

Vergleich der biologischen Wasserqualität zu verschiedenen Jahreszeiten

Dieses Beispielprojekt richtet sich nach dem von GLOBE vorgeschlagenen wissenschaftlichen Forschungsprozess.

Umweltthema aufgreifen / Natur beobachten

Um die SuS in das Thema einzuführen, können die Unterrichtsvorschläge von GLOBE als Unterstützung dienen (siehe „Für die Lehrperson“).

Fragen stellen

In diesem Beispielprojekt wird die biologische Wasserqualität (BWQ) an einem Fließgewässer zu verschiedenen Jahreszeiten verglichen. Mögliche Fragestellungen könnten sein: Unterscheidet sich die BWQ eines Fließgewässers zu verschiedenen Jahreszeiten? Gibt es Makroinvertebraten, welche nur zu einer bestimmten Jahreszeit beobachtet werden können? Inwiefern verändern sich die chemisch-physikalische Eigenschaften des Fließgewässers mit den Jahreszeiten?

In diesem Beispielprojekt werden jeweils drei Messungen im Herbst mit drei Messungen im Frühjahr am gleichen Fließgewässer verglichen. Dabei geht es in erster Linie um einen Vergleich der BWQ, aber auch hydrologische Parameter werden verglichen.

Hypothesen entwickeln

Basierend auf der Fragestellung werden Hypothesen formuliert (in grün sind die Begründungen der Hypothesen angegeben):

- H1: Die BWQ ist im Frühjahr höher als im Herbst: Die Temperaturen sind im Frühjahr geringer als im Herbst (Wassertemperatur u.a. auch wegen dem Schmelzwasser), weswegen der Sauerstoffgehalt im Frühjahr höher ist, was für die Makroinvertebraten von Vorteil ist.
- H2: Im Frühjahr werden mehr Makroinvertebraten gefunden (Anzahl Zählformen): Da die Larven verschiedener Makroinvertebraten (z.B. Eintags-, Köcher- oder Steinfliegen) im Sommer aus den abgelegten Eiern schlüpfen, sind sie im Frühjahr grösser als im Herbst und können somit besser gefunden werden.
- H3: Der Nitratgehalt (NG) ist im Frühjahr höher: im Frühjahr wird in der Landwirtschaft Dünger eingesetzt, welcher u.a. bei starken Regenfällen ins Fließgewässer eingebracht werden kann.

Diese Hypothesen werden danach bei der Datenanalyse verifiziert oder falsifiziert. Zu den (Arbeits-) Hypothesen gehören auch Nullhypothesen. Damit wird eine Erwartungshaltung an die Resultate verhindert.

Beispiel einer Nullhypothese H1: zwischen der BWQ im Herbst und im Frühjahr kann kein Unterschied gefunden werden.



Abbildung 1: Eine Schülerin misst die biologische Wasserqualität. © Eric Wyss / GLOBE Schweiz



Abbildung 2: Einer der beprobten Standorte am Birsig bei Basel. © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz

Untersuchungen planen

Bevor mit der Messung begonnen werden kann, müssen die nötigen [Messmaterialien](#) beschafft und die Standorte ausgesucht werden. Auch die Exkursion für die Datenerhebung wird geplant. Ideal ist, wenn die Methoden vor der Messung mit den SuS eingeübt werden.

Daten sammeln

Datenerhebung

Bei der Datenerhebung müssen die GLOBE Anleitungen (siehe „Messung im Feld“ unter „[Für den Unterricht](#)“) zwingend befolgt werden, damit die Resultate aussagekräftig und vergleichbar sind. Basierend auf der Fragestellung wird festgelegt, welche Parameter gemessen werden.

Für eine möglichst grosse Datenbasis erheben wir in diesem Beispiel alle Parameter der GLOBE Angebote „[Hydrologie](#)“ und „[Bioindikation im Fließgewässer](#)“.

Datenerfassung

Die gemessenen Daten können mit dem Smartphone oder Computer in der [App Fließgewässer](#) erfasst werden (Registrierung notwendig, siehe auch „Dateneingabe und Datenvergleich“ unter „[Für den Unterricht](#)“).

Für dieses Beispiel werden die Messungen zu zwei Jahreszeiten an drei Standorten am Birsig in Basel (insgesamt sechs Messungen) miteinander verglichen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Daten der Messungen:

Standort	Messung Herbst 2017	Messung Frühjahr 2018
Birsig Viaduktstrasse (BG1)	9. November	29. März
Birsig Oberwil (BG2)	24. November	14. März
Birsig Biel-Benken (BG3)	24. November	29. März

Abbildung 3 zeigt die Lage der Standorte. Die erfassten Daten unserer Messungen sind auf Abbildungen 5 bis 10 zu sehen.

Daten analysieren

Die Datenauswertung kann mithilfe des [Analysetools Fließgewässer](#) ausgeführt werden. Dazu gibt es auch Videoanleitungen (siehe „Dateneingabe und Datenvergleich“ unter „[Für den Unterricht](#)“).

Überprüfung der Hypothesen

Mithilfe der Messungen werden nun die Hypothesen überprüft. **H1** wird falsifiziert: Die BWQ ist an zwei von drei Standorten im Frühjahr und im Herbst identisch; an Standort BG3 ist sie im Herbst höher als im Frühjahr.

Für die Überprüfung von H2 laden wir die PDFs der Makroinvertebraten herunter, die im Analysetool den jeweiligen Datenpunkten angehängt sind. Sie zeigen uns: Im Frühjahr wurden an den Standorten BG1, BG2 und BG3 jeweils 20, 17 und 14 verschiedene Zählformen gefunden; im Herbst waren es 18, 22 und 23. Damit wird **H2** ebenfalls falsifiziert.

H3 hingegen wird verifiziert: Der NG ist an allen drei Standorten im Frühjahr höher als im Herbst; im Durchschnitt um 0.77 mg/l.

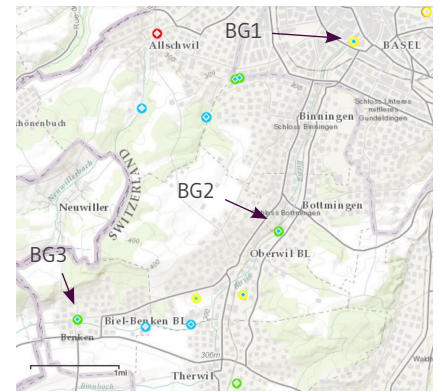


Abbildung 3: Lage der beprobten Standorte am Birsig in Basel.



Abbildung 4: Messung der Temperatur mit Thermometern. © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz

(1 of 2)

Birsig of GLOBE	
Biological water quality slightly polluted - I-II	
Landscape ecology strongly obstructed (2.0 - 2.4) Value: 2.30	
Physical-chemical properties Water temperature: 10.00 °C Dissolved oxygen: 10.00 mg/l O ₂ Nitrates: 3.08 mg/l NO _x -N Conductivity: 800.00 µS/cm pH: 8.50 Alcalinity: 240.00 mg/l CaCO ₃ Turbidity: 120.00 cm	

Abbildung 5: Screenshot der eingegebenen Daten im Analysetool für Standort BG1 im Herbst 2017.

(2 of 2)

Birsig of GLOBE	
Biological water quality slightly polluted - I-II	
Landscape ecology strongly obstructed (2.0 - 2.4) Value: 2.40	
Physical-chemical properties Water temperature: 9.50 °C Dissolved oxygen: 11.70 mg/l O ₂ Nitrates: 3.74 mg/l NO _x -N Conductivity: 753.00 µS/cm pH: 8.37 Alcalinity: 250.00 mg/l CaCO ₃ Turbidity: 120.00 cm	

Abbildung 6: Screenshot der eingegebenen Daten im Analysetool für Standort BG1 im Frühjahr 2018.

(2 of 2)

Birsig of GLOBE	
Biological water quality slightly polluted - I-II	
Landscape ecology obstructed (1.5 - 1.9) Value: 1.90	
Physical-chemical properties Water temperature: 10.00 °C Dissolved oxygen: 9.20 mg/l O ₂ Nitrates: 3.52 mg/l NO _x -N Conductivity: 882.00 µS/cm pH: 8.30 Alcalinity: 275.00 mg/l CaCO ₃ Turbidity: 120.00 cm	

Abbildung 7: Screenshot der eingegebenen Daten im Analysetool für Standort BG2 im Herbst 2017.

(1 of 2)

Birsig of GLOBE	
Biological water quality slightly polluted - I-II	
Landscape ecology obstructed (1.5 - 1.9) Value: 1.80	
Physical-chemical properties Water temperature: 9.50 °C Dissolved oxygen: 15.50 mg/l O ₂ Nitrates: 4.40 mg/l NO _x -N Conductivity: 755.00 µS/cm pH: 8.60 Alcalinity: 280.00 mg/l CaCO ₃ Turbidity: 120.00 cm	

Abbildung 8: Screenshot der eingegebenen Daten im Analysetool für Standort BG2 im Frühjahr 2018.

(1 of 2)

Birsig of GLOBE	
Biological water quality unpolluted - I	
Landscape ecology obstructed (1.5 - 1.9) Value: 1.50	
Physical-chemical properties Water temperature: 8.20 °C Dissolved oxygen: 10.50 mg/l O ₂ Nitrates: 1.65 mg/l NO _x -N Conductivity: 855.00 µS/cm pH: 8.30 Alcalinity: 345.00 mg/l CaCO ₃ Turbidity: 120.00 cm	

Abbildung 9: Screenshot der eingegebenen Daten im Analysetool für Standort BG3 im Herbst 2017.

(1 of 2)

Birsig of GLOBE	
Biological water quality slightly polluted - I-II	
Landscape ecology obstructed (1.5 - 1.9) Value: 1.70	
Physical-chemical properties Water temperature: 8.00 °C Dissolved oxygen: 11.70 mg/l O ₂ Nitrates: 2.42 mg/l NO _x -N Conductivity: 761.00 µS/cm pH: 8.33 Alcalinity: 290.00 mg/l CaCO ₃ Turbidity: 98.00 cm	

Abbildung 10: Screenshot der eingegebenen Daten im Analysetool für Standort BG3 im Frühjahr 2018.

Interpretation der Resultate

Die Tatsache, dass H1 und H2 beide falsifiziert wurden, zeigt, dass sich die BWQ am Birsig zwischen den Jahreszeiten Herbst und Frühjahr nicht wesentlich unterscheidet. Da die beiden Hypothesen im Grunde genommen dasselbe aussagen, aber unterschiedlich begründet wurden, kann des Weiteren angenommen werden, dass sich beide Begründungen für mögliche Unterschiede in der BWQ zwischen den Jahreszeiten als „falsch“ erweisen. Dem wollen wir nun weiter auf den Grund gehen. Wenn wir uns genauer mit der Begründung von H1 befassen, sehen wir, dass die Temperaturen generell im Frühjahr leicht tiefer gemessen wurden als im Herbst und der Sauerstoffgehalt (SG) an allen drei Standorten im Frühjahr höher ist als im Herbst. Somit waren diese Gedanken zwar richtig, haben aber offensichtlich keinen Anstieg in der BWQ zur Folge. Wie kann das sein?

Die Erklärung dafür könnte im jahreszeitlichen Verlauf des Lebens der Makroinvertebraten liegen: Im Sommer legen die Insekten im Wasser ihre Eier ab; ab diesem Zeitpunkt schlüpfen die Larven verschiedener Makroinvertebraten. Im Verlauf des Sommers und im Herbst wachsen sie; im Herbst scheinen sie bereits genügend gross zu sein, um sie von Auge gut erkennen zu können. Durch den Winter und im Frühjahr vermindert sich die Anzahl der Makroinvertebraten nicht, da die Bedingungen bzgl. Wassertemperatur und SG besser werden. Sie wird aber auch nicht grösser, da im Herbst bereits alle Zählformen da sind, die im Frühjahr auch zu finden sind.

Die gleiche Argumentation kann auch die Falsifizierung von H2 erklären: die Anzahl gefundener Zählformen ist im Frühjahr nicht grösser als im Herbst, da zwischen der Herbst- und der Frühjahrs-Untersuchung keine Makroinvertebraten Nachkommen produzieren. Die Tatsache, dass es bei den Unterschieden in den Zählformen zwischen Herbst und Frühjahr keine Regelmässigkeiten gibt (an einem Standort wurden im Herbst weniger Zählformen gefunden als im Frühjahr, an den zwei anderen war das Gegenteil der Fall; die Unterschiede kommen in verschiedenen Leitformgruppen zustande), unterstützt diese Erklärung: es scheint eher zufällig, in welcher Jahreszeit mehr Zählformen gefunden werden, weswegen der Grund für diese Unterschiede wohl nicht in der Jahreszeit liegt (sondern evtl. in Messfehlern, die durch unterschiedliche Probenahme o.ä. entstanden sein könnten). Wichtig ist aber: die Kategorie der BWQ („slightly polluted“) ist im Birsig zu beiden Jahreszeiten an zwei von drei Standorten identisch und weicht am dritten nur leicht ab. Das relativiert die gefundenen Unterschiede in der Gesamtsumme der Zählformen.

Der höhere NG im Frühjahr (vgl. H3) zeigt, dass die These des höheren Düngereinsatzes im Frühjahr (verglichen zum Herbst) grundsätzlich plausibel ist. Allerdings sind die Unterschiede mit durchschnittlich 0.77 mg/l nicht sehr gross. Zudem liegen die absoluten Werte mit maximal 4.4 mg/l in einem eher tiefen Bereich. Damit kann erklärt werden, dass die BWQ im Frühjahr trotz des höheren NGs nicht abnimmt.

Plausibilität prüfen

Die SuS sollen lernen, ihre Resultate und Interpretationen kritisch zu diskutieren:

- *Machen die Resultate Sinn, sind sie erklärbar?*
- *Liegen vielleicht Messfehler vor? Wie könnten diese entstanden sein?*
- *Was kann anhand der Messungen ausgesagt werden, was nicht?*
- *Gibt es Daten aus anderen Quellen, welche die Interpretationen be- oder widerlegen?*
- *Welche Art von Messungen müsste durchgeführt werden, um offen gebliebene Fragen beantworten zu können?*

Für den Vergleich mit kantonalen Daten stellt GLOBE Schweiz ein Informationsblatt mit Links zur Verfügung, welches unter „[Für den Unterricht](#)“ heruntergeladen werden kann.

Als Erstes überprüfen wir die allgemeine Plausibilität unserer Messwerte. Die BWQ wurde im Rahmen des GLOBE Programms nur an einem weiteren Standort am Birsig gemessen und mit „slightly polluted“ beurteilt. Das entspricht unseren Messungen. Der SG und der NG wurden am Birsig nebst den hier präsentierten Messungen nirgendwo sonst erhoben, weswegen kein weiterer Vergleich möglich ist.



Abbildung 11: Das Test-Set für die Messung des Nitratgehalts. © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz



Abbildung 12: Eine am Standort BG2 gefundene Kriebelmückenlarve. © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz

Das Beiziehen von kantonalen Daten zeigt, dass der vom Kanton gemessene NG generell in einem ähnlichen Bereich liegt (siehe Abbildung 13) – die Standorte „Birsig Baslerstrasse 21“ und „Birsig Heuwaage“ liegen nahe an den vorgestellten Standorten BG1 und BG2. Auch zeigen die kantonalen Daten, dass der SG seit Messbeginn durchgehend mit „sehr gut“ bewertet wurde (siehe Abbildung 14), was unseren Messungen entspricht. Auch die BWQ am Birsig wird vom Kanton Basel gemessen, allerdings mit anderen Methoden, als GLOBE sie anwendet. Die am ehesten vergleichbare Messmethode („IBCH“) zeigt an zwei Standorten am Birsig, welche nahe bei BG1 liegen, eine gute BWQ (Quelle: Amt für Umwelt und Energie BS, Abteilung Gewässerschutz (Hrsg.) (2018): [Biomonitoring Oberflächengewässer Basel-Stadt 2017](#)). Das entspricht unseren Resultaten, allerdings muss dieser Vergleich mit Vorsicht interpretiert werden, da die angewendeten Methoden nicht identisch sind.

Nitrat (N) in mg-N/L	1993/1994	1995/1996	1997/1998	1999/2000	2001/2002	2003/2004	2005/2006	2007/2008	2009/2010	2011/2012	2013/2014
AUBACH	3.3	3.3	3.2	3.4	3.2	3.0	3.2	3.1	3.5	2.8	2.8
BACHGRABEN	3.9	5.0	5.3	5.1	4.8	5.3	5.0	4.4	5.5	4.3	4.5
BETTINGERBACH	3.6	4.0	4.7	3.7	3.4	3.7	3.2	2.6	2.7	2.4	2.4
BIRS	3.6	3.5	3.6	3.1	2.7	3.4	3.4	3.5	3.4	3.1	2.8
BIRSIG HEUWAAGE	-	5.7	6.3	4.6	4.5	4.8	4.8	3.9	4.2	4.1	3.5

sehr gut
gut
mässig
unbefriedigend
schlecht

Abbildung 13: Ausschnitt aus den kantonalen Messungen zum Nitratgehalt in verschiedenen Fliessgewässern im Kanton Basel. Quelle (2019): Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt: [Qualität der Oberflächengewässer im Kanton Basel-Stadt](#). Untersuchungsjahre 1993 bis 2018.

gelöster Sauerstoff in mg/L	1993/1994	1995/1996	1997/1998	1999/2000	2001/2002	2003/2004	2005/2006	2007/2008	2009/2010	2011/2012	2013/2014
AUBACH	11.7	11.5	11.0	10.0	11.0	11.6	11.7	11.0	11.2	11.2	11.3
BACHGRABEN	9.1	12.3	13.2	10.5	12.0	12.9	12.9	12.1	12.1	10.7	12.0
BETTINGERBACH	12.0	11.8	10.9	10.6	11.3	12.4	11.8	10.4	10.5	10.4	11.1
BIRS	12.6	12.6	12.5	11.8	11.3	13.8	11.4	10.6	11.4	12.3	12.4
BIRSIG HEUWAAGE	-	12.9	12.6	12.2	11.6	13.8	13.3	11.1	11.7	11.5	12.0

sehr gut
gut
mässig
unbefriedigend
schlecht

Abbildung 14: Ausschnitt aus den kantonalen Messungen zum Sauerstoffgehalt in verschiedenen Fliessgewässern im Kanton Basel. Quelle (2019): Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt: [Qualität der Oberflächengewässer im Kanton Basel-Stadt](#). Untersuchungsjahre 1993 bis 2018.

Nachdem wir nun festgestellt haben, dass ein Vergleich unserer Messungen mit anderen Daten (sofern möglich) eine gute Übereinstimmung zeigt, befassen wir uns genauer mit den gefundenen Zusammenhängen: Dass sich die BWQ zwischen den Jahreszeiten nicht wesentlich unterscheidet (vgl. H1 und H2), ist auch an anderen Fliessgewässern sichtbar: bspw. zeigen auch die Messungen von GLOBE an der Aare, dass sich die BWQ mit den Jahreszeiten nicht eindeutig verändert: An einem Standort wurde sie im Frühjahr leicht besser bewertet als im Herbst, am zweiten leicht schlechter und am dritten blieb sie gleich. Somit scheint es in der BWQ zwischen den Jahreszeiten Herbst und Frühjahr keine eindeutigen Unterschiede zu geben.

Wenn wir im Analysetool Fliessgewässer mit einem zeitlichen Filter die Verteilung des SG im März & April und diejenige im Oktober & November darstellen lassen, sehen wir, dass es beim SG zwischen den Jahreszeiten Unterschiede gibt (siehe Abbildungen 15 und 16): Im Frühjahr liegen die höchsten Werte bei > 15 mg/l, während sie im Herbst bei 12.1 - 13 mg/l liegen. Im Frühjahr beträgt die am häufigsten gemessene Kategorie des SG 11.1 - 12 mg/l, während im Herbst am häufigsten ein SG in den Kategorien 9.1 - 10 mg/l und 10.1 - 11 mg/l erhoben wurde. Somit scheinen jahreszeitliche Unterschiede in vielen Fliessgewässern zwar vorhanden zu sein, obwohl sie (zumindest im Falle des Birsig und der Aare) keinen eindeutigen Unterschied in der BWQ zwischen den Jahreszeiten zur Folge haben.

Die beim NG festgestellten Unterschiede zwischen Herbst und Frühjahr scheinen erklärbar, da im Frühjahr im Gegensatz zum Herbst in der Landwirtschaft Dünger eingesetzt wird. Stellt man den NG im Analysetool für die zwei Jahreszeiten separat

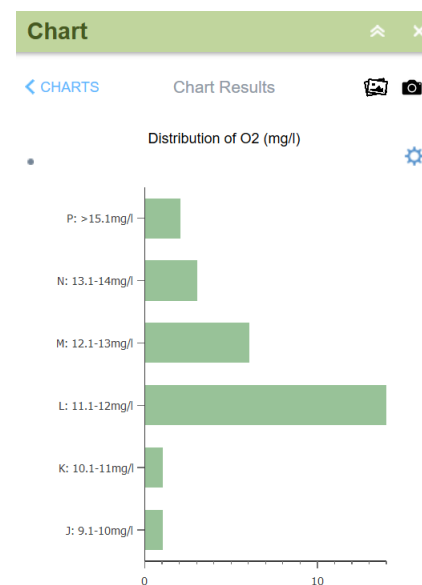


Abbildung 15: Die Verteilung des Sauerstoffgehalts bei allen Messungen aus dem Analysetool Fliessgewässer für die Monate März und April.

dar (wie es oben beim SG gemacht wurde), kann aber kein Muster erkannt werden. Die Erklärung dafür liegt nahe: nicht alle Fließgewässer werden von Düngemittel beeinflusst. Im Beispielpunkt 3 haben wir uns genauer mit dem Sulgenbach befassen und dabei festgestellt, dass bei diesem ein Düngeeinfluss wahrscheinlich scheint. Wird nun der NG am Sulgenbach pro Standort über die Jahreszeiten verglichen, zeigen sich im Frühjahr ebenfalls stets höhere Werte als im Herbst.

Schlussfolgerungen

Vergleiche mit weiteren Datensätzen (u.a. vom Kanton Basel Stadt) lassen die absoluten Messwerte generell plausibel erscheinen. Auch die gefundenen Zusammenhänge scheinen sich im Vergleich mit weiteren Daten von GLOBE zu bestätigen. Es kann also gesagt werden: Obwohl es bei der BWQ (am Beispiel des Birsig und der Aare) keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Jahreszeiten Frühjahr und Herbst gibt, ist der SG im Frühjahr generell höher als derjenige im Herbst (gemessen an allen Datenpunkten im Analysetool). Zudem ist der NG sowohl im Birsig als auch im Sulgenbach im Frühjahr höher als im Herbst, was wahrscheinlich auf den Düngeeintrag in der Landwirtschaft zurückzuführen ist. Die jahreszeitlichen Unterschiede im SG und im NG werden deswegen nicht in der BWQ widerspiegelt, weil die Larven der Makroinvertebraten bereits im Sommer schlüpfen und die Anzahl Zählformen über die Jahreszeiten danach relativ konstant bleibt. Daraus kann Folgendes abgeleitet werden:

- die Makroinvertebraten sind bereits im Herbst genügend gross, um von Auge erkannt und gefunden zu werden
- der erhöhte SG im Frühjahr hat keinen Anstieg in der BWQ zur Folge
- der erhöhte NG im Frühjahr im Birsig hat keine Verminderung der BWQ zur Folge

Resultate vorstellen

Die Resultate der Auswertung können von den SuS in einer schriftlichen Arbeit / auf einem Poster festgehalten oder mündlich präsentiert werden. Erarbeitete Unterlagen können in der App Fließgewässer (siehe „Dateneingabe und Datenvergleich“ unter „Für den Unterricht“) hochgeladen und [GLOBE Schweiz](#) zur Veröffentlichung auf der Website zugesandt werden.

Für die Diskussion der Resultate mit den SuS kann eine Fachperson beigezogen werden. [GLOBE Schweiz](#) unterstützt Sie gerne bei der Kontaktvermittlung!

Neue Fragen stellen

Anhand der vorgestellten Analysen können sich die SuS weitere Fragen überlegen. Sie sollen sich ausserdem Gedanken darüber machen, mit welchen Methoden sie die Fragen beantworten könnten.

GLOBE Schweiz stellt für die Thematik „Fließgewässer“ diverse Unterlagen zur Verfügung, welche als Interpretationshilfe beigezogen werden können. Diese sind auf der Website von GLOBE unter „Für den Unterricht“ abrufbar.

Falls Sie weiterführende Fragen haben, können Sie sich jederzeit an [GLOBE](#) wenden. Wir empfehlen auch unsere regelmässigen Weiterbildungen mit Fachpersonen, welche auf der [Homepage von GLOBE](#) ausgeschrieben werden.

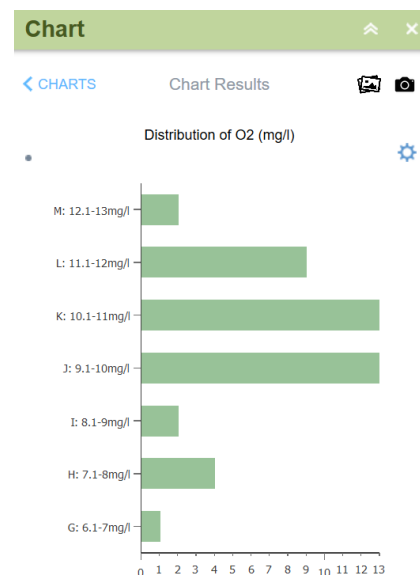


Abbildung 16: Die Verteilung des Sauerstoffgehalts bei allen Messungen aus dem Analysetool Fließgewässer für die Monate Oktober und November.



Abbildung 17: Obwohl der Sauerstoffgehalt in der Regel im Frühjahr höher ist als im Herbst, bleibt die biologische Wasserqualität über die Jahreszeiten konstant (hier: Aare bei Bern im Frühling). © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz