

Vergleich von zwei Standorten an zwei ähnlich grossen Fließgewässern

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 zwei Messstandorte an zwei ähnlich grossen Fließgewässern verglichen. Mögliche Fragestellungen hierzu sind: Inwiefern unterscheidet sich die Landschaftsökologie zwischen den beiden Fließgewässern? Welches der beiden Fließgewässer weist eine höhere biologische Wasserqualität auf und warum? Können Unterschiede der chemisch-physikalischen Eigenschaften zwischen den beiden Fließgewässern gefunden und wie können diese erklärt werden?

In diesem Beispielprojekt werden zwei Standorte an zwei ähnlich grossen Fließgewässern, dem Rhein in Basel und der Aare in Bern, verglichen. Dabei sollen die chemisch-physikalischen Eigenschaften verglichen und deren Einfluss auf die im Wasser lebenden Makroinvertebraten erklärt werden.



Abbildung 1: Messen der Leitfähigkeit.
© Daria Lehmann / GLOBE Schweiz

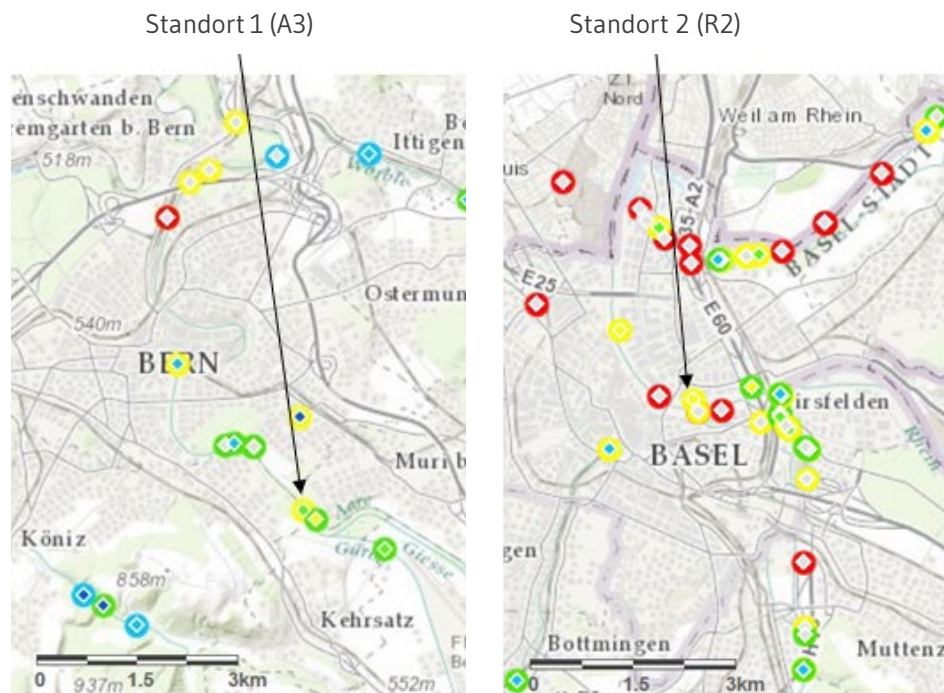


Abbildung 2: Die beprobten Standorte an der Aare in Bern (li) und am Rhein in Basel (re).

Hypothesen entwickeln

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

- H1: höherer Nitrat-Gehalt (NG) im Rhein als in der Aare: **mehr Schadstoffe im Rhein wegen Industriebetrieben entlang des Rheins und grösserem Einzugsgebiet** (→ grössere Gefahr für Verschmutzungen)
- H2: höhere elektronische Leitfähigkeit (EL) im Rhein als in der Aare: **dito H1**
- H3: höherer Sauerstoffgehalt (SG) in der Aare als im Rhein: **geringere Kanalisierung bei der Aare → unebenerer Untergrund → unregelmässigeres Fliesen → mehr Sauerstoff gelangt ins Wasser**
- H4: höhere biologische Wasserqualität (BWQ) in der Aare als im Rhein: **mehr Schadstoffe im Rhein → schlechtere Bedingungen für die Makroinvertebraten**

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 H2: die EL der beiden Standorte ist nicht verschieden.

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](#)“.



Abbildung 5: Der Standort 1 (A3) an der Aare in Bern. © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz



Abbildung 6: Der Standort 2 (R2) am Rhein in Basel. © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz

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 wird ein Standort an der Aare in Bern mit einem Standort am Rhein in Basel verglichen (siehe Abbildungen 5 und 6). Die Messungen wurden am 14. Nov. 2017 (Standort 1 bzw. A3, Aare) und am 21. Nov. 2017 (Standort 2 bzw. R2,



Abbildung 3: Screenshot der eingegebenen Daten im Analysetool für Standort 1 (bzw. A3) an der Aare in Bern.



Abbildung 4: Screenshot der eingegebenen Daten im Analysetool für Standort 2 (bzw. R2) am Rhein in Basel.

Rhein) von GLOBE Schweiz durchgeführt. Abbildung 2 zeigt die Lage der 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: **H1** wird verifiziert: der NG ist im Rhein mit 1.21 mg/l mehr als doppelt so hoch wie in der Aare. Auch **H2** kann verifiziert werden: Die EL im Rhein ist um 100 µS/cm höher als in der Aare. **H3** wird falsifiziert: Der SG ist im Rhein ein bisschen höher, als in der Aare. Die BWQ ist an beiden Standorten gleich („seriously polluted – II-III“). Damit wird **H4** falsifiziert.

Interpretation der Resultate

Der NG (vgl. H1) und die EL (vgl. H2) weisen auf eine stärkere Verschmutzung des Rheins hin. Auch ist die Landschaftsökologie (LÖK) am Rhein weniger natürlich als an der Aare.

Unerwartet ist deswegen, dass die BWQ an beiden Standorten identisch ist (vgl. H4). Wir schauen genauer hin und analysieren die im Analysetool Fliessgewässer angehängten PDFs mit den gefundenen Makroinvertebraten: tatsächlich ist die Vielfalt in der Aare sogar eher noch geringer als im Rhein. Es könnte also sein, dass sich der NG und die EL in Bereichen bewegen, welche für die BWQ nicht relevant sind.

Der SG (vgl. H3) ist im Rhein ein bisschen höher als in der Aare. Da der SG aber direkt von der Wassertemperatur (T) abhängt, muss auch diese beachtet werden. Generell gilt: je tiefer die T, desto höher der SG. Die T des Rheins ist mit 9 °C etwas tiefer als diejenige der Aare (10.5 °C), somit gleicht sich der leicht höhere SG des Rheins demjenigen der Aare an, wenn man den Effekt der T ausschliesst. Also ist der SG in beiden Fliessgewässern sehr ähnlich. Auch dies könnte die identische BWQ teilweise erklären, da der SG für das Vorkommen der Makroinvertebraten entscheidend ist.

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.

Bisher haben wir lediglich zwei einzelne Standorte an den beiden Fliessgewässern in unsere Analysen einbezogen. Damit ist die Aussagekraft unserer Resultate gering, da beide Messungen zeitlich und örtlich begrenzt sind. Nun wollen wir weitere Messungen an den selben Gewässern beziehen, um unsere bisherigen Annahmen zu überprüfen und die Aussagekraft der Analysen zu erhöhen.

GLOBE Schweiz beprobt sowohl an der Aare als auch am Rhein jeweils zwei weitere Standorte (Herbst 2017, siehe Analysetool Fliessgewässer). Beim Vergleich mit den bereits analysierten Standorten zeigt sich Folgendes:



Abbildung 7: Messen des Sauerstoffgehalts.
© Daria Lehmann / GLOBE Schweiz

- NG Rhein durchschnittlich 1.43 mg/l (Spannweite: 0.88–2.2 mg/l); Aare: 0.66 mg/l (0.55–0.88 mg/l)
- EL Rhein 395–410 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Aare 310–342 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- SG an beiden Gewässern nie merklich kleiner oder grösser als 10 mg/l (min.: 9.8 mg/l; max.: 11.2 mg/l)
- BWQ an allen drei Standorten am Rhein „seriously polluted – II-III“; an der Aare: 2x „slightly polluted – I-II“ und 1x „seriously polluted – II-III“

Unsere bisherigen Annahmen haben sich also bzgl. NG, EL und SG bestätigt: NG und EL weisen auf eine stärkere Verschmutzung am Rhein als an der Aare hin, der SG unterscheidet sich zwischen den beiden Gewässern kaum. Interessant ist aber, dass die BWQ an den zwei anderen Standorten der Aare besser bewertet wurde. An einem der beiden wurden sogar Steinfliegenlarven (anspruchsvollste Leitformgruppe, siehe Abbildung 8) gefunden – am Rhein jedoch ist die BWQ nie besser, als sie es an unserem Standort war. Somit kann angenommen werden, dass die leicht stärkere Verschmutzung des Rheins sich doch in der BWQ widerspiegelt – dies aber standortabhängig ist. Um diese Standortabhängigkeit aber genauer zu analysieren, wären weitere Messungen nötig.

Bezüglich der BWQ fällt noch etwas anderes auf, wenn wir die PDFs der gefundenen Makroinvertebraten der insgesamt 6 Standorte (3 an der Aare, 3 am Rhein) unter die Lupe nehmen: An allen Standorten im Rhein wurde der Tubifex gefunden – an der Aare fehlt dieser Wirbellose. Der Tubifex ernährt sich u.a. von Algen, welche bei leicht eutrophierten Gewässern vorkommen können. Obwohl er theoretisch auch in perfekt sauberem Wasser überleben könnte, siedelt er sich meist in eher verschmutzten Gewässern an. Dies kann als weiterer Hinweis dafür gedeutet werden, dass der Rhein insgesamt stärker verschmutzt ist als die Aare.

Wir vergleichen unsere Messungen zur Plausibilitäts-Prüfung nun auch mit kantonalen und nationalen Daten: Der Messstandort „Rhein Weil“ des Messsystems [NADUF](#) und der Standort „Aare Bern, Dalmazibrücke“ des Gewässer- und Bodenschutzlabors des Kantons Bern liefern uns die passendsten Daten (siehe Abbildungen 9 und



Abbildung 8: Gefangene Steinfliegenlarve am Standort A1 (weiterer Messstandort von GLOBE an der Aare bei Bern). © Daria Lehmann / GLOBE Schweiz

Chemisch bakteriologische Resultate Fließgewässer <i>Résultats bactério-chimiques cours d'eau</i>		Aare Bern, Dalmazibrücke		AB59 Stichprobe									
		Koordinaten		E = 2 600 562		N = 1 199 268		Höhe		505 m.ü.M.			
2016	05.01.16	03.02.16	03.03.16	05.04.16	02.05.16	01.06.16	27.06.16	03.08.16	30.08.16	29.09.16	02.11.16	06.12.16	
Zeit	08:15	08:05	15:25	14:20	07:50	07:55	14:45	15:40	07:50	07:50	15:30	14:05	
Temperatur	7.0	6.7	5.9	9.5	8.0	11.6	18.0	20.6	17.4	15.7	12.0	8.0	
pH	8.08	8.20	8.40	8.40	8.10	8.19	8.26	8.40	8.16	8.24	8.47	8.40	
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	300	299	332	299	327	296	276	249	266	255	284	302	
Sauerstoffgehalt mg O ₂ /l	11.7	11.4	12.6	11.6	11.4	10.6	9.7	9.4	9.3	9.3	11.2	12.7	
Sauerstoffsättigung %	104	99	108	107	101	102	108	110	102	97	111	112	
DOC mg C/l	0.99	0.76	1.23	0.76	1.78	0.99	0.72	0.71	0.68	0.70	0.72	0.66	
Ammonium mg NH ₄ -N/l	<0.010	0.022	0.022	<0.010	0.023	<0.010	<0.010	0.024	0.011	0.013	<0.010	<0.010	
Nitrit mg NO ₂ -N/l	0.005	0.007	0.010	<0.005	0.010	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Nitrat mg NO ₃ -N/l	0.72	0.65	0.98	0.65	0.85	0.63	0.54	0.48	0.51	0.53	0.65	0.75	
Gesamt-Stickstoff mg N/l	0.9	0.8	1.2	0.8	1.1	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	

Abbildung 9: Chemisch bakteriologische Messungen an der Aare bei Bern. Quelle: Bodenschutzlabor des Kantons Bern, online abrufbar unter dem [Geoportal des Kantons Bern](#), Standort AB59 (Stand: 2018) (Zugriff: 11.01.2018)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kürzel	Jahr	Datum	Uhrzeit	Dauer	Mittl. Abfluss	Abflussumme	Temp. (BAFU)	pH (BAFU)	Leitf. 25°C (BAFU)	Sauerstoff	Sauerstoffätt. %	Gesamthärte	Alkalinität	Calcium	Magnesium	Nitrat	Gesamt-Stickstoff
Ende	Ende	Ende	h	h	m ³ /s	Mio-m ³	°C		microS/cm	mg/l		mmol/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg N/l	mg N/l
562	WJ	2016	13.06.2016	08:20	336	2107	2549	15.6	8.2	341	11.2	117	3.38	2.94	56.2	7.0	1.05
563	WJ	2016	27.06.2016	08:30	336	2531	3063	16.6	8.2	337	11.1	117	3.42	2.92	57.0	7.0	1.05
564	WJ	2016	11.07.2016	08:25	336	1835	2219	19.6	8.1	335	9.8	111	3.25	2.84	53.1	7.3	1.04
565	WJ	2016	25.07.2016	08:20	336	1719	2078	20.1	8.1	328	9.6	109	3.18	2.74	51.7	7.3	1.03
566	WJ	2016	08.08.2016	08:25	336	1403	1698	21.7	8.1	321	8.7	102	3.13	2.87	50.8	7.3	0.98
567	WJ	2016	22.08.2016	08:15	336	1231	1488	20.9	8.1	319	8.9	102	3.03	2.72	48.6	7.4	0.99
568	WJ	2016	05.09.2016	08:15	336	952	1152	22.1	8.1	322	8.5	101	2.98	2.55	47.5	7.4	1.12
569	WJ	2016	19.09.2016	08:20	336	938	1135	21.3	8.0	316	8.2	96	2.92	2.50	47.0	7.0	0.94
570	WJ	2016	03.10.2016	08:20	336	700	846	19.1	8.0	329	8.7	97	2.97	2.57	47.1	7.6	1.02
571	WJ	2016	17.10.2016	08:25	336	522	631	15.7	8.0	349	9.5	98	3.14	2.68	49.8	8.0	1.09
572	WJ	2016	31.10.2016	08:15	336	599	724	13.7	7.9	358	9.9	98	3.20	2.75	51.5	7.6	1.37
573	WJ	2016	14.11.2016	08:25	336	769	930	11.4	7.9	363	10.5	99	3.34	2.92	54.2	7.7	1.50
574	WJ	2016	28.11.2016	08:15	336	893	1080	9.8	7.9	370	11.0	100	3.42	2.98	55.8	7.7	1.45
575	WJ	2016	12.12.2016	08:25	336	602	728	7.6	8.0	379	11.6	100	3.45	2.97	55.6	8.2	1.49
576	WJ	2016	27.12.2016	08:20	360	486	629	6.7	8.0	388	12.2	102	3.46	2.91	55.6	8.3	1.47
577																	

Abbildung 10: Chemische Messungen am Rhein bei Weil am Rhein. Quelle: NADUF Gruppe (BAFU EA-WAG, WSL), online abrufbar unter [eawag.ch](#), (Stand: 2018) (Zugriff: 11.01.2018)

10). NG, EL und SG können direkt verglichen werden und zeigen, dass unsere Werte in einem ähnlichen Bereich liegen. Damit erschienen unsere Messungen insgesamt sehr plausibel. Die Plausibilität der BWQ kann jedoch nicht weiter überprüft werden, da dazu die Datengrundlage fehlt.

Schlussfolgerungen

Der Rhein scheint basierend auf den Parametern „NG“ und „EL“ leicht stärker verschmutzt als die Aare. Dies widerspiegelt sich je nach Standort in einer höheren BWQ der Aare (verglichen zum Rhein). Allerdings sind die Unterschiede in der BWQ nicht überall klar sichtbar, was u.a. auf den ebenfalls hohen SG im Rhein zurückgeführt werden könnte. Die Standortabhängigkeit der BWQ kann aber im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht genauer bestimmt werden. Dazu wären weitere Messungen notwendig.

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.