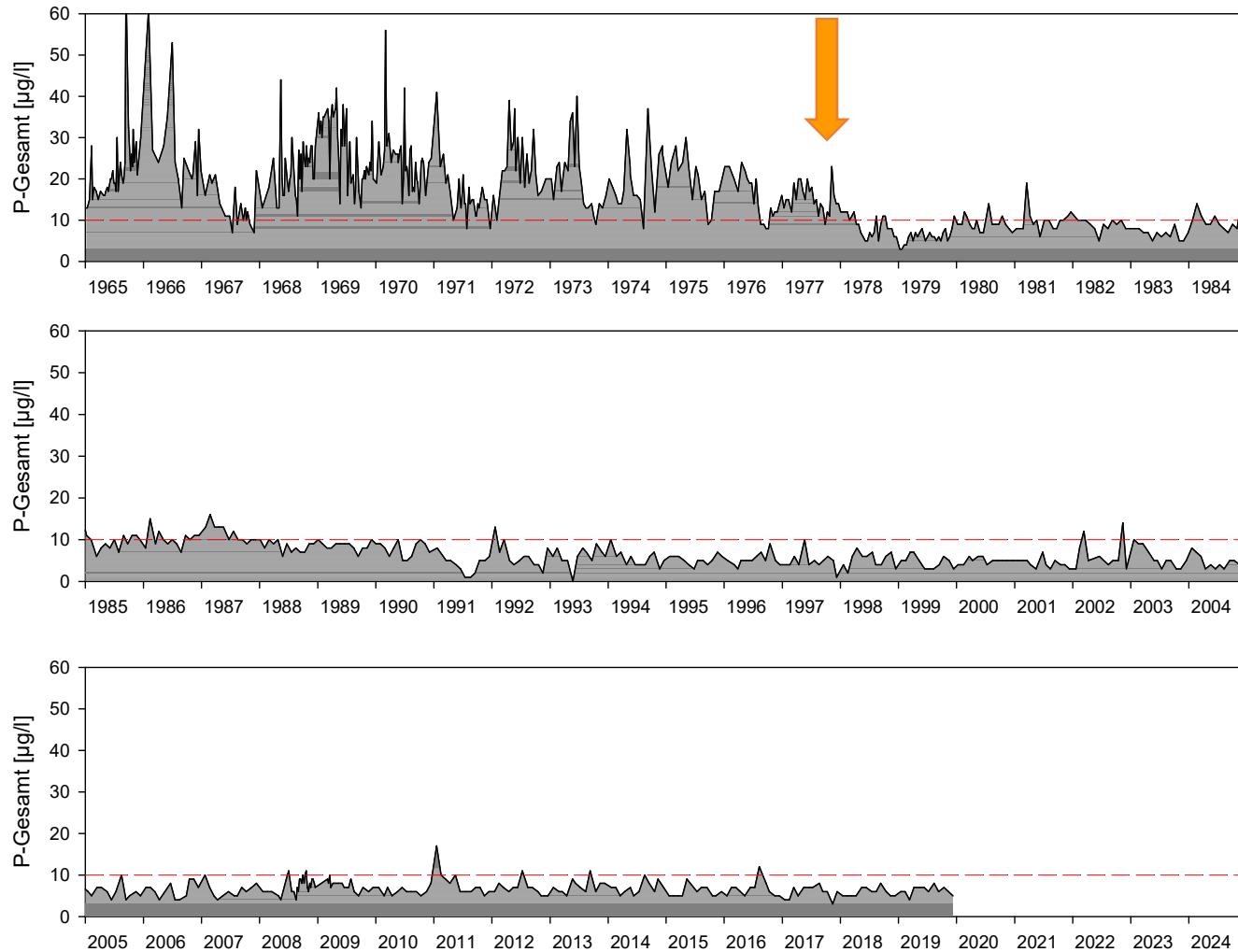
Massenentwicklung von *Planktothrix rubescens* in der Wahnbachtalsperre



Phosphor-eliminierungsanlage (PEA) am Zulauf der Wahnbachtalsperre

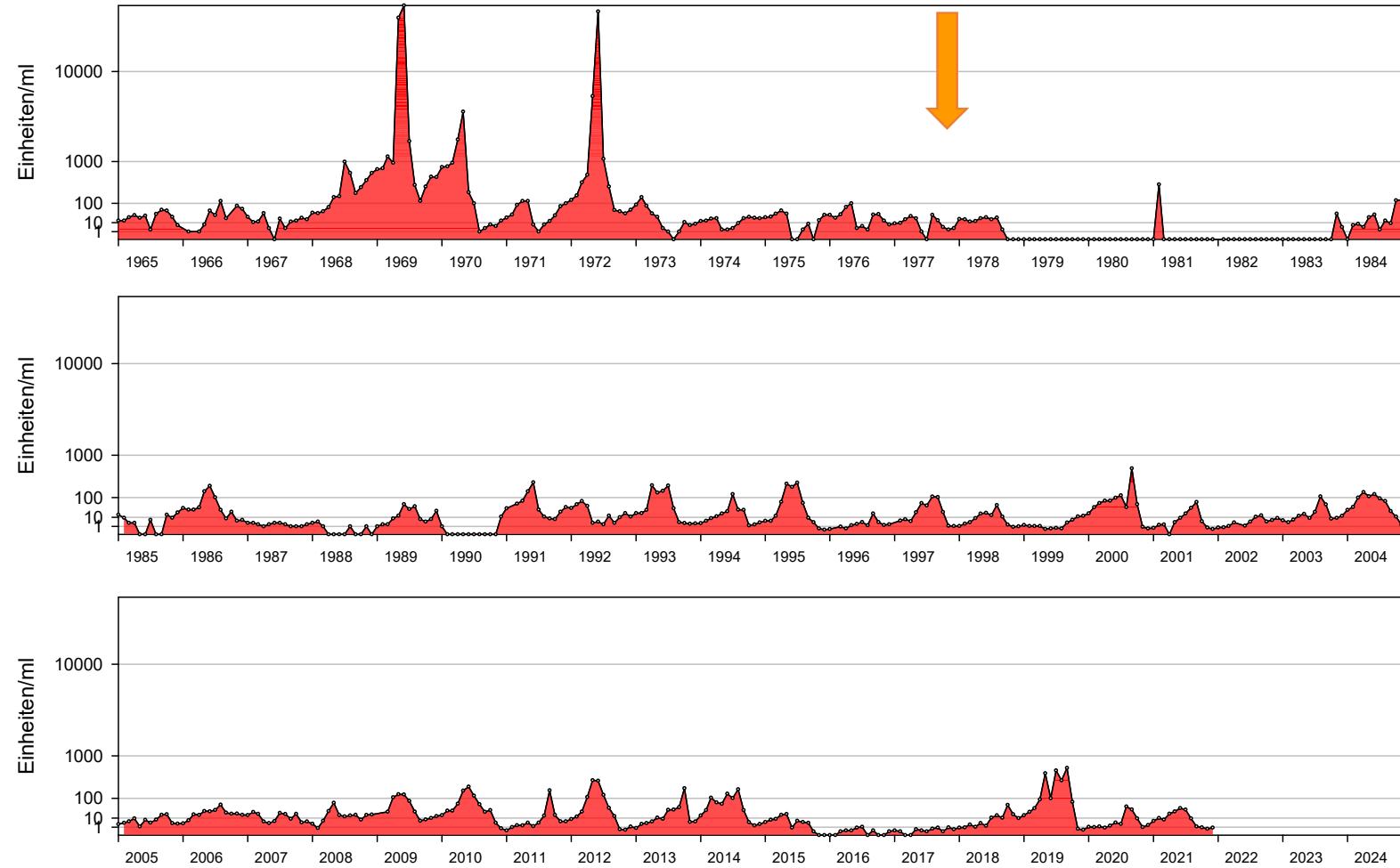
Oligotrophierung durch Phosphoreliminierungsanlage

Mittelwerte
Gesamt-P
(Oberfläche bis Grund)

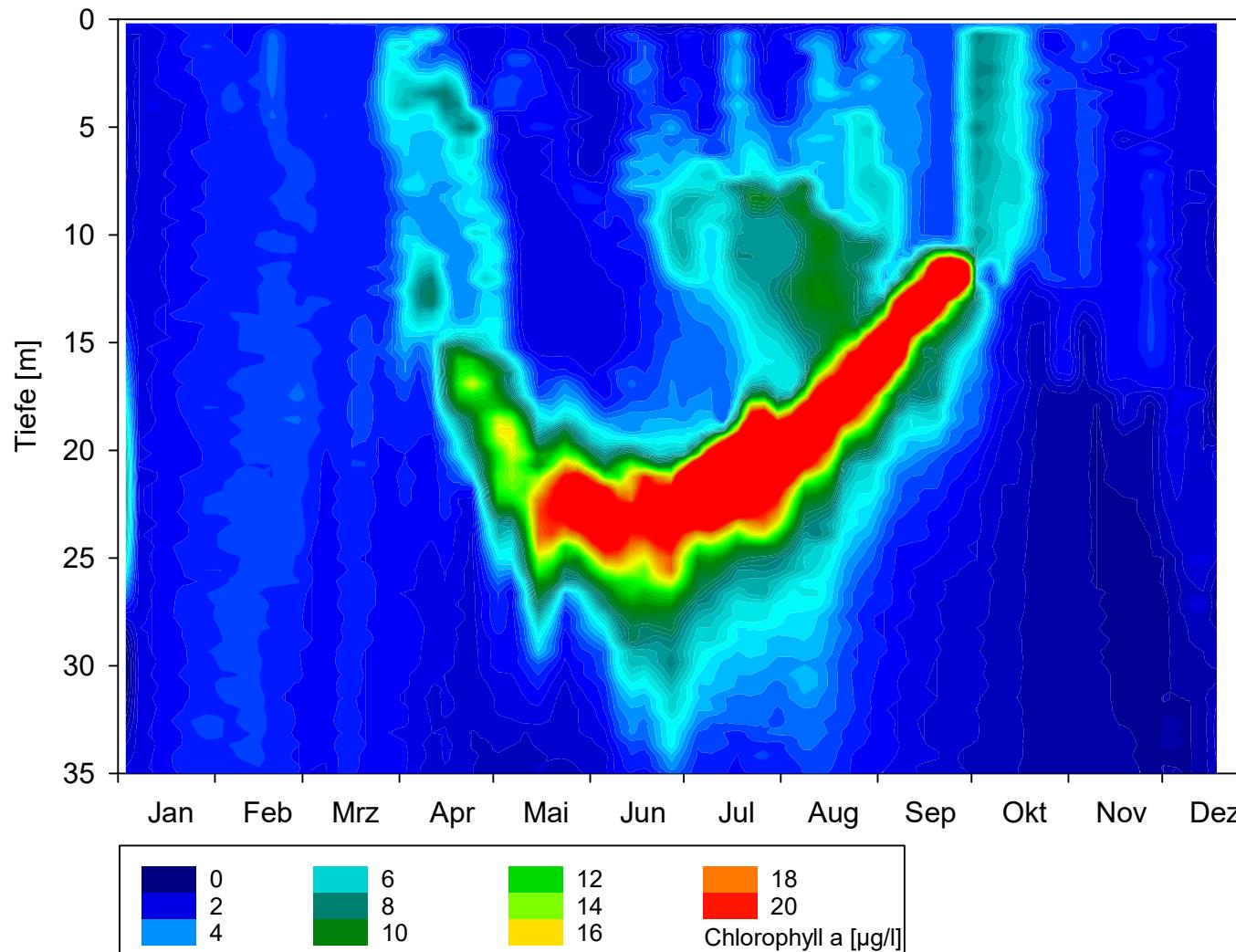


Langzeitentwicklung *Planktothrix rubescens*

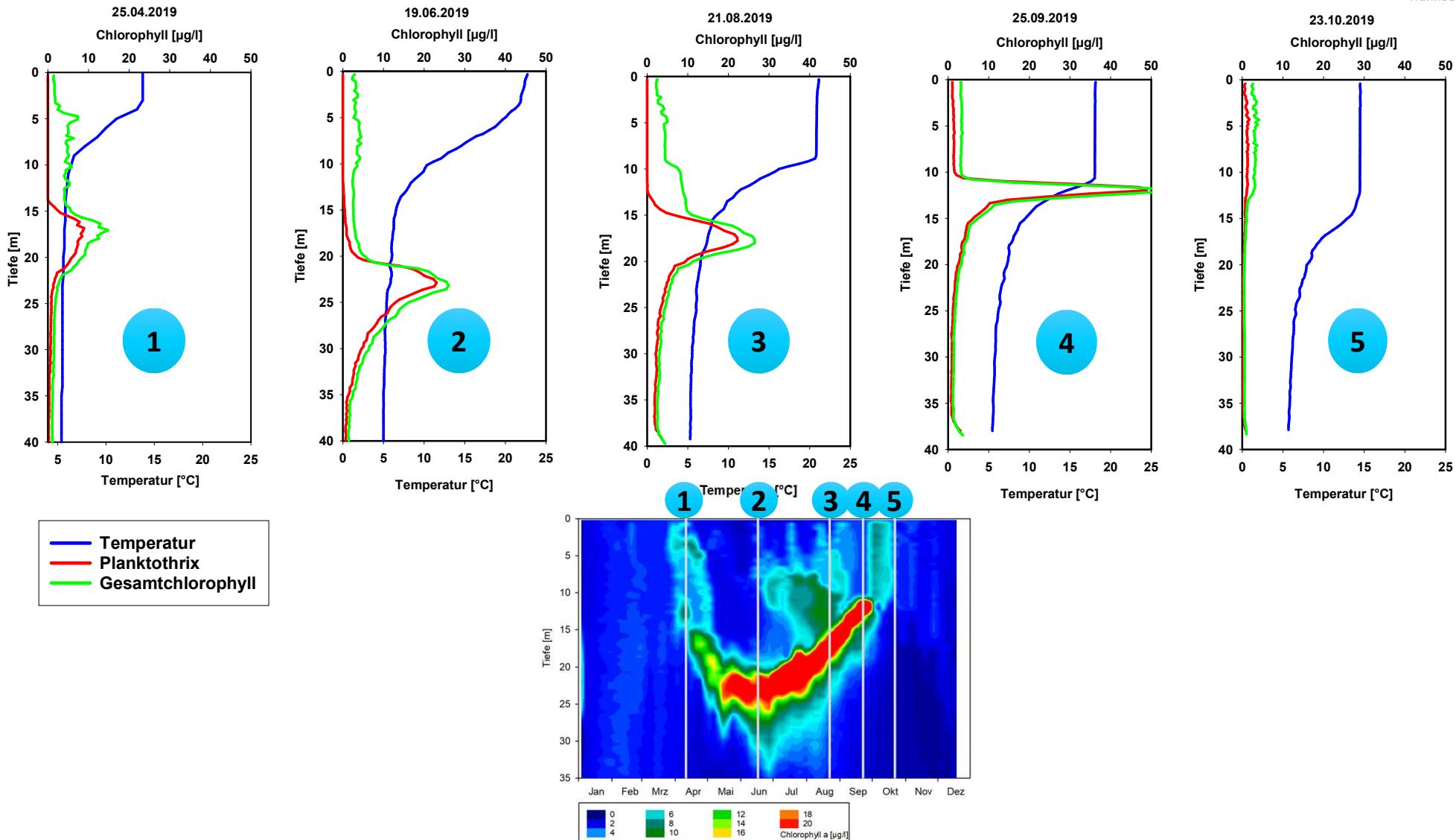
Maximalwerte (monatliche Tiefenschnitte, diskrete Tiefen)



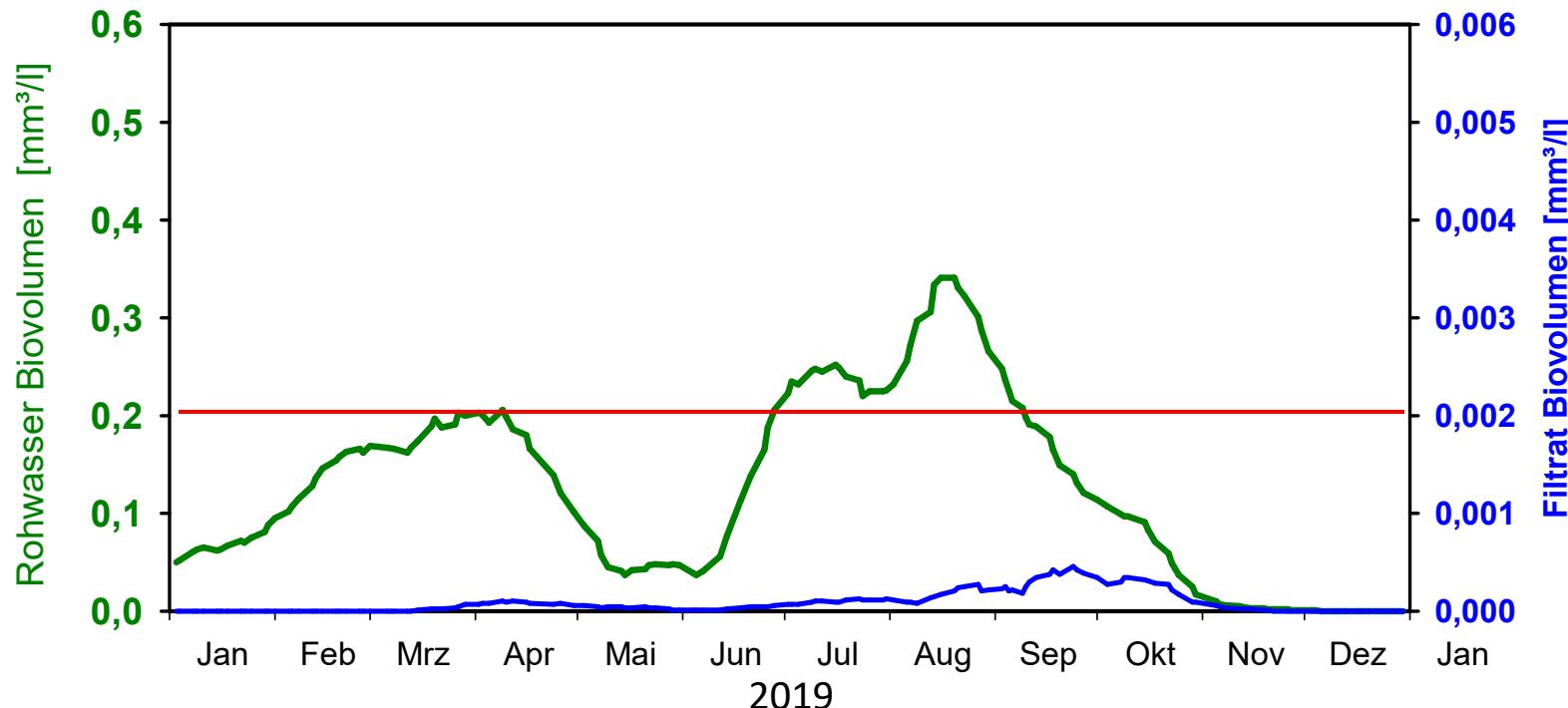
Chlorophyllmessungen (Fluoreszenzsonde) 2019



Vertikalverteilung von *Planktothrix*



Überwachung im Rohwasser und Filtrat



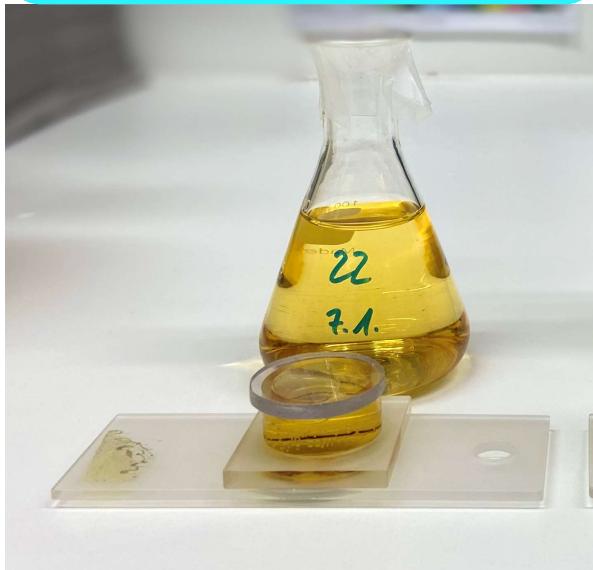
Eliminationsleistung zwischen 98 – 100 %
(Median: 99,9 %)



Quantitative Erfassung
durch Zählung am
Mikroskop:
Besonderheit bei
Cyanobakterien beachten!

Exkurs: Quantitative Erfassung von Cyanobakterien

**Flotation (Auftreiben)
von Cyanobakterien,
z.B. *Planktothrix***



**Minderbefunde bei
der Utermöhl-Zählung**

**Ultraschallbehandlung
Zerstörung der Gasvakuolen,
Absedimentation der Trichome**

**Membranfiltermethode (WTW)
Probe auf Membranfilter ziehen
Auszählung der Trichome auf dem
Filter***

*Achtung wenn verschiedene filamentöse Cyanobakterien auftreten, auf dem Membranfilter schlecht zu differenzieren

Toxinuntersuchungen

Untersuchte Algentoxine

Microcystin-LR

Microcystin-RR

Microcystin-YR

Desmethylmicrocystin-LR

Desmethylmicrocystin-RR

Microcystin-LA

Microcystin-LY

Microcystin-WR

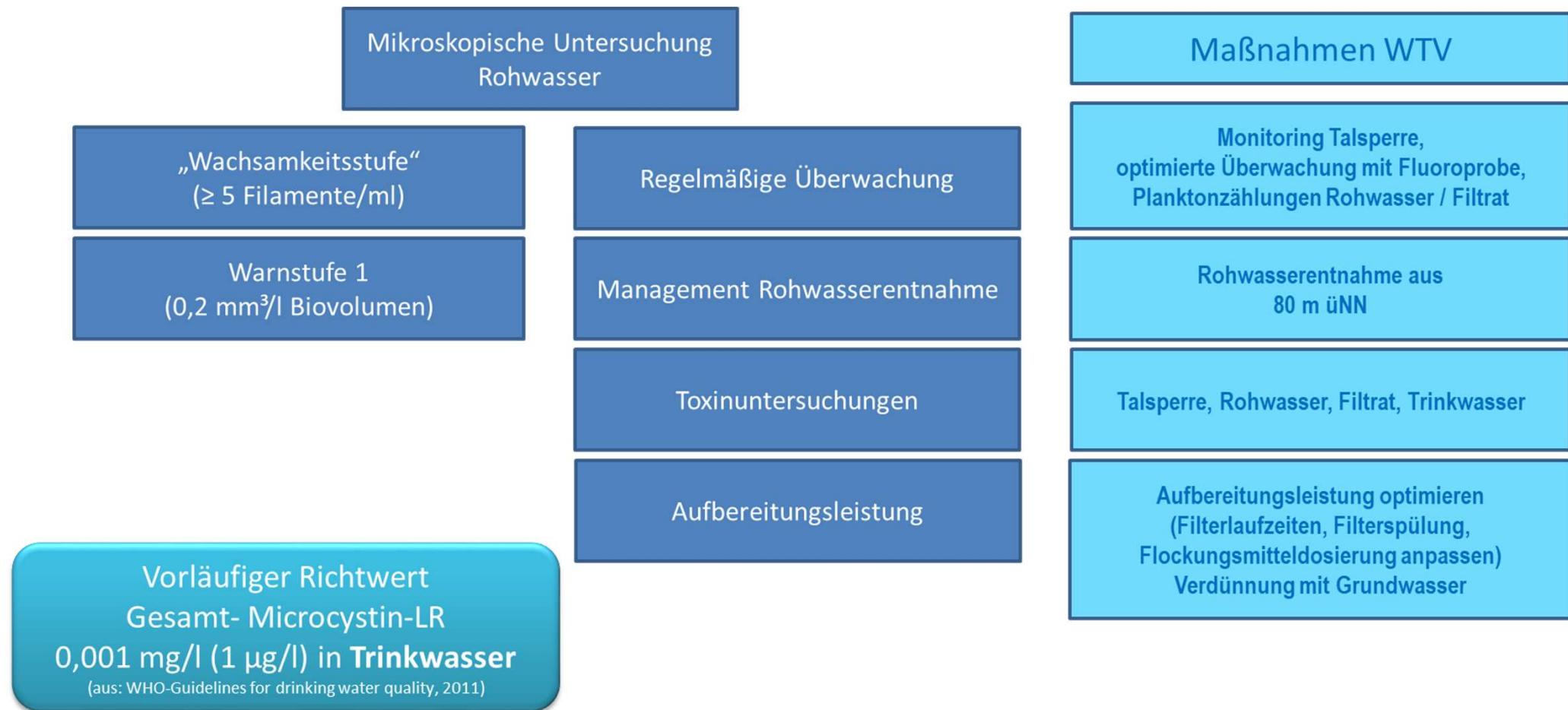
Talsperre (Peak): 0,7 bis 14,7 µg/l

Rohwasser: < 0,05 bis 0,7 µg/l

Trinkwasser: < 0,05 bis 0,2 µg/l

Untersuchung nach DIN 20179:2007-10

WHO Alarmplan (Alert Levels Framework)



Weitere Informationen:



Umweltbundesamt:

Cyanocenter www.toxische-cyanobakterien.de



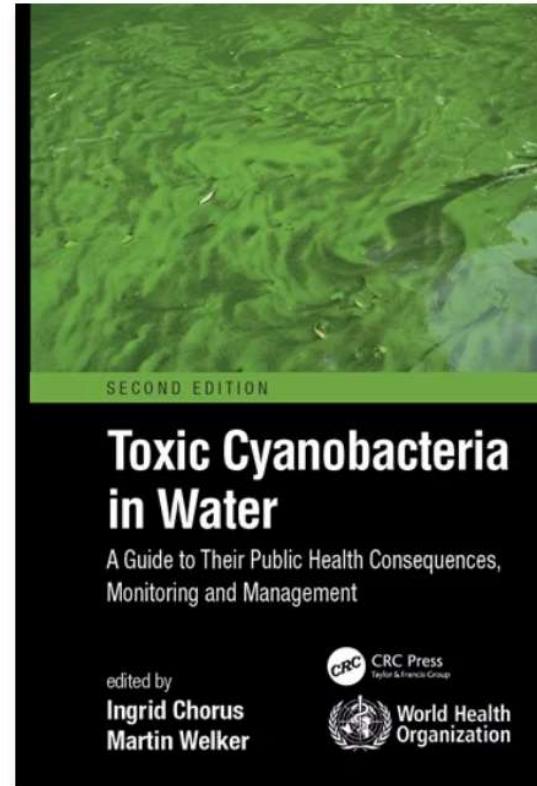
WHO:

Toxic cyanobacteria in water - Second edition

A guide to their public health consequences, monitoring and management

28 February 2021

www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition





VIELEN DANK.

www.wahnbach.de

gabriele.packroff@wahnbach.de