



Ausarbeitung

Blualgen in Badegewässern

Rechtliche Rahmenbedingungen und Management von
Blualgenblüten

Blualgen in Badegewässern

Rechtliche Rahmenbedingungen und Management von Blualgenblüten

Aktenzeichen: WD 8 - 3000 - 093/24
Abschluss der Arbeit: 03.02.2025
Fachbereich: WD 8: Gesundheit, Familie, Bildung und Forschung,
Lebenswissenschaften

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Entstehung von Blaualgenblüten und Bedeutung für Mensch und Umwelt	4
2.	Rechtliche Ausgangslage	5
3.	Einflussfaktoren auf Blaualgenblüten	9
4.	Verfahren zum Blaualgenmanagement	12
4.1.	Physikalische Verfahren	13
4.2.	Chemische Verfahren	14
4.3.	Biologische Verfahren	16
5.	Einbringen und Einleiten von Stoffen in oberirdische Gewässer	17
6.	Bewirtschaftung oberirdischer Gewässer und die Rolle des Algenmanagements	18

1. Entstehung von Blaualgenblüten und Bedeutung für Mensch und Umwelt

Blaualgen sind ein Teil des sogenannten Phytoplanktons in Gewässern. Sie treten vor allem in nährstoffreichen (eutrophen) Gewässern sowohl in Süß- wie in Salzwasser auf. Dabei handelt es sich um photosynthetisch lebende Cyanobakterien. Sie nutzen Stickstoff und Phosphor als Nährstoffe, die in überdüngten Gewässern reichlich vorkommen. Sie haben die Fähigkeit, im Wasser gelösten Stickstoff aus der Luft zu verwerten; aufgrund dieses Überlebensvorteils können sie andere Algenarten verdrängen. Cyanobakterien schwimmen, da sie sich mithilfe des Sonnenlichtes vermehren, an der Wasseroberfläche, wo sie ausgedehnte Teppiche bilden können. Der Begriff „Algenblüte“ bezeichnet die massenhafte Vermehrung der Algen – mit dem Blühen hat er ansonsten nichts zu tun. Blaualgenblüten sind ein regelmäßig wiederkehrendes Problem in den stark eutrophierten Gewässern hierzulande. Sie können erhebliche negative Auswirkungen auf die Wasserqualität haben, indem sie das Nährstoffgleichgewicht und den pH-Wert beeinträchtigen (umgangssprachlich ist vom „Kippen des Gewässers“ die Rede).

Ein kleiner Teil an Blaualgen, etwa ein Prozent, bildet zudem bestimmte Toxine, die Wasserlebewesen, Tiere und den Menschen gefährden können. Diese Toxine werden bezüglich ihres Zielorgans in Hepato- (Lebergifte), Neuro- (Nervengifte) und Dermatotoxine (Hautgifte) eingeteilt. Bei empfindlichen Personen können beim Hautkontakt mit entsprechend toxischen Blaualgen Hautallergien oder -reizungen ausgelöst werden. Nach Verschlucken entsprechend belasteter, algenhaltiger Wässer kann es im schlimmsten Fall zu Leber- und Nervenschäden kommen. Aufgrund ihres geringen Körpergewichtes sind dabei vor allem Kleinkinder gefährdet, auch, weil sie am Ufer spielen, wo sich häufig Blaualgenteppiche bilden. Sie reagieren auf das Verschlucken geringerer Mengen stark blaualgenhaltigen Wassers mit entsprechenden unspezifischen Vergiftungsscheinungen, etwa Durchfall, Übelkeit und Erbrechen. Zu den relevanten Toxinen, die bestimmte Cyanobakterien bilden, zählen die Microcystine: Sie sind mit einem Grenzwert von 1,0 Mikrogramm je Liter gemäß EU-Trinkwasserrichtlinie reguliert.¹

Blaualgenkontaminationen kommen nicht nur in Badegewässern vor, sondern auch im Trinkwasser. Das ist nicht nur wegen der Toxine bedenklich, die einzelne Blaualgen bilden können; die Stoffwechselprodukte von Blaualgen können auch Geruch und Geschmack des Wassers verändern, was in der Trinkwasserbehandlung äußerst bedeutsam ist. Zahlreiche Verfahren zur Entfernung von Blaualgenkontaminationen in der Trinkwasseraufbereitung, die in separaten Anlagen erfolgt, sind deshalb Stand der Technik.

1 Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, FAQ zum Dümmer - Blaualgen, abrufbar unter https://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/wir_uber_uns_amp_organisation/organisation_amp_kontakt/rd_sulingen_verden/verschiedenes/dummer_faq/faq-liste-107381.html; Umweltbundesamt (UBA), Cyanocenter, 15. Juli 2016, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserforschung-im-uba/cyanocenter#forschung-und-beratung-uber-toxische-cyanobakterien-risikobewertung-analytik-management>; UBA, Badegewässer, 22. Februar 2024, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/schwimmen-baden/badegewaesser>. Diese sowie alle weiteren Links wurden zuletzt abgerufen am 3. Februar 2025.

Bei einer massenhaften Vermehrung von Cyanobakterien in Wasserkörpern sinkt der Sauerstoffgehalt im Wasser, was zum Sterben von Fischen und anderen benthischen² wirbellosen Tieren führen kann. Die produzierten Toxine wirken auch auf andere Lebewesen in vergleichsweise geringen Dosen letal, weshalb in der Vergangenheit vereinzelt Rinder und Hunde, die von blaulalgenreichem Wasser getrunken hatten, verendet sind.³

Kommt es in Badegewässern zu gefährlichen Blaualgenblüten, werden diese oft entsprechend den Rechtsvorschriften der EU sowie nationaler Gesetzgebung zum Schutz des Menschen seitens des zuständigen Gesundheitsamtes für den Badebetrieb gesperrt. Die rechtliche Lage wird in Kapitel 2 dieses Gutachtens dargelegt. Im Weiteren werden natürliche Einflussfaktoren auf Blaualgenblüten beschrieben (Kapitel 3). In Kapitel 4 werden Möglichkeiten der Algenbekämpfung und der Prävention von Algenblüten erörtert. Solche Maßnahmen könnten theoretisch Bestandteil von Bewirtschaftungsplänen für Badegewässer sein, sind jedoch von weitergehenden rechtlichen Bestimmungen erfasst, die in Kapitel 5 ausgeführt werden.

2. Rechtliche Ausgangslage

Am 24. März 2006 trat die europäische Richtlinie über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung (EU-Badegewässerrichtlinie) in Kraft.⁴ Badegewässer sind – im Gegensatz zu künstlich angelegten Schwimm- und Badebecken – Gewässer oder Gewässerteile, die am natürlichen Wasserkreislauf teilnehmen und damit auch mit dem Grundwasser in Verbindung stehen.⁵ Die Richtlinie gilt dagegen nicht für Schwimm- und Kurbecken sowie künstlich angelegte abgegrenzte Gewässer, die einer Behandlung unterliegen oder für therapeutische Zwecke genutzt werden (Art. 1 Abs. 3 EU-Badegewässerrichtlinie).⁶

2 Benthische Organismen sind die Lebensformen, die im und auf dem Sediment oder den Felsböden von Gewässern siedeln. Siehe näher Online-Wissenschaftsportal der Zeitschrift Spektrum der Wissenschaft, Spektrum.de, Lexikon der Geowissenschaften, abrufbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/benthische-organismen/1564>. Als Benthal wird die gesamte Bodenregion der Gewässer bezeichnet.

3 Igwaran, Aboi u. a., Cyanobacteria Harmful Algae Blooms: Causes, Impacts, and Risk Management, 9. Januar 2024, in: Water, Air, & Soil Pollution, 235, 71, abrufbar unter <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-023-06782-y>.

4 Richtlinie 2006/7/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der Richtlinie 76/160/EWG, ABl. L 64 vom 4. März 2006, S. 37.

5 UBA, Badegewässer, 22. Februar 2024, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/schwimmen-baden/badegewaesser>.

6 Für Schwimm- und Badebecken, die nicht als Badegewässer im Sinne der EU-Badegewässerrichtlinie gelten, findet sich die zentrale gesetzliche Grundlage zur Sicherung und Überwachung der Qualität des Wassers in § 37 Abs. 2 Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz – IfSG). Auch ein Naturfreibad ist kein Badegewässer im Sinne der EU-Badegewässerrichtlinie. Siehe VG Ansbach Urteil vom 4. Mai 2022, Az.: AN 14 K 20.01604, BeckRS 2022, 15845 Rn. 62.

Im Gegensatz zu EU-Verordnungen, die nach Art. 288 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) unmittelbar in jedem Mitgliedstaat gelten, müssen Richtlinien der EU in nationales Recht umgesetzt werden.⁷ Auf welche Weise diese Umsetzung geschehen muss, hängt von den Vorgaben der Richtlinie ab. Erteilt die Richtlinie den Mitgliedstaaten zwingende Vorgaben, wie es bei der EU-Badegewässerrichtlinie der Fall ist, so müssen diese vollständig in nationales Recht umgesetzt werden.⁸ Nach der Kompetenzordnung des Grundgesetzes für die Bundesrepublik Deutschland (GG)⁹ sind die Bundesländer für die gesetzliche Umsetzung der EU-Badegewässerrichtlinie zuständig.¹⁰ Die Wassergesetze¹¹ und zum Teil auch die Gesundheitsdienstgesetze¹² der Bundesländer ermächtigen die jeweilige oberste Wasserbehörde, durch Rechtsverordnung die erforderlichen Vorschriften zu erlassen, so dass die Bundesländer entsprechende Landesverordnungen im Einklang mit der EU-Badegewässerrichtlinie verabschiedet haben.¹³ Diese Landesverordnungen weisen inhaltlich eine weitgehende Übereinstimmung auf und lehnen sich an die EU-Badegewässerrichtlinie an, so dass im Folgenden für den Inhalt der Bestimmungen die EU-Badegewässerrichtlinie statt der 16 Landesverordnungen zitiert wird.

7 Ruffert, in: Calliess/Ruffert, EUV/AEUV, 6. Auflage, Stand 2022, AUEV, Art. 288 Rn. 24.

8 Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, Umsetzung von EU-Richtlinien und Verfassungsrecht, Kurzinformation vom 1. April 2022, WD 3 - 3000 - 045/22, abrufbar unter <https://www.bundestag.de/resource/blob/899872/33b2422d86eab34c741b67207ab1bda3/WD-3-045-22-pdf-data.pdf>.

9 Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Dezember 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 439).

10 BMUV, Rechtsverordnungen der Bundesländer zur Umsetzung der EG-Badegewässerrichtlinie (2006/7/EG), abrufbar unter <https://www.bmu.de/themen/wasser-und-binnengewasser/gewaesserschutzrecht/deutschland/rechtsverordnungen-der-bundeslaender-zur-umsetzung-der-eg-badegewaesserrichtlinie-2006-7-eg>. Nach Art. 30 und 70 Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland (GG) haben grundsätzlich die Länder das Recht der Gesetzgebung, außer das Grundgesetz selbst ordnet eine konkurrierende Gesetzgebungskompetenz oder eine ausschließliche Zuständigkeit des Bundes an. Siehe zur Abgrenzung im Bereich Wasser im Hinblick auf Art. 34 Abs. 1 Nr. 32 GG (Wasserhaushalt) Knauff, in: Kahl/Waldhoff/Walter, Bonner Kommentar zum Grundgesetz, Dokumentstand: 2/2015, Lieferung, 2/2015, Art. 74 Rn. 19: „Regelungen, welche der allgemeinen Gefahrenabwehr im Zusammenhang mit Wasser dienen, stehen mangels Bundeskompetenz den Landesgesetzgebern zur Ausgestaltung offen. Ob sie sich mittelbar auch auf die Güte des Wassers auswirken können, [...] ist für die kompetenzielle Zuordnung unerheblich.“ Siehe auch Degenhart, in: Sachs, Grundgesetz, 10. Auflage 2024, Art. 74 Rn. 124 und Wittreck, in: Dreier, Grundgesetz-Kommentar, 3. Auflage 2015, Art. 74 Rn. 150.

11 Siehe z. B. § 4 Sächsisches Wassergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Oktober 2004 (Sächs GVBl. S. 482), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. Juli 2016 (SächsGVBl. S. 287) sowie § 112a Berliner Wassergesetz (BWG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2005 (GVBl. 2205, S. 357; 2006, S. 248 und 2007, S. 48), zuletzt geändert durch Artikel 11 des Gesetzes vom 11. Dezember 2024 (GVBl. S. 614, 619).

12 Siehe z. B. § 25 Abs. 3 Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst im Lande Bremen (Gesundheitsdienstgesetz - ÖGDG) vom 27. März 1995 (Brem.GBl. 1995, S. 175, 366), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 13. Juli 2021 (Brem.GBl. S. 577).

13 BMUV, Rechtsverordnungen der Bundesländer zur Umsetzung der EG-Badegewässerrichtlinie (2006/7/EG), abrufbar unter <https://www.bmu.de/themen/wasser-und-binnengewasser/gewaesserschutzrecht/deutschland/rechtsverordnungen-der-bundeslaender-zur-umsetzung-der-eg-badegewaesserrichtlinie-2006-7-eg>.

Nach Art. 1 EU-Badegewässerrichtlinie soll diese sicherstellen, dass die Qualität der Badegewässer überwacht wird, entsprechende Bewirtschaftungsmaßnahmen durchgeführt werden und der Öffentlichkeit insbesondere während der Badesaison Informationen zur Verfügung gestellt werden. Erwägungsgründe für die EU-Badegewässerrichtlinie sind vor allem der Gesundheitsschutz sowie die bedeutsame Stellung von Wasser als knappe natürliche Ressource, die hinsichtlich ihrer Qualität dementsprechend geschützt, verteidigt, bewirtschaftet und behandelt werden sollte.¹⁴ Zur Gefährdung durch Cyanobakterien bestimmt Art. 8 EU-Badegewässerrichtlinie:

„(1) Deutet das Profil des Badegewässers auf ein Potenzial für eine Massenvermehrung von Cyanobakterien hin, so wird eine geeignete Überwachung durchgeführt, damit Gefahren für die Gesundheit rechtzeitig erkannt werden können.

(2) Kommt es zu einer Massenvermehrung von Cyanobakterien und wird eine Gefährdung der Gesundheit festgestellt oder vermutet, so werden unverzüglich angemessene Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Vermeidung einer Exposition gegenüber dieser Gefahr ergriffen, einschließlich der Information der Öffentlichkeit.“

Unter Massenvermehrung wird gemäß Art. 2 Nr. 12 EU-Badegewässerrichtlinie ein „*kumuliertes Auftreten von Cyanobakterien in Form von Blüten, Matten oder Schlieren*“ verstanden. Als Überwachungsstelle definiert Art. 3 Abs. 3 EU-Badegewässerrichtlinie die Stelle, an der die meisten Badenden erwartet werden, oder die Stelle, an der mit der größten Verschmutzungsgefahr gerechnet wird.

Das Umweltbundesamt (UBA) empfiehlt für Deutschland zum Schutz vor Cyanobakterien eine Überwachung, die „*auf allgemein angewandten Ansätzen zur gewässerökologischen Beurteilung, bei der neben der Trophie eines Gewässers¹⁵ auch hydrophysikalische Bedingungen (wie Durchmischungstiefe und Wasseraufenthaltszeiten) grundlegende Parameter sind*“, beruht.¹⁶

Unter die im Falle einer Massenvermehrung von Cyanobakterien einschließlich vorliegender oder vermuteter Gesundheitsgefährdung zu ergreifenden Bewirtschaftungsmaßnahmen können gemäß Art. 2 Nr. 7 der EU-Badegewässerrichtlinie folgende Maßnahmen fallen:

- Erstellung und regelmäßige Aktualisierung eines Badegewässerprofils,
- Erstellung eines Überwachungszeitplans,
- Überwachung der Badegewässer,
- Bewertung der Badegewässerqualität und Einstufung der Badegewässer,
- Ermittlung und Bewertung der Ursachen von Verschmutzungen, die sich auf die Badegewässer auswirken und die menschliche Gesundheit beeinträchtigen können,

14 Richtlinie 2006/7/EG, Erwägungsgründe Abs. 1 und 3 sowie Abs. 2.

15 Siehe näher Online-Wissenschaftsportal der Zeitschrift Spektrum der Wissenschaft, Spektrum.de, Lexikon der Biologie, Trophie, abrufbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/trophie/67863>.

16 UBA, Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen, in: Bundesgesundheitsblatt 2024 (67), S. 1192–1204 (1194 ff.), abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/empfehlung-schutz-von-badenden-vor-cyanobakterien-0>.

- Information der Öffentlichkeit sowie
- Maßnahmen zur Vermeidung einer Exposition der Badenden gegenüber einer Verschmutzung und zur Verringerung der Gefahr einer Verschmutzung.

Die Erstellung und Aktualisierung der Badegewässerprofile¹⁷ orientieren sich gemäß Art. 6 Abs. 1 und 2 EU-Badegewässerrichtlinie an Anhang III der Richtlinie. Sie enthalten neben physikalischen, geografischen und hydrologischen Eigenschaften der Badegewässer eine Bewertung der Gefahr der Massenvermehrung von Cyanobakterien.

Das UBA betont zu möglichen Problemen mit Cyanobakterien: *„Aufgrund von Daten zu einem Gewässer über mehrere Badesaisons lässt sich das Potenzial für die Bildung von Cyanobakterienblüten, Oberflächenblüten und Algenteppichen relativ verlässlich einschätzen.“*¹⁸

Besonders bedeutsam ist die in Art. 12 EU-Badegewässerrichtlinie geregelte aktive und unverzügliche Information der Öffentlichkeit, um sicherzustellen, dass Badende rechtzeitig über die Begehbarkeit von Badegewässern aufgeklärt werden. Die behördlichen Maßnahmen reichen von einer Information (bei einem Potenzial zur Blütenbildung) über eine Warnung (beim Auftreten der saisonalen Blüte) bis hin zum Abraten vom Baden oder einem Badeverbot (beim Massenvorkommen). Zur Information haben die Bundesländer interaktive Badestellenlisten oder -karten entwickelt, die eine mögliche Massenentwicklung von Cyanobakterien bei den jeweiligen Badegewässern aufführen.¹⁹ Diese enthalten auch aktuelle Warnhinweise und Badeverbote. Badeverbote für einzelne Gewässer werden in der Regel auch direkt vor Ort angebracht und oftmals in den örtlichen Medien kommuniziert.

Das UBA empfiehlt dazu: *„Da Warnungen grundsätzlich auf größere Akzeptanz stoßen, wenn sie auf einer regelmäßigen Information der Bürger über die Badegewässerqualität aufbauen können, empfiehlt sich eine regelmäßige Veröffentlichung der im Rahmen der Überwachung ermittelten Messergebnisse (Fäkalindikatoren, Cyanobakterien(blüten), sonstige Risiken).“*²⁰ Darüber hinaus stellen die Behörden auf Landesebene teilweise allgemeine Informationen zu äußerlich erkennba-

17 Siehe z. B. Berlin, Landesamt für Gesundheit und Soziales, Badegewässerprofile, abrufbar unter <https://www.berlin.de/lageso/gesundheitschutz/badegewaesser/badegewaesserprofile/>.

18 UBA, Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen, in: Bundesgesundheitsblatt 2024 (67), S. 1192–1204 (1197), abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/empfehlung-schutz-von-badenden-vor-cyanobakterien-0>.

19 Siehe z. B. Berlin, Landesamt für Gesundheit und Soziales, Liste der Badestellen, abrufbar unter <https://www.berlin.de/lageso/gesundheitschutz/badegewaesser/liste-der-badestellen/?q=&bad-name=--+Alles+--&bezirk=--+Alles+--&ipp=20#searchresults>; Landesregierung Brandenburg, Badestellen im Land Brandenburg, abrufbar unter https://badestellen.brandenburg.de/badestellen?p_p_id=zitbb_badestellen_portlet_ZitbbBadestellenPortlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view sowie Sächsisches Staatsministerium für Soziales und Gesellschaftlichen Zusammenhalt, Gesundheitlicher Verbraucherschutz, Aktuelle Untersuchungen der sächsischen EU-Badegewässer, abrufbar unter <https://apps.gesunde.sachsen.de/badegewaesser.php>.

20 UBA, Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen, in: Bundesgesundheitsblatt 2024 (67), S. 1192–1204 (1198), abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/empfehlung-schutz-von-badenden-vor-cyanobakterien-0>.

ren Indikatoren eines Massenvorkommens von Cyanobakterien zur Verfügung, wie beispielsweise die Einschränkung der Sichttiefe oder die grünliche Färbung des Wassers, anhand derer Badende sensibilisiert werden sollen.²¹

Zur Verringerung der Gefahr einer Verschmutzung mit Cyanobakterien gehören auch Maßnahmen, die die Ursache der Entstehung von Cyanobakterien in den Mittelpunkt rücken: der Schutz und die Bewirtschaftung der Gewässer im Sinne des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG²²).²³ Entsprechende Regelungen im WHG gehen auf die europäische Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasser-Rahmen-RL)²⁴ zurück und setzen deren Vorgaben auf nationaler Ebene um. Um die Ziele eines modernen Gewässerschutzes zu erreichen, werden – ausgehend vom jeweiligen Gewässerzustand – Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands abgeleitet und in Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen dokumentiert.²⁵

3. Einflussfaktoren auf Blaualgenblüten

Es gibt mehrere tausend verschiedene Arten von Cyanobakterien, die nicht alle gleichermaßen gut charakterisiert sind. Von circa 40 Arten ist bekannt, dass sie Giftstoffe bilden. Unzählige Umweltfaktoren beeinflussen das Erstarben einer Population einer bestimmten Algenspezies, ohne dass die komplexen Zusammenhänge der ineinandergreifenden ökosystemischen Regelkreise bereits verstanden wären. Eine einfache Vorhersage von Algenblüten und des Zusammenbruchs von Algenteppichen ist nicht etabliert.²⁶

-
- 21 So z. B. in Brandenburg Ministerium für Gesundheit und Soziales, Badegewässer, abrufbar unter <https://msgiv.brandenburg.de/msgiv/de/themen/verbraucherschutz/wasserhygiene/badegewaesser/> sowie Baden-Württemberg, Blaualgen-Cyanobakterien, abrufbar unter <https://badegewaesserkarte.landbw.de/?dlg=Blau-algen---Cyanobakterien>.
- 22 Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 409).
- 23 UBA, Cyanocenter, Regularien zur Überwachung von Gewässern und Trinkwasser auf Cyanotoxine, 15. Juli 2016, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserforschung-im-uba/cyanocenter#forschung-und-beratung-uber-toxische-cyanobakterien-risikobewertung-analytik-management>.
- 24 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, ABl. L 327 vom 22. Dezember 2000, S. 1.
- 25 UBA, Wasserrahmenrichtlinie, 12. Oktober 2022, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/wasserrahmenrichtlinie#undefined>.
- 26 Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde: Faktenblatt „Blaualgen“ / Cyanobakterien, 16. Juli 2021, abrufbar unter <https://www.io-warnemuende.de/blau-algen-cyanobakterien.html>.

Blaualgengrün könnten Hinweisen aus der Forschung²⁷ zufolge weltweit zunehmen, da sich die Wassertemperaturen mit der Erderwärmung erhöhen und Cyanobakterien höhere Wassertemperaturen bevorzugen. Die Befunde in der wissenschaftlichen Fachliteratur sind bisher jedoch uneinheitlich, da auch das Auftreten von Fressfeinden mit den wärmeren Wassertemperaturen begünstigt werden kann. Auch das UBA als Bundesoberbehörde und ein Akteur der Forschung erkennt anhand von Satellitenbildern von 16 unterschiedlichen Naturräumen und deren Seen bisher keinen eindeutigen Trend im Hinblick auf Cyanobakterien, da die Zeitreihe noch kurz und lückenhaft sei. In sehr warmen Sommern könne jedoch der Anteil stark belasteter Seen überdurchschnittlich hoch liegen.²⁸

Auch eine verminderte Durchmischung des Wassers und damit größere Stabilität in der Wassersäule kann die Vermehrung von Cyanobakterien begünstigen. Vermehrte Nährstoffeinträge durch anthropogene Aktivität angefangen vom Eintrag geklärter Abwässer und ebenso der umgebenden Landwirtschaft fördern die Vermehrung von Algen. Organische Schadstoffe und auch ein veränderter Lichteinfall beeinflussen die Populationen ebenfalls.²⁹

Blaualgengrün können durch eine verstärkte Durchmischung des Wasserkörpers und Frischwassereintrag in das betroffene Gewässer auf natürliche Weise zurückgehen. Seen mit einem Durchfluss verlieren beispielsweise an Blaualgengrünbestand, wenn die abfließende algenreiche Wassermenge größer ist als die zufließende algenarme Wassermenge. Ebenso können Winde dazu beitragen, dass die oberflächlich treibende Algenbiomasse in Richtung des Abflusses transportiert wird.³⁰

Cyanobakterien reagieren überdies empfindlich auf UV-B-Strahlung der Sonne, weshalb sie bei entsprechend starker Sonneneinstrahlung zurückgehen. Dabei werden die photosynthetischen Pigmente angegriffen, und es kommt zum sichtbaren Ausbleichen der Algenteppiche. Deshalb kann das Aufschwimmen von ausgedehnten Blaualgenteppichen selbst den Zusammenbruch der

-
- 27 Exemplarisch Kleinteich, Julia u. a., Climate change triggered planktonic cyanobacterial blooms in a regulated temperate river, in: Scientific Reports 2024, 14, 16298, abrufbar unter <https://www.nature.com/articles/s41598-024-66586-w>.
- 28 UBA, Cyanobakterienbelastung von Badegewässern, 28. November 2023, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/monitoring-zur-das/handlungsfelder/gesundheit/ge-i-6/indikator>. Cheng, Wenduo u. a., The Special and General Mechanism of Cyanobacterial Harmful Algal Blooms, 10. April 2023, in: Microorganisms, 11, 4, 987, abrufbar unter <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10144548/>.
- 29 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors, in: Harmful Algae 2024, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.
- 30 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors, in: Harmful Algae 2024, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.

Population begünstigen. Sie sind dort starker UV-Strahlung ausgesetzt und verbrauchen den im Wasser gelösten Kohlenstoff rasch zur Vermehrung. Dadurch kann der pH-Wert des Wassers auf 10 bis 11 ansteigen, und im alkalischen Milieu sterben die Cyanobakterienzellen vermehrt ab.³¹

Einige im Wasser vorkommende Pflanzen wie das Ährige Tausendblatt (eine krautige Pflanze) produzieren zudem Signal- und Botenstoffe, die das Wachstum bestimmter Cyanobakterien eindämmen können. Je nach Spezies sind die Blaualgen jedoch unterschiedlich empfindlich gegenüber diesen Boten- und Signalstoffen von höheren und niederen Pflanzen im Wasser. Generell wird die Zurückdrängung von Blaualgen durch bestimmte Wasserpflanzen eher bei nicht-toxischen Cyanobakterienarten beobachtet, weshalb entsprechende Pflanzen über die natürliche Selektion umgekehrt sogar das Auftreten toxischer Cyanobakterienkolonien fördern.³²

Weiterhin sind auch bestimmte Bakterien und Pilze bekannt, die einzelne Cyanobakterienstämme über Botenstoffe kompromittieren und zurückdrängen können. Genauso existieren Phytoplanktonvertreter, die Substanzen abgeben, die Blaualgenblüten eindämmen. Cyanobakterien können weiterhin wie jeder Organismus auch von bakteriellen und pilzlichen Krankheitserregern befallen werden, die zum Niedergang der Population führen. Hier werden in der Fachliteratur Chytridpilze als relevante Gattung genannt.³³ Problematisch ist, dass es bei einigen der genannten natürlichen Mechanismen zum Platzen der Zellwand der Blaualgen kommt (Lyse) und die darin enthaltenen Toxine bei giftigen Spezies in großen Mengen in die Gewässer freigesetzt werden. Das kann erhebliche Effekte auf das gesamte Ökosystem nach sich ziehen (siehe Kapitel 1).

In der jüngeren Forschung wird vermehrt auf den Zusammenhang hingewiesen, dass auch spezifische Viren gegen Cyanobakterien existieren. Dabei handelt es sich um sogenannte Phagen, die auf bestimmte Bakterien als Wirt spezialisiert sind, in dem sie diese „fressen“ (phagein, aus dem Griechischen: „fressen“).³⁴ Es konnten Phagen identifiziert werden, die hochselektiv bestimmte Cyanobakterienarten attackieren. Im Labor ließen sich auf diese Weise Blaualgen bekämpfen; gleichwohl könne es auch hier zur Freisetzung von Bakterientoxinen kommen.³⁵

31 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors, in: Harmful Algae 2024, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.

32 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors, in: Harmful Algae 2024, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.

33 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors, in: Harmful Algae 2024, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.

34 Deutsches Zentrum für Infektionsforschung (DZIF), Bakteriophagen, abrufbar unter <https://www.dzif.de/de/glossar/bakteriophagen>.

35 Bhatt, Pankaj u. a., Cyanophage technology in removal of cyanobacteria mediated harmful algal blooms: A novel and eco-friendly method, in: Chemosphere 2023, 315, 137769, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653523000358>.

Auch Zooplankton – und hier im Besonderen Daphnien (Kleinkrebstiere) – können sich von Cyanobakterien ernähren und diese zurückdrängen. Gut dokumentiert ist auch, dass Dreikantmuscheln sich vornehmlich von Cyanobakterien ernähren. Diese Muschelfamilie gilt jedoch als invasiv in Europa und Nordamerika und drängt heimische Muschelarten zurück. Verschiedene Studien zeigten, dass es zu einem deutlichen Rückgang von Cyanobakterien infolge der Invasion von Dreikantmuscheln in Gewässern komme. Danach erhole sich der Blaualgenbestand allerdings wieder (Rebound-Effekt).³⁶

4. Verfahren zum Blaualgenmanagement

Aufgrund der Toxizität und der Auswirkungen von Blaualgenblüten auf menschliche Tätigkeiten von der Trinkwassernutzung bis zur Naherholung sind eine Vielzahl von Managementmaßnahmen gegen Blaualgen angewendet und beschrieben worden. Ihre Wirksamkeit lässt sich keineswegs einfach vorhersagen und ist von vielen Faktoren abhängig. Im Auftrag der Weltgesundheitsorganisation haben die Spezialisten Ingrid Chorus und Martin Welker einen Leitfaden zum Umgang mit toxischen Cyanobakterien im Wasser herausgegeben, der in diesem Zusammenhang international wegweisend ist.³⁷ Eine Zusammenschau von Forschenden des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin aus dem Jahr 2024 ergänzt den Leitfaden um aktuelle Forschungsbefunde und bringt zusätzliches Verständnis für die zugrunde liegenden ökologischen Gleichgewichte.

In der Fachliteratur besteht Einigkeit, dass die wichtigste Maßnahme zur Vermeidung von Blaualgenblüten die Eindämmung und Kontrolle des Nährstoffeintrags ist. Etwa empfiehlt das UBA dies als nachhaltigste Maßnahme zur Vermeidung möglicher Gesundheitsrisiken durch Cyanobakterien. Konkret benennt es Maßnahmen wie die Sanierung des eingeleiteten Abwassers, die bessere Niederschlagswasserbewirtschaftung von versiegelten Flächen oder die Anpassung der landwirtschaftlichen Praktiken.³⁸

Der Vorrang der Prävention und des Ursachenmanagements spiegelt sich in der internationalen Leitlinie der WHO wider. Das zentrale Steuerungselement ist demnach die nachhaltige Bewirtschaftung des Einzugsgebiets eines Wasserkörpers, um die Nährstoffbelastung, insbesondere die Phosphorbelastung, zu verringern. Wenn sich dennoch toxische Cyanobakterien vermehren, bleibt als letzte und wirksame Option die Kontrolle der Exposition des Menschen. Für die Nut-

36 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors, in: *Harmful Algae* 2024, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.

37 Chorus, Ingrid/Welker, Martin (Hrsg.), *Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, 2. Auflage, Boca Raton, abrufbar unter <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>.

38 UBA, Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen, in: *Bundesgesundheitsblatt* 2024 (67), S. 1192–1204 (1199), abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/empfehlung-schutz-von-badenden-vor-cyanobakterien-0>. Chorus, Ingrid/Welker, Martin (Hrsg.), *Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, 2. Auflage, Boca Raton, abrufbar unter <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>.

zung von Badegewässern zum Schwimmen und zum Wassersport kann die vorübergehende Einschränkung wie auch das Verbot des Verzehr von Fisch und Schalentieren aus dem betroffenen Gewässer den Schutz der Gesundheit gewährleisten.³⁹

Die Maßnahmen zur Bewirtschaftung eines Gewässers könnten im Einzelfall spezifische Verfahren des Algenmanagements enthalten. Diese lassen sich in physikalische, biologische und chemische Methoden unterteilen.⁴⁰ Eine systematische Berichterstattung, in welchem Umfang die Managementmaßnahmen an Badegewässern hierzulande Anwendung finden, gibt es bislang nicht. Es finden sich Hinweise, dass die Maßnahmen in der Abstufung: physikalische Verfahren, chemische Verfahren und biologische Verfahren relevant sind und immer wieder in einzelnen Fällen zum Einsatz kommen könnten (s. Kap. 6).

4.1. Physikalische Verfahren

Das Einbringen von Luftsauerstoff, die damit verbundene künstliche Vermischung von Wasserkörpern wie auch das Entlüften tiefer Wasserschichten ist eine bekannte physikalische Methode, die auch an Badeseen angewandt wird. Dieser manchmal auch als „(Tiefen-)Wasserentlüftung“ bezeichnete Eingriff wird in der internationalen Leitlinie zum Management von Blaualgenblüten empfohlen, wobei darauf hingewiesen wird, dass der kontinuierliche Betrieb mit erheblichen Kosten für Energie und Wartung verbunden ist.

Die gebräuchlichsten und wirksamsten Vorrichtungen seien sogenannte Blasenbelüfter. Sie funktionieren, indem sie eine Reihe von feinen Luftblasen aus einem Rohr oder einer Leitung in der Nähe des Seegrundes freisetzen. Während die Luftblasen aufsteigen, reißen sie Wasser aus verschiedenen Tiefen mit und bilden eine aufsteigende Strömung. Der Wasserkörper wird so mit Sauerstoff versorgt und die Vermischung der Wasserschichten stimuliert.⁴¹

Bei durchströmten Badegewässern wird auch mit einem Management des Zu- und Abflusses des Wassers gearbeitet, wenn etwa Wehre am Abfluss diesen steuern können. Denn in rasch fließenden Gewässern treten aufgrund der Turbulenzen und hohen Fließgeschwindigkeit in der Regel keine Blaualgenblüten auf. Die hydraulische Veränderung muss jedoch deutliche Veränderungen der Fluss- und Vermischungseigenschaften des Wassers über den Zeitraum mit sich bringen, in dem Cyanobakterien ihre Zahl typischerweise verdoppeln – je nach Bestand in einigen Tagen oder bis zu zwei Wochen. Da auch Staumauern und bauliche Eingriffe in Fließgewässer der Grund für Blaualgenblüten sein können, wenn sie zur Stagnation des Wassers führen, kann der

39 Chorus, Ingrid/Welker, Martin (Hrsg.), Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, 2. Auflage, Boca Raton, Kap. 5, S. 297, abrufbar unter <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>.

40 Chorus, Ingrid/Welker, Martin (Hrsg.), Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, 2. Auflage, Boca Raton, Kap. 10.2, S. 602, abrufbar unter <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>.

41 Chorus, Ingrid/Welker, Martin (Hrsg.), Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, 2. Auflage, Boca Raton, Kap. 8.5, S. 520, abrufbar unter <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>.

Rückbau und die Renaturierung ebenfalls eine wirksame Maßnahme zum Management von Cyanobakterienblüten sein. Kosten und Nutzen einer gezielten Erhöhung des Durchflusses müssen jedoch abgewogen werden. Sie hängen auch von der lokalen Verfügbarkeit an Wasser ab.⁴²

Wie effektiv solche Maßnahmen sind, ist nicht systematisch untersucht. Die Datenlage zur künstlichen Durchmischung der Wassersäule zeigt aber durchaus, wie komplex die Beeinflussung des Algenbestands ist. Nur für tiefe Gewässer von mehr als zwölf Metern Tiefe halten Harris u. a. diese für einen erfolgversprechenden Eingriff zur Verminderung der Blaualgenblüte. Bei flacheren Gewässern würden Sedimente aufgewirbelt, die Phosphate als Nährstoff freisetzen, was umgekehrt zu einer verstärkten Algenvermehrung führe.⁴³

Des Weiteren kann die Wasseroberfläche über Siebe oder Rechen von aufschwimmender Biomasse gereinigt werden. Entsprechende Einrichtungen lassen sich an etlichen Seen beobachten.

Als neueres physikalisches Verfahren wird die Behandlung des Wassers mit Ultraschallwellen beschrieben. Zur Wirksamkeit im Freiland liegen jedoch bis dato widersprüchliche Ergebnisse vor.⁴⁴

4.2. Chemische Verfahren

In der Fachliteratur werden weiterhin chemische Managementstrategien gegen Algenblüten erörtert. Dazu zählt das Zusetzen von Flockungsmitteln wie Kaolin, Kohlepulver oder Chitosan, an die sich die Cyanobakterien anheften und dann zum Grund sinken.⁴⁵

Im Leitfaden für die Weltgesundheitsorganisation wird hingegen die Phosphorelimination hervorgehoben. Dem Gewässer werden Phosphorfällungsmittel zugefügt, die zum Ausfallen und Absinken von Phosphorsalzen führen können. Die Phosphorfällung kann abhängig von den Phosphor-Gleichgewichten im Gewässer und den Sedimenten erfolgreich sein, aber auch scheitern, weshalb Chorus und Welker eine genaue Expertise der Sedimentchemie und Hydrologie des jeweiligen Gewässers fordern. Etwa können Gewässer mit von Natur aus hohen Gehalten an Eisen- oder Kalziumverbindungen, die auf natürliche Weise zum Ausfallen von Phosphorsalzen führen, ihre Selbstreinigungsfähigkeit durch künstliche Phosphoreliminationsmaßnahmen im Einzugsgebiet oder Zufluss verlieren. Zu den Voraussetzungen für einen möglichen Erfolg gehört, dass der

42 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors, in: Harmful Algae 2024, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.

43 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors, in: Harmful Algae 2024, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.

44 Chorus, Ingrid/Welker, Martin (Hrsg.), Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, 2. Auflage, Boca Raton, Kap. 8.10, S. 552, abrufbar unter <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>.

45 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors, in: Harmful Algae 2024, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.

anthropogene Phosphoreintrag gering sein muss, dass das Wasser ausreichend mit Sauerstoff versorgt und ausreichend tief ist. Zu den gebräuchlichen Flockungsmitteln zählen Eisensalze (Chloride, Sulfate), Eisen-Aluminiumsulfat, Zeolithe, Lanthan-modifizierte und konventionelle Tonminerale und Kalk sowie Nebenprodukte des Bergbaus, der Mineralienverarbeitung oder der Industrie.⁴⁶

Der dann in den Sedimenten gebundene Phosphor könne laut Chorus und Welker auch mittels Ausbaggerns entfernt werden, um zu verhindern, dass daraus wieder Phosphate in Lösung gingen, wobei es sich um einen kostspieligen und weitreichenden Eingriff in den Gewässerhaushalt handele. Sedimente, die zudem mit organischen Schadstoffen und Schwermetallen belastet seien, seien als gefährlicher Abfall gesondert zu entsorgen.⁴⁷

Zur Verringerung des Phosphorgehaltes in Gewässern wird auch das Spülen mit phosphorarmen Wässern als Maßnahme genannt. Dieses Prinzip wurde unter anderem in einem Modellprojekt des UBA untersucht. Am Tegeler See und am Schlachtensee in Berlin wurden die Phosphatgehalte im Zulauf der Seen über separat errichtete Anlagen mittels Phosphorfällung verringert und den Seen die dann phosphatärmeren Wässer zugeführt. Dies hat laut UBA im Verlauf von Jahrzehnten zu einer verminderten Blaualgenblüte geführt, nachdem der Gesamtphosphorgehalt auf unterhalb von 60 bis 100 Mikrogramm je Liter im Tegeler See und 30 Mikrogramm je Liter im Schlachtensee gefallen war.⁴⁸

Forschende weisen allerdings darauf hin, dass die Verminderung des Phosphorgehaltes allein nicht zielführend sei. Im Ergebnis führe eine Phosphorreduktion zwar zu weniger Blaualgen insgesamt, aber im Verhältnis zu mehr giftproduzierenden Blaualgen, – und zwar zu so viel mehr, dass die Menge an Toxinen im See sogar absolut zunehme.⁴⁹

-
- 46 Chorus, Ingrid/Welker, Martin (Hrsg.), Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, 2. Auflage, Boca Raton, Kap. 8, S. 529, abrufbar unter <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>.
- 47 Chorus, Ingrid/Welker, Martin (Hrsg.), Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, 2. Auflage, Boca Raton, Kap. 8, S. 532, abrufbar unter <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>.
- 48 UBA, Beherrschung der Gewässereutrophierung, 27. August 2013, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserforschung-im-uba/cyanocenter/beherrschung-der-gewaessereutrophierung#eutrophierung-und-oligotrophierung>.
- 49 Hellweger, Ferdi L. u. a., Models predict planned phosphorus load reduction will make Lake Erie more toxic. in: Science 2022, 376, 6596, 1001-1005, abrufbar unter <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abm6791>.

Algizide Substanzen wie Kupfersulfat und Wasserstoffperoxid können ebenfalls Cyanobakterien beseitigen, jedoch nicht nur diese. Kupfersalze schädigen eine Vielzahl von Gewässerorganismen. Nicht ohne Grund ist Kupfersulfat als wassergefährdend in der Kategorie 2 gemäß REACH-Verordnung⁵⁰ in Verbindung mit der CLP-Verordnung zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien der EU⁵¹ eingestuft.

Entsprechend dem Leitfaden von Chorus und Welker werden Algizide in einigen Regionen in großem Umfang eingesetzt, um Ausbrüche von Cyanobakterienblüten schnell zu beseitigen und Cyanotoxine sowie durch Cyanobakterien verursachte Fehlgeschmäcker im Trinkwasser zu vermeiden. Die Behandlung mit Algiziden sei in der Trinkwasseraufbereitung ein kosteneffizientes Verfahren. Sofern die Algizidfreisetzung direkt in den Naturhaushalt erfolge, sei dieser jedoch ökologisch bedenklich. Das am häufigsten verwendete Algizid, Kupfersulfat, ist toxisch für bestimmte Wasserorganismen und reichert sich in den Sedimenten an. Weiterhin kann es beim Einsatz von Algiziden durch Lyse der Zellwände der Cyanobakterien zur massenhaften Freisetzung von Toxinen mit ökologischen Folgen (siehe Kapitel 1) kommen. Diese Bedenken führen dazu, dass die Algizidbehandlung in Seen nur unter besonderen Umständen als Notfallmaßnahme zu einem bestimmten Zeitpunkt durchgeführt werden kann, insbesondere wenn keine alternativen Trinkwasserquellen zur Verfügung stehen und vorbeugende Maßnahmen nicht durchführbar oder noch nicht wirksam sind. In vielen Ländern verbieten oder beschränken nationale oder lokale Umweltvorschriften laut Leitfaden von Chorus und Welker den Einsatz von Algiziden aufgrund ihrer negativen Umweltauswirkungen. Bevor der Einsatz von Algiziden in Erwägung gezogen wird, müssen daher die rechtlichen Anforderungen geklärt werden.⁵²

4.3. Biologische Verfahren

Neben chemischen und physikalischen Verfahren des Algenmanagements gibt es Maßnahmen der sogenannten „Biomaniipulation“, bei denen der Nahrungsdruck auf Cyanobakterien über Eingriffe in das Nahrungsnetz erhöht wird. Die Eingriffe zielen oft darauf, das Wachstum von Zooplankton zu fördern. Dieses nutzt Cyanobakterien als direkte Nahrungsquelle und verdrängt sie zudem durch sein Wachstum. Auch die Förderung von Wasserpflanzen, die mit Cyanobakte-

50 Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission, ABl. L 396 vom 30. Dezember 2006.

51 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, ABl. L 353 vom 31. Dezember 2008.

52 Chorus, Ingrid/Welker, Martin (Hrsg.), Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, 2. Auflage, Boca Raton, Kap. 15, S. 815, abrufbar unter <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>.

rien um Nährstoffe konkurrieren oder sie über Botenstoffe an der Ausbreitung hindern, ist als Managementverfahren bekannt. Biomanipulation könne bei moderater Nährstoffbelastung erfolgreich sein, bei hohen Belastungen jedoch nicht, urteilen Chorus und Welker in ihrem Leitfaden.⁵³

Insgesamt kann sich allerdings auch die Biomanipulation als ineffektiv erweisen, da sie die genaue Kenntnis der vorkommenden Arten und der Rahmenbedingungen im Ökosystem erfordern würde. Die Wassertiefe, pH-Wert und Nährstoffkonzentrationen und die vorhandenen Spezies müssten genauer charakterisiert sein, erörtern Harris u. a. Auch müssten Nachhaltigkeitsaspekte der Algenbekämpfung wie der Klimafußabdruck, der Wasser- und Ressourcenverbrauch der Eingriffe betrachtet werden.⁵⁴

Diskutiert wird, ob sich die massenhafte Freisetzung von antagonistischen Phagen, die spezifisch die jeweils vorhandene Blaualgenart verstoffwechseln, zum Management von Blaualgen eignen würden. Eine wachsende Zahl an Phagen, die jeweils spezifisch für eine oder wenige Blaualgenarten sind, wird von Forschenden weltweit in einzelnen Gewässern gefunden und charakterisiert.⁵⁵

Nichtsdestotrotz sind erst für einen kleinen Teil der Blaualgenarten entsprechende Phagen beschrieben. Zudem würde die explosionsartige Vermehrung der Cyanobakterien in Teppichen das Einleiten von mehr als einer Milliarde Liter Phagenlösung erfordern, errechneten Forschende vom Beispiel des Lake Okeechobee, dem größten See im US-Bundesstaat Florida. Die dann freigesetzten Toxine könnten erhebliche ökologische Schäden anrichten und der immense Wasserverbrauch der Bekämpfungsmaßnahme sei ebenfalls kritisch zu betrachten.⁵⁶

5. Einbringen und Einleiten von Stoffen in oberirdische Gewässer

Im Rahmen der Bewirtschaftung von Gewässern könnten also physikalische, chemische und biologische Verfahren des Algenmanagements als Maßnahmen erwogen werden. Dabei ist aber zu beachten: Das Einbringen und Einleiten von Stoffen in Gewässer stellt nach § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG eine Gewässerbenutzung dar, die nach § 8 Abs. 1 WHG grundsätzlich⁵⁷ einer Gestattung

53 Chorus, Ingrid/Welker, Martin (Hrsg.), Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, 2. Auflage, Boca Raton, abrufbar unter <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>.

54 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors. In: Harmful Algae 2024, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.

55 Bhatt, Pankaj u. a., Cyanophage technology in removal of cyanobacteria mediated harmful algal blooms: A novel and eco-friendly method. In: Chemosphere 2023, 315, 137769, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653523000358>.

56 Harris, Ted u. a., What makes a cyanobacterial bloom disappear? A review of the abiotic and biotic cyanobacterial bloom loss factors. 2024, in: Harmful Algae, 133, 102599, abrufbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988324000337>.

57 Ausnahmen sind in § 8 Abs. 2 (Gefahrenabwehr) und Abs. 3 (Landesverteidigung) WHG normiert.

(Erlaubnis bzw. Bewilligung)⁵⁸ bedarf.⁵⁹ Das Einbringen bezieht sich auf feste Stoffe, während das Einleiten flüssige oder gasförmige Stoffe meint.⁶⁰ Die Zuständigkeit für die Erteilung einer Gestattung regeln die einzelnen Bundesländer in ihren Wassergesetzen.⁶¹ Nach § 12 WHG ist die Erlaubnis bzw. Bewilligung zu versagen, wenn schädliche oder nicht ausgleichbare Gewässerveränderungen zu erwarten sind.⁶² Als schädliche Gewässerveränderungen definiert § 3 Nr. 10 WHG Veränderungen von Gewässereigenschaften, die das Wohl der Allgemeinheit, insbesondere die öffentliche Wasserversorgung, beeinträchtigen oder die nicht den Anforderungen des WHG und sonstigen wasserrechtlichen Vorschriften entsprechen. Im Übrigen steht die Erteilung der Gestattung im pflichtgemäßen Ermessen (Bewirtschaftungsermessen) der zuständigen Behörde (§ 12 Abs. 2 WHG). Die allgemeinen Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung finden sich in § 6 WHG. Danach sind die Gewässer nachhaltig zu bewirtschaften. Ziel ist es u. a. „ihre Funktions- und Leistungsfähigkeit als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu erhalten und zu verbessern, insbesondere durch Schutz vor nachteiligen Veränderungen von Gewässereigenschaften“ und „sie zum Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch im Interesse Einzelner zu nutzen“ sowie die „Nutzungsmöglichkeiten insbesondere für die öffentliche Wasserversorgung zu erhalten.“ Bei der Ermessensausübung sind auch die Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer nach § 27 WHG zu berücksichtigen.⁶³

6. Bewirtschaftung oberirdischer Gewässer und die Rolle des Algenmanagements

Für die Behörden ist § 27 WHG, der die in Art. 4 Abs. 1 Buchst. a Wasser-Rahmen-RL festgelegten Umweltziele (Verschlechterungsverbot und guter Gewässerzustand bzw. gutes ökologisches Potenzial) in deutsches Recht umsetzt, zu beachten. Die Vorschrift enthält generelle Qualitätsanforderungen für oberirdische Gewässer (u. a. Seen) und bildet damit die maßgebliche Leitvorschrift der Gewässerbewirtschaftung.⁶⁴ Als Adressaten für die Umsetzung der Bewirtschaftung

58 Zum Unterschied von Erlaubnis und Bewilligung näher Pape/Snjka, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht, Werkstand: 105. Ergänzungslieferung September 2024, § 8 Rn. 22 ff.

59 Die Wassergesetze der Bundesländer regeln dazu weitere Einzelheiten, siehe z. B. Berliner Wassergesetz, § 13b ff.

60 Hasche, in: Beck Online-Kommentar Umweltrecht, 72. Edition, Stand: 1. Dezember 2017, § 9 Rn. 8.

61 In Bayern ist z. B. nach § 63 Abs. 1 Bayerisches Wassergesetz die Kreisverwaltungsbehörde, also das Landratsamt für das Gebiet des Landkreises bzw. die kreisfreie Stadt für ihr Stadtgebiet zuständig. In bestimmten Fällen können auch größere kreisangehörige Gemeinden zuständig sein, siehe [https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/recht/index.htm#:~:text=wenn%20Sie%20Wasser%20aus%20einem.Plangenehmigung%20\(%C2%A7%2068%20WHG\)](https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/recht/index.htm#:~:text=wenn%20Sie%20Wasser%20aus%20einem.Plangenehmigung%20(%C2%A7%2068%20WHG)). In Berlin richtet sich die Zuständigkeit nach § 85 Berliner Wassergesetz (Zuständigkeit der Bezirksämter für die bezirklichen Seen). Näher Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, Wasser und Geologie, Oberflächengewässer, Kontakte und Zuständigkeiten, abrufbar unter <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/wasser-und-geologie/oberflaechengewaesser/kontakte-und-zustandigkeiten/>.

62 Für das Einleiten von Abwasser ist zudem § 57 WHG relevant.

63 Schendel/Scheier, in: Beck Online-Kommentar Umweltrecht, 72. Edition, Stand: 1. Oktober 2024, § 12 Rn. 13.

64 Landmann/Rohmer, Umweltrecht, Werkstand: 105. Ergänzungslieferung September 2024, § 27 Rn. 1; Ginzky/Brade, in: Beck Online-Kommentar Umweltrecht, 72. Edition, Stand: 1. Januar 2024, § 27 Vorbemerkung.

nach § 27 WHG sind die zuständigen Wasserbehörden der Länder zu nennen, auch wenn sich die Bewirtschaftungsziele mittelbar auf die Erteilung von Erlaubnissen und Bewilligungen zur Einleitung von Stoffen auswirken.⁶⁵ § 27 Abs. 1 WHG legt fest:

„Oberirdische Gewässer sind, soweit sie nicht nach § 28 als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, so zu bewirtschaften, dass

1. eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands⁶⁶ vermieden wird und

2. ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden.“

Der Begriff der Bewirtschaftung wird in § 27 WHG ebenso wie in § 6 WHG weit verstanden, so dass auch die von der Wasser-Rahmen-RL geforderte Sanierung von Gewässern, die sich noch nicht in einem guten Zustand befinden, davon erfasst ist.⁶⁷ Als Steuerungsmittel stellen die Länder Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme auf, um die Bewirtschaftungsziele für die oberirdischen Gewässer zu fördern. Die Sanierung der Gewässer beinhaltet mitunter die Prävention und Minimierung von Cyanobakterien. So umfasst der Leitfaden der niedersächsischen Maßnahmenplanung für Oberflächengewässer als eine der Maßnahmen gegen cyanobakterielle Massenvorkommen die sog. Tiefenwasserbelüftung und damit ein physikalisches Verfahren der Algenbekämpfung.⁶⁸

Laut des Berliner Länderberichts zur Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans und des Maßnahmenprogramms für den Zeitraum 2022 bis 2027 konnte ein Rückgang der Nährstoffkonzentration verzeichnet werden, der auf den Betrieb der Phosphateliminierungsanlage Tegel ab den 80er Jahren am Tegeler See und die Phosphorfällung im Groß Glienicker See zurückführen sei.⁶⁹

Der Begriff der Verschlechterung des Zustands eines Oberflächenwasserkörpers *„ist dahin auszulegen, dass eine Verschlechterung vorliegt, sobald sich der Zustand mindestens einer Qualitätskomponente im Sinne des Anhangs V der Richtlinie [gemeint ist die Wasser-RahmenRL, Anm. d. Verf.] um eine Klasse verschlechtert, auch wenn diese Verschlechterung nicht zu einer Verschlechterung der Einstufung des Oberflächenwasserkörpers insgesamt führt. Ist jedoch die betreffende Qualitätskomponente im Sinne von Anhang V bereits in der niedrigsten Klasse*

65 Durner, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht, Werkstand: 105. Ergänzungslieferung September 2024, § 27 Rn. 8.

66 Der Begriff Gewässerzustand ist nach § 3 Nr. 8 WHG definiert als die auf Wasserkörper bezogenen Gewässereigenschaften als ökologischer, chemischer oder mengenmäßiger Zustand eines Gewässers.

67 Ginzky/Brade, in: Beck Online-Kommentar Umweltrecht, 72. Edition, Stand: 1. Januar 2024, § 27 Rn. 6.

68 Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Wasserrahmenrichtlinie Band 3: Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer, Stand: 30. Juni 2020, S. 153, abrufbar unter https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/106511/Leitfaden_Oberflaechengewaeser_Teil_B.pdf.

69 Berliner Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz, Ergänzender Länderbericht Berlins zur Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans und des Maßnahmenprogramms der Flussgebietsgemeinschaft Elbe für den Zeitraum 2022 bis 2027, Stand: Dezember 2021, S. 30, abrufbar unter <https://www.berlin.de/sen/uvk/assets/umwelt/wasser-und-geologie/europaeische-wasserrahmenrichtlinie/wrrl-laenderbericht.pdf>.

*eingeorndet, stellt jede Verschlechterung dieser Komponente eine ‚Verschlechterung des Zustands‘ eines Oberflächenwasserkörpers dar“.*⁷⁰ Die Anforderungen an den Gewässerschutz werden durch die nach § 23 WHG erlassene Rechtsverordnung des Bundes zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV)⁷¹ konkretisiert.⁷²

Das Ziel, einen guten ökologischen und chemischen Zustand zu erreichen, sollte gemäß § 29 Abs. 1 WHG grundsätzlich bis zum 31. Dezember 2015 erreicht werden, wobei die Frist um zweimal sechs Jahre bis zum 31. Dezember 2027 verlängert werden kann (§ 29 Abs. 2 und Abs. 3 S. 1 WHG). Lassen sich die Bewirtschaftungsziele aufgrund der natürlichen Gegebenheiten nicht innerhalb der Fristverlängerungen nach Satz 1 erreichen, sind weitere Verlängerungen möglich (§ 27 Abs. 3 S. 2 WHG).

Gegenwärtig erreichen jedoch nur neun Prozent aller Oberflächengewässer einen sehr guten oder guten ökologischen Zustand. Bis dato weist noch kein Oberflächengewässer in Deutschland einen guten chemischen Zustand auf.⁷³ Wären die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie erfüllt worden, wären Blaualgenblüten kein nennenswertes Problem mehr.

* * *

70 EuGH-Urteil vom 1. Juli 2015, Az. C-461/13, BeckRS 2015, 80860.

71 Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873).

72 So enthält die OGewV Anforderungen für die Ermittlung und Bewertung des Gewässers (§ 4 OGewV), die Einstufung seines ökologischen und chemischen Zustands (§§ 5 und 6 OGewV), die Darstellung dieser Zustände (§ 10 Abs. 1 OGewV), die Überwachung der Zustände (§ 9 OGewV) einschließlich Analysemethoden und Qualität der an der Überwachung mitwirkenden Laboratorien (§ 8 OGewV). Dazu Durner in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht, Werkstand: 105. Ergänzungslieferung September 2024, WHG, Vorbem. §§ 27–31 Rn. 2.

73 UBA, Die Wasserrahmenrichtlinie - Gewässer in Deutschland 2021, 1.3.2024, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserrahmenrichtlinie/die-wasserrahmenrichtlinie-gewaesser-in-deutschland>.