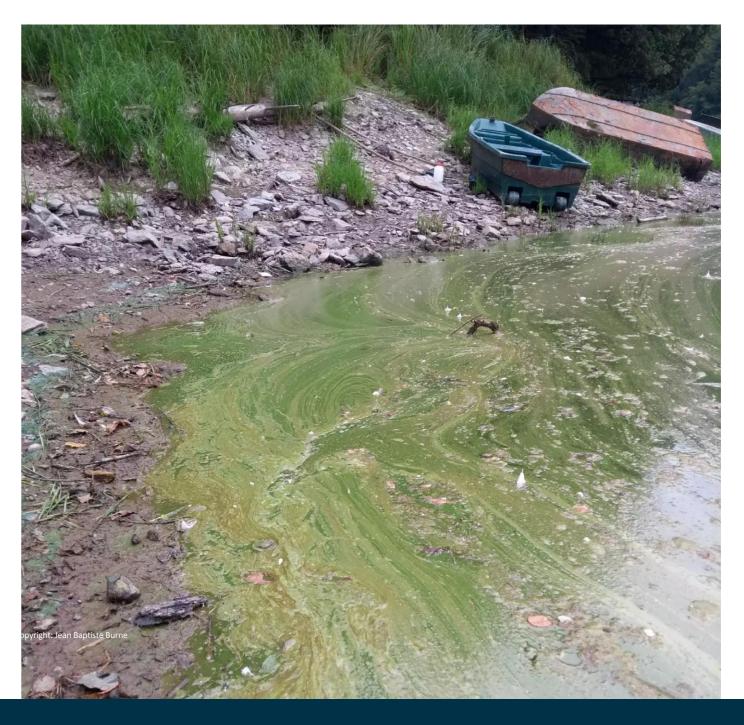


→ UNTERSUCHUNG DER WASSERQUALITÄT

Mini-Fallstudie für Klimadetektive



→ UNTERSUCHUNG DER WASSERQUALITÄT

Mini-Fallstudie für Klimadetektive

DIE WICHTIGSTEN FAKTEN

Thema: Wissenschaft; Biologie **Altersgruppe:** 14-18 Jahre

Typ: Projektarbeit

Schlüsselwörter: Wasserqualität;

Klimawandel; Cyanobakterien; Blaualgen; Erdbeobachtung; Wissenschaft; Biologie

LERNZIELE

- Fähigkeit, wissenschaftlich zu arbeiten, durch Erfassung und Analyse von Daten sorgfältige Beobachtungen anzustellen und nach Mustern und Beziehungen zu suchen
- Erkennen einiger der Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserressourcen
- Ermittlung von Cyanobakterien (Blaualgen) als Bakterien, die Energie durch Photosynthese gewinnen
- Verständnis dafür, wie sich Erdbeobachtungssatelliten zur Überwachung der Wasserqualität einsetzen lassen

Kurzbeschreibung

Die Mini-Fallstudien für Klimadetektive sollen Lehrkräften dabei helfen, das Thema zu ermitteln. das ihr Klimadetektiv-Team untersucht, und es durch die verschiedenen Projektphasen zu führen. In der Vorlage finden die Lehrkräfte einige Vorschläge für Daten, die die SchülerInnen erfassen und analysieren können. Die Vorschläge sind nicht erschöpfend, und die Lehrkräfte können ihren eigenen spezifischen Schwerpunkt innerhalb bestimmten Forschungsbereichs festlegen. Die Mini-Fallstudie sollte in Verbindung mit dem Lehrerhandbuch und nicht als eigenständiges Dokument verwendet werden.

Diese Fallstudie ist dem Thema **Wasserqualität** gewidmet, wobei die Schüler untersuchen, wie sich der Klimawandel auf die Wasserqualität im Hinblick auf die Cyanobakterien in Seen auswirken kann.

Zu den Klimadetektiven

Climate Detectives (Klimadetektive) ist ein Schulprojekt für Schülerinnen und Schüler, das von der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) in Zusammenarbeit mit den nationalen European Space Education Resource Offices (ESEROs) in ganz Europa durchgeführt wird.

In diesem Projekt schlüpfen die SchülerInnen in die Rolle von Klimadetektiven und erfahren dabei etwas über die Umwelt der Erde. Dazu ermitteln sie ein lokales Klimaproblem (Phase 1), untersuchen es mit Hilfe von echten Satellitenbildern oder ihren eigenen Bodenmessungen (Phase 2) und schlagen schließlich Maßnahmen vor, wie sich das Problem verringern oder überwachen lässt (Phase 3).





Passt die Frage zum Thema Klima?

Ja. Es wird untersucht, wie sich der Klimawandel auf die Wasserqualität von Seen auswirken kann.

Konzentriert sich die Frage auf ein einzelnes Problem oder Thema?

> Ja, es geht um die Wasserqualität im Zusammenhang mit der Entwicklung von Cyanobakterien.

Ist die Frage zu weit oder zu eng gefasst?

Thema: Seen und Klima

Forschungsfrage

Wie beeinflusst der Klimawandel die Wasserqualität im Hinblick auf Cyanobakterien in Seen?

> Nein. Es wird zwar ein Problem auf lokaler Ebene ermittelt, aber es werden Verbindungen zu einem umfassenderen globalen Problem hergestellt.

Ist die Frage klar und prägnant?

Nein. Sie umfasst sowohl die Analyse von Daten als auch Sekundärforschung und die Erfassung von Daten aus Sekundärquellen.

Ist die Antwort auf diese Frage zu leicht zu erhalten?

Ja, sie ist klar definiert und lässt sich mit Hilfe von Satellitenbeobachtungen und Bodenmessungen untersuchen.

A - Einführung in das Thema (PHASE 1)

Der Schauplatz

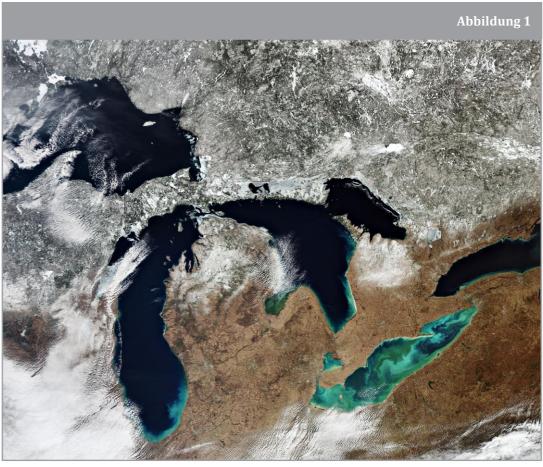
"Das Verständnis des komplexen Verhaltens von Seen in einer sich verändernden Umwelt ist für eine effektive Bewirtschaftung der Wasserressourcen und den Klimaschutz unerlässlich". ESA CCI-Seen-Projekt

Im September 2021 veröffentlichte die luxemburgische Regierung <u>eine Warnung</u> vor Cyanobakterien (Blaualgen) im größten See Luxemburgs, dem Obersauer-Stausee. Der <u>Wasser-Zweckverband des Obersauer-Stausees</u> (SEBEL) kommentiert die Lage so:

"Seit 1986 wird im Obersauer-Stausee eine zunehmende Vermehrung von Cyanophyceae (Blaualgen) beobachtet. Die Gewässer werden als "meso-eutroph" eingestuft, was bedeutet, dass die beobachtete Blüte hauptsächlich auf eine übermäßige Zufuhr von Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor zurückzuführen ist.

Die Wechselwirkung zwischen verschiedenen Formen von Nährstoffen und der Blaualgenblüte ist sehr komplex und immer noch Gegenstand von Diskussionen. Andere meteorologische Faktoren wie der Klimawandel, stehende Gewässer und steigende Temperaturen sowie abnehmende Abflüsse im Sommer haben Cyanophyceae gegenüber anderen Phytoplanktonarten weiter begünstigt. Dieses Phänomen, das wir im Stausee beobachten, ist auch weltweit zu beobachten."

In dieser Fallstudie geht es um dieses Ereignis. Klimadetektiv-Teams aus Luxemburg können diesen See oder ein anderes Gewässer im Land wählen. Teams aus einem anderen Land werden ermutigt, ein Gewässer in ihrer Nähe zu untersuchen.



↑ Satellitendaten können dazu beitragen, das Wachstum und die Ausbreitung von Cyanobakterienblüten zu überwachen. Auf diesem von Copernicus Sentinel-3 aufgenommenen Bild sind die im Eriesee (Nordamerika) wirbelnden Grünalgenblüten deutlich zu erkennen, da sie sich an der Wasseroberfläche angesammelt haben. Dieses Bild enthält modifizierte Copernicus-Sentinel-Daten (2020), bearbeitet von der ESA, CC BY-SA 3.0 IGO

Hintergrundinformationen

Was sind Cyanobakterien?

Cyanobakterien sind Bakterien, die ihre Energie durch Photosynthese gewinnen. Sie absorbieren Licht mit Hilfe von Phycobilin-Pigmenten (photosynthetische Pigmente), die ihnen ihre einzigartige blaugrüne Farbe verleihen, um Kohlendioxid und Wasser in Sauerstoff und Glukose umzuwandeln. Cyanobakterien verwandelten die sauerstoffarme Atmosphäre der frühen Erde in die heutige sauerstoffreiche Atmosphäre. Zusammen mit Algen bilden Cyanobakterien die Grundlage der Nahrungskette im aquatischen Raum. Dieser Artikel der Microbiology Society veranschaulicht die wichtige Rolle, die Mikroorganismen wie Cyanobakterien als Primärproduzenten in der Nahrungskette spielen.

Der Name Cyanobakterien bezieht sich auf ihre Farbe (von altgriechisch κυανός (kuanós), was "blau" bedeutet), was ihnen auch den Namen "Blaualgen" einbrachte.

Warum entwickeln sich Cyanobakterien?

Zwar sind Cyanobakterien als Primärproduzenten organischer Stoffe und als Sauerstofflieferanten für andere Wasser- und Landlebewesen wichtig, doch können sie auch zum Absterben anderer Organismen beitragen – bei einer starken Blüte. Der Begriff Blüte wird für Ereignisse verwendet, bei denen das Phytoplankton - Algen oder Cyanobakterien, die in Gewässern leben - viel schneller wächst, als sie (durch Abweiden oder andere Zersetzungsprozesse) verschwinden. Blüten werden dann zu einem Problem, wenn sie das Gleichgewicht in der Nahrungskette stören, zu schnell zerfallen (was zu Sauerstoffmangel führt) oder giftige Stoffe produzieren. Leider sind die Arten von Cyanobakterien, die am ehesten Blüten ausbilden, auch diejenigen, die erhebliche Probleme verursachen, z. B. durch die Ansammlung an der Wasseroberfläche bei ruhigem Wetter ("Ausblühung") und manchmal durch ihre Giftigkeit. Dies führt zu Problemen bei der Trinkwasserversorgung und der Freizeitgestaltung. Hohe Wassertemperaturen wurden mit der Entwicklung von Cyanobakterienblüten in gemäßigten und semiariden Regionen in Verbindung gebracht. Steigende Temperaturen aufgrund des Klimawandels begünstigen das Wachstum bestimmter Arten von Cyanobakterien und erhöhen damit die mit der Blüte verbundenen Risiken. Auch wenn die Temperatur ein Faktor ist, der die Wachstumsdynamik von Bakterien beeinflusst, ist die Verfügbarkeit von Nährstoffen wie Phosphor eine wesentliche Voraussetzung für das Wachstum von Algen und Cyanobakterien. ¹

Laut dem <u>Interaktiven Atlas des IPCC</u> führt der Klimawandel in Westeuropa zu einem Temperaturanstieg und zu mehr hydrologischer Trockenheit, was einen Rückgang der Abflüsse aus Flüssen und der Zuflüsse zu Seen zur Folge hat. Dies kann Cyanobakterien einen Vorteil verschaffen, da sie schneller wachsen als anderes Phytoplankton und die Wasserqualität verschlechtern.

Forschung über die Entwicklung von Cyanobakterien

Als Einstiegsaufgabe und zum Aufbau von Wissen über das Thema werden den Schülern die folgenden Arbeiten vorgeschlagen:

- Anschauen kurzer Dokumentarfilme oder Videos zum Thema
- Durchführung von Internet-Recherchen zur Erforschung von Faktoren, die die Entwicklung von Cyanobakterien begünstigen, und des Zusammenhangs mit dem Klimawandel. Der <u>interaktive IPCC-Atlas</u> bietet regionale Daten zum Klimawandel. <u>Hier</u> finden die Teams Daten zu Algenblüten und dem Einsatz der Fernerkundung zum Nachweis und der Nachverfolgung dieser Ereignisse
- Recherche in den **lokalen Medien** und Suche nach Artikeln, die das Problem in ihrer Gemeinde aufzeigen.
- Suche nach **Berichten**, die zur Ermittlung geeigneter Daten beitragen könnten. Beispiel: Prüfung dieses Berichts der <u>Weltgesundheitsorganisation</u>, in dem der Gehalt an Cyanobakterien in Wasser angegeben ist, der als ungesund gilt
- Kontaktaufnahme zu **lokalen Forschungseinrichtungen**, die an diesem Thema arbeiten, und Bitte um Informationen und Unterstützung durch lokale Experten

Untersuchungsplan

Nachdem das Thema und die Forschungsfrage diskutiert wurden, gilt es nun zu planen, welche Daten das Team erfassen muss. Der letzte Schritt in Phase 1 der Klimadetektive ist die Einreichung eines Untersuchungsplans. Ideen für die Datenerfassung enthält Abschnitt B, der für die Einreichung des Untersuchungsplans zweckmäßig ist.

B - Datenerhebung und -analyse (PHASE 2)

Um das Thema Wasserqualität und die Entwicklung von Cyanobakterien zu untersuchen, können die Schüler Daten aus verschiedenen Quellen erfassen und analysieren.

Satellitendaten

Informationen von Satelliten, die die Erde beobachten, können zur Überwachung von Seen und anderen Gewässern genutzt werden. Mithilfe von Copernicus Sentinel-2-Satellitendaten und einem <u>Skript zur Analyse der Wasserqualität</u> können wir das Blaualgenproblem im luxemburgischen Obersauer-Stausee im September 2021 erkennen.

Für diese Übung nutzen wir den EO-Browser (https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/), ein Online-Tool, das kostenlosen Zugang zu Satellitenbildern von verschiedenen Erdbeobachtungsmissionen bietet. Hier und hier sind weitere Informationen zur Verwendung des EO-Browsers verfügbar.

Weiterführende Informationen

Copernicus Sentinel-2 ist eine Zwei-Satelliten-Mission. Jeder Satellit trägt eine hochauflösende Kamera, die die Erdoberfläche im sichtbaren, nahen und kurzwelligen Infrarotbereich mit 13 Spektralbändern abbildet. Die Mission dient hauptsächlich dazu, Veränderungen in der Landnutzung zu verfolgen und den Zustand der Vegetation zu überwachen. Sie wurde zwar für Landanwendungen optimiert, ist aber auch ein wertvolles Instrument zur Überwachung der Meeresfarbe und der biologischen Aktivität. Lesen Sie mehr über die Geschichte "Sentinel-2 entdeckt einen Algensturm".

Übung

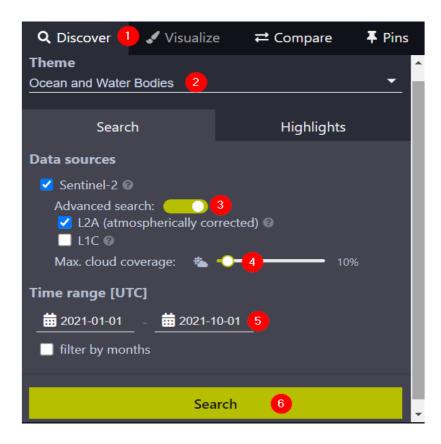
- 1. Den EO-Browser öffnen
- 2. In der oberen rechten Ecke des EO-Browser-Bildschirms auf das Symbol mit dem Doktorhut klicken und den Modus: Bildung (Education) wählen



3. Im Suchfeld den Ort des Sees wählen



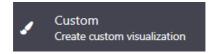
- 4. Auf der Registerkarte "Entdecken" (1):
 - a. Das Thema "Meer und Gewässer" (2) wählen
 - b. Die "Erweiterte Suche" (3) aktivieren
 - c. Die "Maximale Wolkenbedeckung" auf 10% (4) setzen
 - d. Den gewünschten Zeitbereich (5) wählen
 - e. "Suchen" (6) drücken



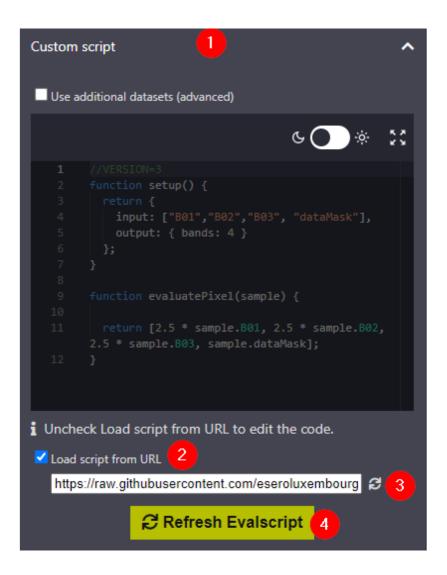
5. Auf der Registerkarte "Visualisieren" (Visualize) ein Bild auswählen und auf die Schaltfläche "Visualisieren" (Visualize) klicken.



6. Auf die Schaltfläche "Benutzerdefiniert" (Custom) klicken.

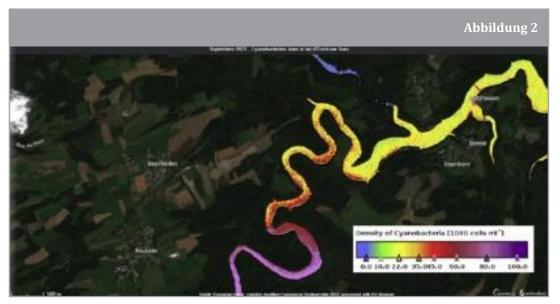


- 7. Auf "Benutzerdefiniertes Skript" (1) klicken und dann das Kontrollkästchen "Skript von URL laden" (2) aktivieren.
- 8. Das Feld mit der nachstehenden URL ausfüllen (3): https://raw.githubusercontent.com/eseroluxembourg/sentinel-scripts/master/sentinel-2/se2waq/script.js
 - 9. Auf die Schaltfläche "Evalscript aktualisieren" (4) klicken



Ergebnisse

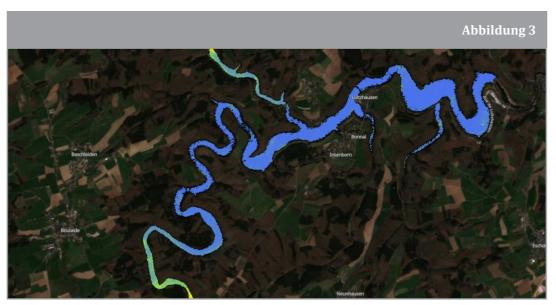
• September 2021 (das Bild direkt im <u>EO-Browser ansehen</u>)



↑Blaualgendichte im Obersauer-Stausee, Luxemburg, September 2021

Die Schüler können die obige Übung wiederholen und ein neues Bild desselben Sees zu einer anderen Jahreszeit aufnehmen, z. B. im April 2021.

April 2021 (das Bild direkt im <u>EO-Browser ansehen</u>)



↑ Blaualgendichte im Obersauer-Stausee, Luxemburg, April 2021

Analyse und Diskussion

Nach der Visualisierung der Ergebnisse sollten die Schüler die beiden Bilder vergleichen und darüber nachdenken, was die Daten zeigen, und etwaige Unterschiede aufschreiben. Sie könnten untersuchen, wie sich das Vorhandensein von Cyanobakterien im Laufe der Zeit verändert und wie dies möglicherweise z. B. mit der Wassertemperatur, Wetterereignissen und Klimaveränderungen zusammenhängt.

Das Wachstum von Cyanobakterien hängt stark von der Verfügbarkeit von Nährstoffen, insbesondere Phosphor, ab. Nährstoffe können viele verschiedene Quellen haben; Landwirtschaft und Industrie sind nur zwei Beispiele. Es ist daher interessant, die Umgebung des Gewässers zu untersuchen. Gibt es in der Umgebung intensiv genutzte Felder? Gibt es eine industrielle Produktion?

Es ist zu beachten, dass die Fernerkundung von Cyanobakterien ihre Grenzen hat. Es ist viel einfacher, Cyanobakterien nachzuweisen, die sich an der Wasseroberfläche ansammeln, als sie von Algen zu unterscheiden, wenn das Wasser gemischt ist. Daher sind auch Messungen von Bodenbeobachtungsnetzen unerlässlich.

Bodendaten

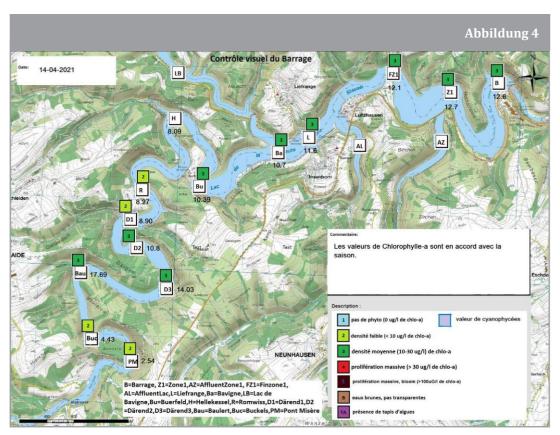
Erdbeobachtungen können von Fernerkundungsplattformen wie Satelliten oder am Boden durchgeführt werden. Wir nennen diese Messungen "Bodendaten" oder "In-situ-Daten" (vor Ort).

Nationale Daten

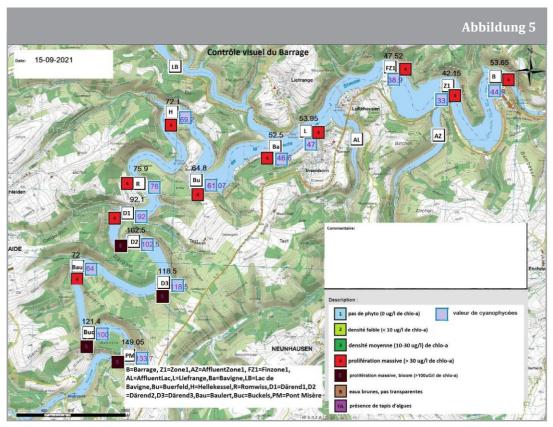
In Luxemburg liefern zwei Organisationen Bodendaten zur Konzentration von Cyanobakterien im Wasser:

- a) die <u>Umweltmikrobiologie und Biotechnologie</u> des Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST);
- b) Der Wasser-Zweckverband des Obersauer-Staudamms (SEBEL)

Derartige Daten sind sehr wichtig, um die von Satelliten durchgeführten Messungen zu validieren. Die SEBEL-Beobachtungen vor Ort stimmen mit den Satellitenbeobachtungen im EO-Browser überein (siehe Abbildungen unten). Die Schüler sollten ihre eigenen Satellitenbilder mit den Messungen der nationalen Behörden vergleichen.



↑ Niedrige Blaualgenwerte im April 2021. Mit freundlicher Genehmigung von Emanuela PURDUE-WILLE



↑ Hohe Blaualgenwerte im September 2021. Mit freundlicher Genehmigung von Emanuela PURDUE-WILLE

Primärdaten

Dabei handelt es sich um Daten, die die Schüler selbst messen oder berechnen.

Zwei Hauptfaktoren schränken das Wachstum von Cyanobakterien ein: Licht und Nährstoffverfügbarkeit. Nachstehend finden die Teams Ideen, wie sie diese Faktoren untersuchen können. Sie können auch andere Faktoren untersuchen und deren Zusammenhang mit Cyanobakterien erforschen. Zum Beispiel sind der Salzgehalt des Wassers und die Wassertemperatur ebenfalls wichtige Faktoren, die das Wachstum von Cyanobakterien beeinflussen können.

Warnhinweis zu Gesundheit und Sicherheit!

Wasser mit vielen Cyanobakterien kann zu Belästigungen (z. B. schlechter Geruch) und Gesundheitsrisiken führen! Vor dem Besuch von Seen und Flüssen und vor der Durchführung von Messungen sollten die Warnungen der Behörden zur Wasserqualität beachtet und der eigene Schutz erörtert werden.

Wassertransparenz

Die Menge an Cyanobakterien und Algen beeinflusst das Maß, wie tief Licht in ein Gewässer eindringt, und bestimmt die Tiefe, in der Wasserpflanzen wachsen können. Ohne Licht gibt es keine Photosynthese, weder durch Pflanzen noch durch Algen oder Cyanobakterien. Die Transparenz nimmt mit dem Vorhandensein von Molekülen und Partikeln ab, die Licht absorbieren oder streuen können, und kann dazu beitragen, die Tiefe zu bestimmen, in der Photosynthese möglich ist. Außerdem lässt sich anhand der Farbe des Wassers feststellen, ob die geringe Transparenz auf Algen oder andere Stoffe wie gelöste organische Stoffe, Mineralien oder organische Sedimente zurückzuführen ist.

Die Wassertransparenz lässt sich mit einer **Secchi-Scheibe** messen. Eine Secchi-Scheibe ist eine Scheibe mit einem Durchmesser von 30 cm, die an einer Schnur ins Wasser herabgelassen wird. Die Tiefe, in der die Secchi-Scheibe nicht mehr durch das Wasser sichtbar ist, wird als Sichttiefe bezeichnet. Bei hoher Wassertransparenz ist auch die Sichttiefe hoch. Bei geringer und trüber Wassertransparenz ist auch die Sichttiefe gering.

Eine Secchi-Scheibe lässt sich <u>mit einem 3D-Drucker</u> oder aus einem wiederverwertbaren Material wie einer <u>alten Schallplatte</u> herstellen. Da die Wassertransparenz saisonal schwanken kann, kommt es darauf an, mehrere Messungen mit der Secchi-Scheibe durchzuführen, beispielsweise einmal im Monat. Protokolle über die Verwendung der Secchi-Scheibe zur Messung der Wassertransparenz sind im Internet leicht zu finden. Die Secchi-Scheibe wird bereits seit Hunderten von Jahren verwendet, und Wissenschaftler nutzen die Messungen weiterhin zur Überwachung der Wassertransparenz. Wenn eine Secchi-Scheibe in Originalgröße nicht benötigt wird oder zu groß zum Mitnehmen ist, kann man eine Mini-Secchi-Scheibe bauen und einsetzen, die im Rahmen des <u>MONOCLE-Projekts</u> bereitgestellt wird.

<u>Wissenschaftler</u> nutzen diese Messungen auch, um die Konzentration des Phytoplanktons im Wasser zu bestimmen und die von Satelliten durchgeführten Messungen zu überprüfen!

Nährstoffe

Eine natürliche und gesunde Menge an Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor ist für das Funktionieren aquatischer Ökosysteme unerlässlich. Die übermäßige Belastung von Meeren, Seen und Flüssen mit Nährstoffen kann zu einer Reihe von nachteiligen Auswirkungen führen, die als Eutrophierung bekannt sind. Phosphor ist der Hauptnährstoff für die Eutrophierung von Süßgewässern. Er gilt in der Regel als "limitierender Nährstoff", was bedeutet, dass die verfügbare Menge dieses Nährstoffs die Wachstumsgeschwindigkeit von Algen und Wasserpflanzen steuert. Die häufigste Form von Phosphor, die von biologischen Organismen genutzt wird, ist Phosphat. Zur Messung des Phosphatgehalts im Wasser können die Teams eine Prüfausrüstung für Wasserqualität bzw. für einen Phosphattest verwenden.

Cyanobakterien treten seltener in Gebieten mit Wurzelpflanzen auf, da diese die von beiden benötigten Nährstoffe aufnehmen. Ebenso wachsen Wurzelpflanzen kaum in einem Gewässer bei häufigem Vorhandensein von Cyanobakterien in einem See. Die Teams können auch das Vorhandensein von Indikatororganismen untersuchen. Dabei handelt es sich um Pflanzen- oder Tierarten, die unter besonderen Bedingungen leben und daher z. B. indirekt die Nährstoffmenge in einem See oder am Ufer anzeigen können.

Pflanzen, die viel Stickstoff zum Wachsen benötigen, sind daher in Gebieten mit hoher Stickstoffkonzentration zu finden. Dies gilt auch für Tiere, z. B. Insekten und sogar Mikroorganismen. Die Wasserqualität lässt sich durch Messen der Anwesenheit ausgewählter Organismen in dem untersuchten Gebiet beurteilen.

C - Zeit für Veränderung! (PHASE 3)

Auf der Grundlage der Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus Phase 2 entscheiden die Teams über Maßnahmen, die sie ergreifen können, um das von ihnen untersuchte Klimaproblem anzugehen. Welche Maßnahmen könnten die Schülerinnen und Schüler als Einzelne oder als Gemeinschaft ergreifen, um das Bewusstsein zu schärfen und die Auswirkungen der Blaualgenblüte an ihrem Wohnort zu verringern?



CLIMATE DETECTIVES

→ AUFGABEN ALS KLIMADETEKTIVE

Arbeitsblatt für Schüler

A - Einführung in das Thema (PHASE 1)

- Was sind Cyanobakterien? Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Wasserqualität im Hinblick auf Cyanobakterien in Seen aus?
- Warum entwickeln sich Cyanobakterien?
- Was sind die Hauptprobleme, die durch Cyanobakterien verursacht werden?
- Wie wirkt sich das von euch gewählte Thema auf euch, euren Wohnort oder euer lokales Umfeld aus bzw. wie hängt es damit zusammen?
- Beschreibt, wie ihr das Klimaproblem untersuchen wollt und welche Daten ihr zu analysieren vorhabt (für den Untersuchungsplan). Vorschläge siehe unten.

B - Datenerfassung und -analyse (PHASE 2)

- Befragung von Anwohnern des Sees, um dessen Entwicklung im Laufe der Jahre im Zusammenhang mit dem Klimawandel zu erörtern
- Analyse anderer Seen als dem Obersauer-Stausee.
- Analyse der Entwicklung der Cyanobakterien innerhalb eines Jahres, über mehrere Monate hinweg.
- Vergleich der Entwicklung der Cyanobakterien in einem See zum gleichen Zeitpunkt in verschiedenen Jahren.
- Untersuchung des Vorhandenseins von Indikatororganismen, die auf das Vorhandensein von Nährstoffen hinweisen, die Cyanobakterien begünstigen
- Analyse der Wassertransparenz im Laufe der Zeit mit einer Secchi-Scheibe
- Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Cyanobakterien im Laufe der Zeit mit der Wassertemperatur, Wetterereignissen und Klimaveränderungen.

C - Zeit für Veränderung! (PHASE 3)

Eure Arbeit als Klimadetektive ist nun abgeschlossen. Welche Maßnahmen könntet ihr als Einzelne und als Gemeinschaft vorschlagen, um beim Thema eurer Untersuchung eine Änderung zu bewirken?

→ Links

ESA-Ressourcen

Klima-Detektive-Lehrerhandbuch https://climatedetectives.esa.int/teacher-guide/

Klima-Detektive-Unterrichtsmaterialien https://climatedetectives.esa.int/classroom-resources

Klima für Schulen - Ressourcen der Initiative Klimawandel https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/

Hintergrundinformationen

Schädliche Algenblüten - Naturwissenschaftliche Bildung durch Erdbeobachtung für Gymnasien https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-c03-p01.html

Interaktiver Atlas von IPCC

https://interactive-atlas.ipcc.ch/regional-synthesis

Cyanobakterien im Wasser - Weltgesundheitsorganisation https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition

Copernicus Sentinel-2

https://www.esa.int/Applications/Observing the Earth/Copernicus/Sentinel-2

Datenerfassung und -analyse

EO-Browser

https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser

Monocle-Projekt - Mini-Secchi-Scheibe

https://monocle-h2020.eu/Sensors and platforms/Mini-secchi disk en

Das ESA Education Office (ESA-Bildungsbüro) freut sich über Rückmeldungen und Kommentare

teachers@esa.int

Eine Produktion von ESA Education in Zusammenarbeit mit ESERO Luxemburg Copyright 2022 © European Space Agency