

## Vergleich zweier Messstandorte an einem Fließgewässer

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 werden mindestens zwei Standorte entlang desselben Flusses miteinander verglichen. Mögliche Fragestellungen sind beispielsweise: Verändern sich die landschaftsökologischen Eigenschaften entlang des Fließgewässers? Wie verändert sich die Wasserqualität mit veränderter Landschaftsökologie? Inwiefern unterscheidet sich die Wasserqualität eines Messstandortes von einem anderen Messstandort am selben Fluss?

In diesem Beispielprojekt werden zwei Standorte entlang desselben Fließgewässers verglichen – einer vor der Abwasserreinigungsanlage (ARA) und einer nach der ARA. Dabei sollen mögliche Unterschiede in der Wasserqualität festgestellt werden.



Abbildung 1: Zur Messung der Transparenz giesst eine Schülerin Wasser in die Sichttiefe-Messröhre. © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz

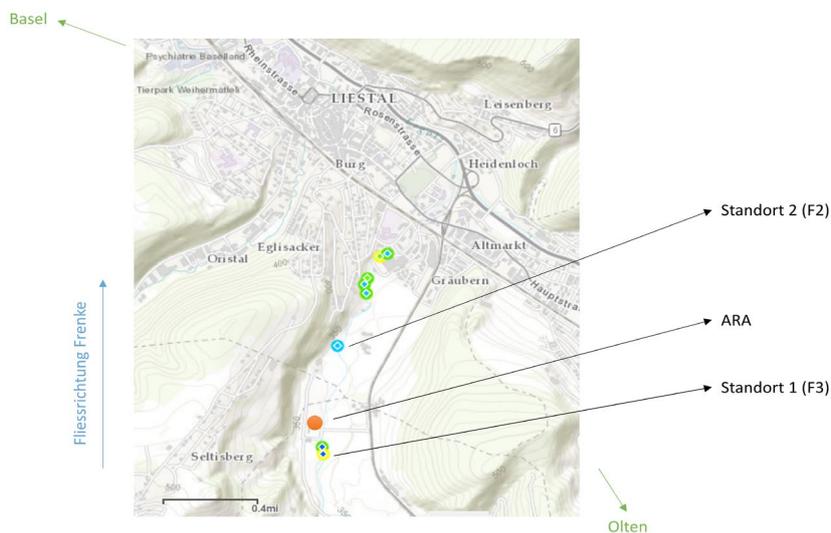


Abbildung 2: Die beprobten Standorte an der Frenke in Liestal (Kanton BL). Der blaue Pfeil zeigt die Fließrichtung der Frenke; der orange Punkt markiert den Standort der Abwasserreinigungsanlage (ARA).

### Hypothesen entwickeln

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

- H1: höhere biologische Wasserqualität (BWQ) an Standort 1 (vor ARA) als an Standort 2 (nach ARA): **Schadstoffeintrag der ARA → schlechtere Lebensbedingungen für Makroinvertebraten an Standort 2**
- H2: geringere elektronische Leitfähigkeit (EL) an Standort 1 als an Standort 2: **Schadstoffeintrag der ARA → höhere EL an Standort 2**
- H3: geringerer Nitrat-Gehalt (NG) an Standort 1 als an Standort 2: **Schadstoffeintrag der ARA → höherer NG an Standort 2**
- H4: höhere Wassertemperatur (T) an Standort 1 als an Standort 2: **Wasser, welches von der ARA eingespiesen wird, könnte aufgrund der biologischen Aktivität bei der Wasserreinigung leicht wärmer sein, als die Flusstemperatur**

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 zu H3: der NG ist an beiden Standorten gleich hoch.

## 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 zwei Standorte an der Frenke in Liestal (Kanton BL) verglichen. Die Messungen wurden am 16. Nov. 2017 (Standort 1 bzw. F3) und am 24. Okt. 2017 (Standort 2 bzw. F2) von GLOBE Schweiz durchgeführt. Abbildung 1 zeigt die Lage Standorte. Die erfassten Daten unserer Messungen sind auf Abbildungen 3 und 4 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 gemessenen Werte werden nun die Hypothesen überprüft: Die BWQ ist vor der ARA tatsächlich besser (unpolluted – I) als nach der ARA (slightly polluted – I-II). **H1** kann damit verifiziert werden. **H2** wird falsifiziert: die EL ist an Standort 1 höher (722 µS/cm) als an Standort 2 (620 µS/cm). Somit trifft auch die Nullhypothese

Frenke von GLOBE	
<b>Biologische Wasserqualität</b>	unpolluted - I
<b>Landschaftsökologie</b>	strongly obstructed (2.0 - 2.4) Wert: 1.95
<b>Physikal-chemische Eigenschaften</b>	Wassertemperatur: 6.00 °C Sauerstoff: 11.00 mg/l O2 Nitrate: 1.98 mg/l NOx-N Leitfähigkeit: 722.00 µS/cm pH: 8.60 Alkalinität: 260.00 mg/l CaCO3 Transparenz: 120.00 cm

Abbildung 3: Screenshot der eingegebenen Daten im Analysetool für Standort 1 (bzw. F3) vor der ARA.

Frenke von GLOBE	
<b>Biologische Wasserqualität</b>	slightly polluted - I-II
<b>Landschaftsökologie</b>	natural (1.0 - 1.4) Wert: 1.45
<b>Physikal-chemische Eigenschaften</b>	Wassertemperatur: 13.00 °C Sauerstoff: 7.20 mg/l O2 Nitrate: 4.18 mg/l NOx-N Leitfähigkeit: 620.00 µS/cm pH: 8.30 Alkalinität: 190.00 mg/l CaCO3 Transparenz: 120.00 cm

Abbildung 4: Screenshot der eingegebenen Daten im Analysetool für Standort 2 (bzw. F2) nach der ARA.

se (=keine Unterschiede zwischen Standorten) nicht zu. **H3** kann verifiziert werden: der NG ist mit 4.18 mg/l an Standort 2 klar höher, als an Standort 1 (1.98 mg/l). Die T ist nach der ARA mit 13°C deutlich höher, als vor der ARA (6°C). Damit kann **H4** verifiziert werden. Da die Messungen allerdings fast drei Wochen auseinanderliegen, muss dieses Resultat mit Vorsicht interpretiert werden.

### Interpretation der Resultate

Die Verifizierung von H1 weist auf eine stärkere Verschmutzung am Standort 2 hin. Die im Analysetool an die Datenpunkte angehängten PDFs zeigen, dass nur an Standort 1 Steinfliegenlarven gefunden wurden. Auch die Artenvielfalt bei den „weiteren Wirbellosen“ ist beim Standort 1 klar grösser, als diejenige beim Standort 2. Vergleicht man die Landschaftsökologie (LÖK) der beiden Standorte, sieht man, dass der Standort nach der ARA natürlicher ist, als der Standort vor der ARA. Mit der Annahme, dass die BWQ im Allgemeinen besser ist, wenn die LÖK natürlicher ist\*, ist der gefundene Unterschied in der BWQ bemerkenswerter.

Die geringere EL am Standort nach der ARA spricht allerdings gegen eine höhere Verschmutzung des Wassers am Standort 2 (vgl. H2). Dies widerspricht den Resultaten der BWQ und des NG: beide weisen auf eine schlechtere Wasserqualität an Standort 2 hin.

Ein höherer NG geht meist mit einer höheren EL einher; die EL wird aber auch von anderen Faktoren beeinflusst, wie bspw. die Schwebstoffmenge. Bei höherer Fließgeschwindigkeit aufgrund eines höheren Wasserstandes könnten mehr Schwebstoffe im Wasser vorhanden sein, was den höheren EL-Wert an Standort 1 erklären könnte (da die Messungen über zwei Wochen auseinanderliegen, sind Änderungen im Wasserstand möglich). Dagegen spricht allerdings, dass die Transparenz auch bei Standort 2 mit >120 cm sehr hoch war. Eine andere Erklärung für die unerwarteten Resultate bei der EL könnte ein Messfehler sein.

Die höhere T nach der ARA (vgl. H4) weist auf mögliche Probleme des von der ARA in den Fluss eingeleiteten Wassers hin: es könnte sein, dass dieses um einige Grad wärmer ist, als das Wasser im Fluss. Dadurch könnte die T im Fluss steigen und als Folge der Sauerstoffgehalt sinken. Anspruchsvolle Makroinvertebraten können dann nicht mehr überleben. Der Sauerstoffgehalt ist in der Tat an Standort 2 klar geringer als an Standort 1 (siehe Abbildungen 3 und 4).

\* Diese Annahme kann mithilfe des [Analysetools Fließgewässer](#) überprüft werden, indem die BWQ gegen die LÖK geplottet wird.

### 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.*

In unserem Beispiel greifen wir für die Plausibilitäts-Prüfung zuerst auf Messungen von anderen Schulklassen zurück, welche im Analysetool (siehe „Dateneingabe und Datenvergleich“ unter [„Für den Unterricht“](#)) abgerufen werden können. Es gibt einen Messstandort oberhalb der ARA, mit welchem der Standort 1 verglichen werden kann. Die BWQ wurde auch dort mit „unpolluted – I“ bewertet; die LÖK hingegen fällt etwas natürlicher aus, als an unserem Standort. Es muss aber beachtet werden, dass diese Messung bereits vor neun Jahren durchgeführt wurde; es ist somit gut möglich,

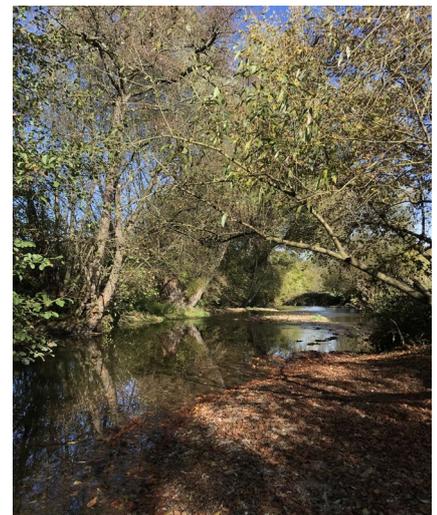


Abbildung 5: Standort 2 (bzw. F2), nach der ARA. Ist die Wasserqualität hier wirklich geringer, als am Standort vor der ARA? © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz



Abbildung 6: Der Sauerstoffgehalt im Wasser, welcher mithilfe eines chemischen Analysetools gemessen wird, ist für die Makroinvertebraten von zentraler Bedeutung. Er hängt direkt von der Wassertemperatur ab. © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz

dass sich die LÖK in dieser Zeit verändert hat. Um Standort 2 mit anderen Messungen zu vergleichen, finden wir insgesamt 6 Standorte. Mit dem räumlichen Filter des Analysetools finden wir schnell heraus:

- 4 von 6 Standorte weisen eine BWQ auf, die mit unserer Messung identisch ist
- 2 von 6 Standorte zeigen eine BWQ von „moderately polluted – II“
- 1 Standort zeigt eine EL von 790  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (an den anderen Standorten fehlen die Daten)
- 1 Standort zeigt eine T von 11  $^{\circ}\text{C}$  an (an den anderen Standorten fehlen die Daten)

Damit scheinen unsere Ergebnisse generell plausibel. Nur bei der EL finden wir einen grösseren Unterschied zu unserer Messung ( $>100 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Damit scheint es wahrscheinlich, dass bei uns ein Messfehler vorliegt. Dieser könnte beispielsweise auf eine falsche Eichung des Leitfähigkeitsmessgeräts zurückzuführen sein. Um dies zu bestätigen oder zu widerlegen, müssten wir die Messungen wiederholen.

Um der Ungereimtheit mit der EL weiter auf den Grund zu gehen, können wir kantonale Daten beziehen. Diese Daten zeigen am 12. Nov. 2017, also knapp vier Tage vor der Messung an Standort 1, erhöhte Abflusswerte (siehe Abbildung 8). Diese könnten erklären, warum die EL an Standort 1 bei vorliegender Messung höher ist als an Standort 2 (Begründung: mehr Wasser  $\rightarrow$  höhere Fließgeschwindigkeit  $\rightarrow$  stärkere Erosion der Flusssohle  $\rightarrow$  mehr Schwebstoffe im Wasser  $\rightarrow$  höhere EL). Diese Theorie kann aber nicht belegt werden. Um herauszufinden, ob die EL in der Frenke bei höheren Abflusswerten auch nach der ARA ähnlich hoch oder sogar höher als an Standort 1 ist, müsste die Messung nach einer ähnlichen Abflussspitze wiederholt werden (am gleichen Tag an beiden Standorten).

Auch dem Temperatur-Unterschied zwischen den Messungen vor der ARA und nach der ARA möchten wir weiter nachgehen. Leider fehlt uns aber dazu die Datengrundlage. Um beantworten zu können, ob der gefundene T-Unterschied wirklich auf die ARA zurückzuführen ist (und nicht auf veränderte Wetterverhältnisse), müssten wir die beiden Standorte am gleichen Tag beproben.

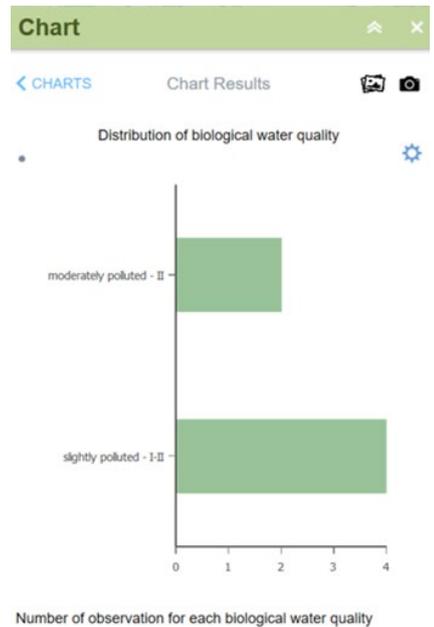


Abbildung 7: Die Verteilung der Biowasserqualität der sechs Standorte, welche ebenfalls unterhalb der ARA an der Frenke beprobt wurden. Ausschnitt aus dem Analysetool von GLOBE unter Anwendung eines räumlichen Filters.

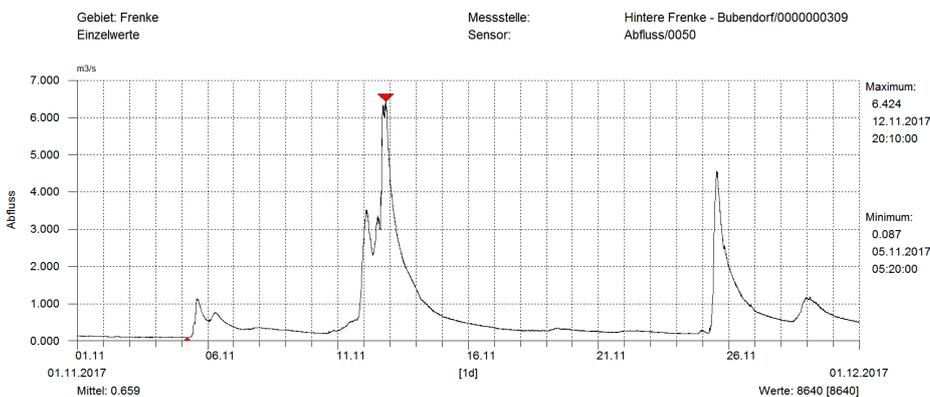


Abbildung 8: Gemessene Abflusswerte an der Frenke bei Bubendorf in  $\text{m}^3/\text{s}$ . Am 12.11.17 ist eine klare Abflussspitze erkennbar. Quelle: Kanton Basel-Landschaft, Bau- und Umweltschutzdirektion, Infrastruktur und Mobilität, Tiefbauamt/Wasserbau (Stand: 9.1.2018)

## Schlussfolgerungen

Diverse Messungen sprechen dafür, dass die Wasserqualität nach der ARA schlechter ist, als vor der ARA (BWQ, NG, T und Sauerstoffgehalt); drei der vier aufgestellten Hypothesen wurden verifiziert – allerdings wurden mit der EL auch Messresultate gefunden, welche diesem Fazit widersprechen könnten. Um den Einfluss der ARA auf die Wasserqualität (insbesondere auf die EL und die T) genauer erforschen zu können, müssten weitere Messungen durchgeführt werden.

## 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 zugeschickt werden.

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

## 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.