

Martin Gröger<sup>1</sup>  
Philipp Spitzer<sup>2</sup>  
Volker Heck<sup>1</sup>  
Jan Höper<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universität Siegen  
<sup>2</sup>Universität Graz  
<sup>3</sup>Universität Tromsø

## **Projekt GlacierXperience Gletscher naturwissenschaftlich erkunden**

An Gletschern lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels besonders prägnant beobachten. Forschende aus verschiedenen Disziplinen machen schon lange auf den Rückgang der Gletscher aufmerksam (Fischer, Patzelt, AchRAINER, Groß, Lieb, Kellerer-Pirklbauer & Bendler, 2018). Doch Schülerinnen und Schüler wissen zumeist nur sehr wenig darüber. Um die Problematik präsenter zu machen, Lernende weiter für Fragen des Klimawandels zu sensibilisieren und ein Angebot für den naturwissenschaftlichen Unterricht zur Gletscherproblematik bereitzustellen, haben wir in dem ERASMUS+-Projekt GlacierXperience ([www.glaciereducation.com](http://www.glaciereducation.com)) eine virtuelle Lernumgebung entwickelt, in der die Problematik Gletscherschmelze am Beispiel zweier Gletscher aus den Blickwinkeln der Chemie, Geographie und Physik beleuchtet wird.

Die frei abrufbare Lernumgebung beinhaltet Modellversuche, Inputs und virtuelle Gletschererlebnisse, die auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden können. Dabei werden auch aktuelle Forschungsbereiche, wie z.B. die durch Auftauen des Permafrostbodens und oder das Schmelzen der Gletscher verursachte Versauerung und Anreicherung von Schwermetallen in Gebirgsgewässern experimentell erschlossen.

Die Lerneinheiten wurden nach dem Ansatz der Didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) entwickelt. Dazu wurden zunächst erkundende Exkursionen zu den Gletschern durchgeführt. Anschließend fanden Exkursionen mit Lernenden statt und schließlich wurden die aufbereiteten Ergebnisse auf der Lernplattform mit Schülerinnen und Schülern in der gletscherfernen Region Siegerland bei einem Exkursionstag in die Schülerlabore an der Universität Siegen erprobt.

Neben der inhaltlichen Ausarbeitung fand eine Begleituntersuchung in Form einer Fragebogenstudie statt, in deren Rahmen einige Schülerperspektiven auf den Themenbereich erfasst wurden.

### **Die Gletscher**

Die im Projekt betrachteten Gletscher sind die Dachsteingletscher (Hallstätter Gletscher und Schladminger Gletscher) als alpine Gletscher sowie der Steindalsbreen als Vertreter eines Gletschers jenseits des nördlichen Polarkreises.

Die Dachsteingletscher sind UNESCO Welterbe und touristisch erschlossen. Mit Hilfe einer Seilbahn können Besucher direkt auf den Gletscher gelangen und erhalten so einen leichten Zugang in das Nährgebiet. Experimente sind hier auch gut auf dem Gletscher vor Ort durchführbar.

Der Steindalsbreen ist ein touristisch weniger erschlossener Gletscher. Dennoch ist er für die Lage im nördlichen Skandinavien recht gut zugänglicher. Zu ihm gelangt man über einen gut 6 km langen Wanderweg durch das u-förmige Gletschertal. Man erreicht den Gletscher an seiner Gletscherzunge und damit am Ende des Zehrgebietes. Auf der Wanderung durch das glazial überformte Relief ist es möglich, den Formenschatz mitsamt seinen räumlichen

Phänomenen und Prozesse aufzeigen. Diese bilden die Grundlage für die chemischen und physikalischen Versuche und Experimente.

### Experimente

Es wurde versucht eine möglichst große Bandbreite an Versuchen aus Chemie, Physik und Geographie auszuarbeiten. Dabei konnten einige Experimente direkt auf den Gletschern durchgeführt werden, andere wurden als Modellexperimente für die Durchführung im regulären Unterricht konzipiert.

Aus Sicht der Geografie lassen sich das Erosionsgeschehen am Grund des Gletschers und das Fließverhalten von Gletschern untersuchen. Aus eher physikalischer Perspektive wurde z. B. der Zusammenhang zwischen Albedo und Gletscherschmelze untersucht. Dabei machen Aufnahmen mit der Wärmebildkamera deutlich, dass dunkle Oberflächenkörper wie Gesteinsablagerungen z. B. durch Saharastaub stärker erwärmen als helle und so stärker zur Schmelze beitragen können.

Aus chemischer Sicht wurden u. a. zwei neu entwickelte Versuche eingesetzt. Dabei geht es einerseits um Gletscher als Kohlenstoffdioxid-Senke. Hierbei wird dargestellt, wie Gletscherabflüsse Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre durch chemische Verwitterung binden können. Andererseits wird auf den Schwermetallgehalt in Gebirgsbächen eingegangen, da schmelzender Permafrost und der Rückgang von Gletschereis können zu einer Erhöhung der Schwermetallkonzentration in Gebirgsbächen und Seen führen kann. Durch *Acid Mine Drainage* (AMD) z. B. bei der Pyritoxidation wird nämlich der pH-Wert von Gebirgsbächen gesenkt. Schwermetalle werden so leichter aus Mineralien gelöst und erhöhen die Konzentration an Schwermetallionen im Wasser. Dies kann im Modellexperiment am Beispiel von Pyrit und Kupfer gut nachgestellt (Spitzer, Reichmann & Tassoti, 2024) und mit nasschemischen Untersuchungen und Einsatz eines Spektralphotometers genau untersucht werden.

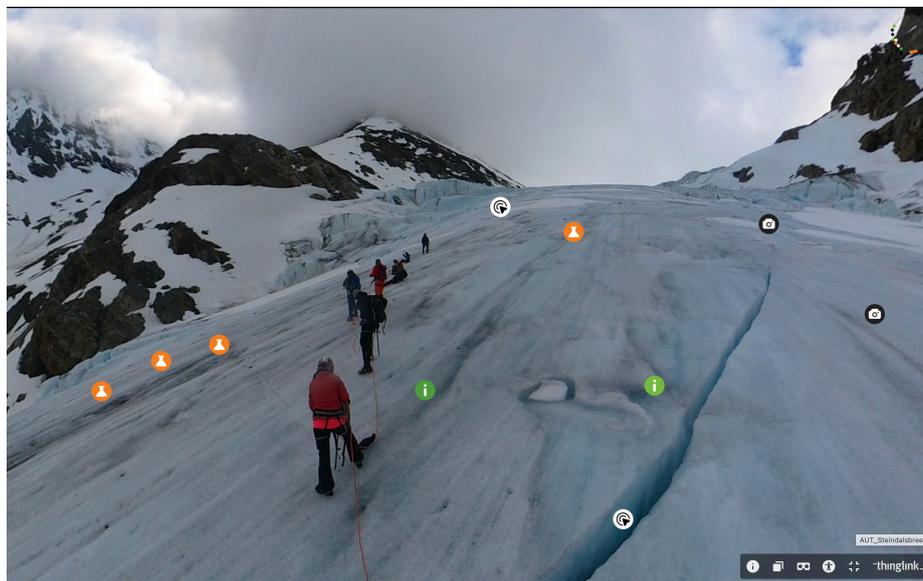


Abbildung 1: Screenshot aus der Lernumgebung

### **Virtuelle Lernumgebung mit Virtual-Reality-Option**

Typischerweise haben Schüler:innen kaum Zugang zu Gletschern. Aus diesem Grund wurde die virtuelle Lernumgebung entwickelt. Die 360°-Lernumgebung vermittelt einen Einblick in alpine und polare Gletscherlandschaften und vermittelt Wissen über Gletscherphänomene. Über die Lernumgebung können zudem Experimente für den Klassenraum aufgerufen werden um diesen Phänomenen auch hier nachgehen zu können. Über eine optionale VR-Option kann die Gletscherumgebung zudem in einer virtuellen Realität betrachtet werden. Durch die Nutzung von WebVR kann die Lernumgebung sowohl auf günstigen VR-Brillen unter Nutzung des eigenen Smartphones als auch mit klassischen VR-Brillen genutzt werden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, die Besteigung des nordischen Gletschers mit einer Schülergruppe als 360°-Film in den Unterricht einzubauen.

### **Begleituntersuchung**

Im Rahmen der Exkursionen mit den Schülerinnen und Schülern in Österreich und Norwegen sowie bei der Erprobung in der gletscherfernen Region wurden in Form einer Befragung Schülerperspektiven auf den Themenbereich erfasst. Der Fokus der kurzen Befragung lag auf sowohl allgemein in Medien und im naturwissenschaftlichen Unterricht diskutierten Problemstellungen wie dem Zusammenhang zwischen Gletschern und Klimawandel, als auch weniger sichtbaren Aspekten der Gletscherchemie und Physik. Ausgewählte Fragen wurden als Paper Pencil Befragung in Deutschland mit insgesamt 83 Schülerinnen und Schülern durchgeführt, während eine längere, vergleichende Befragung von zusätzlich mehr als 50 Schülerinnen und Schülern in Norwegen und Österreich durchgeführt und derzeit Teil von noch laufenden Masterarbeiten ist.

Ein noch vorläufiger Blick auf die Ergebnisse zeigt, dass die Lernenden im Wesentlichen nur über basales Faktenwissen zu Gletschern verfügen. Sie sind eher nicht in der Lage, tiefergehende Zusammenhänge zu erkennen. Demgemäß bewerten auch fast die Hälfte der Befragten ihre Vorkenntnisse zu Gletschern nur als *sehr gering*, ein Drittel als *gering* und ein Fünftel als *durchschnittlich* ein. Niemand beurteilte sein Vorwissen als *ziemlich gut* oder *sehr gut*.

### **Fazit**

Es wurde erfolgreich ein Lernangebot entwickelt, das sich in der Erprobung als motivierend erwiesen hat. Die Lernenden interessieren sich trotz weniger Vorkenntnisse für die Problematik und entwickeln viele Fragestellungen. Einige dieser von den Teilnehmenden aufgebrachten Themen werden derzeit in angeschlossenen Master- und Bachelorarbeiten didaktisch vertieft. Weiterhin werden Schülerdiskussionen über die Gletscherbewegungen und Zusammenhänge mit dem Klimawandel in komparativen Studien anhand von Feldinterviews auf dem Gletscher und Tonmitschnitten Interviews zu nachgelagerten Modellversuchen im Klassenraum untersucht. Hierbei zeigt sich der Wert der authentischen Naturerlebnisse auf den Gletschern, aber auch die nachgelagerten Aktivitäten, die als Brücke zum Verständnis der theoretischen Konzepte unabdingbar sind.

### **Literatur**

- Fischer, A., Patzelt, G., AchRAINER, M., Groß, G., Lieb, G. K., Kellerer-Pirklbauer, A., & Bandler, G. (2018). *Gletscher im Wandel*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55540-8>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion—Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Spitzer, P., Reichmann, E., & Tassoti, S. (2024). Acid mine drainage: The link between melting permafrost and heavy metals in mountain lake. *CHEMKON*, ckon.202400027. <https://doi.org/10.1002/ckon.202400027>