



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.

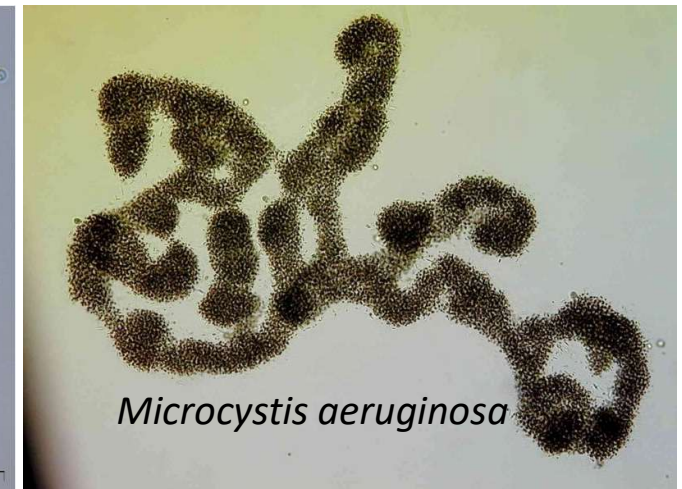
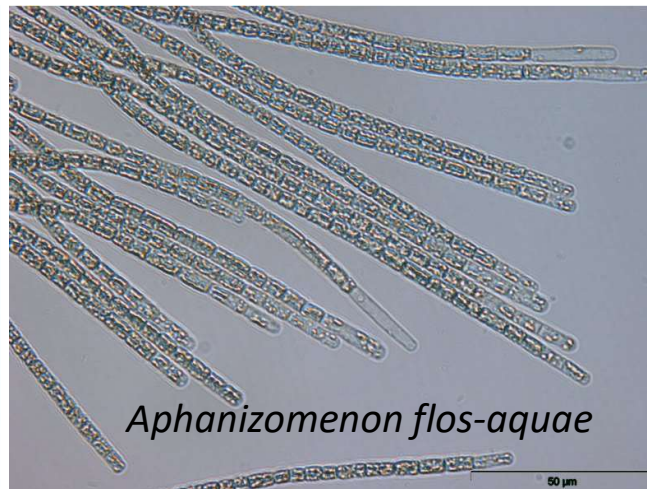
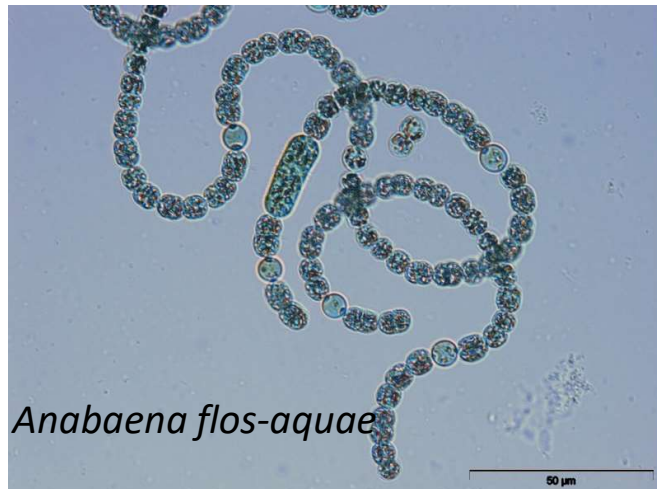
## Anhang I: Überwachung Teil B, Chemische Parameter

Microcystin-LR	1,0	µg/l	Dieser Parameter ist nur im Fall potenzieller Blüten in der Ressource zu bestimmen (ansteigende Cyanobakterienabundanz 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 Geschmacksstoffen
- Massenentwicklungen in **nährstoffreichen** Gewässern



Fotos: Cyanocenter UBA ([Toxische Cyanobakterien](https://www.toxische-cyanobakterien.de/) / [Cyanocenter \(toxische-cyanobakterien.de\)](https://www.cyanocenter.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 CYAQUITA 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

© 2011 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 270: 103–111

- 
- Chemical structure of a cyclic peptide with an N-terminal Adda residue. The structure is numbered 1 through 7. Residues 2 and 4 are circled in red and labeled 'X' and 'Z' respectively. The side chains of residues 2 and 4 are identified as L-Leucine (L) and L-Arginine (R).

# 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



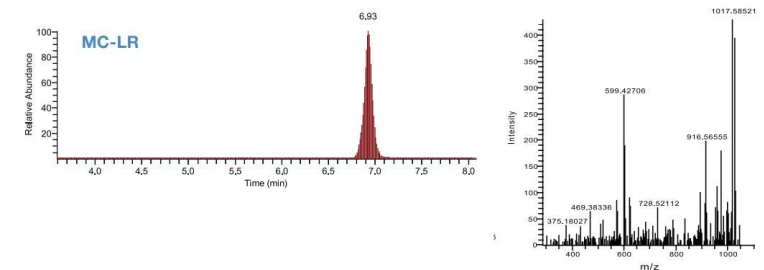
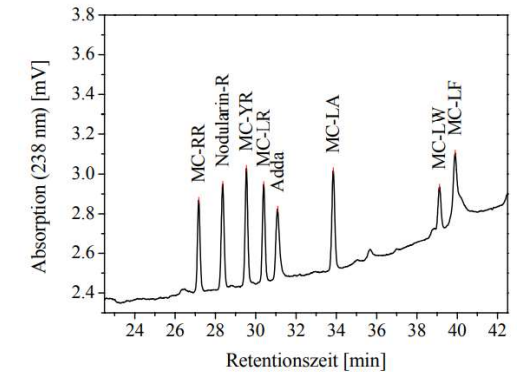
# Analytik (1)

## ➤ HPLC

DIN ISO 20179:2007-10 (D)

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

## ➤ LC-MS/MS



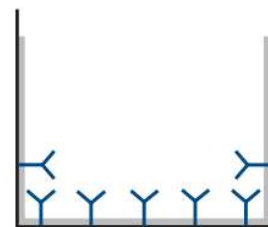
- Bestimmung von einzelnen Strukturvarianten möglich (Einzelstoffanalytik)
- Referenzsubstanzen erforderlich



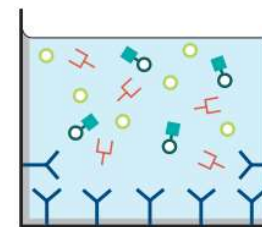
## Analytik (2)

### ➤ ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay)

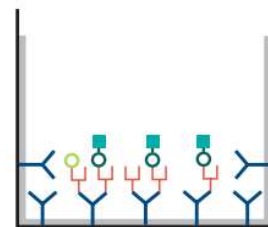
- Summe aller Microcystine in MC-LR-Äquivalenten
- Gut geeignet für Screening (s.a. Ergebnisse BMBF-Projekt CYAQUATA)



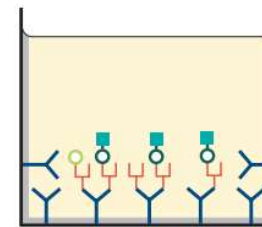
Plates are pre-coated with goat anti-mouse IgG and blocked with a proprietary formulation of proteins.



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



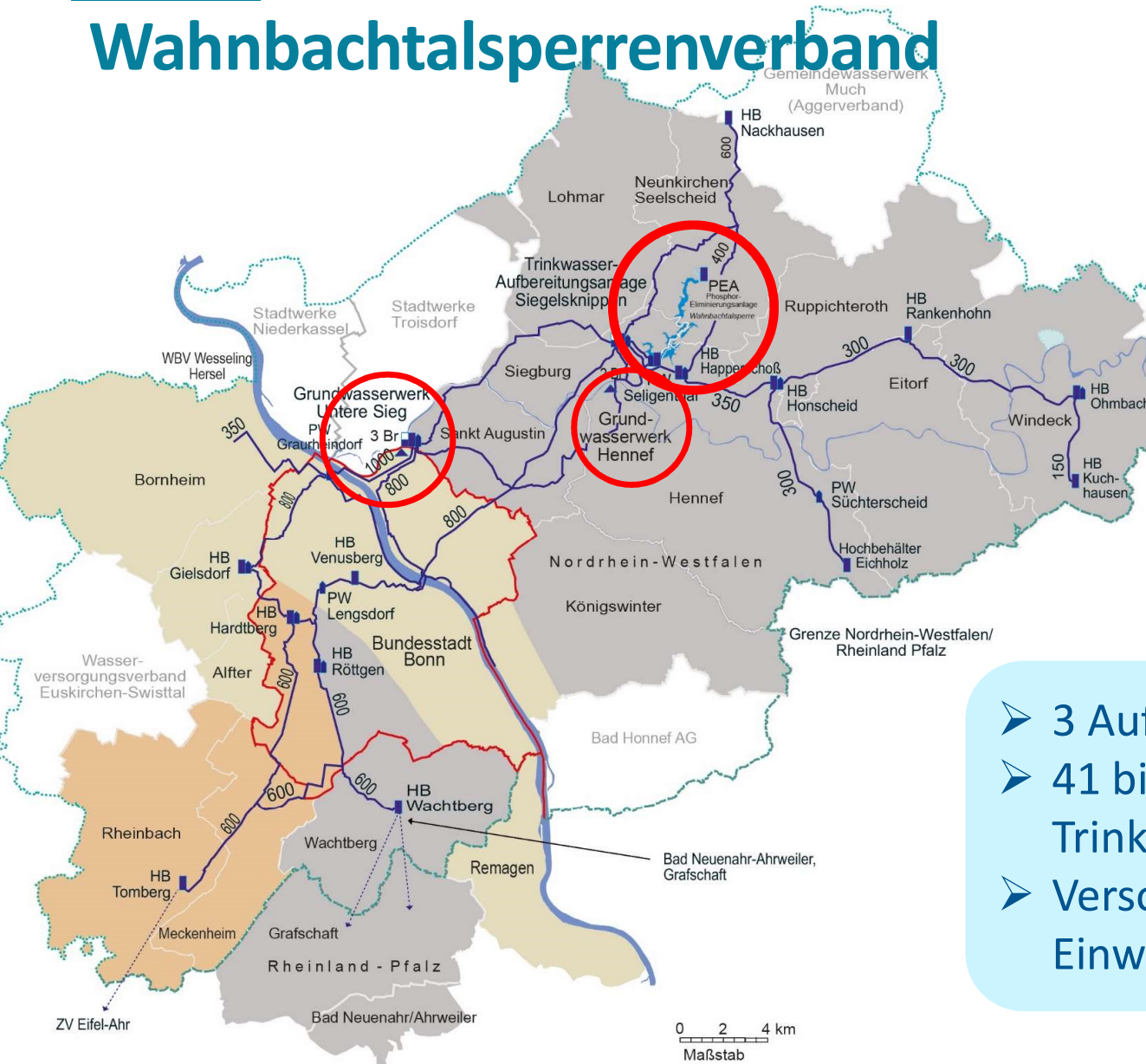
2. Wash to remove all unbound reagents.



3. Develop the well with TMB Substrate Solution

- Y = Goat anti-mouse IgG
- = Blocking proteins
- = HRP linked to microcystin (tracer)
- T = 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

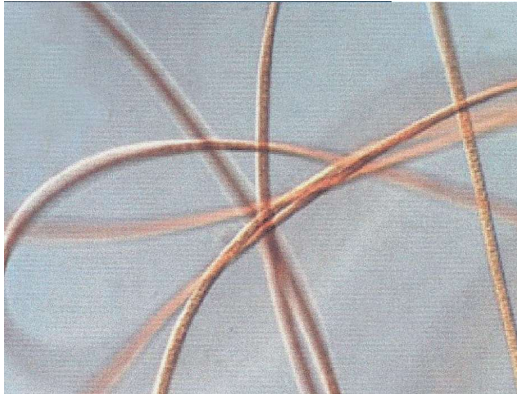


- Fläche:** 2 km<sup>2</sup>
- Länge:** 5,5 km (Luftlinie)
- Maximale Tiefe:** 46,1 m
- Stauinhalt:** 41,3 Mio m<sup>3</sup>
- oligo- bis schwach mesotroph
  - Phosphoreliminierungsanlage





# *Planktothrix rubescens*



Dt. Name: **Burgunderblutalge**

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



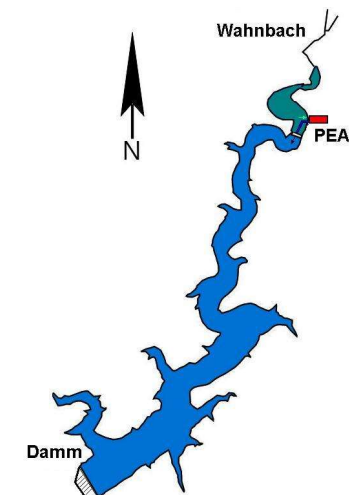
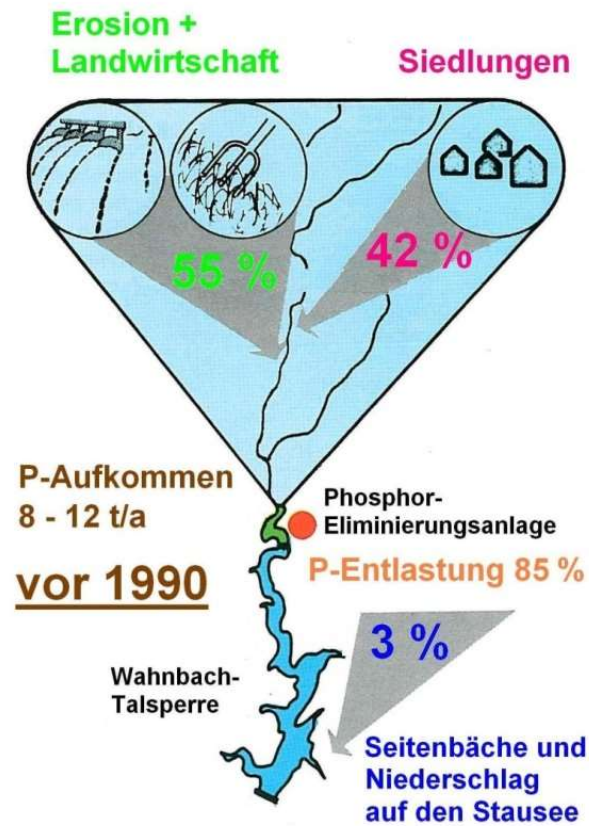
- *Planktothrix rubescens* gehört zu den potentiell toxinbildenden Cyanobakterien (Blaualgen)
- Typisch in tiefen, geschichteten Seen (Mondsee, Zürichsee, Talsperren)



# Planktothrix rubescens



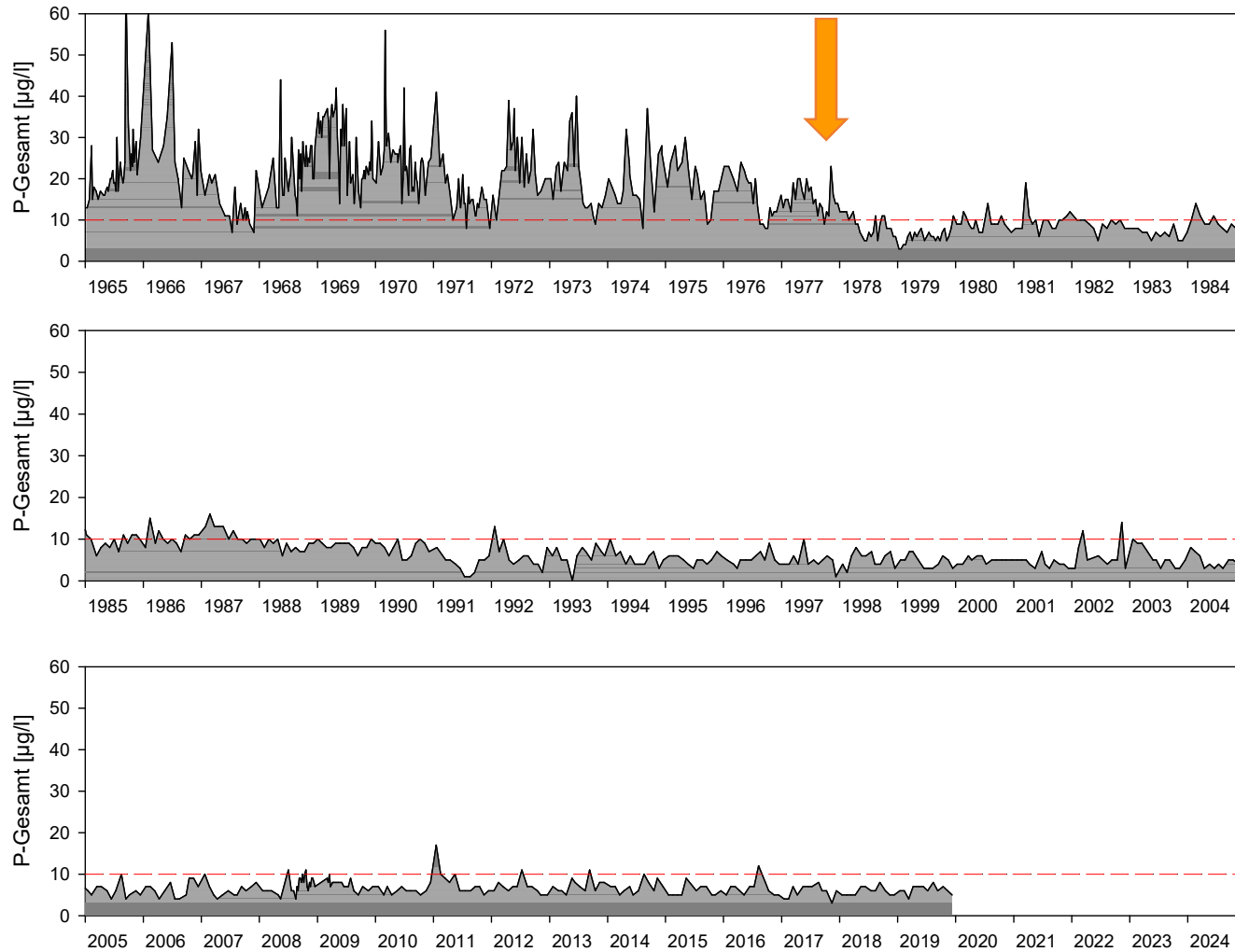
Massenentwicklung von *Planktothrix rubescens* in der Wahnbachtalsperre



Phosphor-eliminierungsanlage (PEA) am Zulauf der Wahnbachtalsperre

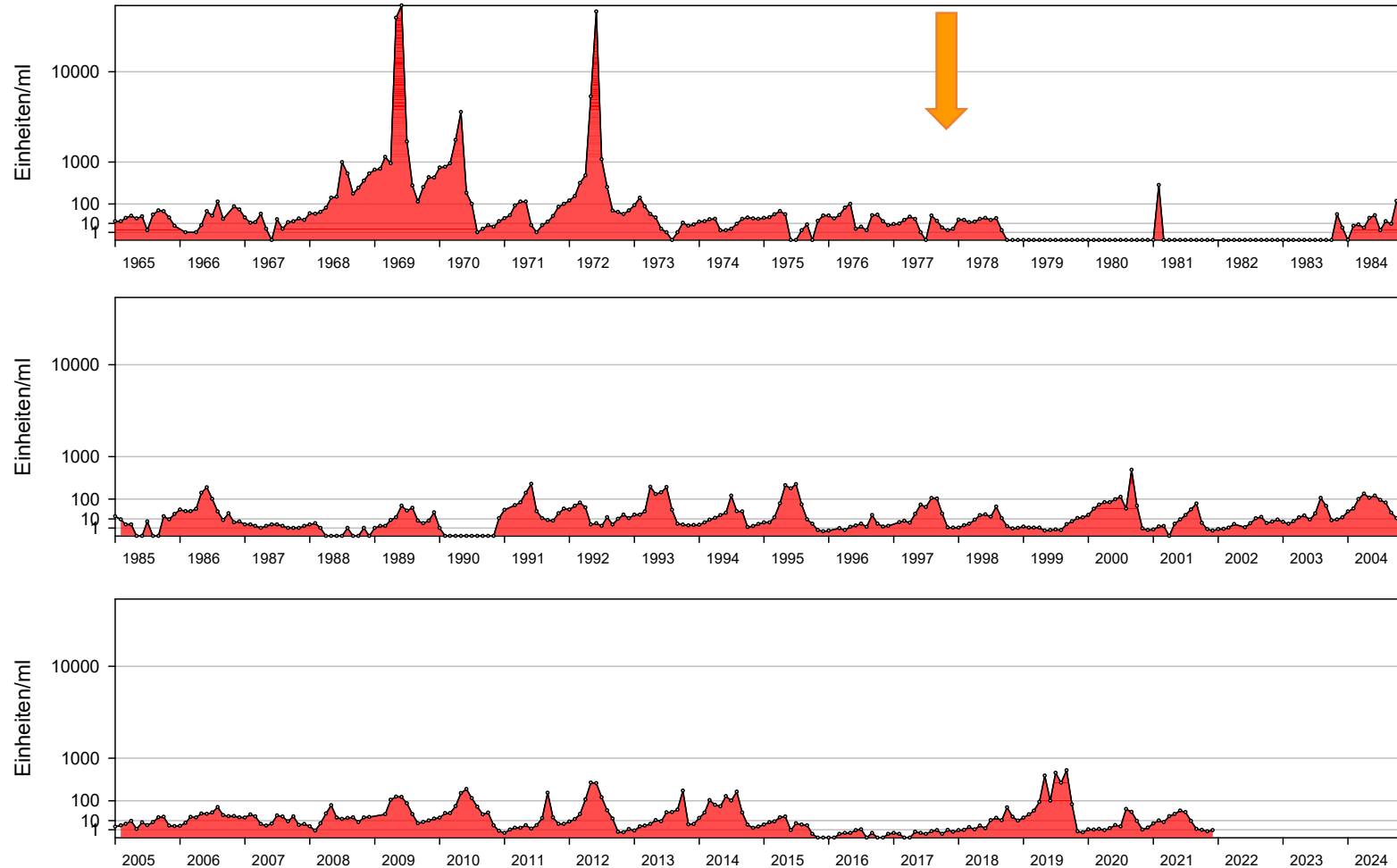
# Oligotrophierung durch Phosphoreliminierungsanlage

Mittelwerte  
Gesamt-P  
(Oberfläche bis Grund)



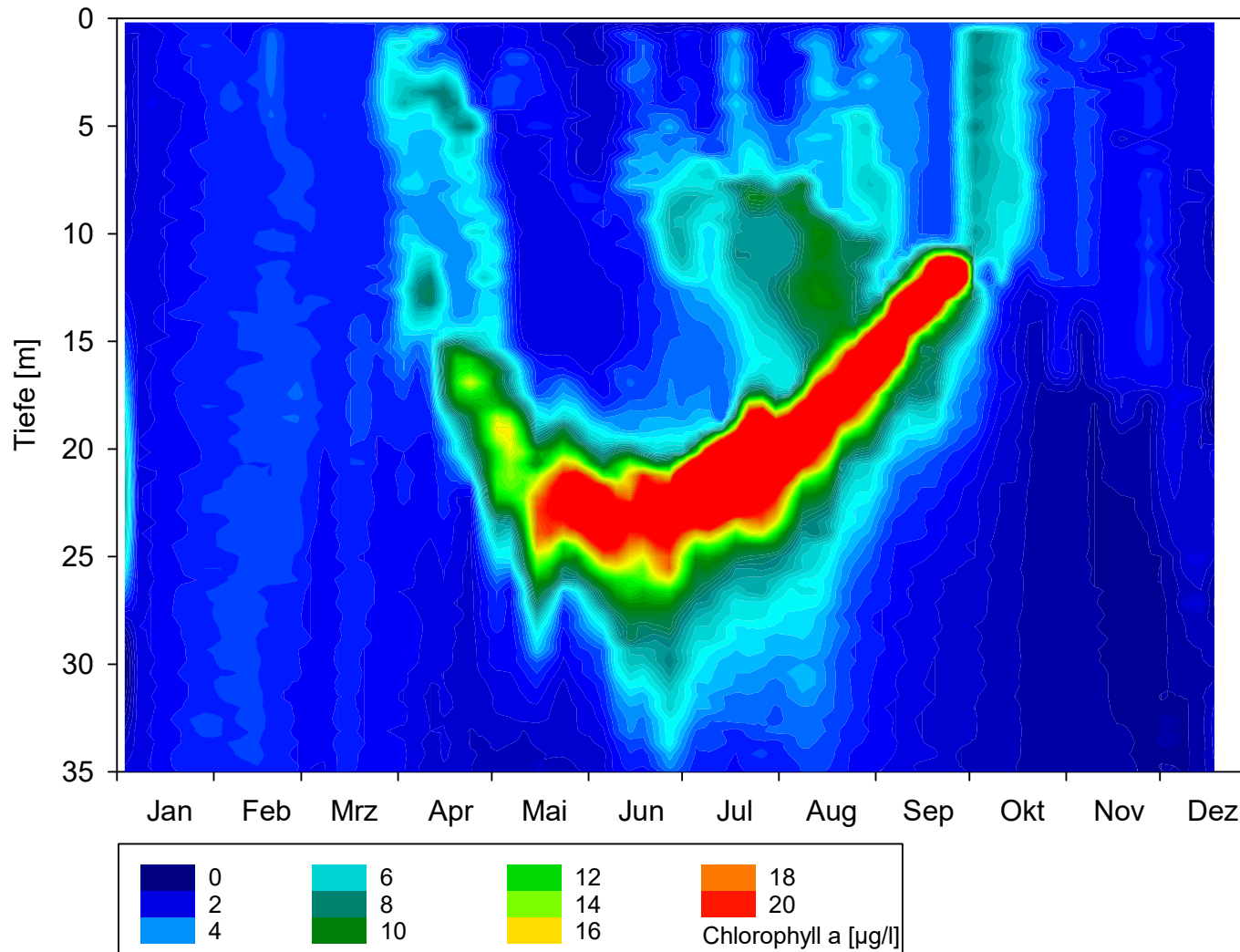
# Langzeitentwicklung *Planktothrix rubescens*

Maximalwerte (monatliche Tiefenschnitte, diskrete Tiefen)



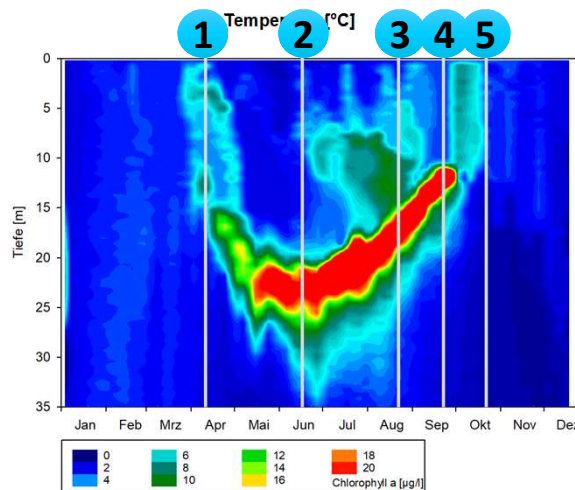
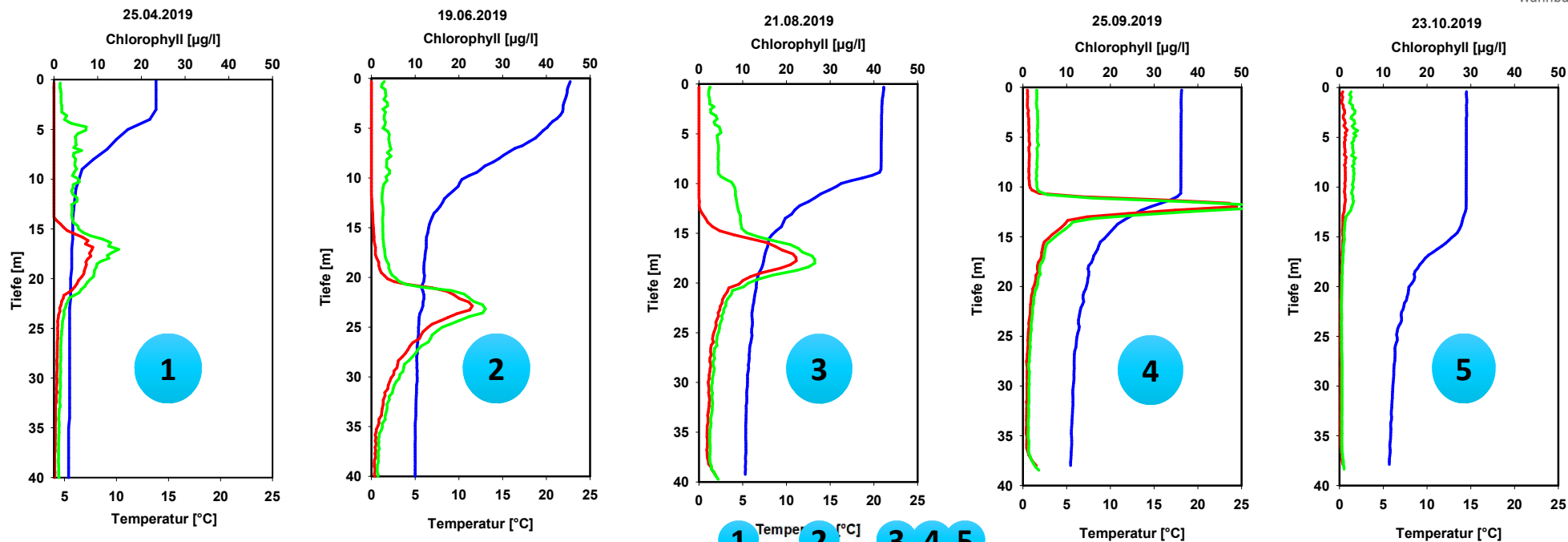


# Chlorophyllmessungen (Fluoreszenzsonde) 2019

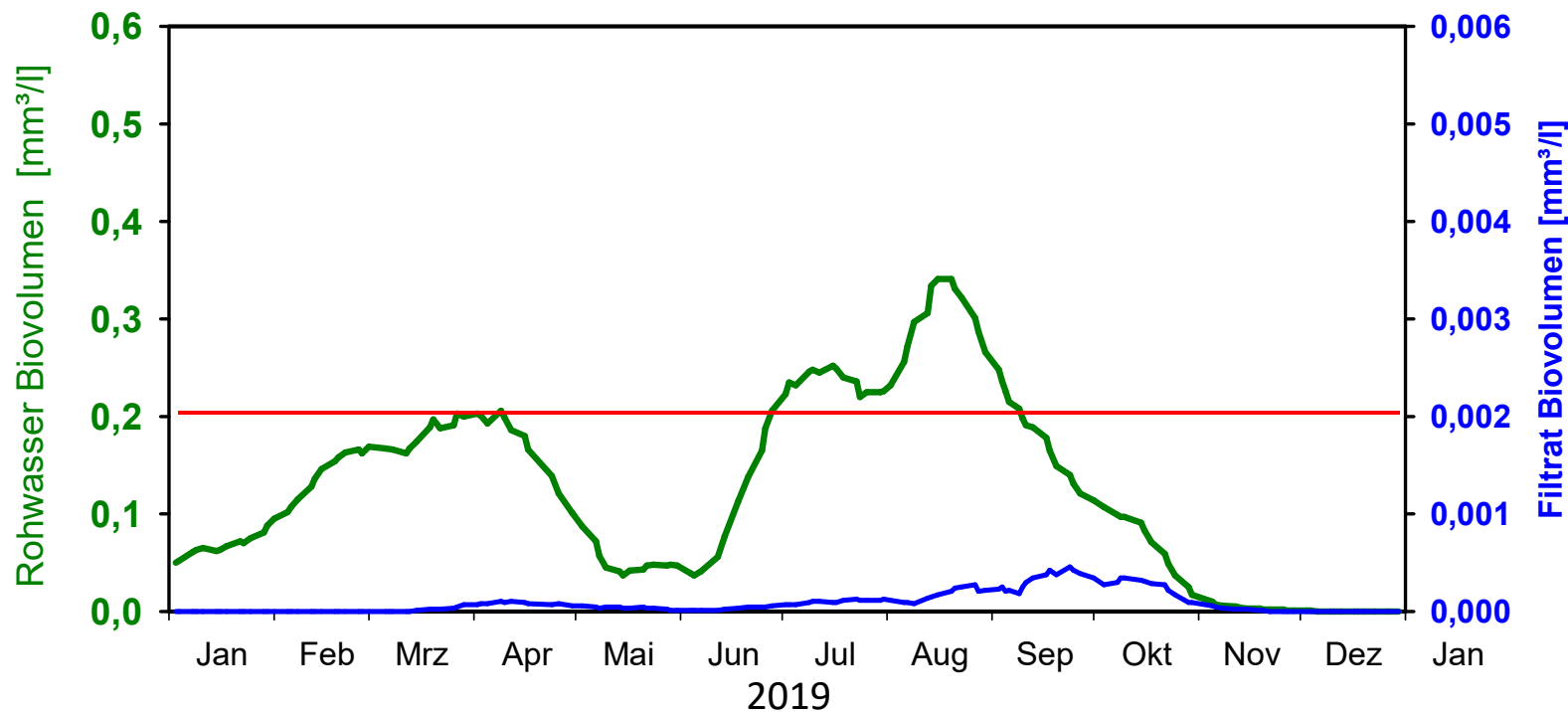




# Vertikalverteilung von *Planktothrix*



# Überwachung im Rohwasser und Filtrat



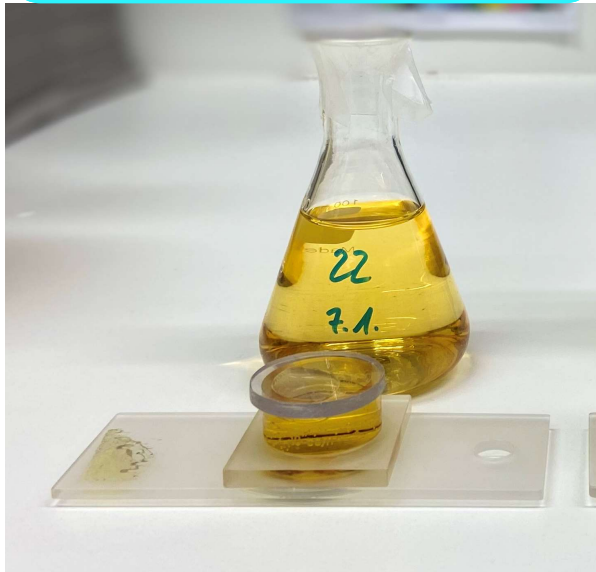
**Eliminationsleistung zwischen 98 – 100 %  
(Median: 99,9 %)**



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 (WTV)  
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

Desmethylnicrocystin-LR

**Desmethylnicrocystin-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)

Mikroskopische Untersuchung  
Rohwasser

„Wachsamkeitsstufe“  
( $\geq 5$  Filamente/ml)

Warnstufe 1  
( $0,2 \text{ mm}^3/\text{l}$  Biovolumen)

Regelmäßige Überwachung

Management Rohwasserentnahme

Toxinuntersuchungen

Aufbereitungsleistung

Maßnahmen WTV

Monitoring Talsperre,  
optimierte Überwachung mit Fluoroprobe,  
Planktonzählungen Rohwasser / Filtrat

Rohwasserentnahme aus  
80 m üNN

Talsperre, Rohwasser, Filtrat, Trinkwasser

Aufbereitungsleistung optimieren  
(Filterlaufzeiten, Filterspülung,  
Flockungsmitteldosierung anpassen)  
Verdünnung mit Grundwasser

Vorläufiger Richtwert  
Gesamt- Microcystin-LR  
 **$0,001 \text{ mg/l}$  ( $1 \text{ } \mu\text{g/l}$ ) in Trinkwasser**  
(aus: WHO-Guidelines for drinking water quality, 2011)

## Weitere Informationen:

### Umweltbundesamt:

Cyanocenter [www.toxische-cyanobakterien.de](http://www.toxische-cyanobakterien.de)



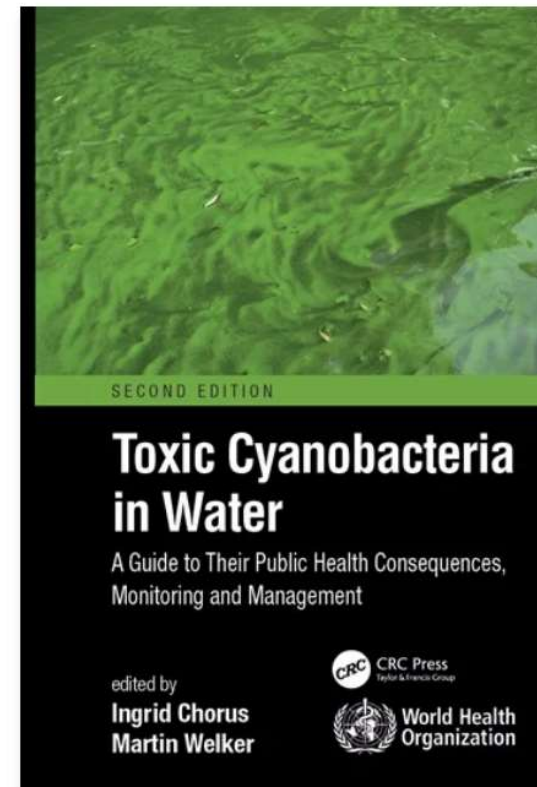
### WHO:

#### 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](http://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition)



The background of the slide is a solid blue color with numerous water droplets of various sizes scattered across it, creating a fresh and clean aesthetic. A white curved line separates the blue background from the white text area.

**VIELEN DANK.**

[www.wahnbach.de](http://www.wahnbach.de)

[gabriele.packroff@wahnbach.de](mailto:gabriele.packroff@wahnbach.de)