

teach with space

→ UNTERSUCHUNG DER WASSERQUALITÄT

Mini-Fallstudie für Klimadetektive



Copyright: Jean Baptiste Burne

→ UNTERSUCHUNG DER WASSERQUALITÄT

Mini-Fallstudie für Klimadetektive

FAST FACTS

Thema: Naturwissenschaften; Biologie

Altersgruppe: 14–18 Jahre

Typ: Projektaktivität

Stichworte: Wasserqualität; Klimawandel;
Cyanobakterien; Erdbeobachtung;
Naturwissenschaften; Biologie

LERNZIELE

- In der Lage sein, wissenschaftlich zu arbeiten, indem Daten gesammelt und analysiert, sorgfältige Beobachtungen gemacht und Muster und Zusammenhänge gesucht werden
- Einige der Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserressourcen erkennen
- Cyanobakterien als Bakterien identifizieren, die Energie durch Photosynthese gewinnen
- Verstehen, wie Erdbeobachtungssatelliten zur Überwachung der Wasserqualität eingesetzt werden können

Kurzbeschreibung

Die Mini-Fallstudien für Klimadetektive sollen Lehrkräften dabei helfen, das Thema zu finden, das ihr Klimadetektiv-Team untersuchen soll, und sie während der verschiedenen Phasen des Projekts anzuleiten. In der Vorlage finden Lehrkräfte einige Vorschläge für Daten, die die Schüler sammeln und analysieren können. Die Vorschläge sind nicht erschöpfend, und die Lehrkräfte können sich innerhalb eines bestimmten Forschungsbereichs für einen eigenen Schwerpunkt entscheiden. Die Mini-Fallstudie sollte in Verbindung mit dem [Lehrerhandbuch](#) und nicht als eigenständiges Dokument verwendet werden.

Diese Fallstudie widmet sich dem Thema **Wasserqualität**, und die Schüler untersuchen, wie sich der Klimawandel auf die Wasserqualität in Bezug auf Cyanobakterien in Seen auswirken kann.

Über Klimadetektive

Climate Detectives ist ein Schulprojekt für 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 Schüler in die Rolle von Klimadetektiven und lernen dabei etwas über die Umwelt der Erde. Dazu identifizieren sie ein lokales Klimaproblem (Phase 1), untersuchen es anhand von echten Satellitenbildern oder eigenen Bodenmessungen (Phase 2) und schlagen schließlich Maßnahmen vor, um das Problem zu verringern oder zu überwachen (Phase 3).



CLIMATE DETECTIVES

A – Einführung in das Thema (PHASE 1)

Schaffung des Rahmens

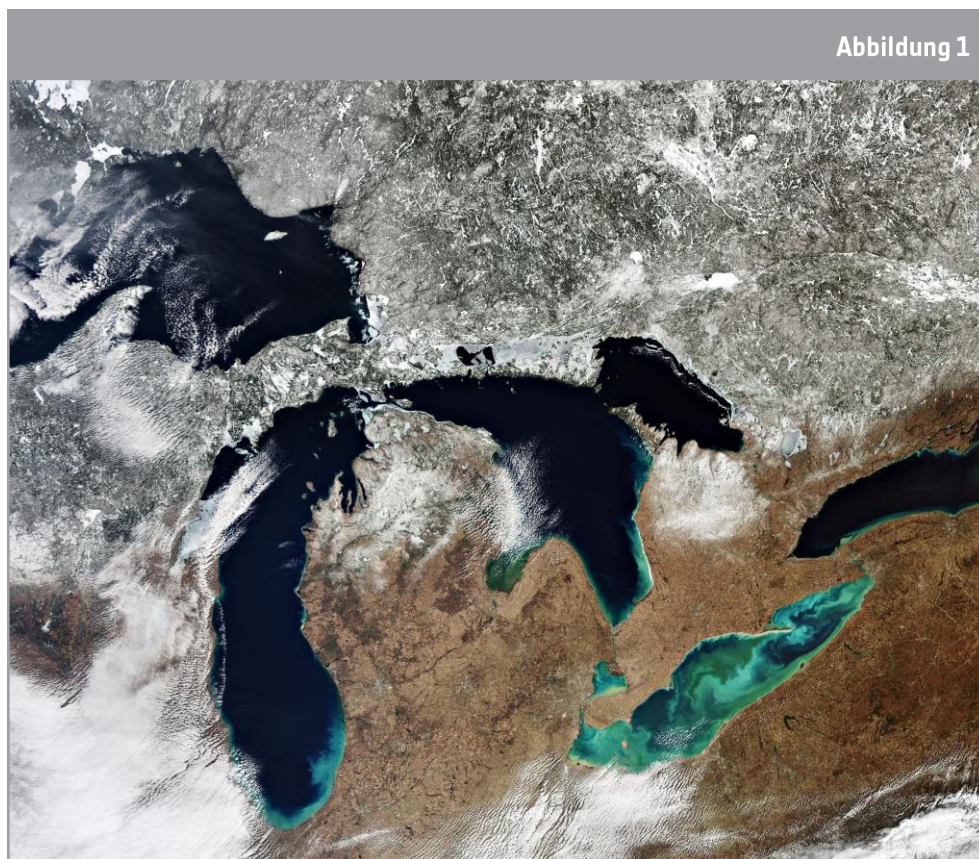
„Das Verständnis des komplexen Verhaltens von Seen in einer sich verändernden Umwelt ist für ein effektives Wasserressourcenmanagement und die Abschwächung der Auswirkungen des Klimawandels von entscheidender Bedeutung.“ [ESA CCI Lakes-Projekt](#)

Die luxemburgische Regierung [veröffentlichte](#) im September 2021 [eine Warnung](#) vor Cyanobakterien im größten See Luxemburgs, dem Stausee Esch-sur-Sûre. Der [Wasserverband des Stausees Esch-sur-Sûre](#) (SEBEL) kommentiert die Situation wie folgt:

„Seit 1986 ist im Stausee Esch-sur-Sûre ein progressiver Anstieg der Cyanophyceae zu beobachten. Das Wasser wird als „meso-eutroph“ eingestuft, was bedeutet, dass die beobachteten Blüten im Wesentlichen auf eine übermäßige Versorgung mit Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor zurückzuführen sind.

Die Wechselwirkung zwischen verschiedenen Nährstoffformen und Cyanophyceae-Blüten ist sehr komplex und nach wie vor umstritten. Andere meteorologische Faktoren wie der Klimawandel, stehende Gewässer und steigende Temperaturen sowie sinkende Durchflussmengen im Sommer haben Cyanophyceae gegenüber anderen Phytoplanktonarten weiter begünstigt. Dieses Phänomen, das wir im Stausee beobachten, ist auch weltweit zu beobachten.“

Diese Fallstudie befasst sich mit diesem Ereignis. Die Climate Detective-Teams aus Luxemburg können diesen See oder ein anderes Gewässer im Land auswählen. Teams aus anderen Ländern werden dazu ermutigt, ein Gewässer in ihrer Nähe zu untersuchen.



↑ Satellitendaten können dabei helfen, das Wachstum und die Ausbreitung von Cyanobakterienblüten zu überwachen. Auf diesem von [Copernicus Sentinel-3](#) aufgenommenen [Bild](#) sind die grünen Algenblüten, die im Eriese (Nordamerika) wirbeln, deutlich zu sehen, da sie sich an der Wasseroberfläche angesammelt haben. Dieses Bild enthält modifizierte Copernicus Sentinel-Daten (2020), verarbeitet 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 mithilfe von Phycobilin-Pigmenten (photosynthetischen Pigmenten), die ihnen ihre einzigartige blaugrüne Farbe verleihen, um Kohlendioxid und Wasser in Sauerstoff und Glukose umzuwandeln. Cyanobakterien haben die sauerstoffarme Atmosphäre der frühen Erde in die sauerstoffreiche Atmosphäre von heute umgewandelt.

Cyanobakterien bilden zusammen mit Algen die Grundlage des aquatischen Nahrungsnetzes. [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 (aus dem Altgriechischen **κυανός** (kuanós) für „blau“), daher auch ihr anderer Name „Blualgen“.

Warum entwickeln sich Cyanobakterien?

Cyanobakterien sind als Primärproduzenten organischer Substanzen und als Sauerstofflieferanten für andere Wasser- und Landlebewesen wichtig, können jedoch bei starker Blüte auch zum Tod anderer Organismen beitragen. Der Begriff „Blüte“ wird für Ereignisse verwendet, bei denen Phytoplankton – Algen oder Cyanobakterien, die in aquatischen Umgebungen leben – viel schneller wachsen, als sie entfernt werden (durch Fraß oder andere Zersetzungsprozesse). Blüten werden zu einem Problem, wenn sie das Gleichgewicht im Nahrungsnetz stören, zu schnell zerfallen (was zu Sauerstoffmangel führt) oder giftige Substanzen produzieren. Leider sind die Cyanobakterienarten, die am ehesten Blüten bilden, auch diejenigen, die erhebliche Probleme verursachen, darunter Ansammlungen an der Wasseroberfläche bei ruhigem Wetter („Schäumen“) und manchmal auch Giftigkeit. Dies führt zu Problemen für die Trinkwasserversorgung und die Erholung. Hohe Wassertemperaturen werden 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 den Blüten verbundenen Risiken. Obwohl die Temperatur ein Faktor ist, der die Wachstumskinetik von Bakterien beeinflusst, ist die Verfügbarkeit von Nährstoffen wie Phosphor eine Grundvoraussetzung für das Wachstum von Algen und Cyanobakterien. ([reference](#))

Laut [dem interaktiven Atlas des IPCC](#) führt der Klimawandel in Westeuropa zu einem Temperaturanstieg und vermehrten hydrologischen Dürren, wodurch sich die Abflussmengen der Flüsse und die Zuflüsse der Seen verringern. Dies kann für Cyanobakterien von Vorteil sein, da sie schneller wachsen als anderes Phytoplankton und die Wasserqualität verschlechtern.

Forschung zur Entwicklung von Cyanobakterien

Als erste Aktivität und zum Aufbau von Wissen zu diesem Thema werden den Schülern folgende Aktivitäten vorgeschlagen:

- o Ansehen von **kurzen Dokumentarfilmen** oder **Videos** zum Thema
- o Durchführung **von Recherchen im Internet**, um Faktoren zu erforschen, die die Entwicklung von Cyanobakterien begünstigen, und den Zusammenhang mit dem Klimawandel zu untersuchen. Der [interaktive Atlas des IPCC](#) liefert regionale Informationen zum Klimawandel. [Hier](#) finden die Teams Informationen über Algenblüten und den Einsatz von Fernerkundung zur Erkennung und Verfolgung dieser Ereignisse.
- o Recherchieren Sie in **lokalen Medien** und suchen Sie nach Artikeln, die das Problem in ihren Gemeinden aufdecken.
- o Suchen Sie nach **Berichten**, die Ihnen helfen könnten, geeignete Informationen zu finden. Sehen Sie sich beispielsweise diesen Bericht der [Weltgesundheitsorganisation](#) an, in dem der Gehalt an Cyanobakterien in Wasser angegeben ist, der als gesundheitsschädlich gilt.
- o Wenden Sie sich an **lokale Forschungsorganisationen**, die sich mit diesem Thema befassen, um Informationen und Unterstützung durch lokale Experten anzufordern.

Untersuchungsplan

Nachdem das Thema und die Forschungsfrage besprochen wurden, ist es an der Zeit zu planen, welche Daten das Team sammeln muss. Der letzte Schritt in Phase 1 von Climate Detectives ist die Einreichung eines Untersuchungsplans. In Abschnitt B finden Sie Ideen für die Datenerhebung, die Ihnen bei der Einreichung Ihres Untersuchungsplans helfen können.

B – Datenerhebung und -analyse (PHASE 2)

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

Satellitendaten

Informationen von Satelliten, die die Erde beobachten, können zur Überwachung von Seen und anderen Gewässern genutzt werden. Mithilfe von Daten des Satelliten Copernicus Sentinel-2 und einem [Skript zur Wasserqualitätsanalyse](#) können wir das Problem der Cyanobakterien im See Esch-sur-Sûre in Luxemburg im September 2021 erkennen.

Für diese Übung verwenden wir den Copernicus Browser (<https://browser.dataspace.copernicus.eu>), ein Online-Tool, das kostenlosen Zugriff auf Satellitenbilder aus verschiedenen Erdbeobachtungsmissionen bietet.

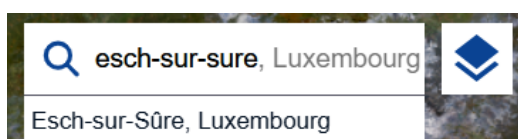
[Hier](#) finden Sie weitere Informationen zur Verwendung des Copernicus-Browsers.

Weitere Informationen

Copernicus Sentinel-2 ist eine Mission mit zwei Satelliten. Jeder Satellit ist mit einer hochauflösenden Kamera ausgestattet, die die Erdoberfläche im sichtbaren, nahen Infrarot und kurzwelligen Infrarot mit 13 Spektralbändern abbildet. Die Mission dient in erster Linie dazu, Veränderungen in der Landnutzung zu verfolgen und den Zustand unserer Vegetation zu überwachen. Obwohl sie für Landanwendungen optimiert wurde, ist sie auch ein wertvolles Instrument zur Überwachung der Meeresfarbe und der biologischen Aktivität. Lesen Sie mehr dazu in dem Artikel „[Sentinel-2 fängt Algensturm ein](#)“.

Übung

1. [Copernicus-Browser](#) öffnen
2. Wählen Sie den Standort des Sees im Suchfeld aus



3. Auf der Registerkarte „Visualisieren“ (1):
 - a. Wählen Sie das Datum „2021-09-04“ (2)
 - b. Wählen Sie die Konfiguration „Ozeane und Gewässer“ (3)
 - c. Wählen Sie die Ebene „Benutzerdefiniert“ (4)

Copernicus BROWSER EN **Frederic Conrotte**

VISUALISE **1** **SEARCH**

[SH DASHBOARD](#) [WORKSPACE](#)

< **2021-09-04** > 30% ↗ ⌵

CONFIGURATION:

Ocean and Water Bodies **3** ⌵

Sentinel-2 L2A ⓘ [Layers Icon] ★ ↔ 📌 ⌵

LAYERS:

- True color**
Based on bands 4, 3, 2
- False Color**
Based on bands 8, 4, 3
- NDWI**
Based on combination of bands $(B3 - B8) / (B3 + B8)$
- Ulyssys Water Quality Viewer**
Water sedimentation and chlorophyll content
- SWIR**
Based on bands 12, 8A, 4
- Custom** **4**
Create custom visualisation

4. Laden Sie das benutzerdefinierte Skript

- Klicken Sie auf „Benutzerdefiniert“ (1)
- Aktivieren Sie das Kontrollkästchen „Skript von URL laden“ (2)
- Geben Sie die folgende URL in das Feld ein (3)

<https://raw.githubusercontent.com/eseroluxembourg/sentinel-scripts/master/sentinel-2/se2waq/script.js>

- Klicken Sie auf die Schaltfläche „Evaluierungsskript aktualisieren“ (4)

LAYERS: ← Back

↔ Add to Compare 📌 Add to Pins 📅 Add to Timelapse

Composite

Index

Custom 1

☐ OpenEO process graph ⓘ

☒ Custom script ⓘ

☐ Use additional datasets (advanced)

🌙 ☒ ☀️

🗉

```
1  /*
2  Name:   Sentinel-2 Water Quality (Se2WaQ)
3         that visualizes cyanobacteria by default
4  Version: 1.0
5  Date:   2020-01-31
6
7  Author:   Nuno Sidónio Andrade Pereira
8  Affiliation: Polytechnic Institute of Beja,
9             Portugal
10 License:
11           Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
12           International (CC BY-NC-SA 4.0)
13
14 Refs.: [1]M. Potes et al., "Use of Sentinel 2
15         - MSI for water quality
16         monitoring at Alqueva reservoir,
```

ⓘ Uncheck Load script from URL to edit the code.

☒ Load script from URL

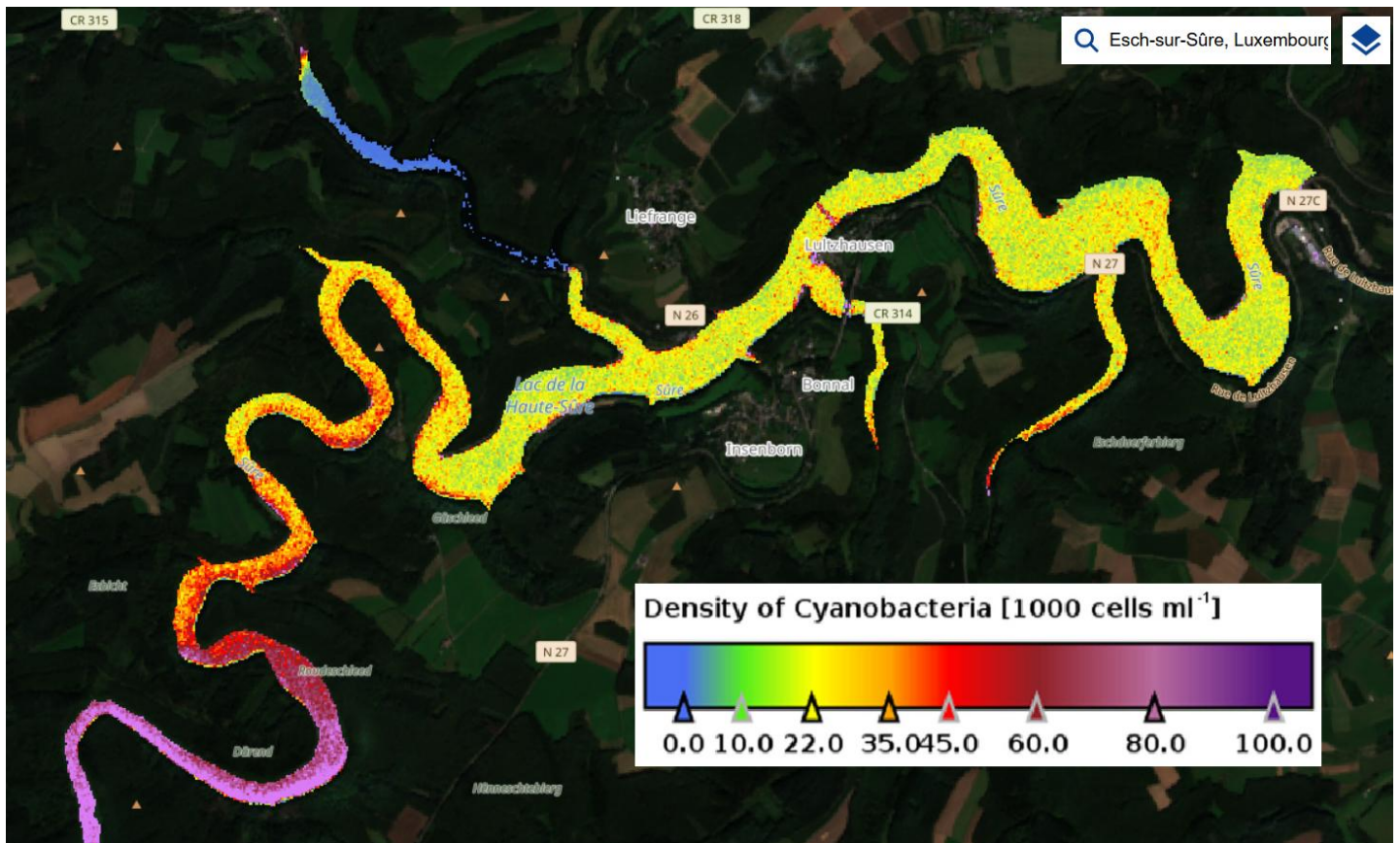
3

2

4

Ergebnisse

o September 2021 (siehe Bild direkt im [Copernicus-Browser](#))



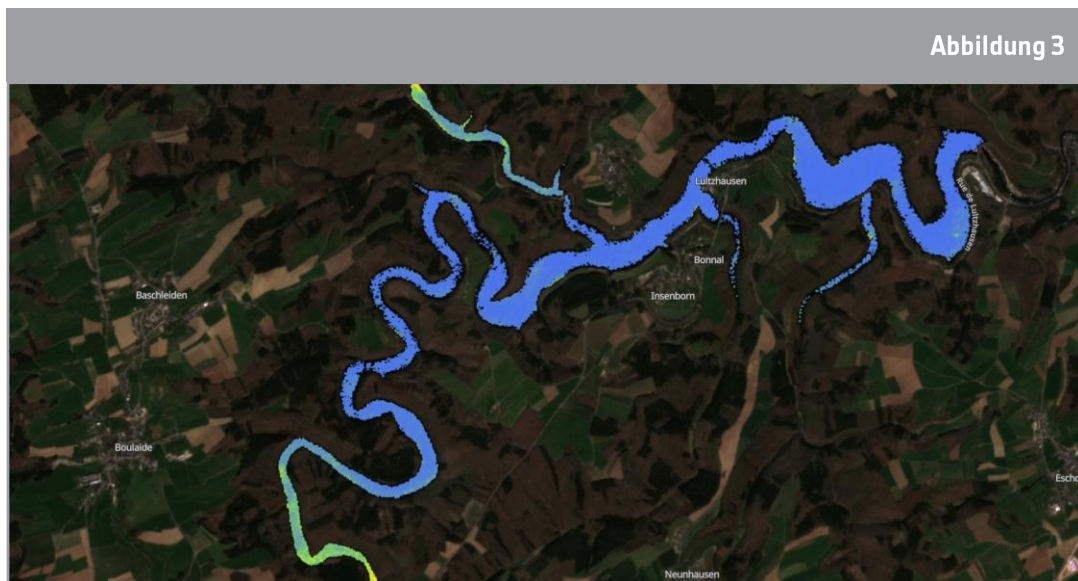
↑ Dichte der Cyanobakterien im See Esch-sur-Sûre, Luxemburg, im September 2021

Die Cyanobakterien-Skala finden Sie in dieser Forschungsarbeit:

<https://piahs.copernicus.org/articles/380/73/2018/>

Die Schüler können die obige Übung wiederholen und ein neues Bild desselben Sees in einer anderen Jahreszeit erhalten, beispielsweise im April 2021.

- o April 2021 (siehe Bild direkt im [Copernicus-Browser](#))



↑ Dichte der Cyanobakterien im See Esch-sur-Sûre, Luxemburg, im April 2021

Analyse und Diskussion

Nach der Visualisierung der Ergebnisse sollten die Schüler beide Bilder vergleichen und darüber nachdenken, was die Daten zeigen, sowie etwaige Unterschiede festhalten. Die Schüler könnten untersuchen, wie sich das Vorkommen von Cyanobakterien im Laufe der Zeit verändert und inwiefern dies beispielsweise mit der Wassertemperatur, Wetterereignissen und Klimaveränderungen zusammenhängt oder nicht.

Das Wachstum von Cyanobakterien hängt stark von der Verfügbarkeit von Nährstoffen, insbesondere Phosphor, ab. Nährstoffe können aus vielen verschiedenen Quellen stammen; Landwirtschaft und Industrie sind nur zwei Beispiele dafür. Daher ist es interessant, die Umgebung des Gewässers zu untersuchen. Gibt es in der Umgebung intensiv genutzte Felder? Gibt es industrielle Produktion?

Es ist zu beachten, dass die Fernerkundung von Cyanobakterien ihre Grenzen hat. Es ist viel einfacher, Cyanobakterien zu erkennen, die sich an der Wasseroberfläche ansammeln, als sie bei gemischtem Wasser von Algen zu unterscheiden. Daher sind auch Messungen durch Bodenbeobachtungsnetze unerlässlich.

Bodendaten

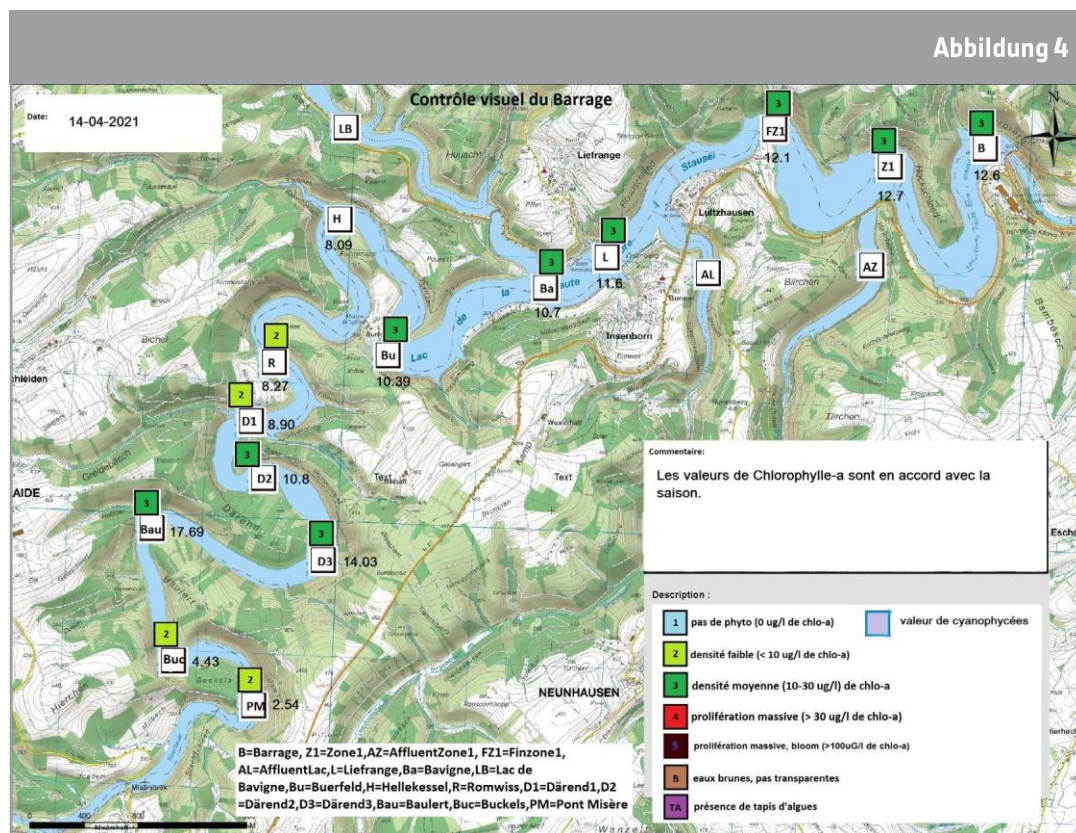
Erdbeobachtungen können von Fernerkundungsplattformen wie Satelliten aus oder auf Bodenhöhe durchgeführt werden. Diese Messungen bezeichnen wir als „Bodendaten“ oder „In-situ-Daten“ (vor Ort).

Nationale Daten

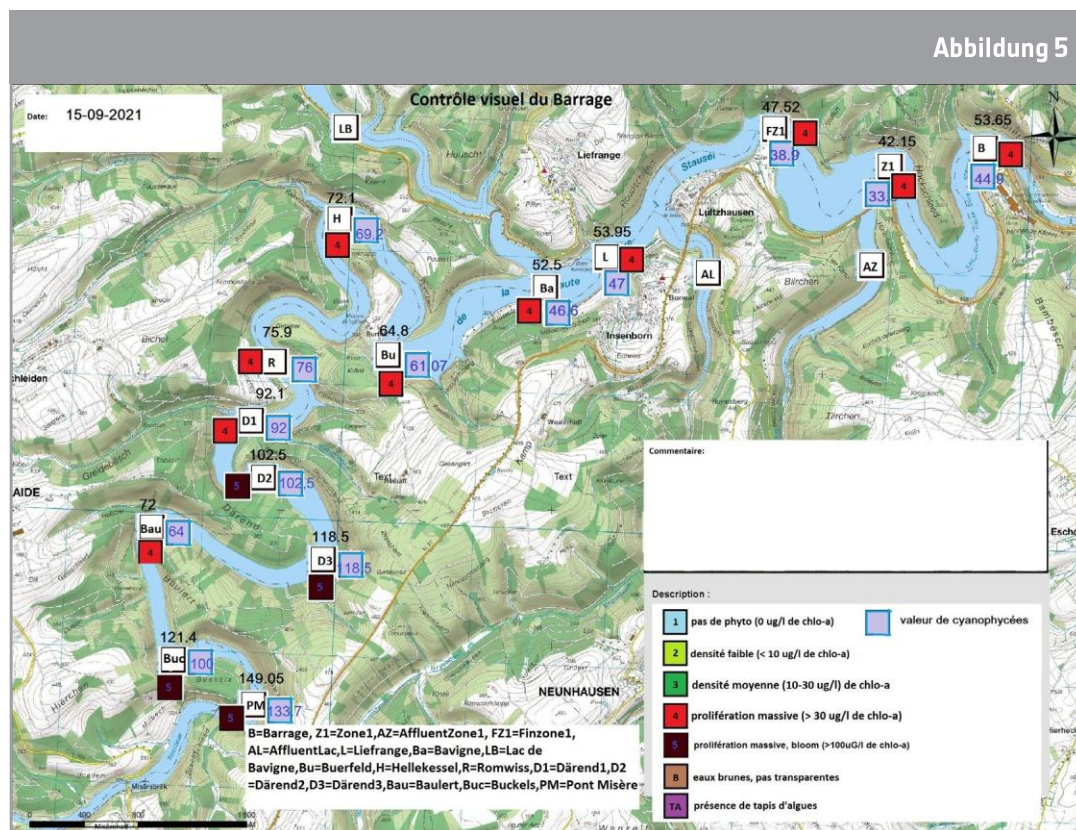
In Luxemburg stellen zwei Organisationen Bodendaten zur Konzentration von Cyanobakterien im Wasser zur Verfügung.

- a) Die Abteilung für [Umweltmikrobiologie und Biotechnologie](#) des Luxemburger Instituts für Wissenschaft und Technologie (LIST)
- b) Das [Wassersyndikat des Staudamms von Esch-Sur-Sûre](#) (SEBEL)

Diese Art von Daten ist sehr wichtig, um die von Satelliten durchgeführten Messungen zu validieren. Die Vor-Ort-Beobachtungen von SEBEL stimmen mit den Satellitenbeobachtungen mit dem EO Browser überein (siehe Abbildungen unten). Die Schüler sollten ihre eigenen Satellitenbilder mit den Messungen nationaler Behörden vergleichen.



↑ Geringer Cyanobakterienghalt im April 2021. Quelle: PURDUE-WILLE Emanuela



↑ Hoher Cyanobakterienghalt im September 2021. Quelle: PURDUE-WILLE Emanuela

Primärdaten

Dies sind Informationen, die die Schüler selbst messen oder berechnen.

Es gibt zwei Hauptfaktoren, die das Wachstum von Cyanobakterien begrenzen: Licht und Nährstoffverfügbarkeit. Im Folgenden finden die Teams Ideen, wie sie diese Faktoren untersuchen können. Die Teams können auch andere Faktoren untersuchen und deren Zusammenhang mit Cyanobakterien erforschen. Beispielsweise sind auch der Salzgehalt und die Temperatur des Wassers wichtige Faktoren, die das Wachstum von Cyanobakterien beeinflussen können.

Gesundheits- und Sicherheitswarnung!

Wasser mit einem hohen Anteil an Cyanobakterien kann Belästigungen (z. B. schlechter Geruch) und Gesundheitsrisiken verursachen! Bevor Sie Seen und Flüsse besuchen und Messungen vornehmen, informieren Sie sich über Wasserqualitätswarnungen von offiziellen Stellen und besprechen Sie, wie Sie sich schützen können.

Wassertransparenz

Die Menge an Cyanobakterien und Algen beeinflusst, wie tief Licht in ein Gewässer eindringt, und bestimmt damit, bis zu welcher Tiefe Wasserpflanzen wachsen können. Ohne Licht findet keine Photosynthese statt, weder bei Pflanzen noch bei Algen oder Cyanobakterien. Die Transparenz nimmt mit dem Vorhandensein von Molekülen und Partikeln ab, die Licht absorbieren oder streuen können, und hilft dabei, die Tiefe zu bestimmen, bis zu der Photosynthese möglich ist. Darüber hinaus kann die Farbe des Wassers Aufschluss darüber geben, ob die geringe Transparenz durch Algen oder andere Substanzen wie gelöste organische Stoffe, Mineralien oder organische Sedimente verursacht wird.

Die Wassertransparenz kann mit einer **Secchi-Scheibe** gemessen werden. Eine Secchi-Scheibe ist eine Scheibe mit einem Durchmesser von 30 cm, die an einer Schnur ins Wasser gesenkt wird. Die Tiefe, in der die Secchi-Scheibe nicht mehr durch das Wasser hindurch gesehen werden kann, wird als Secchi-Tiefe bezeichnet. Bei hoher Wassertransparenz ist auch die Secchi-Tiefe hoch. Bei geringer Wassertransparenz und trübem Wasser ist die Secchi-Tiefe gering.

Eine Secchi-Scheibe kann [mit einem 3D-Drucker](#) oder aus einem recycelbaren Material wie einer [alten Schallplatte](#) hergestellt werden. Die Wassertransparenz kann saisonal variieren, daher ist es wichtig, zahlreiche Messungen mit der Secchi-Scheibe durchzuführen, beispielsweise einmal im Monat. Anleitungen zur 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 voller Größe nicht benötigt wird oder zu groß zum Mitnehmen ist, finden Sie im Rahmen des [MONOCLE-Projekts](#) Informationen zum Bau und Einsatz einer Mini-Secchi-Scheibe.

[Wissenschaftler](#) verwenden diese Messungen auch, um einen Zusammenhang mit der Konzentration von Phytoplankton im Wasser herzustellen und die von Satelliten durchgeführten Messungen zu validieren!

Nährstoffe

Eine natürliche und gesunde Menge an Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor ist für das Funktionieren aquatischer Ökosysteme unerlässlich. Die Überlastung von Meeren, Seen und Flüssen mit Nährstoffen kann zu einer Reihe von negativen Auswirkungen führen, die als Eutrophierung bekannt sind. Phosphor ist der wichtigste Nährstoff für die Eutrophierung in Süßgewässern. Er wird in der Regel als „limitierender Nährstoff“ betrachtet, was bedeutet, dass die verfügbare Menge dieses Nährstoffs das Wachstumstempo von Algen und Wasserpflanzen bestimmt. Die häufigste Form von Phosphor, die von biologischen Organismen genutzt wird, ist Phosphat. Um den Phosphatgehalt im Wasser zu messen, können Teams ein Wasserqualitäts-Kit oder ein Phosphat-Testkit verwenden.

Cyanobakterien kommen in Gebieten mit Wurzelpflanzen seltener vor, da diese die von beiden benötigten Nährstoffe aufnehmen. Gleichzeitig ist es unwahrscheinlich, dass Wurzelpflanzen im Wasser wachsen, wenn Cyanobakterien in einem See häufig vorkommen. Sie können auch das Vorkommen von Indikatororganismen untersuchen. Dabei handelt es sich um Pflanzen- oder Tierarten, die unter besonderen Bedingungen leben und daher beispielsweise indirekt die Nährstoffmenge in einem See oder entlang des Ufers anzeigen können.

Pflanzen, die viel Stickstoff zum Wachsen benötigen, kommen daher in Gebieten mit einer hohen Stickstoffkonzentration vor. Dies gilt auch für Tiere, z. B. Insekten und sogar Mikroorganismen. Die Wasserqualität kann durch die Messung des Vorkommens ausgewählter Organismen in dem untersuchten Gebiet beurteilt werden.

C – Zeit, etwas zu bewegen! (PHASE 3)

Auf Grundlage der Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus Phase 2 beschließen die Teams, welche Maßnahmen sie ergreifen wollen, um das von ihnen untersuchte Klimaproblem anzugehen. Welche Maßnahmen könnten die Schüler als Einzelpersonen oder als Gemeinschaft ergreifen, um das Bewusstsein zu schärfen und die Auswirkungen von Cyanobakterienblüten in ihren Gemeinden zu verringern?



CLIMATE DETECTIVES

→ AUFGABEN ALS KLIMADETEKTIVE

Arbeitsblatt für Schüler

A – Einführung in das Thema (PHASE 1)

- o Was sind Cyanobakterien? Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Wasserqualität in Bezug auf Cyanobakterien in Seen aus?
- o Warum entwickeln sich Cyanobakterien?
- o Was sind die Hauptprobleme, die durch Cyanobakterien verursacht werden?
- o Inwiefern betrifft/bezieht sich das von Ihnen gewählte Thema auf Sie, Ihre Gemeinde oder Ihre lokale Umgebung?
- o Beschreiben Sie, wie Sie das Klimaproblem untersuchen möchten und welche Daten Sie analysieren möchten (für den Untersuchungsplan). Vorschläge finden Sie weiter unten.

B – Datenerhebung und -analyse (PHASE 2)

- o Befragen Sie Menschen, die in der Umgebung des Sees leben, um mit ihnen über dessen Entwicklung im Laufe der Jahre im Zusammenhang mit dem Klimawandel zu sprechen.
- o Analysieren Sie andere Seen als den von Esch-sur-Sûre.
- o Analysieren Sie die Entwicklung der Cyanobakterien innerhalb eines Jahres über mehrere Monate hinweg.
- o Vergleichen Sie die Entwicklung von Cyanobakterien in einem See zum gleichen Zeitpunkt in verschiedenen Jahren.
- o Untersuchen Sie das Vorkommen von Indikatororganismen, die auf Nährstoffe hinweisen, die Cyanobakterien begünstigen.
- o Analysieren Sie die Wassertransparenz im Zeitverlauf mit einer Secchi-Scheibe.
- o Setzen Sie das Vorkommen von Cyanobakterien im Zeitverlauf in Beziehung zur Wassertemperatur, zu Wetterereignissen und zum Klimawandel.

C – Zeit, etwas zu bewegen! (PHASE 3)

Ihre Arbeit als Klimadetective ist nun abgeschlossen. Welche Maßnahmen könnten Sie als Einzelpersonen und als Gemeinschaft vorschlagen, um in Bezug auf das Thema Ihrer Untersuchung etwas zu bewegen?

→ Links

ESA-Ressourcen

Lehrerhandbuch „Klimadetektive“

<https://climatedetectives.esa.int/climate-detectives-teacher-guide/>

Unterrichtsmaterialien für Klimadetektive

<https://climatedetectives.esa.int/resources/>

Klima für Schulen – Ressourcen aus der Klimaschutzinitiative

<https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/>

Hintergrundinformationen

Schädliche Algenblüten – Naturwissenschaftlicher Unterricht für Gymnasien durch Erdbeobachtung <https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-co3-p01.html>

Interaktiver Atlas des 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

Copernicus-Browser

<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

Monocle-Projekt – Mini-Secchi-Scheibe

https://monocle-h2o2o.eu/Sensors_and_platforms/Mini-secchi_disk_en.html

Das ESA-Bildungsbüro freut sich über Feedback und Kommentare
teachers@esa.int

Eine Produktion der ESA-Bildungsabteilung in Zusammenarbeit mit ESERO Luxemburg
Copyright 2026 © Europäische Weltraumorganisation