

Sauerstoffanreicherung in Seen

Einer massenhaften Blaualgenblüte mit geringem Kostenaufwand entgegenwirken

In vielen Seen kommt es im Sommer zu Blaualgenblüten. Die Auswirkungen trüben über Wochen das Erscheinungsbild der betroffenen Gewässer. An der Wasseroberfläche bilden abgestorbene Blaualgen eine übelriechende Schicht, die bei direktem Kontakt zu Haut- und Schleimhautreizungen führen kann. Dies bedeutet nicht nur ein Schwimmverbot für Badegäste, sondern schränkt auch das Angeln ein. Für das Ökosystem in einem See ist die Algenblüte eine extreme Situation, unter der auch der Fischbestand leidet. Solange nicht festgestellt wurde, ob es sich um eine giftige Blaualgenart handelt, sollte ein Kontakt mit dem Wasser vermieden und auf das Angeln verzichtet werden. Bei giftigen Blaualgenarten besteht die Gefahr, dass sich das Gift über den Stoffwechsel im Fleisch eines Fisches anreichert. Der Verzehr eines solchen Fisches kann für den Menschen in Form einer Vergiftung zu Durchfall, Übelkeit und Erbrechen führen und damit ein gesundheitliches Risiko darstellen.

Was sind Blaualgen

Bei Blaualgen handelt es sich um Cyanobakterien, die zu den ältesten Lebensformen auf der Erde zählen. Cyanobakterien wurden bei der wissenschaftlichen Erstbeschreibung aufgrund morphologischer und physiologischer Merkmale fälschlicherweise als Alge eingestuft. Im Gegensatz zu Algen besitzen Cyanobakterien jedoch keinen echten Zellkern und sind demnach keine Algen (Eukaryonten), sondern Bakterien (Prokaryonten). Der Unterschied zu anderen Bakterien liegt darin, dass die meisten Arten der Cyanobakterien bei der Photosynthese Sauerstoff produzieren. Es wird angenommen, dass Cyanobakterien die ersten Organismen auf der Erde waren, die Sauerstoff in der Erdatmosphäre freisetzen. Einige Cyanobakterien enthalten neben grünen Photosynthese-Farbstoffen auch den blauen Farbstoff Phycocyanin. Sie sehen daher blaugrün aus, wodurch sie Blaualgen genannt wurden. Es gibt an die 2000 verschiedene Cyanobakterienarten, von denen aber nur bestimmte Arten beim Absterben Toxine freisetzen und damit für Menschen und Tiere giftig sind.

Blaualgen treten in jedem Gewässer in geringen Mengen auf. Problematisch werden erst die Algenblüten und damit die massenhafte Vermehrung. Da sich Blaualgen wie andere Bakterien durch Zellteilung vermehren, können sie sich unter günstigen Bedingungen sehr schnell ausbreiten. Hinzu kommt, dass Cyanobakterien ihre Höhe im Gewässer regulieren können. Die massenhafte Ausbreitung der Blaualgen wird durch Sonnenlicht, Wärme und vor allem durch einen erhöhten Nährstoffgehalt im Gewässer begünstigt. Hierbei steht insbesondere Phosphor im Vordergrund.

Nach dem Absterben der Blaualgenmassen, sinken die Blaualgen auf den Seegrund und werden unter Sauerstoffverbrauch von Organismen mikrobiell abgebaut. Dies kann unter anderem sehr schnell zu Fäulnisprozessen und einem Sauerstoffmangel im Gewässer führen. Es besteht die Gefahr, dass der See „umkippt“ und die geringe Sauerstoffkonzentration im Wasser ein Fischsterben zur Folge hat.

Temperaturbedingte Schichtung der Gewässer

Bei der Verfügbarkeit von Sauerstoff in Seen hat die temperaturbedingte Schichtung des Wassers einen entscheidenden Einfluss. Die Schichtung wird hervorgerufen durch die



Dichteigenschaften des Wassers. Wasser hat bei 4 °C seine höchste Dichte und ist bei dieser Temperatur demnach am schwersten.

Durch die Sonne wird das Oberflächenwasser erwärmt, wogegen im Tiefenwasser kältere Temperaturen vorherrschen. Das Oberflächenwasser (Nährschicht), welches als Epilimnion bezeichnet wird, lagert somit über dem Tiefenwasser (Zehrschicht), dem Hypolimnion. Die beiden Schichten werden durch eine Zwischenschicht getrennt, der sogenannten Sprungschicht (Metalimnion). Es handelt sich hierbei um eine dünne Schicht, die den Übergang zwischen Epilimnion und Hypolimnion bildet. Die stabile Schichtung des Wassers (Stagnation) stellt sich neben dem Sommer auch im Winter ein. Je nach Tiefe, Wassertemperatur und örtlicher Gegebenheiten eines Sees, kann die Schichtung unterschiedlich ausfallen. In sehr kleinen und flachen Teichen wird im Sommer meist das gesamte Gewässer erwärmt und es entsteht keine Sprungschicht.

In unserer Klimazone wird im Frühjahr und Herbst, hervorgerufen durch den Wind, bei gleichmäßiger Wassertemperatur von etwa 4 °C, das Wasser durchmischt (Zirkulation). Hierbei kommt es auch zur Umverteilung von Sauerstoff und Nährstoffen. Im Sommer und Winter wird, bedingt durch die Sprungschicht, der Stoffaustausch zwischen dem Oberflächen- und Tiefenwasser verhindert. Demnach wird nicht nur der Wärmetransport, sondern auch der Transport von Sauerstoff in die Tiefe des Sees unterbunden.

Da im Tiefenwasser weiterhin der Abbau von Biomasse durch sauerstoffverbrauchende Organismen erfolgt, kommt es durch den fehlenden Nachschub an Sauerstoff aus den oberflächennahen Schichten zur Sauerstoffzehrung im Hypolimnion. Bei Mangel an Sauerstoff unterhalb der Sprungschicht kann die Zersetzung von Biomasse zu einer Rücklösung von Phosphat aus dem Sediment führen, welches folglich dem Ökosystem wieder zur Verfügung steht. Unter der Verfügbarkeit von Sauerstoff (aeroben Bedingungen) würde der Nährstoff in den Boden eingelagert werden.

Was wir unternehmen können

Das Ziel ist es, die wärmebedingte Schichtung des Wassers aufzubrechen (künstliche Destratifikation), um den Transport von oberflächennahem sauerstoffreichem Wasser in die Tiefe zu ermöglichen. Dieses Vorgehen ist weltweit die meist angewandte Technik zur Bekämpfung der Blaualgenproblematik.

Im Jahr 2002 empfahlen Prof. Dr.-Ing. Jürgen Michele vom Institut für Energie-, Verfahrens- und Umwelttechnik (EVU) der Jade Hochschule in Wilhelmshaven und Dr. Volker Michele in einer Veröffentlichung die Freistrahlschichttechnik zur Bekämpfung der Blaualgenproblematik. Das Wasser eines Sees wird bei dieser Methode mit einer verfahrenstechnisch klassischen Rührtechnik durchmischt, um die Schichtung des Wassers zu beseitigen (MICHELE & MICHELE 2002).

Infolge der Durchmischung des Sees sollen die Produktion der Blaualgen und andere Symptome eines zu hohen Nährstoffangebotes vermindert werden. Die Ausbildung einer temperaturbedingten Schichtung soll unterbunden, oder zumindest in größere Tiefe verlagert werden, um insbesondere einen Sauerstoffmangel am Grund eines Sees zu verhindern. Dies soll die Rücklösung von im Sediment eingelagerten Nährstoffen, insbesondere die von Phosphor, sowie auch deren Anreicherung im Tiefenwasser verhindern. Tendenziell könnte sich, nach Annahme der Wissenschaftler, der Phosphorgehalt des Sees mit einer solchen Maßnahme reduzieren. Durch die Steigerung der Transportvorgänge, Sauerstoff von oben nach unten und Nährstoffe von unten nach oben, wird eine Zunahme der Unruhe in der



Wassersäule ermöglicht. Da Blaualgen ruhige und stehende Gewässer bevorzugen, stellt die Bewegung im Wasser einen weiteren positiven Faktor zu ihrer Bekämpfung dar. Durch den Einsatz der Freistrahlanlagen soll sich die durchmischte Schicht vergrößern, um das für das Wachstum der Blaualgen notwendige Sonnenlicht zu begrenzen. Die Durchmischung transportiert die weniger schattentoleranten Grün- und Kieselalgen zur Gewässeroberfläche, was ihre Konkurrenz zu den Cyanobakterien fördert (LÜCKING ET AL. 2013).

Mit Unterstützung seitens anderer Institutsmitglieder wurden Versuche unternommen, um die theoretischen Überlegungen mit einer realen Freistrahlanlage experimentell zu überprüfen. Die erste Anlage für den Praxistest wurde im Jahr 2005 im Accumer See in der Nähe von Wilhelmshaven installiert. Unter der Projektleitung von Prof. Dr.-Ing. Peter Lücking vom Institut EVU erfolgte im Auftrag der Stadt Wilhelmshaven, angesichts wachsender Probleme mit Cyanobakterien im Banter See, die Errichtung von zwei Freistrahlanlagen im Rahmen eines Langzeitversuchs. Der Einsatz der Freistrahntechnik im Banter See wurde in einem Zeitraum von fünf Jahren (2008 bis 2012) durchgeführt und von einem biologisch-chemischen Messprogramm begleitet (LÜCKING ET AL. 2013).

Die Auswertung der Messdaten nach Projektende sprechen für einen Erfolg des Einsatzes der Freistrahlanlagen. So trat innerhalb des Projektzeitraums nur selten eine temperaturbedingte Schichtung auf und es wurde kein Sauerstoffmangel in Bodennähe beobachtet. Daneben konnte ein Rücklauf des Phosphatgehaltes sowie der Cyanobakterienmasse verzeichnet werden. Blaualgenblüten traten nur noch kleinflächig und an wenigen Tagen auf (LÜCKING ET AL. 2013).

Die Installation von Freistrahlanlagen verspricht einen Erfolg bei der Bekämpfung von massenhaften Blaualgenblüten und ist, im Verhältnis zu anderen auf der Welt angewandten Verfahren, mit nur sehr geringen Kosten verbunden. Hingegen können für einen einzelnen Fischereiverein die Konstruktion und die Betriebskosten der Anlagen durchaus einen hohen finanziellen Aufwand bedeuten.

Eine kostengünstige Alternative

Wir möchten Ihnen nachfolgend eine kostengünstige Möglichkeit aufzeigen, mit der die Bildung einer Sprungschicht in einem See verhindert oder verzögert werden kann, damit Sauerstoff in die tieferen Bereiche eines Sees gebracht wird.

Die Idee hierfür entwickelte Dr. Michele bei der Beobachtung von Flugdrachen. Er realisierte die Kräfte, die auf einen Drachen wirken, um diesen fliegen zu lassen. Damit sich ein Flugdrache in die Luft erhebt, wird der Schwung des herannahenden Windes heruntergedreht, wodurch eine aufwärts gerichtete Kraft entsteht. Anstatt einen Flugdrachen in die Höhe zu bringen, entstand die Überlegung, die durch den Wind entstandene Oberflächenströmung in einem See mit Hilfe eines Vorhanges aufzufangen und in die Tiefe zu lenken. Hierdurch soll die natürliche Zirkulation unterstützt werden, um die temperaturbedingte Schichtung im See aufzuheben und den Transport von oberflächennahem sauerstoffreichem Wasser in die Tiefe zu ermöglichen (LÜCKING ET AL. 2018).

Zusammen mit Peter Lücking, ebenfalls vom EVU der Jade Hochschule in Wilhelmshaven, und Jürgen Wilken von der GEW Wilhelmshaven GmbH – Bereich Trinkwasserversorgung entwickelte Dr. Michele eine Möglichkeit, die Idee in die Praxis umzusetzen. Im September 2018 erfolgte die Erprobung im Banter See in Wilhelmshaven.



Für den Versuch verwendeten die Wissenschaftler als Vorhang eine Plane mit den Maßen 10x6 m. Um die Plane oben schwimmen zu lassen und somit am Versinken zu hindern, wurde als Schwimmkörper ein geschlossenes Abwasserrohr verwendet, an welches die Plane befestigt wurde. Damit die übrige Plane im See hängt, wurden zur Beschwerung an der unteren Seite der Plane drei Gewichte angebracht. Hierfür wurden Lochziegel verwendet, die eine einfache Befestigung ermöglichen.

Um die Plane abzuspannen bedarf es vier Leinen, durch welche die Konstruktion eines Drachens nachgeahmt wird. Die Leinen können zur Befestigung an einen Anker am Grund des Sees oder an einer bereits Vorort befindlichen Boje angebunden werden. Die Fixierung der Schwimmplane sollte dabei in der Mitte des Sees an einer tiefen Stelle erfolgen und demnach nicht in Ufernähe. Eine vereinfachte Darstellung des Aufbaus zeigt die folgende Abbildung.

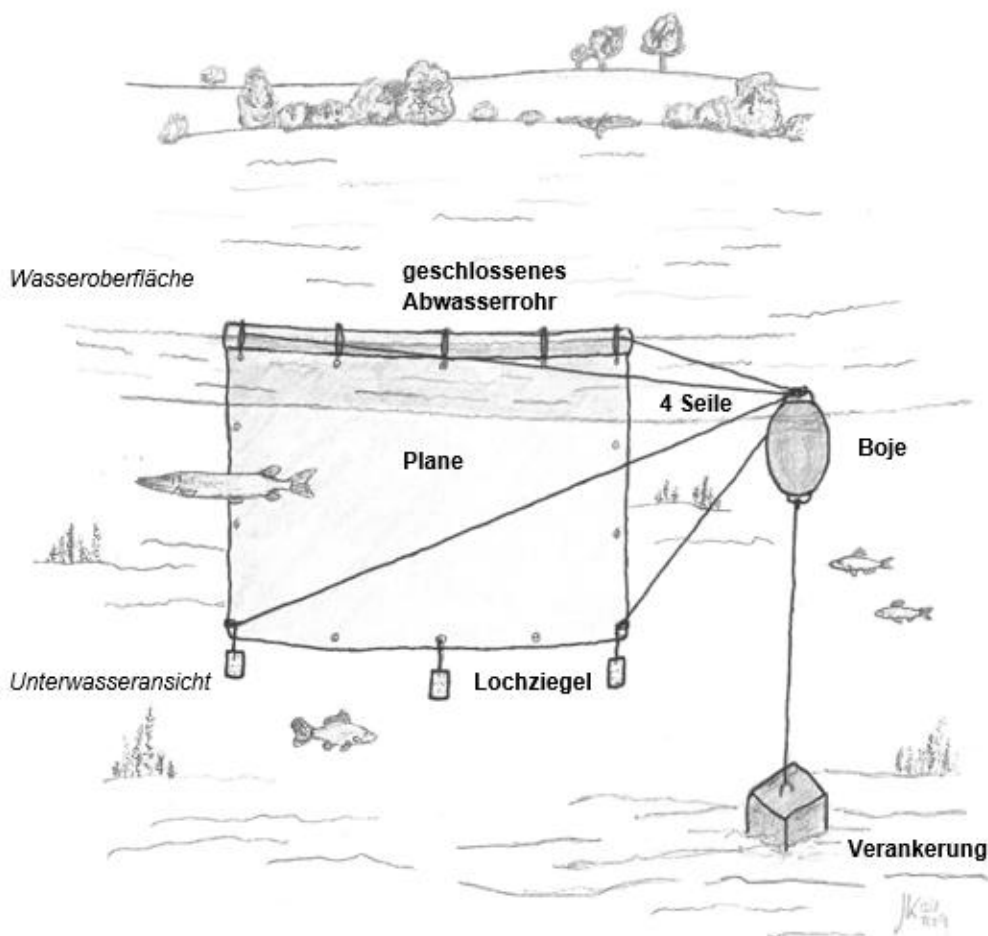


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Aufbaus und der Befestigung des Vorhangs an einer Boje (KRUSE 2019)

Bei der Befestigung an einen Anker ist es notwendig, vorab die Wassertiefe zu bestimmen. Anschließend können die benötigten Leinenlängen berechnet werden. Der Anker ist zur Lokalisierung zusätzlich mit einer Boje zu markieren. Um den Vorhang bei Bedarf hochholen zu können, kann zusätzlich ein weiteres Seil an das untere Ende der Plane befestigt werden. Im Winter kann die Vorrichtung im See bleiben, indem sie mit Zusatzgewichten unter eine mögliche Eisschicht abgesenkt wird.

Abwasserrohr, Plane und Seile sind kostengünstig zu erwerben, lediglich die Verankerung könnte sich als ein etwas höherer Kostenpunkt präsentieren.

Der Praxistest des Vorhanges erfolgte mit seiner Durchführung im September zu spät im Jahr, um die bereits vorhandene Schichtung aufzubrechen. Dennoch zeigte ein Test mit verdünnter fettarmer Milch, die am unteren Ende des Blatts injiziert wurde, dass die nach unten gerichtete Geschwindigkeit der Flüssigkeit in der Mitte des Vorhangs deutlich über der horizontalen Geschwindigkeit der Oberfläche lag (LÜCKING ET AL. 2018).

Es ist hierbei wichtig zu beachten, dass es sich bei einem See um ein chaotisches System handelt. Bei entsprechenden Temperaturen kann der See bereits im Mai geschichtet sein. Der Vorhang sollte demnach in den See gehängt werden, bevor die Temperatur ansteigt.

Eine Überprüfung der Wirksamkeit des Vorhanges muss nicht durch umfangreiche Studien erfolgen. Es reicht, lediglich die Temperatur in unterschiedlicher Tiefe des Sees zu messen, um in Erfahrung zu bringen, ob eine Temperaturänderung erfolgt und demnach der gewünschte Effekt erzielt wird. Bei einem erfolgreichen Herunterbringen der Sprungschicht, kann mit diesem kleinen Eingriff, ohne hohe Investitionskosten und Energieverbrauch, viel erreicht werden. Demgegenüber darf an dieser Stelle nicht außeracht gelassen werden, dass die vorgestellte Methode für das Ökosystem eine weitreichende Veränderung bedeutet. Es ist demnach möglich, dass sich die Auswirkungen zunächst auch negativ äußern könnten. Langfristig gesehen dürfte der Einsatz des Vorhanges hingegen eine positive Wirkung auf das Ökosystem haben und einer massenhaften Blaualgenblüte entgegenwirken.

Abschließendes Fazit

Blaualgen sind ein weltweites Problem. Selbst wenn in einem See kein Blaualgenproblem besteht, kann es von Vorteil sein, den See bis auf den Grund mit Sauerstoff zu versorgen. Für Fische ist Sauerstoff lebensnotwendig. Der Transport von oberflächennahem sauerstoffreichem Wasser in das Tiefenwasser, vergrößert den Lebensraum der Gewässerlebewesen. Die Artenvielfalt kann sich erhöhen und es wird beispielsweise über die Nahrungskette eine gesunde Fischpopulation gefördert. Darüber hinaus dürfte durch den erweiterten Lebensraum ein Fischsterben im Sommer sowie auch im Winter, möglicherweise verhindert werden können.

Zusammenfassend können wir mit der vorgestellten Methode den Lebensraum der Fischfauna verbessern und folgend bessere Bedingungen für das Angeln am See schaffen. Die Installation eines Vorhanges, mit dem der Wind unterstützt werden soll, sauerstoffreiches Oberflächenwasser in die Tiefe zu bringen, kann für einen guten Fischbestand in vielerlei Hinsicht positive Effekte erzielen. Mit den Worten von Prof. Dr. Michele: „Helfen Sie der Natur, die Arbeit zu erledigen.“



Janna Kruse
(M. Sc. Landschaftsökologie)

Oldenburg, 18.03.2019



Quellen und weiterführende Informationen

Quellen:

- LÜCKING, P., MICHELE, J. & WILKEN, J. (2018): Fighting Blue Green Algal Blooms: Help Nature to Do the Job. Jade University of Applied Sciences, Wilhelmshaven. Online verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/329557261_Fighting_Blue_Green_Algal_Blooms_Help_Nature_to_Do_the_Job
- LÜCKING, P., R. LIESEGANG, J. SCHELTWORT (2013): Freistrah-Anlagen im Banter See – Abschlussbericht Technik. Jade Hochschule, Institut für Energie-, Verfahrens- und Umwelttechnik, Wilhelmshaven. Online verfügbar unter: http://evu.jade-hs.de/system/files/Abschlussbericht%20Freistrahlanlagen%20Banter%20See%20Technik_2.pdf
- MICHELE, J. & MICHELE, V. (2002): The Free Jet as a Means to Improve Water Quality: Destratification and Oxygen Enrichment, Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters, Volume 32, Issue 4, December 2002, Pages 329–337. Online verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S007595110280024X>

Weiterführende Informationen

- LIEBEZEIT, G. (2013): „Abschlussbericht - Ökologische Begleituntersuchungen Banter See 2008 – 2012“, MarChemConsult, Varel. Online verfügbar unter: <http://evu.jade-hs.de/system/files/Banter%20See%20Abschlussbericht%20%C3%9Fbericht%20%C3%96kologie.pdf>
- LÜCKING, P. & MICHELE, J. (2015): “Lake Bant”: A five year project to solve cyanobacterial problems. Jade University of Applied Sciences, Wilhelmshaven. Online verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/281714490_Lake_Bant_A_five_year_project_to_solve_cyanobacterial_problems
- LÜCKING, P. & MICHELE, J. (2015): „Banter See“: Ein Fünfjahresprojekt um Cyanobakterienprobleme zu lösen. Übersetzung der Veröffentlichung LÜCKING, P. & MICHELE, J. (2015). Jade Hochschule, Institut für Energie-, Verfahrens- und Umwelttechnik, Wilhelmshaven. Online verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/281934265_Ubersetzung_Veroffentlichung_18_Sept_2015
- MICHELE, J. (2009): Destratification: Why has this method not been successful in many cases in the past? Destratifikation: Warum war diese Methode nicht erfolgreich in vielen Fällen in der Vergangenheit? Erweiterte Zusammenfassungen im Rahmen der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie 2009 in Oldenburg. Online verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/261364449_Destratification_Why_has_this_method_not_been_successful_in_many_cases_in_the_past

Youtube Video zur Strömungssichtbarmachung:

- MICHELE, J. (2012): Freistrah Sichtbarmachung. Online verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=sPWzSuUdOMw>

