

Johannes Keller, Vanessa Schmidt, Christina Fiene und Alexander Siegmund

Innovative digitale Angebote zur Komplementierung der außerschulischen Lernorte GIS-Station und Geco-Lab

Zusammenfassung. Geographische Arbeitsmethoden wie die Satellitenbildanalyse oder geoökologische Labormethoden bieten zahlreiche Möglichkeiten für einen motivierenden, kompetenz- und handlungsorientierten Geographieunterricht. Trotz ihrer vielfältigen Potentiale werden diese Methoden nicht flächendeckend im Unterricht eingesetzt. Ziel der außerschulischen Lernorte GIS-Station – Kompetenzzentrum für digitale Geomedien und Geco-Lab – Kompetenzzentrum für geoökologische Raumerkundung ist die für Lehrkräfte und Schüler:innen anspruchsvolle, aber vielversprechende Integration geographischer Arbeitsmethoden in den Unterricht. Hierfür mussten zunächst adäquate didaktische Konzepte und darauf aufbauende Kurse entwickelt werden. Die Präsenzangebote der beiden Kompetenzzentren zur Nutzung von Satellitenbildern und geoökologischen Labormethoden wurden seit 2010 von über 100 Schulklassen genutzt. Jedoch sind die beiden außerschulischen Lernorte aufgrund des begrenzten Einzugsgebiets keine Lösung für eine flächendeckende Integration dieser geographischen Arbeitsmethoden in der Schulpraxis. Aus diesem Grund wurde zur Ergänzung des Präsenzangebots ein digitales Angebot entwickelt, für das die bestehenden didaktischen Konzepte und Inhalte adaptiert wurden. Zudem wurden die Angebote interaktiv, adaptiv und mit Virtual Reality (VR) gestaltet, um mit den Potentialen der Digitalisierung möglichst niederschwellige und gewinnbringende E-Learning-Angebote zu schaffen.

Schlagwörter. E-Learning, Satellitenbilder, digitale Geomedien, geoökologische Labormethoden, Klimawandelbildung

Innovative E-Learning Offers to Complement the Out-of-School Learning Places GIS-Station and Geco-Lab

Abstract. Geographical methods such as satellite image analysis or geoecological laboratory methods offer numerous possibilities for motivating, competence- and action-oriented geography lessons. Despite their manifold potentials, these methods are not widely used in the classroom. The aim of the out-of-school learning places GIS-Station – Center of Competence for digital Geomedia and Geco Lab - Center for Competence Geo-ecological Space Exploration is the integration of geographical methods in classrooms, which is challenging yet promising for teachers and students. This aim requires the development of adequate didactic concepts and the design of courses based on these concepts. Since 2010, more than 100 school classes participated in the courses offered by the two competence centers on the use of satellite imagery and geoecological laboratory methods. However, due to the limited catchment area, the two out-of-school learning places are not a solution for an area-wide integration of these geographical methods in schools. For this reason, an e-learning offer was developed to supplement the classroom-based courses, for which the existing didactic concepts and contents were adapted. In addition, the courses were designed to be interactive, adaptive and with virtual reality (VR) to use the potential of digitization to create e-learning courses that are easy to use and have a benefit for students' learning benefit.

Keywords. E-Learning, Satellite Imagery, Digital Geomedia, Geoecological Laboratory Methods, Climate Change Education

1 Einleitung

Ein Ziel eines modernen Geographieunterrichts ist es, die naturwissenschaftlich-geoinformationelle Methodenkompetenz der Schüler:innen zu steigern. Dazu müssen Jugendliche lernen raumbezogene Informationen aus verschiedenen Quellen zu erfassen, zu verarbeiten und diesen Prozess kritisch zu reflektieren (vgl. DGFG 2020). Mit Arbeitsmethoden wie der Satellitenbildanalyse oder Labormethoden lassen sich geographisch relevante Phänomene und Prozesse wie der Klimawandel oder Ressourcenkonflikte motivierend sowie kompetenz- und handlungsorientiert unterrichten (vgl. Fuchsgruber und Siegmund 2017; Hemmer und Hemmer 2021; Jahn 2020). Die Kombination gesellschaftlich relevanter Fragestellungen mit Methoden aus dem MINT-Bereich verdeutlicht die Funktion der Geographie als Schnittstelle von Gesellschafts- und Naturwissenschaften.

Die fachadäquate Nutzung der Satellitenbildanalyse und Labormethoden im Unterricht setzt entsprechende Fachkompetenzen bei Lehrkräften sowie eine passende Ausstattung der Schulen voraus (vgl. Harris und Hofer 2011; Schäfers et al. 2020). Ersteres ist aufgrund einer fehlenden Verankerung in den Aus- und Weiterbildungsplänen von Lehrkräften meist unzureichend ausgeprägt (vgl. z. B. Müller 2021, S. 183). Während der Einsatz der Satellitenbildanalyse die Ausstattung mit digitalen Endgeräten und eine stabile Internetverbindung voraussetzt, wird für Labormethoden eine kosten- und wartungsintensive Laborausstattung benötigt. Für diese brauchen Lehrkräfte außerdem eine Sicherheitseinweisung, die für das Fach Geographie nicht standardmäßig erfolgt. Aus diesen Gründen werden die Potentiale der Satellitenbildanalyse und geoökologischer Labormethoden nicht flächendeckend im Unterricht genutzt (vgl. Siegmund 2011).

Außerschulische Lernorte können diese Lücke im Unterricht durch zentral bereitgestellte Ausstattung und themenspezifisches Expert:innen-Wissen schließen (vgl. Brockmüller et al. 2016). Gleichzeitig ermöglichen das Autonomieerleben vor Ort und die lange echte Lernzeit den Schüler:innen eine tiefgreifendere Beschäftigung mit einer Thematik (vgl. Deci und Ryan 1993; Mehren und Mehren 2020) als sie ein typisches „Ein-Stunden-Fach“ wie die Geographie im Regelunterricht leisten könnte. Das Angebot von außerschulischen Lernorten ist allerdings meist räumlich und zeitlich begrenzt, zudem ist der Besuch mit einem erheblichen organisatorischen Aufwand in der Unterrichtsplanung für Lehrkräfte und einer zeitintensiven innerschulischen Abstimmung verbunden (vgl. Sauerborn und Brühne 2020, S. 17).

Hier können Lehrkräfte und Schulen von der Digitalisierung im Bildungsbereich profitieren. Vor allem durch die COVID-19-bedingten Einschränkungen wurden zahlreiche digitale Angebote, wie virtuelle Museums-Touren, E-Learning oder synchrone Onlinekurse, entwickelt, mit denen räumliche und zeitliche Barrieren abgebaut werden können. Wie auch an außerschulischen Lernorten können die Schüler:innen im Digitalen Erfahrungen sammeln, die sie im Regelunterricht nicht machen könnten. Erweiterte (AR) und virtuelle Realität (VR)-Anwendungen ermöglichen den Nutzer:innen dabei ein vollständiges ‚Eintauchen‘ in die digitale Welt (vgl. Kokot 2019). Für den schulischen Bedarf müssen die Angebote niederschwellig und adressatengerecht konzipiert sein.

In diesem Beitrag wird darum aufgezeigt, wie durch außerschulische Lernorte und digitale Angebote die Nutzung der Satellitenbildanalyse und Labormethoden im Unterricht ermöglicht wird. Anschließend werden die in der Abteilung Geographie – 'geo entwickelten digitalen Angebote vorgestellt. Abschließend wird dargestellt, dass gerade das komplementäre Nebeneinander von analogen

und digitalen Angeboten bei der Integration der Satellitenbildanalyse und von Labormethoden in der Schulpraxis am vielversprechendsten ist.

2 Analoge Angebote

Ziel der außerschulischen Lernorte GIS-Station – Kompetenzzentrum für digitale Geomedien und Geco-Lab – Kompetenzzentrum für geoökologische Raumerkundung ist es, Lehrkräften und Schüler:innen die originale Begegnung mit digitalen Geomedien wie Satellitenbildern und geoökologischen Labormethoden zu ermöglichen. Die Schüler:innen erheben mit den vermittelten Methoden selbstständig Daten, werten diese aus und nutzen sie anschließend, um Handlungsoptionen für reale Probleme zu erarbeiten und kritisch zu reflektieren. Die Kompetenzzentren dienen dabei als außerschulische Lernorte für Schüler:innen, Fortbildungseinrichtungen für Lehrkräfte sowie Lehr-Lern-Labore und tragen so auf mehreren Ebenen zur Integration der geographischen Arbeitsmethoden in den Geographieunterricht bei.

2.1 GIS-Station

Das Themenspektrum der kostenfreien Kurse der 2010 gegründeten GIS-Station orientiert sich an den Vorgaben der Bildungsstandards der Länder und reicht von Wasserkonflikten am Colorado-River, über die Zerstörung des Regenwalds, bis zur Plastikbelastung durch Gewächshäuser. In allen Kursen lernen die Jugendlichen mithilfe von Geoinformationen raumrelevante Fragestellungen zu beantworten. Die Schüler:innen verwenden dazu digitale Geomedien, um Informationen zu gewinnen, zu verarbeiten, zu präsentieren und den Prozess abschließend zu reflektieren. Dieses Vorgehen fördert nicht nur die geoinformationelle Methodenkompetenz, sondern auch andere inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen. Insgesamt nutzten bisher über 19.000 Schüler:innen und knapp 2.000 Lehrkräfte die Angebote. Neben Kursen zur Satellitenbildanalyse bietet das Kompetenzzentrum auch Kurse zu geographischen Informationssystemen und Geocaches an.

Grundlegend für die problem- und handlungsorientierte Arbeit mit Satellitenbildern im Unterricht sind geeignete Hard- und Software sowie ein methodisch-didaktisches Konzept, in welchem umrissen wird, wie Satellitenbilder möglichst gewinnbringend im Unterricht genutzt werden können. Durch Fördermittel der Klaus-Tschira-Stiftung konnten zwei Kursräume technisch hochwertig ausgestattet werden. Da 2010 keine für Schüler:innen geeignete Software zur Analyse

von Satellitenbildern existierte, wurde diese in der GIS-Station zusammen mit externen Partnern entwickelt. Die webbasierte Anwendung „BLIF“ ermöglicht es Schüler:innen, durch ein Assistenten-System, eine übersichtliche Gestaltung und Komplexitätsreduktion eigenständig Satellitenbilder zu analysieren (vgl. Abb. 1). In der GIS-Station durchgeführte Studien zeigten, dass Jugendliche bei der Nutzung von „BLIF“ eine hohe Motivation hatten, was sich insbesondere auf das selbstbestimmte Arbeiten mit den Satellitenbildern zurückführen lässt (vgl. Ditter 2013). Die Forschung, die in der Abteilung Geographie – 'geo durchgeführt wurde und mit der GIS-Station in Verbindung steht, legte wichtige fachdidaktische Grundlagen für den Unterricht mit Satellitenbildern. Im fernerkundungsdi-daktischem Gesamtkonzept nach Siegmund (2011) wurden Grundsätze für den Einsatz von Satellitenbildern im Unterricht formuliert. Eine zentrale Idee dabei ist, dass die Schüler:innen zunächst einen Perspektivwechsel hin zur Vogelperspektive vollziehen müssen, dann mithilfe von Bildbearbeitung Informationen aus dem Satellitenbild gewinnen und diese anschließend interpretieren sollen (vgl. Siegmund 2011). Im Kompetenzmodell für die Satellitenbildlesekompetenz wurde gezeigt, dass die Komplexität der Aufgaben und Analysetools schrittweise gesteigert werden und die einzelnen Schritte reflektiert werden sollten (vgl. Kollar 2012). Entsprechend dieser Arbeiten sind alle Kurse der GIS-Station so aufgebaut, dass die Jugendlichen schrittweise lernen, raum- und umweltrelevante Fragestellungen mit Satellitenbildern zu bearbeiten. Hierfür werden zunächst die notwendigen physikalischen Grundlagen für das Verständnis von Satellitenbildern sowie entsprechende Fachinhalte vermittelt. Dann lernen die Jugendliche Satellitenbilder zu lesen und gewinnen mit Analysetools wie der „Change Detection“¹, Informationen über die Erdoberfläche und darauf ablaufende Prozesse. Abschließend bewerten die Jugendlichen ihre Arbeit und die gewonnenen Informationen anhand des Gelernten.

2.2 Geco-Lab

Das Geco-Lab – Kompetenzzentrum für geoökologische Raumerkundung wurde 2012 gegründet und fokussiert sich auf den Bereich der Umwelt- und Klimabildung. Gerade Jugendliche als zukünftige Betroffene müssen darin gefördert werden, klimabedingte Risiken zu erkennen und Maßnahmen einer nachhaltigen Klimaanpassung zu entwickeln und zu bewerten, um zu deren Umsetzung beizutragen. Verschiedene Umweltbildungsprojekte, wie beispielsweise das im

1 Bei einer Change Detection werden mehrere Satellitenbilder vom gleichen Gebiet zu unterschiedlichen Zeitpunkten systematisch miteinander verglichen, so dass zeitliche Veränderungen analysiert werden können.

Geco-Lab erfolgreich umgesetzte Projekt „Dem Klimawandel nachhaltig begegnen (KliN!)“, leisten hier einen wichtigen Beitrag.

Die meisten Angebote des Geco-Labs basieren auf dem methodisch-didaktischen Dreiklang aus 1.) Erkennen im Gelände, 2.) Analysieren im Labor und 3.) Erklären am Modell und Experiment. Durch diese originale Begegnung können die meist nicht direkt sichtbaren Auswirkungen des Klimawandels erkannt und ein Bewusstsein für diese geschaffen werden. Um beispielsweise die Auswirkungen von Starkregenereignissen auf die Bodenerosion und die daraus folgende Abnahme der Fruchtbarkeit zu untersuchen, werden im Gelände Bodenproben entnommen sowie Relief- und Bewirtschaftungsmerkmale des Standorts notiert. Im Labor werden daraufhin bodenphysikalische und -chemische Untersuchungen durchgeführt und mit Hilfe eines haptischen Bodenerosionsmodells die Auswirkungen unterschiedlicher Starkregenereignisse und Bewirtschaftungsformen veranschaulicht. Auf Grundlage der gewonnen Erkenntnisse werden mögliche Handlungsoptionen erarbeitet. Im Themenfeld von Klimawandel/-anpassung wurden bereits zahlreiche didaktische Konzepte, Module und Materialien in verschiedenen Projekten in der Abteilung für die schulische und betriebliche Ausbildung entwickelt, erprobt und verbessert (vgl. Fischer, Fiene und Siegmund 2022). Bisher haben an den Workshops und Weiterbildungen über 5.000 Schüler:innen und Lehrkräfte teilgenommen. Für die Umsetzung des integrierten Dreiklangs wurden Projekte des Geco-Labs bereits mit mehreren Preisen (z. B. Blauer Kompass, Werkstatt N, UN-Dekade Biologische Vielfalt) ausgezeichnet.

3 Digitale Angebote

Die GIS-Station und das Geco-Lab konnten in den vergangenen zehn Jahren einen wichtigen Beitrag zur Verankerung der Satellitenbildanalyse und geoökologischer Labormethoden Unterricht leisten. Dies ist insbesondere auf die gute Ausstattung der Kompetenzzentren, das Expert:innen-Wissen der Mitarbeiter:innen sowie die eigens entwickelten methodisch-didaktischen Konzepte zurückzuführen. Trotzdem sind beide Angebote räumlich weitestgehend auf die Metropol-Region Rhein-Neckar und Baden-Württemberg limitiert sowie durch die Kapazitäten der Kompetenzzentren zeitlich eingeschränkt.

Die Digitalisierung ermöglicht es, die Angebote der GIS-Station und des Geco-Labs zu skalieren und flächendeckend anzubieten. Eine rein digitale Veröffentlichung der in den Präsenzkursen genutzten Materialien scheint dabei aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen der Schulen nicht zielführend. Darüber hinaus bieten digitale Angebote durch Adaptivität, Interaktivität und VR/AR nach-

weislich einen Mehrwert im Bildungsbereich (vgl. Eickelmann 2018). Sollen die Schüler:innen durch digitale Angebote mit Satellitenbildern und Labormethoden arbeiten, müssen diese didaktisch und methodisch aufbereitet werden. Im nachfolgenden Kapitel wird an zwei Beispielen dargestellt, wie dies gelingen kann. Die E-Learning-Angebote „geospektiv.de“ und das virtuelle Geco-Lab wurden in der Abteilung Geographie – rgeo konzipiert und durch externe Firmen entwickelt. Beide Online-Angebote stehen Nutzer:innen nach einer Registrierung kostenfrei zur Verfügung und lassen sich mit verschiedenen Endgeräten und Betriebssystemen im Regelunterricht nutzen.

3.1 „geospektiv.de“

Die E-Learning-Module in „geospektiv.de“ mit Einstieg, Erarbeitungsphase und abschließender Sicherung orientieren sich in ihrem Aufbau an einer regulären Unterrichtseinheit. Basierend auf einer deutschlandweiten Bildungsplananalyse wurden für alle Klassenstufen der Sekundarstufe Module entwickelt (vgl. Dannwolf, Matusch, Keller, Redlich und Siegmund 2020). Mithilfe von Satellitenbildern bearbeiten die Jugendlichen dabei raum- und umweltrelevante Themenstellungen vom Rückgang des Regenwalds, über die Gefährdung durch Vulkane, bis zu Dürren in Kalifornien. Alle fachlichen und methodischen Grundlagen erarbeiten sich die Schüler:innen in den interaktiven Modulen selbst, sodass die Lehrkraft den Schüler:innen nur unterstützend zur Seite stehen muss. Die Inhalte sind multimedial und multimodal durch Texte, Graphiken, Fotos sowie interaktive Elemente aufbereitet, was einen positiven Einfluss auf die Motivation der Jugendlichen hat (vgl. Dannwolf et al. 2020). Abhängig vom Interesse oder dem gemessenen Lernfortschritt der Nutzer:innen bietet „geospektiv.de“ unterschiedliche Lernwege an, in welchen die Schüler:innen bei Bedarf zusätzliche Unterstützung bei der Bearbeitung der Aufgaben erhalten. Durch diese Adaptivität sind die Lernmodule auch für heterogene Lerngruppen geeignet (vgl. Fuchsgruber und Siegmund 2016). In allen Modulen werden die Schüler:innen angeleitet, eigenständig Satellitenbilder mit BLIF zu analysieren. Auf die Webanwendung greifen sie dabei direkt über einen Link in den Modulen zu, wo sie durch das Assistenten-System hilfreiche Tipps erhalten (vgl. Abb. 1). Lehrkräfte müssen sich kostenlos bei „geospektiv.de“ registrieren und Accounts für ihre Schüler:innen erstellen. Mit diesen loggen sich die Jugendlichen datenschutzrechtskonform anonymisiert ein, um die Module zu nutzen. Die Ergebnisse der Schüler:innen werden anonymisiert gespeichert, sodass sie die Bearbeitung unterbrechen und später fortsetzen können. Zudem kann die Lehrkraft im Verwaltungsbereich den Lernfortschritt der Schüler:innen einsehen.

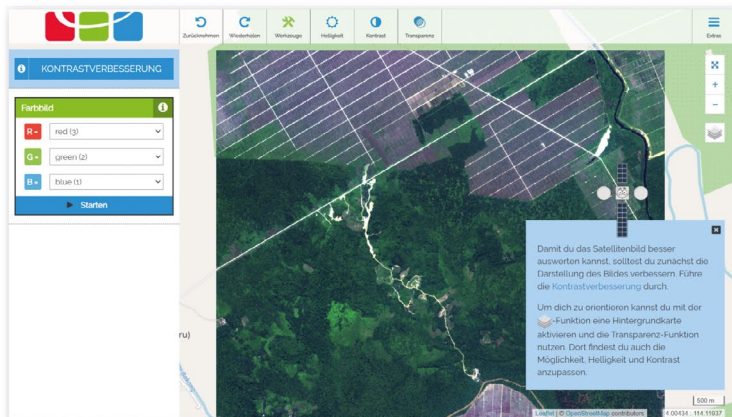


Abbildung 1: Oben: Ausschnitt aus dem Modul „Regenwald in Gefahr“ mit Quiz. Mitte: Frontend BLIF mit Assistenten. Unten: Experiment Humusglühen im virtuellen Labor (Abb: Christian Plass).

Dannwolf et al. (2020) zeigten, dass Schüler:innen eigenständig mit der E-Learning-Anwendung arbeiten können. Dies wird durch einen aktuellen Vergleich der durch das Tracking-System erhobenen anonymen Daten zu den Punkteschnitten der Nutzer:innen bestätigt. Neben den stark gestiegenen Nutzungszahlen während der COVID-19-bedingten Schulschließungen zeigte sich, dass die erzielten Punkteschnitte vergleichbar sind mit denen aus regulären Jahren (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Punkteschnitte in Prozent der Schüler:innen mit Anzahl der Nutzer:innen in den angegebenen Zeiträumen sowie Gesamtanzahl der Nutzer:innen in den angegebenen Zeiträumen (eigene Erhebungen).

	Reguläres Jahr 18.03.2019-17.03.2020	Während der Schulschließungen 18.03.2020-31.05.2020
Das Wattenmeer (Unterstufe)	66,8 % (n = 234)	68,3 % (n = 806)
Regenwald in Gefahr (Mittelstufe)	70,6 % (n = 476)	65,6 % (n = 665)
Leben am Vulkan (Oberstufe)	68,9 % (n = 508)	70,9 (n = 611)
Nutzer:innen über alle zehn Module	2.950	8.819

3.2 Virtuelles Geco-Lab

Insbesondere im Bereich der Klimabildung lassen sich innovative Lehr-Lern-Formate, die über die Möglichkeiten einfacher Animationen hinausgehen (vgl. Wankmüller, Graulich, Rochholz, Fiene und Siegmund 2022), gewinnbringend nutzen, um die oft komplexen systematischen Zusammenhänge sowie unterschiedliche räumliche und zeitliche Skalenebenen durch AR und VR ‚sichtbar‘ und damit begreifbar zu machen.

Vor diesem Hintergrund wurde das virtuelle Geco-Lab entwickelt, das drei zentrale Komponenten umfasst: ein virtuelles Lehr-Lern-Labor, eine digitale Bibliothek (Digital Library) sowie eine interaktive Kooperationsplattform. Die Schüler:innen betreten mit einem individualisierten Avatar das virtuelle Lehr-Lern-Labor, bekommen Lerninhalte in einer immersiven Lernumgebung präsentiert und können in einem der realen Welt nachempfundenen Labor orts- und zeitunabhängig gefahrenfrei arbeiten und experimentieren (vgl. Abb. 1). Eine Chatfunktion ermöglicht den Schüler:innen das kollaborative Arbeiten sowie schnelle Hilfestellungen durch die Laborleitung. Darüber hinaus werden den

Schüler:innen in der Digital Library weiterführende Informationen in Form von PDFs, Videos, Graphiken und Links zur Verfügung gestellt, um die Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse in das eigene Lebensumfeld zu initiieren. Lehrkräften werden dort beispielsweise aufbereitete und getestete Experimentieranleitungen zur Verfügung gestellt, die eine Verknüpfung von analogen und digitalen Angeboten ermöglichen.

Im virtuellen Labor analysieren Schüler:innen ab der Mittelstufe am Beispiel von Bodenerosion durch vermehrte Starkregenereignisse oder Hitzestress von Wäldern die regionalen Folgen des anthropogenen Klimawandels. Konzeptionell wird hierbei auf die Inhalte des analogen Geco-Labs aufgebaut. Durch die interaktive und direkte Darstellung im virtuellen Geco-Lab wird ein vertieftes Verständnis der vielschichtigen Zusammenhänge, Abhängigkeiten und Rückkopplungen im Kontext des Klimawandels und seiner regionalen Folgen angestrebt. Außerdem werden die Jugendlichen in die Lage versetzt, räumliche Fragestellungen kompetent zu beurteilen und die Konsequenzen möglicher Handlungsalternativen kritisch abzuwägen.

4 Fazit

Durch geographische Arbeitsmethoden wie die Satellitenbildanalyse und geökologische Labormethoden lernen Schüler:innen, eine sich verändernde Welt zu verstehen und verantwortungsbewusst in ihr zu handeln. Aufgrund mangelnder Fachkompetenz von Lehrkräften und mangelnder Ausstattung werden diese geographischen Arbeitsmethoden jedoch nicht flächendeckend im Unterricht genutzt. Um diesem Problem zu begegnen, wurden in der Abteilung Geographie – rgeo in den letzten Jahren analoge und digitale Angebote geschaffen.

Die Entwicklung und Bereitstellung der Angebote ist zwar mit hohen Kosten für die Instandhaltung der Räumlichkeiten und digitalen Angebote verbunden, allerdings kann so eine flächendeckende Nutzung von Satellitenbildanalysen und Labormethoden ermöglicht werden: Zum einen durch die Kompetenzzentren vor Ort, die von Schulklassen besucht werden, aber auch deutschlandweit durch die Bereitstellung der digitalen Angebote. Insgesamt bietet die Digitalisierung Schüler:innen die Möglichkeit, von einer Vielzahl an Lernmaterialien und interaktiven Inhalten zu profitieren. Dies erleichtert eine globale Gestaltung von Bildung und ermöglicht den Zugang zu Wissen über geographische, kulturelle und soziale Grenzen hinweg.

In den außerschulischen Lernorten GIS-Station und Geco-Lab werden Schüler:innen und Lehrkräfte in der Nutzung der geographischen Arbeitsmethoden geschult. Gleichzeitig bilden sie einen Rahmen für fachdidaktische Grundlagenforschung zur Nutzung der Methoden im Unterricht. Diese Ergebnisse und in den Kursen gesammelte Erfahrungen waren die Grundlage für die Entwicklung von adressatenorientierten digitalen Angeboten. Dabei wurden nicht nur bewährte methodisch-didaktische Gesamtkonzepte aus der analogen Welt angepasst, sondern auch die Potenziale der Digitalisierung durch Adaptivität, Interaktivität und VR/AR für den Bildungsbereich genutzt.

Die außerschulischen Lernorte GIS-Station und Geco-Lab sowie die E-Learning Angebote „geospektiv.de“ und das virtuelle Geco-Lab sind so konzipiert, dass sie sich ergänzen. Diese komplementäre Verbindung hilft, geographische Arbeitsmethoden in der Schullandschaft zu etablieren und verdeutlicht die Vielschichtigkeit und Bedeutung der Geographie.

Danksagung

Wir danken der ebene fünf GmbH und insimity GmbH für die technische Umsetzung von „geospektiv.de“ und des virtuellen Geco-Labs sowie die stetige Unterstützung bei der Pflege der Angebote.

Literatur

- Brockmüller, Svenja; Schuler, Christiane; Volz, Daniel und Siegmund, Alexander (2016). Outdoor Education an unterschiedlichen außerschulischen Lernorttypen: Klimawandel im Gelände, Labor, Experiment und Modell erfahrbar machen. In: J. von Au und U. Gade (Hrsg.), S. 119–128
- Dannwolf, Lisa; Matusch, Tobias; Keller, Johannes; Redlich, Ronja und Siegmund, Alexander (2020). Bringing Earth Observation to Classrooms: The Importance of Out-of-School Learning Places and E-Learning. In: Remote Sensing, 12:19, 3117. <https://doi.org/10.3390/rs12193117> [28.10.2023]
- Deci, Edward und Ryan, Richard M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik, 39, S. 227–268
- DGFG. (2020). Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss. mit Aufgabenbeispielen. 10., aktualisierte und überarbeitete Aufl. https://geographie.de/wp-content/uploads/2020/09/Bildungsstandards_Geographie_2020_Web.pdf [28.10. 2023]

- Ditter, Raimund (2013). Die Wirksamkeit digitaler Lernwege in der Fernerkundung: Eine empirische Untersuchung zu Lernmotivation und Selbstkonzept bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe. Dissertation an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg
- Eickelmann, Birgit (2018). Digitalisierung in der schulischen Bildung: Entwicklung, Befunde und Perspektiven für die Schulentwicklung und die Bildungsforschung. In N. McElvany, F. Schwabe, W. Bos und H. G. Holtappels (Hrsg.): IFS-Bildungsdialoge. Band 2. Digitalisierung in der schulischen Bildung: Chancen und Herausforderungen. Münster: Waxmann, S. 11–26
- Fischer, Simone; Fiene, Christina und Siegmund, Alexander (2022). Klimawandelbildung im Gelände, Labor und Modell: Drei kombinierte Räume für ein besseres Verständnis des „großen Ganzen“. In: R. Jucker und J. van Au (Hrsg.), S. 350–369
- Fuchsgruber, Vera und Siegmund, Alexander (2016). An Adaptive Web-based Learning Module for the Problem-Based Application of Remote Sensing in Schools: Prototype within an Educational Design Research Study. In: *GI_Forum*, 4:1, S. 302–313 https://doi.org/10.1553/giscience2016_01_s302 [28.10.2023]
- Harris, Judith B. und Hofer, Mark J. (2011). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Action. In: *Journal of Research on Technology in Education*, 43:3, S. 211–229. <https://doi.org/10.1080/15391523.2011.10782570> [28.10.2023]
- Jucker, Rolf und van Au, Jakob (2022) (Hrsg.). *Draußenlernen: Neue Forschungsergebnisse und Praxiseinblicke für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Bern: hep
- Kokot, Sylvia (2019). Virtuelle Laboratorien. In: D. Kasprowicz und S. Rieger (Hrsg.): *Handbuch Virtualität*. Wiesbaden: Springer VS, S. S. 1–17 https://doi.org/10.1007/978-3-658-16358-7_31-1 [28.10.2023]
- Kollar, Isabelle (2012). Die Satellitenbild-Lesekompetenz. Empirische Überprüfung eines theoriegeleiteten Kompetenzstrukturmodells für das „Lesen“ von Satellitenbildern. Dissertation an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg
- Mehren, Rainer und Mehren, Martina (2020). Wie wir den Lernerfolg von SchülerInnen verbessern können: Über die Tiefenstrukturen des (Geographie-)Unterrichts. In: *Praxis Geographie*, 2020: 4, S. 4–9
- Müller, Christina (2021). Die Implementierung des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sekundarstufe I durch das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“: Eine Studie zur praktischen Schulfachgestaltung im Differenzierungsbereich der Jahrgangsstufen 8 und 9 an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen am Beispiel des Gymnasiums Siegburg Alleestraße. Dissertation an der Universität Bonn.

- Sauerborn, Petra und Brühne, Thomas (2020). Didaktik des außerschulischen Lernens. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 7. Aufl.
- Schäfers, Maria Sophie; Schmiedebach, Mario und Wegner, Claas (2020). Virtuelle Labore im Biologieunterricht. In: MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 20, S. 140–167. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2020.08.31.X> [28.10. 2023]
- Siegmund, Alexandra (2011). Satellitenbilder im Unterricht: Eine Ländervergleichsstudie zur Ableitung fernerkundungsdidaktischer Grundsätze. Dissertation an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg
- Wankmüller, Franziska; Graulich, Dana; Rochholz, Fiona; Fiene, Christina und Siegmund, Alexander (2022). Klimaanpassung innovativ vermitteln: Potenziale von mobilen Apps und Serious Games für den Schulunterricht. In: J. Weselek, F. Kohler und A. Siegmund (Hrsg.): Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung. Berlin: Springer Spektrum, S. 75–89. https://doi.org/10.1007/978-3-662-65120-9_7 [28.10. 2023]

Autor:innen

Johannes Keller. Akademischer Mitarbeiter in der Abteilung Geographie am Institut für Naturwissenschaften und Technik der Pädagogischen Hochschule Heidelberg; Mitglied der Research Group for Earth Observation (rgeo). Forschungsschwerpunkte: Satellitenbilder im Geographieunterricht, geographische Basiskonzepte, Design-Based Research
keller2@ph-heidelberg.de

Dr. Christina Fiene. Akademische Mitarbeiterin in der Abteilung Geographie am Institut für Naturwissenschaften und Technik der Pädagogischen Hochschule Heidelberg; Mitglied der Research Group for Earth Observation (rgeo). Forschungsschwerpunkte: Physische Geographie, Umweltbildung, Klimabildung
fiene@ph-heidelberg.de

Vanessa Schmidt. Akademische Mitarbeiterin in der Abteilung Geographie am Institut für Naturwissenschaften und Technik der Pädagogischen Hochschule Heidelberg; Mitglied der Research Group for Earth Observation (rgeo). Forschungsschwerpunkte: Feedback, Virtuelles Experimentieren, Virtuelle Labore
schmidt9@ph-heidelberg.de

Prof. Dr. Alexander Siegmund. Professur für Geographie am Institut für Naturwissenschaften und Technik der Pädagogischen Hochschule Heidelberg;

Leitung der Research Group for Earth Observation (rgeo). Forschungsschwerpunkte: Physische Geographie, Fernerkundung, BNE, digitale Geomedien
siegmund@ph-heidelberg.de

Korrespondenzadresse:
Prof. Dr. Alexander Siegmund
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Abteilung Geographie
Czernyring 22/11-12
69115 Heidelberg