



Educational Design Research

Volume 10 | Issue 1 | 2026 | Article 92

Contribution Practice Illustration

Title **Nutzung digitaler Geomedien im Kontext des geographischen Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ – Entwicklung erster Designprinzipien**

Author **Johannes Keller**
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Deutschland

Alexander Siegmund
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Deutschland

Abstract - German Digitale Geomedien sind wichtige Werkzeuge zur Bearbeitung raumbezogener Fragestellungen im Geographieunterricht. Das geographische Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ bietet hierfür einen konzeptionellen Rahmen, um räumliche Strukturen, Wechselwirkungen und Veränderungen mithilfe digitaler Geomedien zu analysieren. Unklar ist jedoch, wie dieses Konzept konkret im Unterricht umgesetzt werden kann. In der vorliegenden Studie wurden mithilfe eines Design-Based Research-Ansatzes erste Handlungsleitlinien und Umsetzungsprinzipien für die Nutzung von digitalen Geomedien im Kontext des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ entwickelt. Dazu wurde das Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ für die Arbeit mit digitalen Geomedien operationalisiert und eine passende Visualisierung für Lernende entwickelt. Diese bilden die Grundlage für Unterrichtsmaterialien, die in zwei Zyklen iterativ evaluiert und angepasst wurden. Die Evaluation erfolgte mittels Think-Aloud-Studien mit Schüler:innen und Studierenden. Die Ergebnisse zeigen

das Potential der Operationalisierung, aber auch die Herausforderungen, die Lernende bei der Arbeit mit der Visualisierung haben. Insgesamt konnte der Prozess genutzt werden, um erste empirisch geprüfte Handlungsleitlinien und Umsetzungsprinzipien für die Nutzung digitaler Geomedien im Kontext des Basis-konzepts „Raummuster (im Wandel)“ abzuleiten.

Keywords Design-Based Research, Geographiedidaktik, Think-Aloud, Satellitenbilder, Raummuster (im Wandel), Struktur-Funktion-Prozess

Abstract - Englisch Digital geo-media are important tools for addressing spatial questions in geography education. The key geographical concept “spatial patterns (in transition)” provides a conceptual framework for analysing spatial structures, interactions, and changes using digital geo-media. However, it remains unclear how this concept can be concretely implemented in the classroom. In the present study, initial guidelines and implementation principles for using digital geo-media in context with the key geographic concept “spatial patterns” were developed using a design-based research approach. To this end, the key geographic concept “spatial patterns” was operationalized for working with digital geo-media, and a suitable visualization was developed for learners. These form the basis for teaching materials that were iteratively evaluated and adapted in two cycles. Evaluation was conducted through think-aloud studies with pupils and university students. The results demonstrate the potential of the operationalization, but also highlight the challenges learners face when working with the visualization. Overall, the process was used to derive initial empirically tested guidelines and implementation principles for the use of digital geo-media in the context of the key geographic concept “spatial patterns”.

Keywords Design-Based Research, Geography Education, Think-Aloud, Satellite Imagery, Spatial Patterns, Structure-Function-Process

DOI <https://doi.org/10.15460/eder.10.1.2370>

Citation Keller, J., & Siegmund, A. (2026). Nutzung digitaler Geomedien im Kontext des geographischen Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ – Entwicklung erster Designprinzipien. *EDeR – Educational Design Research*, 10(1), 1-25.

<https://doi.org/10.15460/eder.10.1.2370>

Licence Details Creative Commons - [Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#)



Nutzung digitaler Geomedien im Kontext des geographischen Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ – Entwicklung erster Designprinzipien

Johannes Keller, Alexander Siegmund

1.0 Einleitung

Digitale Geomedien, wie webbasierte Anwendungen zur Analyse von Satellitenbildern oder auch Google Maps, sind zentrale Werkzeuge zur Raumanalyse und ein fester Bestandteil eines modernen Geographieunterrichts (DGfG, 2024; Kerski, 2013; Raschke & Karrasch, 2018). Sie eignen sich besonders gut, um basierend auf der Analyse von Objekten und Strukturen sowie deren räumlichen Mustern und zeitlichen Veränderungen geographische Fragestellungen zu beantworten (Fargher, 2019; Keller et al., 2023; Kerski, 2013). Hierzu müssen Lernende eigenständig raumbezogene Informationen sammeln und diese weiterverarbeiten (DGfG, 2020, 2024). Ein solcher Einsatz kann sich positiv auf die Selbstwirksamkeit sowie auf das systemische und raumbezogene Denken der Lernenden auswirken (Ditter, 2013; Favier & van der Schee, 2014a; Jahn, 2020; Lee & Bednarz, 2009).

Für die Arbeit mit digitalen Geomedien benötigen die Lernenden zunächst methodisch-technische Kompetenzen, um diese sachgerecht zu bedienen und Informationen korrekt zu gewinnen (Raschke & Karrasch, 2018). Diese Aspekte sind mit spezifischen Herausforderungen verbunden, etwa fehlendem Fachwissen der Lehrkräfte, technischen Hürden und einem erhöhten Zeitbedarf (Höhnle et al., 2013; Raschke & Karrasch, 2018). In der Literatur existieren jedoch hinreichend Hinweise für die Nutzung von digitalen Geomedien, um diese Hürden zu bewältigen (Raschke & Karrasch, 2018; Rinschede & Siegmund, 2020).

Um relevante Informationen auszuwählen und weiterzuverarbeiten, benötigen Lernende darüber hinaus die Fähigkeit, geographisch zu denken (Favier & van der Schee, 2014b; Uhlenwinkel, 2013). Die geographischen Basiskonzepte (im Folgenden kurz Basiskonzepte) als Leitideen fachlichen Denkens bieten hierfür einen konzeptionellen Rahmen (Fögele, 2018; Fögele et al., 2021). So lassen sich mit dem Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“¹ aus den Bildungsstandards der Deutschen Gesellschaft für Geographie (DGfG) für die Sekundarstufe II die Struktur, Wechselwirkungen und Veränderungen von Elementen im Raum beschreiben (DGfG, 2024). Unklar bleibt jedoch, wie dieses

¹ In den Bildungsstandards der DGfG (2020) für die Sekundarstufe I wurde dieses Basiskonzept noch als „Systemkomponenten“ geführt. Mit beiden Basiskonzepten lassen sich Strukturen, Funktionen und Prozesse/Entwicklungen von Elementen/Strukturen im Raum analysieren.

Basiskonzept Lernende konkret bei der Auswahl, Erhebung und Verarbeitung relevanter Informationen mit digitalen Geomedien unterstützen kann.

Die Nutzung digitaler Geomedien im Kontext des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ stellt ein vielversprechendes Designprinzip für die Gestaltung von Geographieunterricht dar. Konkrete Handlungsleitlinien und Umsetzungsprinzipien zur praktischen Umsetzung dieses Designprinzips fehlen jedoch. Der Design-Based Research-Ansatz (DBR) nach Feulner et al. (2021) bietet einen methodologischen Rahmen zur empirisch fundierten Entwicklung solcher Konkretisierungen.

Zentral ist dabei die Erstformulierung von Designprinzipien, einschließlich konkreter Handlungsleitlinien und Umsetzungsprinzipien (Feulner et al., 2021; Polten et al., 2026). Als Grundlage hierfür kann auf eine Wissensbasis aus Erfahrungswissen, bestehender Literatur oder eigener Forschung, etwa durch Explorationsphasen, zurückgegriffen werden (Polten et al., 2026). Insgesamt wurde die Wissensbasis für die Erstaufstellung der Designprinzipien jedoch als zu gering eingeschätzt, um konkrete Handlungsleitlinien oder Umsetzungsprinzipien ableiten zu können. Insbesondere fehlten Erfahrungswissen sowie Ansätze, wie digitale Geomedien im Kontext des geographischen Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ eingesetzt werden können (Polten et al., 2026).

Die vorliegende Studie stellt eine Explorationsphase dar, in der mithilfe des holistischen DBR-Ansatzes nach Reinmann (2020) erste empirisch fundierte Konkretisierungen für das Hauptdesignprinzip entwickelt werden. Zu diesem Zweck wird zunächst ein Ansatz zur Nutzung der geographischen Basiskonzepte für die Arbeit mit digitalen Geomedien erarbeitet (Kap. 3). Basierend darauf wurden Unterrichtsmaterialien konzipiert (Kap. 3), welche in zwei iterativen Zyklen erprobt und überarbeitet werden (Kap. 2 und 4). Abschließend werden die gewonnenen Erkenntnisse genutzt, um erste empirisch fundierte Handlungsleitlinien und Umsetzungsprinzipien für das Hauptdesignprinzip zu formulieren (Kap. 5).

2.0 Forschungsdesign

Das holistische DBR-Modell nach Reinmann (2020) umfasst fünf Handlungsfelder, die sowohl konzeptionelle als auch praktische Phasen beinhalten (Abbildung 1). Die Phasen werden zyklisch, jedoch nicht in einer festen Reihenfolge durchlaufen. Während beispielsweise im DBR-Modell von Feulner et al. (2021) erste Designprinzipien zu Beginn des Designprozesses formuliert werden sollen, kommt das holistische Modell von Reinmann (2020) ohne diese Erstaufstellung aus. Hier können Designprinzipien nach Abschluss des Prozesses zur Darstellung der gewonnenen Erkenntnisse aufgestellt werden.

2.1 Ablauf des DBR-Prozesses

In der Einleitung wurde als Praxisproblem herausgearbeitet, dass das Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ zwar einen vielversprechenden konzeptionellen Rahmen für die Arbeit mit digitalen Geomedien bietet, bislang jedoch unklar ist, wie dieses konkret in der Praxis umgesetzt werden kann. Als Grundlage für die Entwicklung möglicher Lösungen wird in Kap. 3.1 und 3.2 dargestellt, wie genau das Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ als konzeptioneller Rahmen für die Arbeit mit digitalen Geomedien genutzt werden kann. Durch diese Strukturierung des Lerngegenstands entstehen erste konkrete Ideen zur Umsetzung des Hauptdesignprinzips (Feulner et al., 2021; Reinmann, 2020).

Diese wurden genutzt, um die α -Version² von Unterrichtsmaterialien mit drei zentralen Lernaufgaben zu entwickeln (Kap. 3.3), welche die Grundlage für die Studie bilden. Diese Version wurde im Sommer 2023 mit drei Studierenden (Bachelor Lehramt Geographie) sowie einer Person aus einem Leistungskurs Geographie (Klasse 12, Gymnasium Baden-Württemberg) evaluiert. Dabei wurden jedoch nur die ersten beiden Lernaufgaben berücksichtigt (Tabelle 1).

Zur Weiterentwicklung der Unterrichtsmaterialien wurden die Ergebnisse der Evaluation des α -Zyklus in einem Kolloquium innerhalb der Arbeitsgruppe der Autoren vorgestellt und mögliche Anpassungen diskutiert. Die daraus entwickelte β -Version der Unterrichtsmaterialien wurde im Oktober 2023 in zwei elften Klassen (Parallelkurse, Basiskurs Geographie, Gymnasium Baden-Württemberg) in einer Doppelstunde evaluiert (Abbildung 1). Die Ergebnisse beider Zyklen wurden abschließend gemeinsam analysiert, um erste Handlungsleitlinien und Umsetzungsprinzipien für die Umsetzung des Hauptdesignprinzips abzuleiten (Abbildung 1).

² Da die vorliegende Studie eine Explorationsphase bildet, werden die Zyklen sowie die zugehörigen Unterrichtsmaterialien in Anlehnung an die Softwareentwicklung mit griechischen Buchstaben beschrieben.

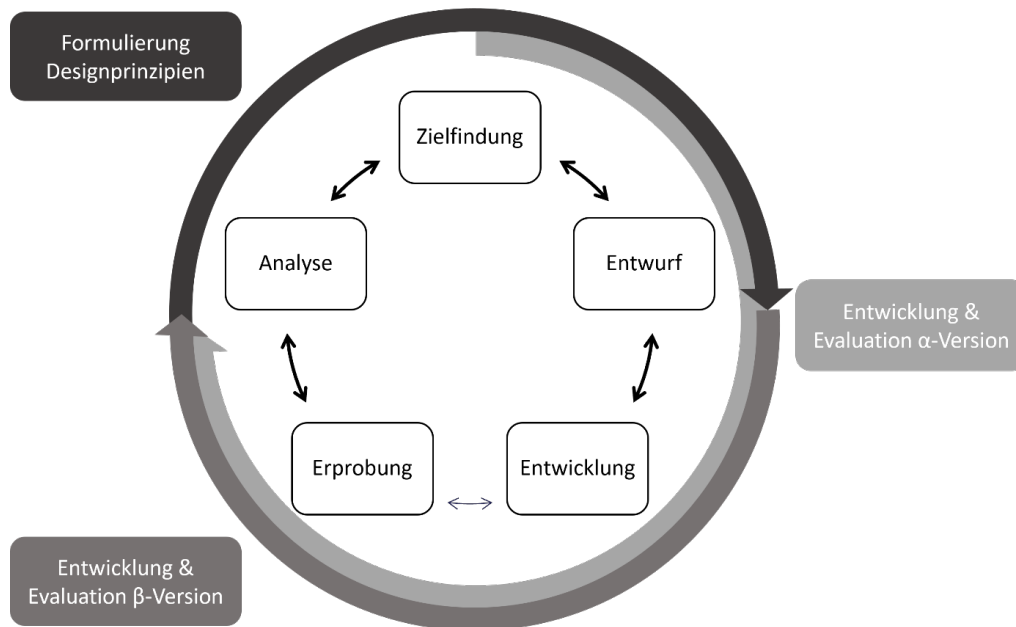


Abbildung 1. Darstellung der Zyklen aus dem vorliegenden DBR-Projekt mit Bezug zu den fünf Handlungsfeldern des holistischen DBR-Modells nach Reinmann (2020)

Bei dieser DBR-Studie fehlt die für DBR-Projekte typische Kooperation mit Expert:innen aus der Praxis (McKenney & Reeves, 2019). Durch diese soll insbesondere sichergestellt werden, dass die entwickelte Lösung praxistauglich ist. Um dies dennoch zu gewährleisten, wurde für die Entwicklung der Unterrichtsmaterialien auf das während elf vorangegangener Projektstage gesammelte Erfahrungswissen zurückgegriffen, bei denen bereits Teile der Unterrichtsmaterialien genutzt wurden (Keller et al., 2024b).

2.2 Datenerhebung

Zur Evaluation und Überarbeitung der entwickelten Unterrichtsmaterialien bearbeiteten die Teilnehmer:innen die Materialien und lösten die darin enthaltenen Lernaufgaben, wobei Think-Aloud-Protokolle (TAP) erhoben wurden. Dabei sollten die Lernenden alle Gedanken, die ihnen während der Bearbeitung der Aufgaben kamen, laut aussprechen (Wolcott & Lobczowski, 2021). Durch die Analyse der Transkripte der dabei entstandenen Audioaufnahmen lassen sich Strategien und Schwierigkeiten im Lernprozess sichtbar machen (Cowan, 2019; Wolcott & Lobczowski, 2021). Für die Durchführung wurde ein Leitfaden erstellt. Die Interviewer:innen durften die Lernenden zum lauten Denken auffordern und bei Bedarf gezielt nach Begründungen für Schritte bei der Bearbeitung der Aufgaben fragen. Ergänzend wurden Interviewfragen gestellt, die sich auf das konzeptionelle Verständnis der Lernenden sowie auf die in den Materialien verwendete Visualisierung bezogen.

Vor dem α -Zyklus wurden die Unterrichtsmaterialien und der Interview-Leitfaden mit zwei Studierenden (Master Lehramt Geographie) pilotiert und überarbeitet. Im α -Zyklus wurden die TAP in Einzelarbeit angefertigt. Die Verbalisierung von Gedanken während der Bearbeitung von Lernaufgaben kann für Lernende herausfordernd sein (Cowan, 2019). In Gruppendiskussionen lassen sich Lernstrategien und Probleme jedoch leichter formulieren (Pottier et al., 2010). Aus diesem Grund wurden die TAP im β -Zyklus in Kleingruppen aus 2-3 Schüler:innen angefertigt, welche die Lernaufgaben als Gruppe lösten. Alle TAP wurden durch geschulte Hilfskräfte oder den Erstautoren angefertigt.

Die bereinigten Transkripte der TAP bildeten die Grundlage für eine inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022). Nach Sichtung der Transkripte wurden induktiv vier Hauptkategorien gebildet („Spezifikation Aufgaben“, „Verständnis Basiskonzept“, „Lösungen der Aufgabe“ und „Nutzung digitale Geomedien“). Den codierten Segmenten wurden bis zu drei Schlagworte zugewiesen, die zur Bildung von Subkategorien genutzt wurden. Aufgrund der Ähnlichkeit der Aufgaben in den Zyklen konnten die Hauptkategorien aus dem α -Zyklus für die Kodierung im β -Zyklus verwendet werden. Die Subkategorien beider Zyklen wurden verglichen und wo möglich zusammengeführt.

3.0 Entwicklung der Unterrichtseinheit

Die entwickelten Unterrichtsmaterialien umfassen eine Doppelstunde (90 Minuten) für die gymnasiale Oberstufe. Darin nutzen die Lernenden das geographische Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“, um zwei Stadtteile von Heidelberg hinsichtlich ihrer Klimaanpassung, ihres Beitrags zum Biodiversitätsschutz und ihres Freizeitwerts zu vergleichen (Keller et al., 2024a; Keller et al., 2024b)³. Da Grünflächen für alle drei Aspekte eine zentrale Rolle spielen (Breuste, 2019), analysieren die Lernenden mithilfe von Satellitenbildern und Google Maps deren räumliche Struktur und Ausstattung.

Hierbei sollen die Lernenden die digitalen Geomedien im Kontext des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ nutzen. Dieses soll die Lernenden bei der Auswahl, Erhebung und Verarbeitung relevanter Informationen unterstützen. Grundlage dafür ist, dass die Lernenden das Basiskonzept nutzen, um 1) fachliche Zusammenhänge zu verstehen, 2) gesammelte Informationen zu sichern und 3) relevante Informationen auszuwählen, die mithilfe digitaler Geomedien gewonnen werden können. Zu diesem Zweck muss das Basiskonzept zunächst kontextbezogen operationalisiert werden. Für diese Operationalisierung wurde dann eine Visualisierung zur Unterstützung der Lernenden entwickelt.

³ Eine ausführliche Sach- und Lernzielanalyse findet sich in Keller et al. (2024a). Hier wurden in einem Praxisbeitrag die nach dem β -Zyklus angepassten Unterrichtsmaterialien veröffentlicht.

3.1 Operationalisierung des Basiskonzepts

Das Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ ermöglicht es, Zusammenhänge zwischen dem Klimawandel, seinen Folgen für Städte und der Funktion von Grünflächen zur Klimaanpassung zu beschreiben. Städtische Grünflächen tragen wesentlich zur Vermeidung von Klimawandelfolgen wie Hochwasser und Hitzewellen bei (Breuste, 2019; Emilsson & Ode Sang, 2017). Allerdings bietet das Konzept allein keinen direkten Zugang zur Bewertung der Klimaanpassung einer Stadt oder zum Vergleich einzelner Stadtteile. Dafür müssen überprüfbare Bedingungen oder Kriterien formuliert werden, die sich auf die Funktion von Grünflächen beziehen. Geeignete Kriterien sind etwa die räumliche Verteilung (Anzahl, Größe und Lage) sowie die Einbindung in Kaltluftschneisen (Breuste, 2019; Emilsson & Ode Sang, 2017). Gleichzeitig gibt es auch Faktoren, welche diese Wechselwirkung negativ beeinflussen können, wie z. B. eine dichte Bebauung oder eine zu große Versiegelung der Grünflächen mit Spielplätzen oder Sportanlagen.

Diese Bedingungen lassen sich mithilfe von Satellitenbildern analysieren, indem beispielsweise Anzahl, Größe und Verteilung von Grünflächen in zwei Gebieten verglichen werden (Keller et al., 2024a). So können digitale Geomedien genutzt werden, um Informationen zu sammeln, die anschließend mit dem Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ weiterverarbeitet werden. Auf diese Weise wird das Basiskonzept für die Arbeit mit digitalen Geomedien operationalisiert.

Zentral sind dabei die Begriffe „Funktion“, die die Wirkung eines Elements aus dem Raum auf ein anderes beschreibt, und „Bedingung“, welches die Voraussetzungen oder Kriterien für diese Wirkung umfasst. Nach diesem Prinzip lassen sich auch Bedingungen für den Freizeitwert von Grünflächen (z. B. Spielplätze) oder für Maßnahmen zum Biodiversitätsschutz (z. B. Vernetzung mit anderen Grünstreifen) formulieren (Breuste, 2019; Keller et al., 2024a).

3.2 Visualisierung von „Funktion“ und „Bedingung“

Die Förderung basiskonzeptionellen Verständnisses ist ein zentrales Ziel geographischer Bildung (DGfG, 2020, 2024; Fögele, 2018). Soll dieses gezielt aufgebaut werden, muss das jeweilige Basiskonzept explizit als Lerngegenstand thematisiert und hierfür Zeit eingeplant werden (Bienert, 2023; Fögele & Mehren, 2023). In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob die Förderung des basiskonzeptionellen Denkens in Kombination mit dem zeitintensiven und teilweise herausfordernden Einsatz digitaler Geomedien tatsächlich gewinnbringend ist. In diesem Kontext könnte es zielführender sein, ein gewähltes Basiskonzept als Werkzeug lediglich so weit anzubahnen, dass Lernende es für die Arbeit mit digitalen Geomedien nutzen können.

Einen Schlüssel hierfür bilden Visualisierungen, in welchen mithilfe eines ausgewählten Basiskonzepts fachliche Komplexität reduziert und

Zusammenhänge dargestellt werden. Zur Visualisierung der oben beschriebenen Operationalisierung des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ wurde vom Erstautor das sogenannte Funktions-Bedingungs-Diagramm (FBD) entwickelt (siehe Abbildung 2). Das FBD stellt den funktionalen Zusammenhang zwischen zwei Raumelementen, wie er in Concept Maps oder Wirkungsgefügen dargestellt wird, isoliert dar (graue Kästchen). Ergänzt werden Bedingungen, die diesen Zusammenhang beeinflussen (weiße Kästchen). Über die Pfeilbeschriftungen werden Einflüsse wie positive oder negative Auswirkungen der Bedingungen spezifiziert.

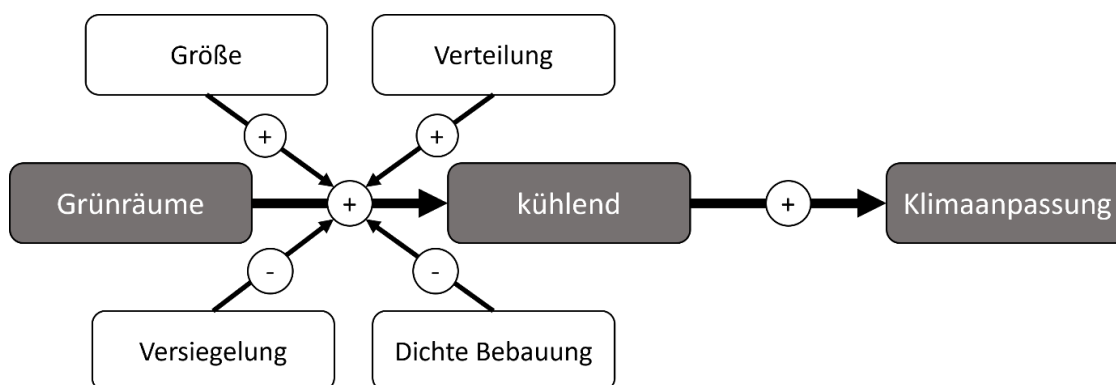


Abbildung 2. Erster Entwurf des FBD am Beispiel der kühlenden Wirkung von Grünflächen und ihrer Rolle zur Klimaanpassung in Städten

3.3 Unterrichtsmaterialien

Overall, Die 90-minütige Unterrichtseinheit umfasst zwei E-Learning-Phasen, in denen sich die Lernenden mithilfe interaktiver Module fachliche, konzeptionelle und methodische Grundlagen erarbeiten (Tabelle 1). Ergänzt werden diese Phasen durch drei Lernaufgaben: In Aufgabe 1 wiederholen die Lernenden Fachinhalte mit einem FBD. In Aufgabe 2 sichern sie mit digitalen Geomedien erhobene Informationen. Und in Aufgabe 3 nutzen sie das FBD, um eigenständig relevante Informationen aus Satellitenbildern zu gewinnen und zu sichern.

In einem etwa 15-minütigen E-Learning-Modul wurden das FBD sowie fachliche Hintergründe eingeführt. Zunächst wurden das FBD und die Begriffe „Funktion“ und „Bedingung“ am Beispiel des Biodiversitätsschutzes erläutert. Angelehnt an die Ergebnisse der Studie von Serwene (2023) wurde hierfür ein induktives Vorgehen gewählt, wobei zunächst das FBD, „Funktion“ und „Bedingung“ kontextbezogen angewendet und anschließend erklärt wurden. Anschließend behandelte das Modul mithilfe von Texten, Quizen und Grafiken den Nutzen von Grünflächen für die Klimaanpassung. Dabei wurde gezielt auf einzelne räumliche Zusammenhänge eingegangen (Dessen Jankell & Johansson, 2023) und Bedingungen für diese Verbindungen wurden benannt (Abbildung 2). Um Zeit zu sparen, wurde das Basiskonzept im Modul selbst

nicht als Lerngegenstand behandelt (Kap. 3.1). Folglich wurden die von Fögele und Mehren (2023) oder Bienert (2023) formulierten Prinzipien zur Einführung geographischer Basiskonzepte nicht konsequent umgesetzt.

Tabelle 1. *Ablauf der Unterrichtseinheit mit Inhalt der Aufgaben, Bezug zum Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ sowie den Anpassungen. Im Ablaufplan fehlen Phasen zur Erklärung der Technik und Nachbesprechung im Unterricht nach den Aufgaben.*

Was	Zielsetzung	Bezug zum Basiskonzept	Anpassungen nach α -Zyklus
E-Learning (15 min.)	Einführung des FBD sowie der Begriffe „Funktion“ und „Bedingung“ am Beispiel Biodiversitätsschutz. Funktion von Grünflächen zur Klimaanpassung und Bedingungen dafür wurden thematisiert.	Einführung des FBD und der zentralen Begriffe „Funktion“ und „Bedingung“.	Anwendungen des FBD wurden explizit erläutert; Bedeutung geographischer Basiskonzepte hervorgehoben.
Aufgabe 1 (5 min.)	Sicherung der im E-Learning vermittelten Inhalte zur Klimaanpassung im FBD.	Wiederholung und Anwendung des FBD zur Informationssicherung.	Aufgabe wurde ins E-Learning-Modul integriert; Lernende erhielten direktes Feedback.
Aufgabe 2 (10 min.)	Informationen gewinnen mit Google Maps und deren Sicherung im FBD.	„Funktion“ und „Bedingung“ strukturieren die Informationsgewinnung; FBD dient zur Sicherung.	Erweiterung des FBD um Bedingungen aus der Umgebung wurde gestrichen.
Methodentraining (10 min.)	Einführung in die Arbeit mit Satellitenbildern und dem Vegetationsindex.	/	/
Aufgabe 3 (15 min.)	Festlegen relevanter Informationen mit dem FBD, Erhebung mit Satellitenbildern und Sicherung im FBD.	FBD unterstützt die Informationsgewinnung und -sicherung.	/

In Aufgabe 1 sollten die Lernenden mithilfe eines FBD die im Modul vermittelten Inhalte zur Bedeutung von Grünflächen für die Klimaanpassung sichern und so das Gelernte wiederholen. Dazu erhielten sie ein FBD (Abbildung 2), in dem alle Felder außer „Grünräume“ leer waren. Die im Modul eingeführten positiven und negativen Bedingungen sollten ergänzt werden. Negative Bedingungen als Erweiterung des FBD wurden lediglich durch einen Hinweis in der Aufgabe kenntlich gemacht, aber nicht näher erläutert.

In Aufgabe 2 sollten die Lernenden das FBD anwenden, um Informationen zu sichern, die sie zuvor selbst gesammelt hatten. In Aufgabe 2a) sollten sie mithilfe von Google Maps gestaltungsbezogene Merkmale

von Grünflächen (z. B. Spielplätze) sowie Objekte in deren Umgebung (z. B. Supermärkte) identifizieren, die sich positiv auf den Freizeitwert auswirken. Dies geschah exemplarisch für eine Familie mit zwei kleinen Kindern. Dabei sollten die Lernenden, wie von Dessen Jankell und Johansson (2023) für Concept Maps empfohlen, die Bedingungen für die Erhöhung des Freizeitwerts in Aufgabe 2a) herausarbeiten und diese in Aufgabe 2b) in einem FBD sichern. Hierzu erhielten die Lernenden ein vorstrukturiertes FBD (Abbildung 3), in welchem sie positive Bedingungen für die Gestaltung von Grünflächen (z. B. Spielplätze oder Toiletten) und deren Umgebung (z. B. Supermärkte, Cafés oder Nähe zu ÖPNV-Haltestellen) ergänzen sollten. Diese Erweiterung des FBD wurde ausschließlich in der Aufgabenstellung erklärt.

In Aufgabe 3 sollten die Lernenden unterstützt durch ein FBD eigenständig relevante Informationen erheben und im FBD sichern. Vorab lernten sie in einem zehnminütigen E-Learning-Modul, wie Grünflächen mithilfe von Satellitenbildern identifiziert werden können. Dazu wurde ein aus Satellitenbildern berechneter Vegetationsindex eingeführt, der Grünflächen farblich hervorhebt. In der anschließenden Aufgabe 3 sollten die Lernenden zwei Stadtteile mithilfe von jeweils einem leeren FBD vergleichen. Zunächst sollten sie die Funktionen „Biodiversitätsschutz“ und „Klimaanpassung“ im Diagramm ergänzen. Anschließend sollten sie mithilfe der Satellitenbilder analysieren, welche Bedingungen die beiden Stadtteile jeweils für diese Funktionen erfüllen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten in den gegebenen FBDs gesichert werden (Abbildung 4).

3.4 Überarbeitung der Unterrichtsmaterialien

Basierend auf den Ergebnissen der Evaluation der α -Version (siehe Kap. 3 und 4) und einer Diskussion nach deren Präsentation in einem Kolloquium der Arbeitsgruppe der Autoren wurden das FBD und die Unterrichtsmaterialien überarbeitet. In der β -Version wurde Aufgabe 1 in das E-Learning-Modul integriert und in der Einführung der funktionale Zusammenhang über „Funktion“ als Teil des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ eingeführt (DGfG, 2024). In diesem Rahmen wurde das FBD dekontextualisiert als Möglichkeit zur Visualisierung von Zusammenhängen sowie am Beispiel von Biodiversitätsschutz behandelt. Die Aufgaben 2 und 3 wurden nicht angepasst, da Aufgabe 2 im α -Zyklus positiv und Aufgabe 3 nicht evaluiert wurde.

Um das FBD leichter verständlich zu machen, wurden funktionale Zusammenhänge und Elemente im Raum im Diagramm farblich klarer getrennt und mehrere Funktionen in einem FBD visualisiert, um Verwechslungen oder Vermischungen zwischen Themen zu verhindern (Abbildung 1 und Abbildung 4). Die in Aufgabe 1 eingeführte Erweiterung des FBD um negative Bedingungen wurde explizit im E-Learning-Modul thematisiert. Die in Aufgabe 2 eingeführte Erweiterung des FBD um Bedingungen aus der Umgebung (z. B. Supermärkte) wurde ersatz-

los gestrichen. Entsprechende Elemente sollen die Lernenden wie Bedingungen, die direkt in den Grünflächen vorhanden sein sollten (z. B. Spielplätze), sichern.

4.0 Ergebnisse

Während der Bearbeitung der drei Lernaufgaben wurden TAP der Lernenden angefertigt, in welchen diese ihre Gedanken laut aussprachen. Im α -Zyklus geschah diese in Einzelarbeit und im β -Zyklus mit Kleingruppen aus 2-3 Lernenden. Für den α -Zyklus werden die Ergebnisse der Analyse der TAP aus den Aufgaben 1 und 2 vorgestellt. Für den β -Zyklus werden aus Platzgründen nur die Ergebnisse aus Aufgabe 3 dargestellt. Die Ergebnisse der ergänzenden Interviewfragen zum Verständnis des FBD sowie zu den Begriffen „Funktion“ und „Bedingung“ folgt in Kap. 4.4.

4.1 Aufgabe 1: Wiederholung des FBD mit zuvor gelernten Inhalten

Die vier Teilnehmenden ($\alpha 1$ - $\alpha 4$) lösten Aufgabe 1 falsch. $\alpha 1$, $\alpha 2$ und $\alpha 4$ ergänzten das leere FBD statt mit Inhalten zu Klimaanpassung mit denen zum Biodiversitätsschutz. $\alpha 3$ vermischte Aspekte beider Themenbereiche. Während $\alpha 1$ und $\alpha 2$ die Aufgabenstellung als Wiederholung der Inhalte des E-Learning-Moduls spezifizierten („[...] [I]ch würde jetzt mal sagen, das ist einfach dasselbe wie das im Modul.“ $\alpha 2$, L3 (kurz für Teilnehmer:in $\alpha 4$, Interviewzeile 11)), erklärte $\alpha 4$: „[...] welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit die Stadt als Klimaanlage funktioniert“ ($\alpha 4$, L11). Alle drei Personen lösten die Aufgabe, indem sie die Lösung im Modul nachschauten („Deswegen gehe ich jetzt ins Tablet. [...] Und schaue nochmal nach.“ $\alpha 1$, L9).

$\alpha 1$ und $\alpha 2$ kopierten die Inhalte aus dem Modul und übersahen die durch ein Minus gekennzeichneten negativen Bedingungen beim Übertragen der Inhalte aus dem Modul („[Größe]... Ich meine, das war [im Modul] unten links.“ $\alpha 4$, L9). $\alpha 4$ hingegen negierte im FBD zwei Bedingungen für Biodiversitätsschutz aus dem Modul und begründete die Entscheidung („Und dadurch geht ja auch dann die Biodiversität verloren und dann ist es ja was Negatives, wenn ich quasi nicht darauf achte bei der Stadtplanung.“ $\alpha 4$, L27).

$\alpha 3$ kopierte die Bedingungen für Biodiversitätsschutz aus dem Modul, ergänzte im Kästchen ganz rechts aber „Klimaanpassung“. $\alpha 3$ zeigte sich verunsichert und hinterfragte eigenständig, ob die Aufgabe richtig gelöst sei, rechtfertigte das Vorgehen dann aber inhaltlich („Biodiversität spielt ja auch [ei]ne Rolle, wenn es um Klimaanpassung geht.“⁴ Die einfachste Aufgabe wäre jetzt einfach alles auszufüllen. Wie es hier

⁴ Dieser Aspekt ist fachlich richtig nach Rendon et al. (2024), wurde im E-Learning-Modul aber nicht weiter behandelt.

steht, einfach nur ... [die Frage] ist dann, ob es dann auch richtig ist.“
 α3, L6ff).

4.2 Aufgabe 2: Informationen sammeln und im FBD sichern

Die Teilnehmer:innen α1, α2 und α3 lösten Aufgabe 2a) richtig. Mit den Fragen in der Aufgabenstellung arbeiteten die Lernenden Elemente in und um die Grünflächen heraus, die einen positiven Einfluss auf den Freizeitwert der Grünflächen haben. Hierbei wurden in Google Maps durch Icons dargestellte oder im Luftbild gut erkennbare konkrete Objekte wie Spielplätze, öffentliche Toiletten oder Cafés genannt. α3 verglich verschiedene Grünflächen mithilfe der Gestaltungsmerkmale hinsichtlich ihres Freizeitwerts und löste die Aufgabe folglich falsch. Insgesamt zeigten die Teilnehmer:innen keine Verständnisschwierigkeiten bei der Arbeit mit Google Maps.

Aufgabe 2b)

Ziel der Aufgabe ist es die in Aufgabe 2 a) gewonnenen Informationen mit dem Konzept „Funktion“ zu strukturieren. Fülle das „Funktions-Bedingungs-Diagramm“ aus. Ergänze in den gelben Kästchen, welche Bedingungen an die innere Gestaltung der Grünanlage erfüllt sein sollten. Ergänze in den hellblauen Kästen welche Gestaltungselemente in der Umgebung vorhanden sein sollten. Im rechten Kästchen kannst du selbst eine Distanzangabe einfügen. Ergänze bei Bedarf weitere Kästchen.

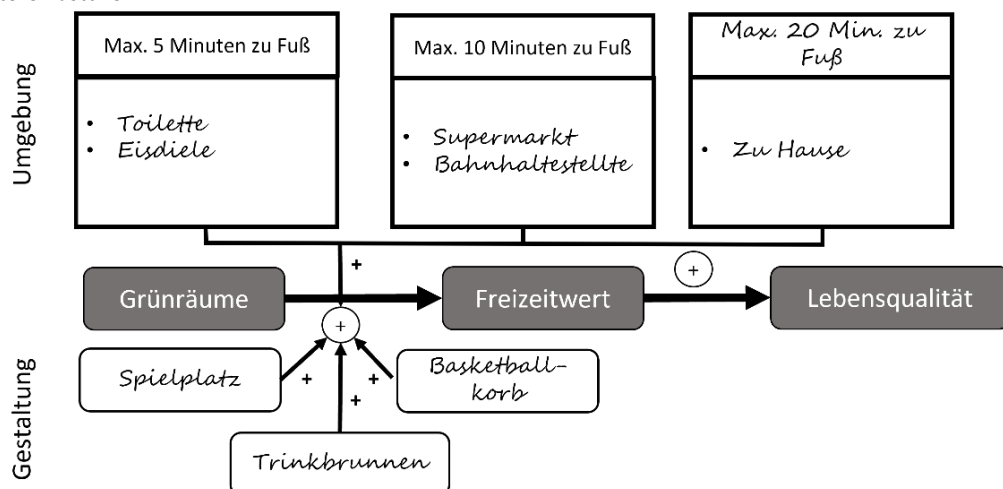


Abbildung 3. Aufgabenstellung zu Aufgabe α2b) aus dem α-Zyklus mit Musterlösung (kursiv)

In Aufgabe 2b) ergänzten die Teilnehmenden ohne Schwierigkeiten die positiven Bedingungen für die Gestaltung von Grünflächen. Alle vier nutzten dazu in Aufgabe 2a) genannten Elemente, wobei α1, α2 und α3 neue Aspekte ergänzten (eigene Wünsche wie einen Grillplatz sowie Bedingungen zum Biodiversitätsschutz oder zur Klimaanpassung). Die Auswahl der genannten Bedingungen wurde meist konkret auf eine Personengruppe bezogen und begründet („Dann in der Gestaltung würde ich einmal den obligatorischen Spielplatz hinsetzen, der ist

besonders wichtig für Kleinkinder. Dann würde ich mich persönlich über einen Grillplatz freuen.“ α2, L7).

α1, α2 und α3 konnten die Bedingungen aus der Umgebung (obere Kästchen bei „Umgebung“ in Abbildung 3) mit kleinen Schwierigkeiten lösen. Hierbei wurden Verständnisschwierigkeiten mit konkreten Beispielen überwunden („*Einmal was sollte die Grünfläche vor Ort haben. Und was in der näheren Umgebung [...] ist. [...] Mit der inneren Gestaltung ist tatsächlich dann zum Beispiel der Kletterturm gemeint?*“ α1, L2ff). Lediglich α4 missverstand diesen Teil des FBD.

4.3 Aufgabe 3: FBD zur Informationsgewinnung nutzen

Aufgabe 3 wurde im β-Zyklus evaluiert, in welchem die TAP in Gruppen aus 2-3 Lernenden angefertigt wurden. Insgesamt zeigten sich hier verschiedene Fehlerquellen: Verständnisprobleme bei der Aufgabenstellung, fehlende Fachinhalte, Missverständnisse beim FBD und Probleme bei der Arbeit mit Satellitenbildern (Tabelle 2). Lediglich die Gruppen β3 und β4 lösten die Aufgabe richtig.

Tabelle 2. Typische Fehler der Gruppen aus verschiedenen Hauptkategorien mit Ankerzitaten

Haupt- und Unterkategorie	Gruppen	Ankerbespiele nach Kuckartz & Rädiker (2022)
Spezifikation der Aufgabenstellung: Unsicherheit Aufgabenstellung	β4, β5, β6	<p>User β6-1⁵: „<i>Ich versteh jetzt nicht ganz genau, was wir da jetzt machen sollen.</i>“ Interviewer: „<i>Also den Auftrag, oder das Diagramm?</i>“ β6-2: „<i>Also den Auftrag, nicht genau, also was wir jetzt hier eintragen sollen.</i>“ (β6, L63ff)</p> <p>β4-2: „<i>Aber müssen wir nicht was Individuelles bezogen auf die Stadtteile jetzt reinschreiben?</i>“ β 4-3: „<i>Wie allgemein formulieren wir es dann?</i>“ (β4, L172)</p>

⁵ Um in Dialogen zwischen den Teilnehmer:innen unterscheiden zu können, wurden diese durchnummeriert.

Lösung der Aufgabe: Missverständnis Aufgabe	β1, β2, β5, β6	<ul style="list-style-type: none"> - Bedingungen fehlen (β1) - Aspekte, um Stadt zukunftsfähiger zu gestalten, gesammelt: <ul style="list-style-type: none"> ○ „Ja, Wohnhäuser. Viel Industrie. Vielleicht mehr Wohnhäuser bauen.“ (β2, L189) ○ „Das sind dann wahrscheinlich die Ziele, um [Schutz der Biodiversität] zu erreichen.“ (β5, L151) - Integration neuer Ziele: „Also das ist ja Bahnstadt, aber weil die Stadt führt dazu, dass, würde ich mal sagen, nicht so dicht besiedelt werden kann. Dadurch weniger Wohnraum.“ (β6, L174)
Lösung der Aufgabe: Fehlende Fachinhalte	β2, β4, β5, β6	„Ergänzen Sie für die Bahnstadt, das Funktionsbedingungsdiagramm... Wie ging das nochmal? Auf welcher Seite war das nochmal bitte? [...] Ich such nochmal [im Modul]. Ich brauch nochmal kurz [ei]ne Vorlage für das...“ (β2 L79ff)
Verständnis Basiskonzept: Darstellung FBD	β2, β4, β5, β6	„Und das was ich noch nicht verstanden hatte war, dass hier die negativen Bedingungen und hier oben die positiven Bedingungen sind.“ (β6, L146f)
Nutzung digitale Geomedien: Arbeit Satellitenbild	β4	β4-2 „Ja, aber kannst du das so sehen? Von dem Satellitenbild. Du weißt ja nur, wo Grünfläche ist und wo nicht.“ β4-1: „Nein, nein, aber eine Kühltalschneise ist ja nichts anderes im Prinzip als ein Stück Wald oder ein Stück Wiese, wo nichts drauf gebaut ist, wo Luft durch kann, die kalt wird.“ β4-2: „Eine Kühltalschneise kann nicht auch einfach eine Straße sein?“ (β4, L172ff)
Nutzung digitale Geomedien: Irrelevante Aspekte	β2, β5, β6	„Ich glaube die Geschäfte, die sind, die sind doch am Neckar hier, da ist die Brücke, dann ist hier irgendwo, nee, warte mal, nee, [Stadt], das ist hier hinten.“ (β6, L154).

Die Gruppen β4, β5 und β6 konnten nicht spezifizieren, wie das FBD eingesetzt oder ausgefüllt werden sollte (Tabelle 2, Zeile 2). Von den Gruppen β1, β2, β5 und β6 wurde die Aufgabe missverstanden und folglich falsch gelöst. Hier wurden entweder keine Bedingungen im Diagramm ergänzt, Aspekte ohne Bezug zum Gelernten diskutiert oder Maßnahmen diskutiert, die von den Stadtteilen ergriffen werden können, um die Klimaanpassung und den Biodiversitätsschutz zu erhöhen

(Tabelle 2, Zeile 3). Die Gruppen $\beta 2$, $\beta 4$, $\beta 5$ und $\beta 6$ konnten die Funktionen (graue Kästchen in der Mitte Abbildung 4) im FBD nur durch einen Blick ins E-Learning-Modul ausfüllen (Tabelle 2, Zeile 4).

Aufgabe 3

Öffentliche Grünanlagen wie Parks, Spielplätze oder Grünstreifen tragen zur Klimaanpassung und zum Biodiversitätsschutz in Städten bei. Sie sind damit ein wichtiges Gestaltungsmerkmal für zukunftsfähige Städte. Vergleicht wie zukunftsfähig beide Stadtteile sind. Ergänzt dazu jeweils für die beiden Stadtteile das Funktions-Bedingungs-Diagramm. Nutzt dafür das Satellitenbild in der Webkarte.

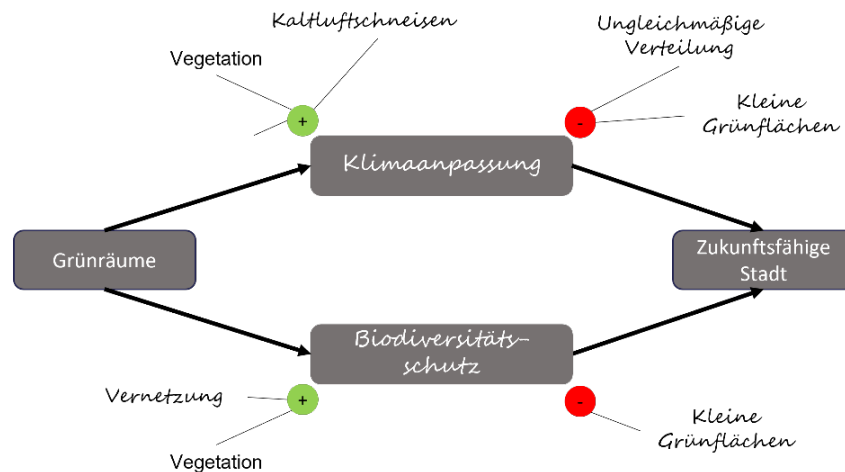


Abbildung 4. Darstellung des weiterentwickelten FBD sowie Aufgabenstellung zur Aufgabe 3 mit Musterlösung (kursiv)

Zur besseren Lesbarkeit waren Plus und Minus für die Bedingungen im FBD auf dem Arbeitsblatt anders angeordnet als im E-Learning-Modul. Dieser Aspekt führte bei den Gruppen $\beta 2$, $\beta 4$ und $\beta 6$ zur Verwirrung, da sie das Minus als negative Auswirkung der Funktion interpretierten (Tabelle 2, Zeile 5). Nur die Gruppe $\beta 4$ konnte durch das im FBD dargestellte Beispiel die Bedeutung von Plus und Minus für sich klären ($\beta 4$ -1: „Die Bedingungen, also das hat ja immer negative Bedingungen und positive Bedingungen. [...] Ist die Bedingung die Vegetation?“; $\beta 4$ -2: „Vegetation ist eine positive Bedingung.“ $\beta 4$, L156ff).

Aus zwei Gründen kam es bei der Arbeit mit Satellitenbildern zu Fehlern (Tabelle 2, Zeile 6 und 7). Die Gruppe $\beta 4$ war sich unsicher, wie sie die im Modul thematisierten Bedingungen wie Luftschneisen für die Klimaanpassung im Satellitenbild erkennen können. Die Gruppen $\beta 2$, $\beta 5$ und $\beta 6$ sammelten irrelevante Aspekte wie das Vorhandensein von Wohnraum oder Arbeitsplätzen. Hierbei ergänzten sie die Informationen aus dem Satellitenbild mit eigenem Wissen über das Untersuchungsgebiet.

4.4 Verständnis von Funktion, Bedingung und FBD

Ergänzend zu den TAP beantworteten die Lernenden Interviewfragen, in welchen sie zu ihrem Verständnis von „Funktion“, „Bedingung“ und zum FBD befragt wurden. Diese Interviewfragen sowie entsprechende Äußerungen der Lernenden während der Bearbeitung der TAP bilden die Grundlage für die Hauptkategorie „Verständnis Basiskonzept“.

Die Teilnehmenden in beiden Zyklen zeigten ein grundlegendes Verständnis von „Funktion“ und „Bedingung“. Hierfür wurde auf konkrete Beispiele („*wenn die Bedingung Vegetation ist, dann wäre ja die Funktion irgendwie ein gekühltes Klima oder bessere gesundheitliche Verhältnisse.*“ β4, L184) oder Umschreibungen zurückgegriffen („*die [...] Aspekte brauchen wir*“ β1, L471 oder „*was ich brauche, um...*“ α4, L114).

Verständnisprobleme bei der Arbeit mit dem FBD zeigten sich in beiden Zyklen bei allen drei Aufgaben jeweils dort, wo graphische Anpassungen und Ergänzungen am Diagramm vorgenommen wurden, die nicht explizit besprochen wurden. Dies betrifft inhaltliche oder konzeptionelle Aspekte, wie die Einführung von negativen Bedingungen (vgl. Aufgabe 1), aber auch neue Darstellungen von bekannten Aspekten (vgl. Aufgabe 3).

Dennoch wurde der Nutzen des FBD in einem Interview hervorgehoben: „*Also, da wurde mir dieses Konzept von Grünflächen nochmal näher gebracht durch dieses Funktions-Bedingungs-Diagramm*“ α2, L77). Im α-Zyklus wurde das FBD als Werkzeug zur Sicherung von Inhalten und als Visualisierung von „Funktion“ und „Bedingung“ beschrieben. Im β-Zyklus wurde das Diagramm von zwei Gruppen als Visualisierung von „Funktion“ und „Bedingung“ und von allen als Strukturierungshilfe erkannt („*Es ist ja dafür da, die Inhalte zu strukturieren.*“ β3, L580). In beiden Zyklen wurde das FBD zudem von mehreren Gruppen als Werkzeug zur Bewertung geographischer Sachverhalte genannt („*Ja, ich würde auch sagen, dass man eben ein klares, Anfangsziel ein klares Ziel in die Hand kriegt und dann eben zwei Punkte, einfach einen positiven Aspekt, einen negativen Aspekt.*“ β1, L487).

5.0 Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war es, mithilfe eines DBR-Ansatzes nach Reinmann (2020) Handlungsleitlinien und Umsetzungsprinzipien für das zentrale Designprinzip, die Nutzung digitaler Geomedien im Kontext des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ (B, Tabelle 3), zu entwickeln. Dazu wurde basierend auf einer Operationalisierung des Basiskonzepts für die Arbeit mit digitalen Geomedien eine Unterrichtseinheit konzipiert und iterativ evaluiert. Im Rahmen dieses Prozesses wurde auch das FBD schrittweise weiterentwickelt, ohne jedoch konkrete Designprinzipien für die Entwicklung geeigneter Visualisierungen abzuleiten.

5.1 Entwicklung der Handlungsleitlinien und Umsetzungsprinzipien

Grundlage für die Umsetzung des Hauptdesignprinzips war die Operationalisierung des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ für die Arbeit mit digitalen Geomedien (B1, Tabelle 3). Diese bildet die Basis für die Nutzung des Hauptdesignprinzips als Strukturierungshilfe für den Einsatz digitaler Geomedien im Unterricht. Hierzu wurde kontextbezogen herausgearbeitet, wie das Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ genutzt werden kann, um eine Fragestellung mit digitalen Geomedien zu beantworten. Zentral hierfür sind die Begriffe „Funktion“ und „Bedingung“, die als Grundlage für die Beschreibung und Bewertung von Untersuchungsgebieten dienen. Basierend auf dieser Operationalisierung wurden Informationen identifiziert, die zur Beantwortung der Forschungsfrage relevant sind, und digitale Geomedien ausgewählt, mit denen diese Informationen erhoben werden können.

Um das geographische Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ als Werkzeug für die Arbeit mit digitalen Geomedien nutzen zu können, wurde eine Visualisierung zur Unterstützung der Lernenden entwickelt (B2, Tabelle 3). Insgesamt zeigte sich, dass das FBD als Visualisierung für die oben dargestellte Operationalisierung des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ durch „Funktion“ und „Bedingung“ geeignet ist. In beiden Zyklen wurde deutlich, dass die Lernenden das FBD zur Visualisierung, Strukturierung und Bewertung geographischer Sachverhalte verstanden.

In der Gesamtanalyse zeigten sich jedoch Probleme bei der Arbeit mit dem FBD, aus welchen zentrale Gelingensbedingungen für die Einführung und Nutzung des FBD abgeleitet werden können. In allen drei Aufgaben wurden jeweils alternative graphische Darstellungen des FBD verwendet oder Erweiterungen eingeführt, etwa negative Bedingungen oder Bedingungen, die sich auf die Umgebung beziehen. Letzteres diente dazu, schrittweise neue Elemente in das FBD zu integrieren. Dadurch wichen die FBD-Darstellungen in den Aufgaben jeweils von der Version im E-Learning-Modul ab, ohne dass diese Anpassungen explizit thematisiert wurden. Dies führte wiederholt zu Missverständnissen, insbesondere wenn Lernende die Änderungen übersahen oder falsch interpretierten. Folglich müssen alle Änderungen und Erweiterungen im FBD explizit behandelt werden, um die Lernenden angemessen auf die Arbeit mit den Diagrammen vorzubereiten (Kirschner et al., 2006).

Zur Unterstützung der Lernenden können zunächst vorstrukturierte FBD eingesetzt werden, in denen Teile des Diagramms bereits vorgegeben sind (Brod, 2021). Zudem könnte es besonders gewinnbringend sein, den Lernenden Herangehensweisen, Schemata oder metakognitive Strategien für die Arbeit mit dem FBD zu vermitteln. Hierfür muss sowohl das konzeptionelle als auch das prozedurale Wissen stärker gefördert werden, beispielsweise, indem das Basiskonzept selbst als Lehrgegenstand thematisiert und Reflexionsphasen integriert werden (Fögele & Mehren, 2023; Heuzeroth & Budke, 2021; Renkl, 2015). Wie

genau dies umgesetzt werden kann, bedarf jedoch weiterer Forschung.

Die im FBD visualisierte Operationalisierung des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ durch „Funktion“ und „Bedingung“ sollte die Lernenden bei der Arbeit mit digitalen Geomedien unterstützen (B3, Tabelle 3). Hierzu sollte dieses sowohl zur Sicherung von Informationen (Aufgabe 1 und 2) als auch als Relevanzfilter zur Informationsgewinnung (Aufgabe 3) eingesetzt werden. Verständnisprobleme bei der Arbeit mit dem FBD zeigten sich in beiden Zyklen insbesondere dort, wo die Anwendungen des FBD zuvor nicht explizit besprochen wurden. Das fehlende prozedurale Wissen und das ungewohnte Aufgabenformat könnten zu einer erhöhten kognitiven Belastung geführt haben (Kirschner et al., 2006; Renkl, 2015), wodurch die Lernenden auf ihnen vertraute kognitive Strategien zurückgriffen, etwa das Memorieren im α -Zyklus (Baumert, 1993; Ziepprecht, 2016) oder die Aufgabenstellung wie bei Aufgabe 3 falsch verstanden. In Aufgabe 1 könnte zudem das Beispiel-FBD in der Einführung, bei dem „Grünflächen“ ganz links stand, zu Verwirrung geführt haben.

Der Vergleich von Aufgabe 2 und 3 zeigte, dass es zielführender ist, wenn Informationen mit digitalen Geomedien zunächst gezielt und in Bezug zur gewählten Operationalisierung erhoben und anschließend im FBD gesichert werden (Dessen Jankell & Johansson, 2023). Zentral ist dabei, dass die Operationalisierung des Basiskonzepts, wie in Aufgabe 2a), gezielt zur Entwicklung passender Aufgaben genutzt wird. Zudem sollten die Lernenden sicher im Umgang mit dem gewählten digitalen Geomedium sein und gezielt relevante Informationen erheben können. Im β -Zyklus zeigten sich hierbei bei der anspruchsvollen Arbeit mit Satellitenbildern Schwierigkeiten bei einzelnen Lerngruppen.

Die angedachte Nutzung des FBD als Relevanzfilter in Aufgabe 3 führte bei den Lernenden eher zu Verwirrung. Wie Lernende dabei unterstützt werden können, das Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ eigenständig als Relevanzfilter für die Informationsgewinnung zu nutzen, bleibt bislang unklar. Ebenso offen bleibt, wie die im FBD gesicherten Informationen zur Beantwortung einer geographischen Fragestellung genutzt werden können.

Tabelle 3. Darstellung der abgeleiteten Designprinzipien (DP) in Handlungsleitlinien, Umsetzungsprinzipien und weitere Konkretisierungen nach Feulner et al. (2021). Um besser auf die DP referieren zu können, wurden diese durchnummeriert

Hauptdesignprinzip	
B	Die Nutzung digitaler Geomedien geschieht im Kontext des geographischen Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“. Hierfür...
Handlungsleitlinien & Umsetzungsprinzipien	
B1	... sollte die Lehrkraft das Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ für die Arbeit mit dem ausgewählten digitalen Geomedium operationalisieren. Hierfür sollte...

	Umsetzungsprinzipien	Konkretisierung und offene Fragen
	1) konkretisiert werden, wie die ausgewählte geographische Fragestellung mit dem geographischen Basiskonzept beantwortet werden kann.	Grünflächen haben eine kühlende Wirkung und tragen so zur Klimaanpassung in Städten bei.
	2) herausgearbeitet werden, welche Informationen hierfür notwendig sind.	Über Anzahl, Größe und Verteilung der Grünflächen kann Klimaanpassung von Städten bewertet werden.
	3) in Fragestellungen oder Herangehensweisen kontextbezogen operationalisiert werden, wie notwendige Informationen gewonnen werden können.	Unter welchen Voraussetzungen oder Bedingungen ist diese kühlende Wirkung besonders groß?
	4) ein digitales Geomedium ausgewählt werden, mit welchem diese Informationen gewonnen werden können.	Mit Satellitenbildern lässt sich die Anzahl, Größe und Verteilung von Grünflächen analysieren.
B2	... sollten die Lernenden durch eine Visualisierung bei der Arbeit mit dem Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ unterstützt werden. Hierfür sollte(n)...	
	Umsetzungsprinzipien	Konkretisierung und offene Fragen
	1) eine zur Operationalisierung in K1 passende Visualisierung gewählt werden.	Nutzung des FBD als Visualisierung von „Funktion“ und „Bedingung“.
	2) eine feste Darstellung des FBD eingeführt werden und jede Erweiterung explizit thematisiert werden.	
	3) die Lernenden hinreichend Unterstützung durch Hilfestellung in den Aufgaben erhalten.	Hierfür eignen sich beispielsweise vorstrukturierte Diagramme.
	4) die Lernenden Herangehensweisen, Schemata oder metakognitive Strategien für die Arbeit mit der Visualisierung kennen.	<i>Konkrete Hinweise zur Umsetzung fehlen bisher.</i>
B3	... sollten die Lernenden durch die Visualisierung der in K1 spezifizierten Operationalisierung für das Basiskonzept „Raummuster (im Wandel)“ bei der Arbeit mit digitalen Geomedien unterstützt werden. Hierfür sollten...	
	Umsetzungsprinzipien	Konkretisierung und offene Fragen
	1) die Lernenden prozedurales Wissen für die Anwendung der Visualisierung erhalten.	Die Anwendungsmöglichkeiten werden explizit erklärt, um den Lernenden prozedurales Wissen zu vermitteln.
	2) die Lernenden mithilfe der Operationalisierung in K1 gezielt Informationen sammeln und im FBD sichern.	Durch „Funktion“ und „Bedingung“ können relevante Informationen festgelegt werden. Offen ist, wie Lernende dies nutzen können, um eigenständig relevante Informationen zu bestimmen.
	3) die Lernenden die relevanten Informationen erheben. Dazu muss, abhängig von der Komplexität des gewählten digitalen Geomediums, gezielt geübt werden, wie diese erfasst werden können.	Herausfordernde Arbeit mit Satellitenbildern muss mehr geübt werden als die Arbeit mit Google Maps.
	4) die gewonnen Informationen mithilfe der Visualisierung gesichert und weiterverarbeitet werden.	FBD als Sicherung hat sich bewährt. Es bleibt jedoch unklar, ob dies auch für den Vergleich von zwei Stadtteilen hilfreich ist und wie die Lernenden die gesicherten Informationen zur Beantwortung von geographischen Fragestellungen nutzen können.

5.2 Limitationen und Weiterentwicklung des FBD

Alle Studienteilnehmer:innen hatten oder strebten die allgemeine Hochschulreife an, weshalb sie im Vergleich zum Bundesschnitt als eher leistungsstark einzuschätzen sind (Reiss et al., 2019). Dies sowie die geringe Größe der Stichprobe schränken die Übertragbarkeit der Ergebnisse ein. Dennoch liefern die Ergebnisse erste wichtige Erkenntnisse zur Konkretisierung des Hauptdesignprinzips und zeigen einen Ansatz auf, wie digitale Geomedien im Kontext des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ genutzt werden können. In der anschließenden Hauptstudie müssen die entwickelten Handlungsleitlinien daher mit größeren und heterogeneren Stichproben überprüft und weiterentwickelt werden.

Es kann angenommen werden, dass die entwickelte Operationalisierung des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ auch auf ähnliche Fragestellungen übertragbar ist. Für Fragestellungen im Kontext des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“, die beispielsweise Veränderungen von Räumen betreffen, oder für andere Basiskonzepte müssen jedoch spezifische Operationalisierungen entwickelt werden. Hier ist unklar, ob und wie die entwickelten Handlungsleitlinien übertragen werden können.

In den zwei Zyklen wurde das FBD schrittweise weiterentwickelt, indem Teile des Diagramms anders angeordnet und mehrere Kausalketten in ein Diagramm integriert wurden. Ziel war es, die Lesbarkeit und das Verständnis des FBD zu verbessern. Dennoch reduziert das FBD komplexe Sachverhalte stark auf einzelne Kausalketten. Diese Vereinfachung kann dazu führen, dass Lernende Fehlvorstellungen entwickeln. Als Lösung wird vorgeschlagen, die im FBD als Kästchen dargestellten Bedingungen in Concept Maps zu integrieren.

6.0 Conclusio

Die Nutzung digitaler Geomedien im Kontext des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ stellt ein vielversprechendes Designprinzip für die Gestaltung von Geographieunterricht dar. In der vorliegenden Studie wurden zur Umsetzung dieses Prinzip erste empirisch fundierte Handlungsleitlinien und Umsetzungsprinzipien entwickelt. In einem DBR-Ansatz wurden hierfür Unterrichtsmaterialien iterativ entwickelt, evaluiert und überarbeitet.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Basiskonzept zunächst für die Nutzung operationalisiert werden soll. Hier spielen die Begriffe „Funktion“ und „Bedingung“ zur Beschreibung und Bewertung von Wechselwirkungen eine zentrale Rolle. Sie bilden die Grundlage dafür, dass Lernende Räume mithilfe von digitalen Geomedien im Kontext des Basiskonzepts „Raummuster (im Wandel)“ bewerten und vergleichen können.

Eine passend dazu entwickelte Visualisierung unterstützt die Lernenden bei der Nutzung des Basiskonzepts. Bei der Einführung des dafür entwickelten FBD sollten die Lernenden hinreichend Unterstützung erhalten sowie prozedurales und konzeptionelles Wissen aufbauen.

Aufgrund der großen Bedeutung von Designprinzipien für den DBR-Ansatz nach Feulner et al. (2021) stellt diese Studie einen zentralen Baustein für die Erstaufstellung der Designprinzipien dar. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen können neue Unterrichtsmaterialien designet werden. Diese bilden die Grundlage für eine Hauptstudie, in welcher die Designprinzipien systematisch weiterentwickelt werden müssen. Zudem gilt es zu zeigen, dass die entwickelte Operationalisierung und Visualisierung von Schüler:innen tatsächlich zur Beantwortung geographischer Fragestellungen genutzt werden können.

Danksagung:

Wir danken unseren Hilfskräften Johannes, Simon und Jonathan für die Anfertigung und mühsame Transkription der TPA sowie Maïke Petersen, den Reviewer:innen und Herausgeberinnen für das hilfreiche Feedback. Unser besonderer Dank gilt den Studierenden und Schüler:innen, die an der Studie teilgenommen haben.

Förderung:

Teile der Forschung wurden von der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

Beiträge der Autoren:

Konzept, Methode, Datenerhebung, Datenauswertung, Manuskript und Überarbeitung: JK; Lektorat und Betreuung: AS

7.0 Literaturverzeichnis

- Baumert, J. (1993). Lernstrategien, motivationale Orientierung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen im Kontext schulischen Lernens. *Unterrichtswissenschaft*, 21(4), 327–354.
- Bienert, N. (2023). Schlüsselstellen bei der Anbahnung der Raumkonzepte: Eine videogestützte Prozessanalyse basiskonzeptioneller Lernpfade. *Geographiedidaktische Forschungen*: Bd. 79. Hochschulverband für Geographiedidaktik e.V.
- Breuste, J. (2019). *Die Grüne Stadt: Stadtnatur als Ideal, Leistungsträger und Konzept für Stadtgestaltung* (1. Aufl. 2019). Springer.
- Brod, G. (2021). Generative Learning: Which Strategies for What Age? *Educational Psychology Review*, 33(4), 1295–1318. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09571-9>
- Cowan, J. (2019). The potential of cognitive think-aloud protocols for educational action-research. *Active Learning in Higher Education*, 20(3), 219–232. <https://doi.org/10.1177/1469787417735614>
- Dessen Jankell, L. & Johansson, P. (2023). System Geographical Webbing as an Object of Knowing to Analyze Sustainability Issues in Geography. *Zeitschrift für Geographiedidaktik*, 50(3), 119–140. <https://doi.org/10.18452/25713>
- DGfG. (2020). Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss: mit Aufgabenbeispielen.
- DGfG. (2024). Bildungsstandards im Fach Geographie für die Allgemeine Hochschulreife.
- Ditter, R. (2013). *Die Wirksamkeit digitaler Lernwege in der Fernerkundung: Eine empirische Untersuchung zu Lernmotivation und Selbstkonzept bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe* [Dissertation]. Pädagogische Hochschule, Heidelberg.
- Emilsson, T. & Ode Sang, Å. (2017). Impacts of Climate Change on Urban Areas and Nature-Based Solutions for Adaptation. In N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler & A. Bonn (Eds.), *Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas* (S. 15–27). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_2
- Fargher, M. (2019). The Role of Geography and geospatial Technologies in 'Taking on the world'. In R. de Miguel González, K. Donert & K. Koutsopoulos (Eds.), *Key Challenges in Geography, EUROGEO Book Series. Geospatial Technologies in Geography Education* (S. 175–182). Springer.
- Favier, T. & van der Schee, J. (2014a). The effects of geography lessons with geospatial technologies on the development of high school students' relational thinking. *Computers & Education*, 76, 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.04.004>

- Favier, T. & van der Schee, J. (2014b). Evaluating Progression in Students' Relational Thinking While Working on Tasks with Geospatial Technologies. *Review of International Geographical Education Online*, 4(2), 155–181.
- Feulner, B., Hiller, J. & Serwene, P. (2021). Design-Based Research in der Geographiedidaktik: Kernelemente, Verlaufsmodell und forschungsmethodische Besonderheiten anhand vier ausgewählter Forschungsprojekte. *EDeR. Educational Design Research*, 5(2). <https://doi.org/10.15460/eder.5.2.1576>
- Fögele, J. (2018). Lehrertypen im Umgang mit geographischen Basiskonzepten: Rekonstruktionen professioneller Überzeugungen von Geographielehrkräften. *Zeitschrift für Geographiedidaktik*, 18(1), 3–32. <https://doi.org/10.18452/22467>
- Fögele, J. & Mehren, R. (2023). Geographische Basiskonzepte: Fachliches Denken mit den Leitideen der Geographie – aufgezeigt am Beispiel Transformation von Städten. In I. Gryl, M. Lehner, T. Fleischhauer & K. W. Hoffmann (Hrsg.), *Geographiedidaktik* (Bd. 2, S. 49–62). Springer Spektrum.
- Fögele, J., Sesemann, O. & Westphal, N. (2021). Mit Basiskonzepten die fachliche Tiefenstruktur des Geographieunterrichts gestalten. *TERRASSE-online*.
- Heuzeroth, J. & Budke, A. (2021). Metacognitive Strategies for Developing Complex Geographical Causal Structures – An Interventional Study in the Geography Classroom. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(2), 382–404. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11020029>
- Höhnle, S., Schubert, J. C. & Uphues, R. (2013). What are the constraints to GIS usage? Selected results of a teacher survey about constraints in the school context. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 22, 226–240.
- Jahn, M. (2020). Der potenzielle Beitrag von digitalen Luft- und Satellitenbildern zum systemischen Denken im Rahmen der Bildung für Nachhaltige Entwicklung [Dissertation]. Pädagogische Hochschule, Heidelberg.
- Keller, J., Blersch, M., Plass, C., Dannwolf, L. & Siegmund, A. (2023). Satellitenbilder im Geographieunterricht: Von den Folgen zu den Ursachen von El Niño. In I. Gryl, M. Lehner, T. Fleischhauer & K. W. Hoffmann (Hrsg.), *Geographiedidaktik* (Bd. 1, S. 107–118). Springer Spektrum.
- Keller, J., Blersch, M., Plass, C. & Siegmund, A. (2024a). Je grüner, desto besser!? Die Bedeutung von Grünräumen für zukunftsfähige Städte. *Praxis Geographie*(4), 22–26.
- Keller, J., Heger, J., Petersen, M., Blersch, M. & Siegmund, A. (2024b). Einfluss von Alter, Anzahl mobiler Endgeräte und Festlegung der Interaktionsräume auf die intrinsische Motivation bei App-gestützten Exkursionen mit Satellitenbildern. *GW-Unterricht*, 176(4), 35–51. <https://doi.org/10.1553/gw-unterricht176s35>

- Kerski, J. J. (2013). Understanding Our Changing World through Web-Mapping Based Investigations. *Journal of Research and Didactics in Geography*, 2(2), 11–26.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Auflage). Beltz Juventa.
- Lee, J. & Bednarz, R. (2009). Effect of GIS Learning on Spatial Thinking. *Journal of Geography in Higher Education*, 33(2), 183–198. <https://doi.org/10.1080/03098260802276714>
- McKenney, S. E. & Reeves, T. C. (2019). *Conducting educational design research* (2. Aufl.). Routledge.
- Polten, J., Keller, J. & Barth, M. (2026). Development of a Decision Map for Generating Design Principles: A Guide for a Challenging Phase in the DBR Process. *EDeR. Educational Design Research*.
- Pottier, P., Hardouin, J.-B., Hodges, B. D., Pistorius, M.-A., Connault, J., Durant, C., Clairand, R., Sebille, V., Barrier, J.-H. & Planchon, B. (2010). Exploring how students think: a new method combining think-aloud and concept mapping protocols. *Medical education*, 44(9), 926–935. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2010.03748.x>
- Raschke, N. & Karrasch, P. (2018). Digitale Geo-Anwendungen im Unterricht – fachdidaktische Anforderungen und unterrichtspraktische Erfahrungen. In R. Dachsel & G. Weber (Hrsg.), *Mensch und Computer 2018 – Workshopband. Gesellschaft für Informatik e.V.* <https://doi.org/10.18420/MUC2018-WS17-0488>
- Reinmann, G. (2020). Ein holistischer Design-Based Research-Modellentwurf für die Hochschuldidaktik. *EDeR. Educational Design Research*, 4(2). <https://doi.org/10.15460/eder.4.2.1554>
- Reiss, K., Weis, M., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.). (2019). *PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich*. Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18315>
- Rendon, P., Love, N., Pawlak, C., Yost, J., Ritter, M. & Doremus, J. (2024). Street tree diversity and urban heat. *Urban Forestry & Urban Greening*, 91, 128180. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128180>
- Renkl, A. (2015). Wissenserwerb. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 3–24). Springer.
- Rinschede, G. & Siegmund, A. (2020). *Geographiedidaktik* (4. überarb. Aufl.). UTB: Bd. 2324. Schöningh.
- Serwene, P. (2023). *Geographie verstehen durch Zweisprachigkeit: Eine Design-Based-Research-Studie im bilingualen Geographieunterricht am Beispiel des Fachkonzepts Wandel* [Dissertation]. Potsdamer Geographische Praxis: Bd. 19. Universitätsverlag. <https://doi.org/10.25932/publishup-57848>

- Uhlenwinkel, A. (2013). Spatial thinking or thinking geographically? On the importance of avoiding maps without meaning. In T. Jekel, A. Car, J. Strobl & G. Griesebner (Eds.), *GI_Forum 2013: Creating the GISociety: Conference proceedings* (S. 294–305). Wichmann.
- Wolcott, M. D. & Lobczowski, N. G. (2021). Using cognitive interviews and think-aloud protocols to understand thought processes. *Currents in Pharmacy Teaching & Learning*, 13(2), 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2020.09.005>
- Ziepprecht, K. (2016). Strategien und Kompetenzen von Lernenden beim Erschließen von biologischen Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen. *BIOLOGIE lernen und lehren*, Bd. 15. Logos.

Author Profile

Johannes Keller is a research associate at the Institute for Geography and Geocommunication at Heidelberg University of Education. His research focuses on the use of digital geo-media, such as satellite imagery, in the context of key geographic concepts and the combination of satellite imagery and field trips.

Prof. Dr. Alexander Siegmund, Professor of Physical Geography and its didactics and Prorector for Research, Sustainability, and Digitalization at Heidelberg University of Education, is also an Honorary Professor at the University of Heidelberg. As the Director of the Research Group for Earth Observation ('geo) and Chair of the UNESCO Chair on Observation and Education of World Heritage and Biosphere Reserve, he advocates for applied remote sensing, GIS, and various facets of environmental and geo education. As the managing director of the Heidelberg Centre for Education for Sustainable Development (ESD), he actively promotes the integration of ESD into higher education and emphasises sustainability communication.

Author Details

Johannes Keller

Heidelberg University of Education
 Institute of Geography & Geocommunication
 Research Group for Earth Observation ('geo)
 UNESCO Chair on Observation and Education of World Heritage and Biosphere Reserve
 Czernyring 22/10-12
 69115 Heidelberg
 Germany
 +49 6221 477 795
keller2@ph-heidelberg.de

Alexander Siegmund

Heidelberg University of Education
Institute of Geography & Geocommunication
Research Group for Earth Observation ('geo)
UNESCO Chair on Observation and Education of World Heritage and
Biosphere Reserve
Czernyring 22/10-12
69115 Heidelberg
+49 6221 477 771
Germany
siegmund@ph-heidelberg.de

Editor Details**Prof. Dr. Tobias Jenert**

Chair of Higher education and Educational Development
University of Paderborn
Warburger Straße 100
Germany
+49 5251 60-2372
Tobias.Jenert@upb.de

Journal Details

EDeR – Educational Design Research
An International Journal for Design-Based Research in Education
ISSN: 2511-0667
uhh.de/EDeR
#EDeRJournal (our hashtag on social media services)

Published by

Hamburg Center for University Teaching and Learning (HUL)

University of Hamburg
Schlüterstraße 51
20146 Hamburg
Germany
+49 40 42838-9640
+49 40 42838-9650 (fax)
hul.uni-hamburg.de

In collaboration with

Hamburg University Press

Verlag der Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg –
Landesbetrieb
Von-Melle-Park 3
20146 Hamburg
Germany
+49 40 42838 7146
info.hup@sub.uni-hamburg.de
hup.sub.uni-hamburg.de