

Dana Graulich*, Johannes Keller**,
Christina Fiene*** & Alexander Siegmund****

Lehrkräfte gefragt – Anforderungen an eine mobile Klimawandel-App für Exkursionen

* graulich@ph-heidelberg.de, Institut für Geographie und Geokommunikation – Research Group for Earth Observation ('geo), Pädagogische Hochschule Heidelberg

** keller2@ph-heidelberg.de, Institut für Geographie und Geokommunikation – Research Group for Earth Observation ('geo), Pädagogische Hochschule Heidelberg

*** fiene@ph-heidelberg.de, Institut für Geographie und Geokommunikation – Research Group for Earth Observation ('geo), Pädagogische Hochschule Heidelberg

**** siegmund@ph-heidelberg.de, Institut für Geographie und Geokommunikation – Research Group for Earth Observation ('geo), Pädagogische Hochschule Heidelberg; Heidelberg Center for the Environment (HCE), Geographisches Institut, Universität Heidelberg, Heidelberg

eingereicht am: 31.01.2024, akzeptiert am: 18.11.2024

Das ortsbezogene Lernen mit mobilen Apps auf Exkursionen stellt in der Klimabildung ein großes Potenzial dar. Bisher ist wenig darüber bekannt, welche Anforderungen Lehrkräfte an eine solche App stellen. Daher wurden leitfadengestützte Interviews mit Geographie-Lehrkräften geführt. Es lassen sich folgende Anforderungen ableiten: Die mobile App ist (1) leicht zu bedienen, ermöglicht (2) mobiles ortsbezogenes Lernen, unterstützt (3) Exkursionen im konstruktivistischen Sinne und lässt sich (4) durch die Lehrkraft adaptieren.

Keywords: Klimabildung, leitfadengestützte Interviews, mobiles ortsbezogenes Lernen, App-gestützte Exkursionen

Teachers Asked – Requirements for a Mobile Climate Change App for Excursions

Location-based learning with mobile apps during excursions holds significant potential for climate change education. So far, little is known about the specific requirements teachers have for such an app. Consequently, semi-structured interviews were conducted with geography teachers. The results revealed the following requirements: (1) The mobile app is easy to use, (2) it facilitates location-based learning, (3) it supports excursions in a constructivist sense, and (4) it can be adapted by the teacher.

Keywords: Climate Change Education, Semi-structured Interviews, Location-based Learning

1 Einleitung

Der Klimawandel ist bereits heute deutlich spürbar und stellt eine der größten gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Um dem Klimawandel global und lokal begegnen zu können, ist Klimabildung im Sinne der *Greening education* essentiell (vgl. UNESCO 2024). Besonders wirksam erweisen sich hierbei aktivierende, partizipative, orts- und lebensweltbezogene Lehr-Lernformate (vgl. Anderson 2012; Cordero et al. 2020). Dies kann unter anderem durch *mobiles ortsbezogenes Lernen (MOL)* auf Exkursionen gelingen (vgl. Feulner & Ohl 2014). Hierfür werden

Angebote und insbesondere mobile Apps (Anwendungen auf mobilen Endgeräten wie Tablets oder Smartphones) benötigt, mit denen Lehrkräfte MOL für die Klimabildung gewinnbringend einsetzen können. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Studie untersucht, wie eine mobile Klimawandel-App als Lern-Tool aus der Sicht von Geographie-Lehrkräften für den Einsatz auf Exkursionen gestaltet sein sollte. In diesem Kapitel werden zunächst Grundlagen der Klimabildung vorgestellt (siehe Kap. 1.1). Anschließend werden Vor- und Nachteile des MOL für den Einsatz im Rahmen von Exkursionen diskutiert (siehe Kap. 1.2) und die Forschungsfragen dargelegt (siehe Kap. 1.3).

1.1 Klimawandel in der Bildung

Für Jugendliche in Deutschland stellt der Klimawandel ein wichtiges Thema dar, dem mit Sorge (vgl. Albert et al. 2019), Angst und Pessimismus (vgl. BMUV 2022) begegnet wird. Klima- und Umweltschutz zählen zu den wichtigsten gesellschaftlichen Themen für Jugendliche in Deutschland (vgl. BMUV 2022). Gleichzeitig zeigt sich, dass Schüler*innen weniger am Klimawandel im Nahraum interessiert sind als an globalen Aspekten (vgl. Höhnle et al. 2023).

Das Bildungskonzept der Klimabildung (engl. *Climate Change Education*) hat zum Ziel, Bewusstsein über den Klimawandel zu schaffen, Wissen zu stärken sowie Fähigkeiten, Werte und Einstellungen hinsichtlich des Klimawandels zu fördern (vgl. UNESCO, 2015). Ein ähnliches Bildungskonzept, die *Greening Education* (dt.: *Grüne Bildung*, vgl. UNESCO 2024), stärkt dabei den Ursprung der *Bildung für nachhaltige Entwicklung* (BNE). Übergeordnetes Ziel beider Bildungskonzepte ist dabei, Lernende auf ein Leben mit den Folgen des Klimawandels vorzubereiten und sie dazu zu befähigen, in einem transformativen Prozess angemessen auf den Klimawandel zu reagieren und einen nachhaltigen, klimaresistenten und angepassten Lebensstil zu entwickeln. In der Klimabildung werden sowohl das Klimasystem als auch die Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels, Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen thematisiert und Mensch-Umwelt-Beziehungen vor dem Hintergrund des Klimawandels analysiert. Das Thema Klimawandel ist in den Bildungsplänen Deutschlands ganzheitlich seit 2018 in (fast) allen Bundesländern abgebildet, wobei ein Schwerpunkt der Klimabildung im Fach Geographie als Bindeglied zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften zu verorten ist (vgl. Siegmund et al. 2021; Klüsener & Wittlich 2023). Dabei zeigen sich jedoch große Unterschiede zwischen den Bundesländern (vgl. Siegmund et al. 2021). Beispielsweise ist in den Bildungsplänen Baden-Württembergs das Thema „anthropogene Ursachen“ vergleichsweise schwach ausgeprägt. Ein stärkerer Fokus liegt hingegen auf „Maßnahmen zur Minderung und Anpassung an den Klimawandel“ und den Grundbegriffen (ebd.). Schüler*innen sollen lernen, Ursachen des Klimawandels zu erläutern, Maßnahmen für Klimaschutz und Klimaanpassung zu bewerten und eigene Handlungsansätze zu einer klimaneutralen Lebensweise zu entwickeln (vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg 2023).

Innerhalb der Klimabildung lassen sich aus der Literatur zahlreiche Gelingensbedingungen identifizieren. Zunächst soll ein Alltagsbezug hergestellt werden, durch den die persönliche Relevanz des Themas verdeutlicht wird (vgl. Monroe et al. 2017; Cordero et al.

2020). Komplexe Zusammenhänge sollten verständlich erklärt und beispielsweise durch Visualisierungen verdeutlicht werden (vgl. Moser 2014). Außerdem wird die Nennung von Lösungsansätzen empfohlen (vgl. UNESCO 2015). Wichtig ist dabei, dass die Jugendlichen zur aktiven Mitgestaltung motiviert werden (vgl. Anderson 2012; Monroe et al. 2017).

Mit Blick auf die Geographiedidaktik zeigt sich, dass der Ortsbezug und die persönliche Nähe zum Thema als verstärkende Faktoren für die Akzeptanz und erfolgreiche Erarbeitung des Themas gelten (vgl. Moser 2014). Der Lebenswelt- und Alltagsbezug und das interaktive Lernen vor Ort stellen in der Klimabildung ebenfalls wichtige Schlüsselemente dar (vgl. Cordero et al. 2015) – Faktoren, die sich insbesondere im MOL und auf Exkursionen wiederfinden.

1.2 Exkursionen und mobiles ortsbezogenes Lernen

Exkursionen stellen eine Form des Lernens in außerschulischen Lernumgebungen dar (vgl. Löffner 2011) und dienen der Erarbeitung geographischer Arbeitsweisen in der realen Umgebung des Lerngegenstands (vgl. Kent et al. 1997; Ohl & Neeb, 2012). Sowohl im deutschsprachigen als auch im internationalen Raum gelten Exkursionen (engl.: *fieldwork*, *outdoor education*) als eine der zentralen Methoden des Geographieunterrichts (vgl. Kent et al. 1997; Heynoldt 2016). Sie gehören zu den beliebtesten Arbeitsmethoden von Schüler*innen (vgl. Hemmer & Hemmer 2021) und bilden im Geographieunterricht einen notwendigen und wertvollen Bestandteil, der unter anderem die originale Begegnung (vgl. Dickel & Glasze 2009; Rinschede & Siegmund 2020), die Handlungsorientierung (vgl. DGfG 2024) sowie das selbsttätige Lernen und nachhaltige Emotionen (vgl. Rinschede & Siegmund 2020) fördern kann. Als bei Schüler*innen besonders beliebt gelten dabei geographische Arbeitsweisen, die ein selbstständiges Erschließen des Raumes ermöglichen (z. B. eigenständiges Erkunden unter einer bestimmten Fragestellung) (vgl. Bette et al. 2015). Ohl und Neeb (2012) unterscheiden vier verschiedene Exkursionstypen, die sich in kognitivistische Überblicksexkursion, kognitivistische sowie gemäßigt und stark konstruktivistische Arbeitsexkursionen aufteilen. Insbesondere konstruktivistische Exkursionsformen eröffnen vielfältige Interaktionsmöglichkeiten mit dem Raum (vgl. Hiller et al. 2019) und bieten so großes Potenzial für die Klimabildung.

Das MOL, bei dem das Lernen vor Ort durch mobile Endgeräte unterstützt wird, gilt als äußerst gewinnbringend für den Geographieunterricht und bietet vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Rahmen von (konstruktivistischen) Exkursionen (vgl. Feulner & Ohl

2014; HGD 2020; Kanwischer et al. 2023). Hierbei lassen sich Lern- und Umgebungskontext miteinander verknüpfen, sodass ein Lernen mit Ortsbezug an der Schnittstelle von elektronischem, mobilem und ortsabhängigem Lernen möglich wird (vgl. Hiller et al. 2019). Die Schüler*innen treten in Interaktion mit ihrer Umgebung, um mithilfe mobiler Endgeräte bestimmte Aufgaben zu erfüllen oder Informationen zu erhalten.

Für das MOL bestehen Herausforderungen, die eine Durchführung digital gestützter Exkursionen einschränken können. Beispielsweise können die Ausstattung an Endgeräten mangelhaft sein (vgl. Bock & Probst 2018), technische Schwierigkeiten auftreten (vgl. Döring & Kleeberg 2006; Mußmann et al. 2021) oder die Schüler*innen durch die Endgeräte abgelenkt werden (vgl. Döring & Kleeberg 2006). Wichtig für das MOL ist – vor allem im formalen Bildungskontext – die Einbettung in ein didaktisches Konzept, welches bei vielen Angeboten jedoch fehlt (vgl. Rösch & Maurer 2014; Mußmann et al. 2021).

MOL hat sich als wirksam erwiesen hinsichtlich des Lernerfolgs (vgl. Wu et al. 2012; Ciprina 2024), des Motivationszuwachses und der Freude beim Lernen (vgl. Crawford et al. 2017). Eine weitere Stärke des MOL liegt in der Allgegenwärtigkeit des Smartphones – 96 % der Jugendlichen besitzen ein eigenes mobiles Endgerät (vgl. Feierabend et al. 2023). Durch die Portabilität der Endgeräte und die Möglichkeit zur Lokalisierung können Arbeitsmethoden des Geographieunterrichts, wie das Navigieren auf einer digitalen Karte und das Aufnehmen von Koordinaten, ermöglicht, auf den Standort bezogene Anwendungen über das Smartphone übermittelt und ein Lernen vor Ort vereinfacht werden (vgl. Crompton et al. 2016; HGD 2020). Darüber hinaus ermöglichen in das Endgerät integrierte Werkzeuge (z. B. Kamera, Mikrofon, Kompass, GPS-Funktion) eine interaktive Auseinandersetzung mit der Umgebung und der Erschließung des Raums (vgl. HGD 2020). Durch eine App-gestützte Nutzung von festgelegten Markern als Standorte und das Einbinden von Aufgabenformaten, deren Lösung eine aktive Auseinandersetzung mit dem Raum voraussetzen, kann das Ablenkungspotenzial von mobilen Apps gemindert werden. So bietet das MOL ein besonders großes Potenzial für die Förderung der raumbezogenen Orientierung, eines der sechs Kompetenzbereiche der Bildungsstandards der Geographie für die Allgemeine Hochschulreife, indem digitale Hilfsmittel (digitale Karten, GPS) herangezogen werden können (vgl. DGfG 2024).

1.3 Synthese und Forschungsfrage

Das Thema Klimawandel im Rahmen von Exkursionen zu behandeln, birgt Potenziale, aber auch wei-

tergehende Herausforderungen. Eine Schwierigkeit besteht darin, den globalen Prozess des Klimawandels auf einer lokalen Ebene greifbar zu machen (vgl. Anderson 2012) und so verschiedene Maßstabsebenen miteinander in Beziehung zu setzen (vgl. DGfG 2024). Eine weitere Herausforderung liegt in der zeitlichen Diskrepanz: Auswirkungen des Klimawandels entwickeln sich zumeist über mehrere Jahrzehnte. Exkursionen sind jedoch zeitlich begrenzte Erlebnisse, oft nur auf einen Tag beschränkt. Zudem ist es auf einer Exkursion möglich, dass eine Diskrepanz zwischen den tatsächlichen Umwelteindrücken und den zu erwartenden Veränderungen durch den Klimawandel entsteht.

In der Klimabildung gelten aktivierende und partizipative Formate und der Bezug zur Lebenswelt, zum Ort und zum Realraum als relevante Gelingensbedingungen (siehe Kap. 1.1), die durch den Einsatz des MOL auf Exkursionen gezielt durch die genannten Vorteile mobiler Endgeräte unterstützt werden können (siehe Kap. 1.2). Die Folgen des Klimawandels oder Beispiele für die Anpassung an den Klimawandel können somit aufgrund der hohen Raumwirksamkeit auf lokaler Ebene für das MOL herangezogen werden. Das Potenzial, Smartphones im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung als Lern-Tools heranzuziehen, ist bereits lange erkannt (vgl. Lude et al. 2013; Siegmund et al. 2013) und wurde in zahlreichen Projekten umgesetzt (vgl. z. B. Crawford et al. 2017; Hiller et al. 2019; Chatel & Falk 2022). Der Klimawandel stellt hierbei ein recht neues Thema innerhalb des MOL dar – aber auch hier wird das Potenzial erkannt (vgl. Wankmüller et al. 2022; Ciprina 2024) und einzelne Lernsettings wurden umgesetzt (vgl. Schmalor et al. 2022; Keller et al. 2024; Blersch et al. 2024; Ciprina 2024).

Um das MOL innerhalb der Klimabildung zu nutzen, sind Anwendungen (z. B. Apps) nötig, die die Potenziale des MOL mit denen von Exkursionen vereinen und Ziele der Klimabildung aufgreifen. Für eine Integration dieser Lernangebote in den Geographieunterricht müssen Lehrkräfte von der Anwendung überzeugt sein und ihren Einsatz für sinnvoll erachten. Ob und welche Lern-Apps im Unterricht eingesetzt werden, liegt häufig in der Hand der einzelnen Lehrkraft und wird nicht zentral geregelt (vgl. Schmid et al. 2017). Die Einstellungen von Lehrkräften Exkursionen und zum Teil dem MOL gegenüber wurden bereits eingehend untersucht (vgl. Rinschede 1997; Löffner 2011; Ciprina 2024). Insgesamt zeigt sich, dass Lehrkräfte mobilen Anwendungen im Unterricht gegenüber positiv eingestellt sind, sich aber gleichzeitig Weiterbildungsangebote wünschen und Lern-Apps im Vergleich zu anderen digitalen Technologien recht selten einsetzen (vgl. Schmid et al.

2017). Bisher ist nicht erforscht, wie sich Lehrkräfte eine ideale mobile App vorstellen, mit der sie das Thema Klimawandel auf einer App-gestützten Exkursion einbringen können. Unklar ist insbesondere, welche Funktionalitäten die App vorweisen muss, damit sie gewinnbringend eingebunden werden kann. Die vorliegende Studie widmet sich dieser Frage aus zwei Perspektiven heraus: (1) des methodischen Vorgehens der Exkursion und (2) des inhaltlichen Themas der Klimabildung. Sie bietet Ideen zur Gestaltung einer mobilen App, die das Thema Klimawandel im Rahmen von Exkursionen behandelt. Dafür werden in der vorliegenden Studie folgende Teilfragen untersucht:

1. Welches Potenzial sehen Geographie-Lehrkräfte im Einsatz mobiler Apps bei Exkursionen und der Erarbeitung des Themas Klimawandel?
2. Welche Einschränkungen sehen Geographie-Lehrkräfte im Einsatz mobiler Apps bei Exkursionen und der Erarbeitung des Themas Klimawandel?
3. Welche Wünsche und Anforderungen stellen Lehrkräfte an eine ideale mobile App, die das Thema Klimawandel im Rahmen von Exkursionen behandelt?

2 Methode

2.1 Stichprobe

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden leitfadengestützte Interviews mit sieben Geographie-Lehrkräften durchgeführt. Es handelte sich um eine Gelegenheitsstichprobe von Lehrkräften aus dem Netzwerk des Instituts für Geographie & Geokommunikation – Research Group for Earth Observation ('geo') der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. In einem vorangestellten Fragebogen wurden Daten zur Schulform, unterrichtete Fächer und Erfahrungen mit Exkursionen, mobilen Apps im Unterricht sowie Klimawandel als Unterrichtsthema abgefragt. Um eine möglichst intensive Auseinandersetzung mit dem inhaltlichen Themenbereich des Klimawandels auf der einen und dem methodischen Vorgehen der Exkursion auf der anderen Seite zu ermöglichen und um die Interviewzeit effizient zu nutzen, wurden die Lehrkräfte anhand ihrer Erfahrung und Expertise in zwei Gruppen aufgeteilt. Vier Lehrkräfte wurden zu ihren Erfahrungen und Einstellungen zu Exkursionen befragt, drei zum Thema Klimawandel im Unterricht. Anschließend bekamen alle teilnehmenden Lehrkräfte die Frage gestellt, wie aus ihrer Sicht eine mobile App als unterstützendes Tool eingesetzt werden könnte und welche Wünsche sie an eine ideale mobile App für ihren Unterricht haben. Mit dieser Vorgehensweise konnte geprüft werden, ob

die Lehrkräfte je nach Gruppe ähnliche Wünsche an eine mobile App als unterstützendes Tool formulieren oder sich Widersprüche ergeben. Die sieben interviewten Lehrkräfte unterrichteten Geographie an sechs verschiedenen Gymnasien in Baden-Württemberg, wobei zwei von ihnen an derselben Schule tätig waren. Alle Lehrkräfte hatten bereits Erfahrungen im Einsatz mobiler Apps im Unterricht.

2.2 Durchführung der Interviews

Die Interviews fanden online als Videogespräche statt, wurden durch die Erstautorin geführt und dauerten zwischen 25 und 40 Minuten. Für beide Gruppen ('Klimawandel' und 'Exkursion') bestand der Leitfaden aus Impulsfragen, welche durch Nachfragen vertieft wurden. Die Impulsfragen sollten erzählgenerierend wirken und wurden jeweils in derselben Formulierung gestellt. Im Leitfaden waren darüber hinaus Alternativ- und Intensivierungsfragen formuliert, die bei Bedarf gestellt werden konnten. In den Impulsfragen wurden zunächst wahrgenommene Hürden und Herausforderungen sowie wahrgenommene Potenziale und didaktische Ziele von Exkursionen bzw. im Rahmen des Klimawandelunterrichts erfragt. Diese Fragen ermöglichten es den Lehrkräften, sich intensiv mit ihren persönlichen Einstellungen und Erfahrungen auf diesem Gebiet zu beschäftigen, bevor sie die Hauptfragestellung der vorliegenden Studie beantworteten. Anschließend wurden die Lehrkräfte nach Potenzialen und Hürden bei ihrer Arbeit mit mobilen Apps und nach ihren Wünschen an eine ideale App in Bezug auf das Thema Klimawandel im Unterricht oder Exkursionen befragt. Hinsichtlich der Hauptkategorie 'Wünsche an eine ideale App' kann von einer theoretischen Sättigung ausgegangen werden. Abgesehen von rein inhaltlichen Aspekten konnten innerhalb der sieben Interviews keine Wünsche identifiziert werden, die nicht in die vorhandenen Unterkategorien kodiert werden konnten. Der Interview-Leitfaden wurde nach dem Prinzip der Leitfadenerstellung (Sammeln, Prüfen, Sortieren und Subsummieren – SPSS-Prinzip) nach Helfferich (2011) entwickelt, im Vorfeld mit zwei Personen getestet und anschließend angepasst. Die Transkription fand mithilfe des Programms f4transkript (Version 7.0.6 USB, dr. dresing & pehl GmbH, Marburg) und unter Zuhilfenahme eines Transkriptions-Leitfadens (vgl. Mayring 2010) statt.

2.3 Analyse der Daten

Die anonymisierten Transkripte der Interviews dienten als Datenkorpus für die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010). Die Hauptkategorien (siehe Tab. 1)

wurden deduktiv aus der Theorie des kreativen Problemlöseprozesses abgeleitet, welcher in die Phasen Problemidentifikation, Ziel- und Situationsanalyse, Planerstellung, Planauswertung und Ergebnisauswertung gegliedert ist. Sie orientierten sich dabei an den Impulsfragen aus dem Interviewleitfaden. Die Identifikation von Hürden und Herausforderungen ermöglichte ein Verständnis für die strukturellen, organisatorischen oder persönlichen Barrieren, die Geographielehrkräfte daran hindern, mobile Apps einzusetzen oder den Einsatz dieser erschweren. Die zweite Hauptkategorie reflektierte die potenziellen Lernziele und den Mehrwert, die Lehrkräfte hinsichtlich mobiler Apps im Rahmen von Exkursionen oder für den Klimawandelunterricht wahrnehmen. Die letzte Hauptkategorie bezog sich auf die idealisierten und hypothetischen Vorstellungen der Lehrkräfte darüber, wie mobile Apps im Rahmen von Exkursionen oder im Klimawandelunterricht integriert werden könnten.

Um eine explorative Vorgehensweise gewährleisten zu können und eine möglichst ergebnisoffene Bearbeitung der Transkripte zu ermöglichen, wurden die Unterkategorien (siehe Tab. 1) induktiv mithilfe des Materials gebildet (vgl. Mayring 2010). Alle Interviews

wurden durch die Erstautorin unter Verwendung des Programms MAXQDA (VERBI – Software. Consult. Sozialforschung, GmbH, Berlin) kodiert. Um eine Reliabilität sicherzustellen, wurde die Inter-coder-Reliabilität mithilfe des Programms MAXQDA überprüft. Dazu wurde zunächst ein Kodierleitfaden (in Anlehnung an Mayring 2010) erstellt, anhand dessen eine weitere Person unabhängig von der Erstautorin die Kodierung von drei Interviews durchführte. Für die Reliabilitätsanalyse wurde die Code-Überlappung von Segmenten von mindestens 90 % herangezogen. Die Berechnung der Inter-coder-Reliabilität ergab einen Kappa-Wert (vgl. Brennan & Prediger 1981) von 0,52, 0,63 und 0,67, was auf eine mäßige bis hohe Übereinstimmung zwischen den beiden kodierenden Personen hinweist. Abb. 1 zeigt die Zusammenfassung des methodischen Vorgehens.

3 Ergebnisse

In der vorliegenden Studie wurden vier Lehrkräfte zu ihren Einstellungen zum Einsatz mobiler Apps im Rahmen von Exkursionen und drei zum Einsatz mobiler

Tab. 1: Haupt- und Unterkategorien inklusive ausgewählter Ankerzitate für die Inhaltsanalyse

Hauptkategorie	Unterkategorie	Ankerzitat
Hürden und Herausforderungen beim Einsatz von mobilen Apps	Ablenkung	„[...] dadurch, dass die Schüler halt immer ihre Social-Networks offen haben und nebenher irgendwelche Spiele spielen, wäre das schon ein extrem hohes Risiko, dass die halt einfach sich total also stark ablenken lassen würden.“ (Person4_Klimawandel, Absatz 86)
	Technische Hürden	„Aber bei uns draußen ist das echt ein Problem. (-) Ja, also da ist eigentlich der Internetzugang das Problem.“ (Person3_Exkursionen, Absatz 136)
	Arbeitserleichterung	„Aber natürlich ist es wieder eine große Stärke vom Digitalen, wenn ich dort gewisse Arbeitssicherungen auch betreibe, dass ich halt direkt damit weiterarbeiten kann.“ (Person5_Exkursionen, Absatz 26)
Potenziale von mobilen Apps	Motivation	„und hat glaube ich auch einen höheren motivationalen Charakter. Also ich weiß jetzt bei ‚Actionbound‘, dass da auch Punkte gesammelt werden können [...] und gerade dieser spielerische Ansatz, der macht den Kindern natürlich schon wahnsinnig viel Spaß.“ (Person1_Exkursionen, Absatz 11–13)
	Interaktionsmöglichkeiten, selbsttätiges Lernen	„Es ist viel effektiver, wenn die Kinder selber etwas tun und dann hat man natürlich hier gleich ein digitales Endgerät, was die Schüler sehr einfach auch einsetzen können.“ (Person2_Klimawandel, Absatz 37)
	Bedienbarkeit und Funktionstüchtigkeit	„[...] wenn die App gut gemacht ist und man kann mit der was anfangen, dann einfach nur einen [...] guten Internetzugang und dass sie fließt. Also, dass ich irgendwie nicht Probleme habe [...]“ (Person3_Exkursionen, Absatz 134)
Wünsche und Anforderungen an eine ideale App	Informationen, Inhalte und Ortsbezug	„Ja, sie müsste auf jeden Fall den eigenen Standort wiedergeben. Dann glaube ich wäre es wichtig, dass man in der Karte ein paar Points of Interest markieren kann, dass man die auch speichern kann, dass man vielleicht auf Routen speichern kann [...]“ (Person4_Klimawandel, Absatz 98–100)
	Ergebnissicherung	„[...] der zweite große Bereich wäre, dass mich die App dabei unterstützt, Dinge zu sichern, oder zu speichern, festzuhalten. Sei es jetzt fotografisch, sei es kartographisch [...] Also quasi auch ein Stück weit als Dokumentationsinstrument.“ (Person5_Exkursionen, Absatz 68)
	Eigenständige Gestaltungsmöglichkeiten für die Schüler*innen	„Wenn die Schüler tatsächlich eine Exkursion selber planen könnten. [...] [Man] gibt ihnen vorher halt wirklich eine Aufgabe, was alles in ihrer Exkursion stattfinden muss. [Ich] finde das noch besser, wenn die Schüler dann wirklich auch in die Planungen selber eingebunden wären [...]“ (Person1_Exkursionen, Absatz 29–31)
	Adaptivität durch die Lehrkraft	„[...] Also entweder die App gibt das halt vor und ich finde das gut, oder die App lässt genug Möglichkeit, dass ich sie anpasse entsprechend meiner Fragestellung.“ (Person5_Exkursionen, Absatz 90)

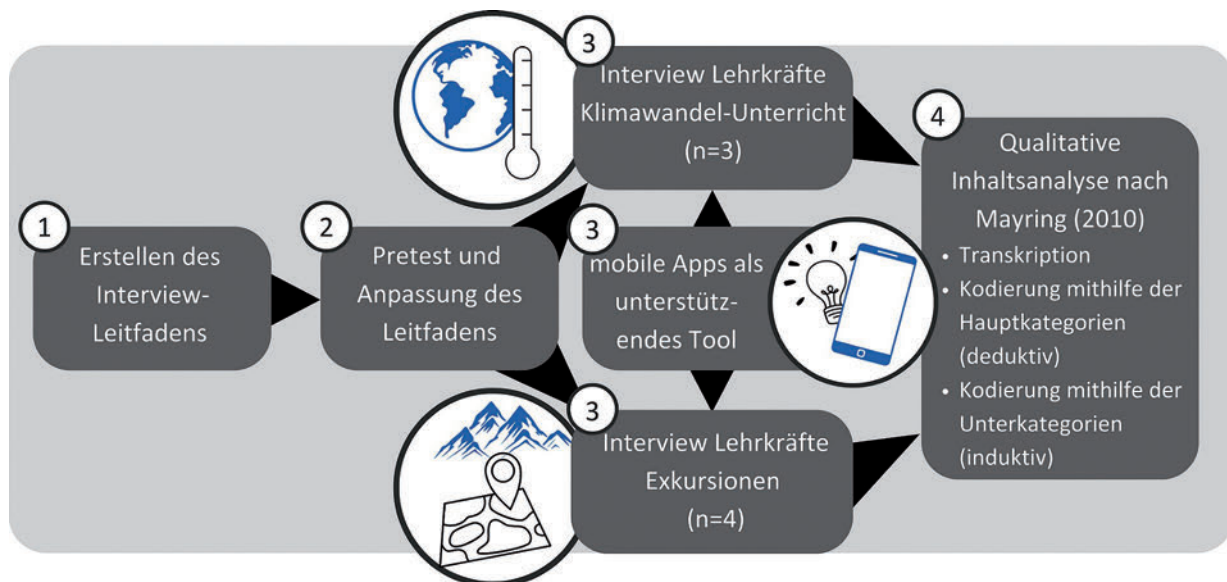


Abb. 1: Zusammenfassung des methodischen Vorgehens (Quelle: eigene Darstellung, erstellt mit Canva)

Apps für den Klimawandelunterricht befragt. Anschließend sollten sie Wünsche an eine ideale mobile App äußern. Im Folgenden werden die Ergebnisse anhand der Haupt- und Subkategorien (siehe Tab. 1) vorgestellt. Aufgrund vieler Überschneidungen in den Kategorien werden die Ergebnisse aus beiden Gruppen (‘Exkursionen’ und ‘Klimawandel-Unterricht’) gemeinsam dargestellt.

3.1 Mobile Apps als unterstützendes Medium

„Es gibt so Bestimmungsapps, das kennen Sie vielleicht. Aber ich habe immer das Gefühl, die sind immer nur noch in ihrem Gerät und nehmen das Drumherum noch distanzierter wahr als sonst und das ist eine große Herausforderung.“ (Person7_Klimawandel, Absatz 29)

Von den befragten Lehrkräften werden zwei Hauptprobleme beim Einsatz von mobilen Apps genannt – das Ablenkungspotenzial und technische Schwierigkeiten. Durch die Fokussierung auf das digitale Medium könne die Realbegegnung auf der Exkursion eingeschränkt bzw. die psychologische Distanz beim Thema Klimawandel verstärkt werden. Eine didaktische Aufbereitung des Lerninhalts und Einbettung in die Unterrichtseinheit, bei der konkrete Arbeitsaufträge und eine starke Anleitung integriert sind, werden daher als besonders relevant erachtet.

„Ja, und was jetzt technische Dinge angeht, das ist ja klar: Ich meine, der Klassiker ist, dass der Akku leer ist oder dass man alles auf irgendein digitales Endgerät aufgebaut hat und die Sachen funktionieren dann nicht [...].“ (Person1_Exkursionen, Absatz 21)

Als technische Hürden werden unzureichendes WLAN, eine geringe Akkulaufzeit, die Netzstabilität und technische Fehler innerhalb der eingesetzten App genannt.

„[...] weil natürlich der Lehrer auch den Nutzen hat: alle Materialien auf einen Blick zu haben, dann ja, Möglichkeiten für die Vertiefung, für die Veranschaulichung, Arbeitsblätter mit Lösungen. Das macht natürlich das Arbeiten für Lehrer deutlich einfacher.“ (Person2_Klimawandel, Absatz 53)

Die befragten Lehrkräfte nennen für mobile Apps als unterstützendes Tool sowohl für die Durchführung von Exkursionen als auch für das Unterrichtsthema Klimawandel die Arbeitserleichterung als Potenzial. Zum Beispiel könne die App unhandliche analoge Materialien auf der Exkursion ersetzen. Auch für die Ergebnissicherung und die gezielte Steuerung von Lerninhalten könne eine mobile App den Arbeitsaufwand erleichtern.

„Also es bietet sich schon auch viel Chance in dem, dass es sehr viel Spaß macht, mit digitalen Werkzeugen unterwegs zu sein.“ (Person5_Exkursionen, Absatz 26)

Durch die Nutzung des digitalen Mediums und/oder gamifizierter Elemente (z. B. Quiz, Schnitzeljagd) werde zudem die Lernmotivation gesteigert.

„Also ich glaube dieses, also im Unterricht wäre es sozusagen der klassische Unterschied zwischen Frontalunterricht und zwischen handlungs-

produktionsorientierten, sehr individuellem Unterricht, wo die Schüler dann selber entdecken und da bieten die Apps natürlich schon wahrscheinlich deutlich mehr an, als jetzt bei einer klassischen Exkursion.“ (Person1_Exkursionen, Absatz 11)

Zudem könne eine mobile App den Austausch zwischen den Schüler*innen im Klimawandelunterricht und die Interaktion mit der Umgebung auf einer Exkursion unterstützen.

3.2 Wünsche und Anforderungen an eine mobile App

„Es ist natürlich ganz wichtig, dass sie irgendwie leichtverständlich ist. Und ich in [...] meinem gestressten Lehreralltag dürfte mich nicht allzu lang damit beschäftigen müssen [...].“ (Person7_Klimawandel, Absatz 63–65)

Für den Einsatz auf Exkursionen und für den Klimawandelunterricht nennen die befragten Lehrkräfte Eigenschaften einer idealen mobilen App, die sich unter dem Aspekt der Bedienbarkeit und der allgemeinen Funktionstüchtigkeit zusammenfassen lassen. Sie sollte fehlerfrei, ohne WLAN-Abdeckung und bei eingeschränktem Empfang funktionieren sowie einfach und intuitiv zu bedienen sein. Eine Lehrkraft gibt an, die App solle zudem optisch ansprechend, altersgerecht gestaltet sein und sich die erforderliche Einarbeitungszeit auf ein Minimum reduzieren.

„Das eine wäre das Zur-Verfügung-Stellen von Material, in welcher Form auch immer. Also beispielsweise, dass eine App mir die Möglichkeit gibt, das, was ich sehe, [...] im Raum zu erweitern inhaltlich.“ (Person5_Exkursionen, Absatz 64–66)

*„Oder vielleicht sogar kleine Videos mit denen [Expert*innen] dann drehen, wo man die [Expert*innen] dann nicht extra dazu holen muss. [...] Dass man den [Schüler*innen] sagt: Okay, Weinbauer XY hat da eine Meinung zum Klimawandel im Weinbau und jetzt spielen wir gemeinsam das ab.“ (Person4_Klimawandel, Absatz 76–78)*

Die App sollte laut den befragten Lehrkräften Material und Informationen zur Verfügung stellen. Eine Lehrkraft nennt hierbei das Beispiel der *Augmented Reality*, die das Erlebte durch visuelle Zusatzinformationen erweitern kann. Eine Lehrkraft spricht an, dass diese zusätzlichen Informationen eine Differenzierung er-

möglichen sollten. Die Informationen und Inhalte einer Klimawandel-App sollten eine starke Veranschaulichung des Themas, eine altersgerechte Differenzierung und den Einbezug von Expert*innen ermöglichen.

„Ja, ich glaube, dieser Raumbezug, also, dass ich halt als Lehrer, egal, an welcher Schule ich unterrichte, [...] die Möglichkeit habe, idealerweise in fußläufiger Entfernung mir Beispiele anzeigen zu lassen, die mich [...] in dem was ich theoretisch im Klassenzimmer unterrichte, einfach leicht unterstützen.“ (Person4_Klimawandel, Absatz 88)

Die gewünschte App sollte außerdem einen Ortsbezug ermöglichen. Beispielsweise nennen zwei Lehrkräfte die Möglichkeit, über QR-Codes oder GPS an bestimmten Stationen einer Exkursion zusätzlichen Input zu geben. Auch von den zum Klimawandelunterricht befragten Lehrkräften wird der Ortsbezug betont. Alle drei Lehrkräfte wünschen sich eine kartenbasierte App, mit der verschiedene Orte markiert werden, die mit klimawandelrelevanten Inhalten gefüllt werden können.

*„Lass sie [...] was kreieren, und zwar auf Basis des Wissens, das sie vor Ort irgendwie bekommen. Oder [die Schüler*innen] müssen dann ein Foto machen, das sie direkt an der Stelle hochladen. [...]“ (Person6_Exkursionen, Absatz 76)*

Darüber hinaus wünschen sich die Lehrkräfte beider Befragungsgruppen Funktionalitäten innerhalb der App, die eine eigenständige Gestaltung durch die Schüler*innen ermöglichen. In Bezug auf Exkursionen könnten zum einen die Schüler*innen bereits bei der Planung einbezogen werden, indem eine Route im Schulumfeld selbstständig erarbeitet wird. Zum anderen wünschen sich zwei Lehrkräfte, dass die Schüler*innen Beiträge in Form von Fotos oder Videos während der Exkursion über die mobile App erstellen, die dann wiederum als Ergebnis im Unterricht weiterverwendet werden können.

*„Gibt es irgendeine Art, dass die [Schüler*innen] auch ein Produkt sozusagen haben ihrer Erkenntnisse. [...] Weil es eben ermöglicht, auch später noch mal sich reinzudenken und auch was mitzunehmen aus dem Tag.“ (Person5_Exkursionen, Absatz 82)*

Die befragten Lehrkräfte wünschen sich zudem die Möglichkeit zur Ergebnissicherung. Hierbei werden zwei verschiedene Möglichkeiten angesprochen. Einerseits können die Erkenntnisse einer Exkursion oder im Rahmen einer Unterrichtseinheit zum Klimawan-

del als Protokoll, Video oder auf einer digitalen Karte zusammengefasst werden und die App somit als Dokumentationsinstrument verwendet werden. Andererseits könne das erworbene Wissen spielerisch durch ein in der App integriertes Quiz abgefragt werden.

Drei Lehrkräfte äußern den Wunsch zur Adaptivität. Die mobile App solle ein gewisses Maß an Flexibilität ermöglichen, Stationen einer Exkursion beispielsweise angepasst, Inhalte oder Arbeitsaufträge verändert werden können, um eine Passung zum individuellen Unterricht zu ermöglichen. Dieser Wunsch wird von Lehrkräften aus beiden Befragungsgruppen geäußert.

4 Diskussion

Ziel der Studie ist es, die Anforderungen an eine ideale mobile Klimawandel-App für den schulischen Einsatz auf Exkursionen aus der Perspektive von Lehrkräften zu ermitteln. Lehrkräfte beider Interviewgruppen nannten ähnliche wahrgenommene Hürden, Potenziale und Wünsche an eine mobile App als unterstützendes Tool. Besonders hervorzuheben ist der Ortsbezug, der im weiteren Sinne von allen befragten Lehrkräften angesprochen wurde, und der sowohl aus geographie- und exkur-

sionsdidaktischer Sicht (vgl. DGfG 2024) als auch aus Sicht der Klimabildung (vgl. Anderson 2012; UNESCO 2015) als zielführend gilt. Insgesamt gab es keinen als Kategorie aufgenommenen Wunsch an eine ideale App, der nur von Personen einer Gruppe genannt wurde.

Die formulierten Anforderungen konnten bereits bekannte Gelingensbedingungen und Designprinzipien für das MOL (vgl. Herrington et al. 2007; Hiller et al. 2019; Feulner 2021), die konstruktivistische Arbeitsexkursion sowie die Klimabildung und -kommunikation (vgl. Anderson 2012; Moser 2016) bestätigen. Auch konnte das in der Einleitung aus der Literatur hergeleitete Potenzial, den Klimawandel auf App-gestützten Exkursionen zu thematisieren, unterstrichen werden.

Als Grundvoraussetzung an eine dafür notwendige ideale App ergeben sich aus den Interviews, dass diese eine Entlastung für die Lehrkräfte darstellen und den Schüler*innen ermöglichen soll, sich aktiv mit dem Raum auseinanderzusetzen. Hieraus wiederum ergeben sich folgende konkrete Anforderungen: Die ideale App ist (1) leicht zu bedienen und funktioniert technisch einwandfrei, ermöglicht (2) mobiles ortsbezogenes Lernen, unterstützt (3) Exkursionen im konstruktivistischen Sinne und ist (4) durch die Lehrkraft adaptierbar (siehe Abb. 2). Diese Anforderungen



Abb. 2: Abgeleitete Anforderungen für die Gestaltung einer idealen unterstützenden Klimawandel-App für Exkursionen aus Sicht der befragten Lehrkräfte. Hellgrau: Übergeordnete Ziele; Dunkelgrau: Anforderungen an die mobile App. Die einzelnen Anforderungen sollten so gestaltet und umgesetzt sein, dass sie sich positiv auf beide übergeordneten Ziele auswirken (Quelle: eigene Darstellung, erstellt mit Canva)

wurden von Personen beider Gruppen (‚Exkursionen‘ und ‚Klimawandel-Unterricht‘) genannt, jeweils mit unterschiedlichen Schwerpunkten. So betonten die Lehrkräfte der Exkursionsgruppe hinsichtlich der konstruktivistischen Exkursion die Möglichkeit zur Aufnahme von Fotos entlang einer vorgegebenen Route. Lehrkräfte der Klimawandelgruppe sprachen hierbei insbesondere ortsbezogene Quiz- oder Befragungsformate an. Im Folgenden werden die Anforderungen an eine ideale mobile App diskutiert und in einen geographiedidaktischen Kontext gesetzt.

4.1 Anforderungen an eine ideale Klimawandel-App für Exkursionen

App-gestützten Exkursionen wird für das mobile ortsbezogene Lernen (MOL) im Geographie-Unterricht ein großes Potenzial zugeschrieben (vgl. Feulner & Ohl, 2014). Gleichzeitig kann die Durchführung Lehrkräfte auch doppelt belasten. Zwar haben Exkursionen meist einen positiven Einfluss auf die Motivation und den Lernzuwachs der Schüler*innen (vgl. Ohl & Neeb 2012), doch sind sie automatisch mit einem hohen planerischen und organisatorischen Aufwand verbunden. Durch die Nutzung von Apps kann dieser Aufwand noch steigen, da passende Apps gefunden, gewinnbringend eingebaut und ggf. Materialien erstellt werden müssen. Folglich wurden von vielen Lehrkräften Anforderungen an die ideale App gestellt, die sie in diesem Prozess entlasten.

In den Interviews wird von Lehrkräften beider Befragungsgruppen erwähnt, dass eine App den Schüler*innen ermöglichen soll, sich aktiv mit dem Raum auseinanderzusetzen. Für den gewinnbringenden Einsatz von MOL ist ein didaktisches Gesamtkonzept notwendig (vgl. Rösch & Maurer 2014), welches die drei Phasen der Exkursion (Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung) berücksichtigt. Als Unterstützung für Lehrkräfte eignen sich hierfür didaktische Drehbücher, die eine Vor- und Nachbereitung des Einsatzes mobiler Apps im Unterricht thematisieren und Praxistipps liefern (vgl. Hiller et al. 2019). Die Kombination aus passenden Funktionalitäten und geeigneten Materialien ermöglicht eine effiziente Vorbereitung von App-gestützten Exkursionen und ist daher eine Grundvoraussetzung an eine ideale App für Klimawandel-Exkursionen. Im Folgenden werden diese Anforderungen weiter spezifiziert.

4.1.1 Die App ist leicht zu bedienen und funktioniert technisch einwandfrei

Eine Voraussetzung für den erfolgreichen schulischen Einsatz von Apps auf Exkursionen ist, dass die Schüler*innen diese eigenständig im Gelände nutzen

können. Hierfür muss die App technisch einwandfrei funktionieren. Aufgrund der mangelnden Netzabdeckung in Deutschland und der häufig fehlenden Funkverbindung schuleigener Endgeräte müssen deshalb alle Grundfunktionen der App auch offline nutzbar sein, damit eine aktive Auseinandersetzung mit dem Raum über die App überhaupt ermöglicht wird. Zudem sollte die App für Lehrkräfte und Lernende einfach und intuitiv zu bedienen sein und fehlerfrei laufen. Hier spielt insbesondere die Einarbeitung in die App eine wichtige Rolle (vgl. Tullis & Albert 2013). Je einfacher diese ist, desto höher ist die Entlastung der Lehrkraft in der Vorbereitung und im Unterricht selbst, da weniger Zeit und Aufwand in die Erklärung der App investiert werden müssen.

Der BYOD-Ansatz (*Bring-Your-Own-Device* – Nutzung eigener Endgeräte durch die Schüler*innen) wird häufig als Lösung für die mangelnde technische Ausstattung von Schulen genannt (vgl. Schiefner-Rohs et al. 2013). In der durchgeführten Studie wurde dieses Manko jedoch nicht angesprochen, weshalb vermutlich auch der BYOD-Ansatz nicht thematisiert wurde. Dennoch muss die App, um flächendeckend auch an schlecht ausgestatteten Schulen nutzbar zu sein, den BYOD-Ansatz unterstützen. Voraussetzung hierfür ist, dass die App auf verschiedenen Endgeräten und unterschiedlichen Versionen der jeweiligen Betriebssysteme funktioniert.

4.1.2 Die App ermöglicht mobiles ortsbezogenes Lernen (MOL)

Der Einsatz digitaler Endgeräte ermöglicht das MOL auf Exkursionen (vgl. Feulner & Ohl 2014). Hierdurch kann die originale Begegnung auf der Exkursion erweitert werden, indem die Schüler*innen über GPS oder QR-Codes ortsbezogenes, zum Thema der Unterrichtseinheit passendes Material und geeignete Informationen erhalten. Für die inhaltliche Integration des Themas Klimawandel kann der Ortsbezug helfen, die räumliche und zeitliche psychologische Distanz zu minimieren (vgl. Milfont 2010), die von den befragten Lehrkräften als Herausforderung im Klimawandelunterricht genannt wird. Eine Möglichkeit, diese Distanz zu überwinden, liegt in der Thematisierung der regionalen Klimawandelfolgen. Mit Hilfe einer mobilen App kann beispielsweise erarbeitet werden, dass Folgen des Klimawandels bereits im Lebensumfeld der Schüler*innen spürbar sind. Hierdurch ergibt sich auch das Potenzial, das Interesse der Schüler*innen an lokalen Themen des Klimawandels zu steigern. *Augmented Reality* (AR) (erweiterte Realität, computergestützte Einblendung oder Überlagerung durch virtuelle Objekte) eröffnet die Möglichkeit, auf Exkursionen Visuelles durch

die Immersion besonders eindrucksvoll und somit lernwirksam darzustellen (vgl. Del Cerro Velázquez & Morales Méndez 2018). Durch AR können den Schüler*innen beispielsweise visuelle Zusatzinformationen zum Raum bereitgestellt werden, wodurch sich künftige Folgen des Klimawandels oder schwer sichtbare räumliche Strukturen darstellen lassen. Eine weitere inhaltlich-thematische Möglichkeit besteht darin, die Schüler*innen Beispiele zur Anpassung an den Klimawandel erarbeiten und sichern zu lassen (vgl. Wankmüller et al. 2022). Durch den auf der lokalen Maßstabsebene sichtbaren Ortsbezug von Klimaanpassungsmaßnahmen eignet sich dieses Thema der Klimabildung in besonderem Maße im Rahmen des MOL (vgl. Ciprina 2024). Hinsichtlich der Maßstäblichkeit als eines der sechs Basiskonzepte des Fachs Geographie (vgl. DGfG 2024) könnte eine mobile App somit als Hilfsmittel herangezogen werden, um den globalen Klimawandel auf lokaler Maßstabsebene untersuchen und Strategien für raumbezogene Handlungen vor Ort erarbeiten zu können. Beim Arbeiten mit mobilen Endgeräten auf Exkursionen können bei einer bewussten Steuerung der Aufgaben vor Ort die Verweildauer und Raumauseinandersetzung im Vergleich zu einer rein analogen Exkursion erhöht werden (vgl. Ciprina 2024). So können die Erschließung des Raumes und die Ortsbindung bspw. durch *Points of Interest* („Ort von Interesse“, Landmarke) auf einer digitalen Karte unterstützt werden (ebd.).

Material und Informationen mit Ortsbezug sollten so gestaltet sein, dass eine aktive Auseinandersetzung mit dem Raum gefördert wird, beispielsweise durch den Vergleich eines historischen Bildes mit der aktuellen Situation vor Ort oder Untersuchungen, die den Raum miteinbeziehen (z. B. Beobachtungen, Messungen, Kartierungen). Neben dem Ortsbezug werden als weitere Anforderungen an Materialien und Informationen in den Interviews der Klimawandel-Gruppe hauptsächlich bekannte Gelingensbedingungen aus der Klimabildungsforschung genannt (vgl. Anderson 2012; Moser 2016). Hierfür müssen Grundlagen veranschaulicht, komplexe Zusammenhänge auf verständliche Weise präsentiert und Handlungsmöglichkeiten für die Schüler*innen aufgezeigt werden.

4.1.3 Die App unterstützt Exkursionen im konstruktivistischen Sinne

Neben dem reinen Bereitstellen von ortsbezogenem Material und Informationen sollen Apps ermöglichen, dass sich die Jugendlichen aktiv mit dem Raum auseinandersetzen und sich im Sinne einer konstruktivistischen Exkursionsdidaktik Lerninhalte erarbeiten. Eine genannte wesentliche Herausforderung beim Einsatz von mobilen Apps auf Exkursionen und im

Klimawandelunterricht liegt im Ablenkungspotenzial durch die mobilen Endgeräte. Dies kann beim Lernen vor Ort dazu führen, dass die Schüler*innen sich weniger auf ihre Umgebung und verstärkt auf das Smartphone konzentrieren (vgl. Döring & Kleeberg 2006), was eine originale Begegnung auf der Exkursion einschränken kann. Ein gezielter Einsatz von aktivierenden Aufgabenformaten mit Ortsbezug hat das Potenzial, diese Ablenkungsgefahr zu minimieren (vgl. Feulner 2021). Hinsichtlich der Erarbeitung des Themas Klimawandel im Rahmen von Exkursionen ist es beispielsweise denkbar, dass Folgen des Klimawandels (Temperaturmessungen, Hochwasserereignisse, phänologische Verschiebungen) oder Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (vgl. Ciprina 2024) vor Ort untersucht und mithilfe der App Beobachtungen fotografisch oder textlich dokumentiert werden. Diese Interaktion mit dem Umgebungsraum (Aufnahme einer Sprachnachricht oder eines Fotos, Spurensuche) kann bei App-gestützten Exkursionen im Vergleich zu einer rein analog gestützten Exkursion gesteigert werden (vgl. Ciprina 2024). Insgesamt liegt ein großes Potenzial auf der digital gestützten Arbeit mit geographischen Methoden, die ein selbstständiges Erschließen des Raumes ermöglichen (Orientierung im Raum mithilfe von GPS, Verstehen und Analysieren von digitalen Karten), sodass in Kombination klimawandelrelevante Themen im Sinne der geographischen Kompetenzbereiche (vgl. DGfG 2024) erarbeitet werden können.

Eine Herausforderung bei Exkursionen besteht darin, eine Balance zwischen freiem Entdecken und durch die Lehrkraft vorgegebenen Lernzielen zu finden. Diese Herausforderung steigt durch offene, konstruktivistische Exkursionsformate (z. B. Spurensuche), in welchen die Schüler*innen sich selbstständig mit dem Raum auseinandersetzen sollen. Durch den Einsatz von mobilen Apps auf Exkursionen kann dem durch eine Lernproduktorientierung begegnet werden. Die vielfältigen Funktionen von mobilen Endgeräten (Kamera, Notizen, Sprachmemos etc.) bieten den Schüler*innen bei der Bearbeitung von offenen Aufgabenformaten kreative Möglichkeiten, diese zu bearbeiten und die Lernprodukte direkt im Gelände zu erstellen, als Ergebnis zu sichern und später im Klassenzimmer weiterzuverwenden (vgl. z. B. Blersch et al. 2024), was wiederum eine Entlastung für die Lehrkraft darstellen kann.

Im Rahmen von Exkursionen ermöglicht der Einsatz mobiler Endgeräte die Stärkung des Autonomieerlebens der Schüler*innen durch die Kollaboration zwischen ihnen, situiertem Lernen und der interaktiven Erschließung des Raums. Durch diese aktive Auseinandersetzung mit dem Thema Klimawandel im eigenen Lebensumfeld kann die psychologische

Distanz verringert (vgl. Cordero et al. 2020) und die Selbstwirksamkeitserwartung (vgl. Bandura 1977) gesteigert werden.

Für die Klimabildung stellt zudem die naturwissenschaftliche Kompetenz eine große Rolle dar, zu der unter anderem zählt, dass Lernende „Phänomene naturwissenschaftlich erklären [...] und Untersuchungen planen sowie Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren“ (Kastorff et al. 2023) können. Mit einer idealen Klimawandel-App sollten diese Fähigkeiten gefördert werden. Die App könnte beispielsweise als Dokumentations- und Informationsmedium verwendet werden, um eine wissenschaftliche Fragestellung hypothesengeleitet auf der Exkursion zu untersuchen.

4.1.4 Die App ist durch die Lehrkraft adaptierbar

Die befragten Lehrkräfte wünschten sich eine mobile Klimawandel-App, die sie in Bezug auf den Ort, den Inhalt und den Schwierigkeitsgrad anpassen können. Hier kann das große Potenzial von mobilen Apps und Exkursionen – der Ortsbezug – zur Herausforderung werden. Ist die App so konzipiert, dass Inhalte auf einen bestimmten Ort zugeschnitten sind, kann sie nicht ohne Weiteres an einen anderen Ort übertragen werden. Dieses Problem der ‚Relokalisierung‘ kann beispielsweise dadurch überwunden werden, dass Inhalte der App durch die Lehrkraft eigenständig angepasst oder erstellt werden können (vgl. Kremer & Wagner 2023). Durch diese Adaptivität können Lehrkräfte ihre eigenen Vorstellungen für eine Exkursion in die App integrieren und somit sicherstellen, dass eine aktive Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Ort sinnvoll ermöglicht werden kann.

Durch die Anpassung konzipierter Exkursionskonzepte kann ein erheblicher Mehraufwand für Lehrkräfte entstehen. Hier könnten didaktisch aufbereitete und vorgefertigte Module oder Arbeitspakete über die mobile App zur Verfügung gestellt werden, die dann von der Lehrkraft ausgewählt oder angepasst werden können. Möglich ist dies unter anderem im Rahmen der mobilen App Actionbound (vgl. Hiller 2020, 2022) oder Biparcour (vgl. Ciprina 2024). Beispielsweise bestehen bereits für die App Actionbound Lerneinheiten zu den Themenbereichen *Klima und Energie* oder *Nachhaltige Stadt* für Stadtrallyes in Ludwigsburg oder Heilbronn, deren Aufbau dokumentiert ist und von Lehrkräften nach eigenen Wünschen angepasst werden kann. Aber auch didaktische Drehbücher, welche Lehrkräften hilfreichen Input liefern, sind hier von großer Bedeutung (vgl. Hiller et al. 2019). Denkbar sind außerdem lösungsoffen formulierte Aufgabenformate, die einen Ortswechsel ermöglichen – herausfordernd ist an dieser Stelle, ein geeig-

netes Maß an Ortsbezug und Ortsunabhängigkeit zu finden (vgl. Feulner 2021). Denkbar ist zudem, dass eine App gänzlich ortsungebunden fungiert. So könnten Hinweise auf den Klimawandel (Hochwasserereignisse, Vorkommen klimaangepasster Arten, phänologische Verschiebungen etc.) ohne vorgegebene Route frei entdeckt und mit Koordinaten über eine App gesichert werden.

4.2 Kritische Einordnung der Ergebnisse

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass eine mobile App bei Exkursionen zum Thema Klimawandel zwar unterstützen kann, aber dennoch nicht als Allheilmittel zu verstehen ist. Generelle Herausforderungen, die die Rahmenbedingungen einer Exkursion betreffen (eventuelle Kosten, Gefährdung durch unwegsames Gelände oder Straßenverkehr), können mit einer unterstützenden mobilen App nicht überwunden werden. Auch dem Aufwand, der für eine Exkursion betrieben werden muss, kann mit einer intuitiv bedienbaren mobilen App nur bedingt begegnet werden. Zudem lassen sich aus der Literatur noch weitere Gelingensbedingungen ableiten, die für die Formulierung von Anforderungen herangezogen werden können. Beispielsweise Aspekte zu Datenschutz, niedrigen Kosten für die Nutzung der App, technischem Support, Begleitmaterialien oder zur Förderung des Austausches der Schüler*innen untereinander wurden von den hier befragten Lehrkräften nicht genannt, sind aber für die Gestaltung einer mobilen App durchaus wichtig. Außerdem wurde für die vorliegende Studie mit sieben Lehrkräften eine kleine Stichprobe herangezogen, die überdies noch in zwei Befragungsgruppen unterteilt wurde. Grund dafür ist, dass sowohl der inhaltliche (Thema Klimawandel) als auch der methodische Fokus (Exkursionen) für wichtig erachtet wurden und eine Behandlung beider Aspekte den zeitlichen Rahmen der Interviews stark ausgereizt und eine intensive Beschäftigung mit beiden Themenbereichen erschwert hätte.

Die Interviews wurden während der Lockdown-Phasen innerhalb der Corona-Pandemie durchgeführt. In dieser Zeit wurden Lehrkräfte vor neue Herausforderungen gestellt – im Homeschooling war der Unterricht zwangsläufig nur noch digital möglich. Im Vergleich von 2020 und 2021 stiegen die Verfügbarkeit von unterstützender digitaler Infrastruktur, die Ausstattung an schuleigenen Endgeräten und die Nutzung digitaler Medien im Unterricht (vgl. Mußmann et al. 2021). Dabei standen viele Schulen vor großen Schwierigkeiten (vgl. Anger & Plünnecke 2020), wobei Lehrkräfte sich sehr unterschiedlich zur Nutzung digitaler Medien während der Corona-Pandemie positionierten (vgl. Zala-Mezö et al. 2022). So ist es mög-

lich, dass die Erfahrungen der interviewten Lehrkräfte während der Corona-Pandemie wahrgenommene Potenziale und Hürden beim Einsatz von mobilen Apps positiv oder negativ beeinflusst haben könnten.

5 Fazit und Ausblick

App-gestützte Exkursionen bieten Schüler*innen vielfältige Möglichkeiten, sich aktiv mit dem lokalen Klimawandel, dessen Folgen und Anpassungsmaßnahmen auseinanderzusetzen. So können sie einen wichtigen Baustein in der schulischen Klimabildung bieten. Ziel der vorliegenden Studie ist es, Anforderungen an eine App zu formulieren, mit der dies gelingen kann. Aus den Ergebnissen lassen sich zwei zentrale Ziele für die App ableiten: (1) Entlastung für die Lehrkräfte und (2) Möglichkeiten zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Raum für die Schüler*innen. Hinsichtlich der in Kap. 4 identifizierten Anforderungen lassen sich sowohl Tipps für die Entwicklung von Apps als auch konkrete Funktionalitäten ableiten:

- Die mobile App ist leicht zu bedienen und funktioniert technisch einwandfrei. Generelle Anforderungen dafür sind bekannt (vgl. Huang & Benyoucef 2023), müssen aber im Entwicklungsprozess einer neuen App jeweils von Grund auf iterativ durch die Zielgruppe getestet werden. Dabei ist es wichtig, verschiedene Endgeräte unterschiedlicher Betriebssysteme in die Tests einzubeziehen, damit ein fehlerfreier Einsatz von BYOD ermöglicht wird. Für einen Einsatz im Rahmen von Exkursionen sollten die Grundfunktionalitäten auch im Offline-Modus nutzbar sein.
- Die mobile App ermöglicht mobiles, ortbezogenes Lernen. Der Ortsbezug kann über QR-Codes oder GPS geschehen. Eine Einsatzmöglichkeit besteht in der Durchführung von App-gestützten Rallyes, die an vordefinierten Standorten ortsbezogenen Input liefern (vgl. z. B. Hiller et al. 2019; Keller et al. 2024). Denkbar sind auch interaktive Karten mit markierten Sehenswürdigkeiten, die ein freies Sammeln von Beobachtungen ermöglichen (vgl. Kimmig et al. 2016). Durch AR oder Push-Notifications können erweiterte Klimainformationen mit Ortsbezug eingebunden und so die lokale Maßstabsebene von einzelnen Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen unterstrichen werden.
- Die mobile App ermöglicht Exkursionen im konstruktivistischen Sinne. Aufgaben können beispielsweise so gestellt werden, dass eine Interaktion mit der Umgebung notwendig wird (vgl. Hiller et al. 2019; Feulner 2021). Hierfür können insbesondere integrierte Werkzeuge des mobilen

Endgeräts (Kamera oder Mikrofon) für die Untersuchung von Klimafolgen oder Anpassungsmaßnahmen genutzt werden. Zudem kann die mobile App als Dokumentationsinstrument für (klima)wissenschaftliche Fragestellungen im Gelände herangezogen werden.

- Die mobile App ist durch die Lehrkraft adaptierbar. Um hierbei einen Arbeitsaufwand für die Lehrkraft zu minimieren, sollten vorgefertigte Arbeitspakete über die mobile App zur Verfügung gestellt werden, die dann von der Lehrkraft ausgewählt werden können. Zudem sind didaktische Drehbücher von großer Bedeutung (vgl. Hiller et al. 2019).

Die Ergebnisse stützen das aus der Literatur abgeleitete Potenzial, mobile Apps als unterstützendes Tool im Rahmen von Exkursionen einzusetzen, um so eine Erarbeitung des Themas Klimawandel zu ermöglichen. Um dieses Vorgehen zu erproben, wurde im Institut für Geographie & Geokommunikation – Research Group for Earth Observation (^tgeo) an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg eine mobile Klimawandel-App (Klim:ReAction) entwickelt, die die in der vorliegenden Studie identifizierten Anforderungen weitestmöglich umsetzt. Künftig soll diese App im schulischen Kontext erprobt und auf Wirksamkeit getestet werden.

Danksagung und Offenlegung

Teile der Forschung wurden im Projekt *Klim:ReAction – dem Klimawandel vor Ort begegnen* durchgeführt, welches vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg gefördert wurde.

Wir möchten uns herzlich bei Hanna Sebert für ihre wertvolle Unterstützung bei der Durchführung der qualitativen Inhaltsanalyse bedanken.

Konzept, Methode und Datenauswertung: Dana Graulich; Manuskript: Dana Graulich & Johannes Keller; Überarbeitung: Dana Graulich, Johannes Keller, Christina Fiene & Alexander Siegmund; Koordination und Betreuung: Alexander Siegmund

Literatur

- Albert, M., K. Hurrelmann & G. Quenzel (2019): Jugend 2019. 18. Shell Jugendstudie – eine Generation meldet sich zu Wort. Deutsche Shell Holding GmbH, Hamburg.
- Anderson, A. (2012): Climate Change Education for Mitigation and Adaptation. In: *Journal of Education for Sustainable Development* 6(2). S. 191–206. DOI: <https://doi.org/10.1177/0973408212475199>
- Anger, C. & A. Plünnecke (2020): Schulische Bildung zu Zeiten der Corona-Krise. In: *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 21(4). S. 353–360. DOI: <https://doi.org/10.1515/pwp-2020-0055>

- Bandura, A. (1977): Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. In: *Psychological Review* 84(2). S. 191–215. DOI: <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191>
- Bette, J., J. Schubert, C. Hemmer, M. Meurel & K. P. Mienner (2020): Für welche Arbeitsweisen interessieren sich Schülerinnen und Schüler auf geographischen Exkursionen? In: Jungwirth, M., N. Harsch, Y. Korflür & M. Stein (Hrsg.): *Forschen.Lernen.Lehren an öffentlichen Orten – The Wider View: Eine Tagung des Zentrums für Lehrerbildung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster vom 16. bis 19.09.2019*. WTM-Verlag, Münster. S. 317–318.
- Blersch, M., J. Keller, C. Plass & A. Siegmund (in Druck): Klima wandelt Wald – Der Wald im Zeichen der Dürre 2018 bis 2020. In: Diercke Methoden „Exkursionen im Geographieunterricht“.
- BMUV (2022): *Zukunft? Jugend fragen! – 2021*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), Berlin.
- Bock, A. & L. Probst (2018): *Digitales Lehren und Lernen – Wissenschaftliche Begleitforschung zur Einführung mobiler Endgeräte in Niedersächsischen Schulklassen der Sek. I*. In: Eckert Dossiers 19. <https://repository.gwdg.de/server/api/core/bitstreams/b06f326d-a5fd-4ff5-b439-6caa4a72ad52/content> (28.10.2024)
- Brennan, R. L. & D. J. Prediger (1981): Coefficient Kappa: some uses, misuses, and alternatives. In: *Educational and Psychological Measurement* 41(3). S. 687–699. DOI: <https://doi.org/10.1177/001316448104100307>
- Chatel, A. & G. C. Falk (2022): Bildung für nachhaltige Entwicklung geht App! App-Touren für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung rezipieren und generieren. In: Weselek, J., F. Kohler & A. Siegmund (Hrsg.): *Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung – Anwendung und Praxis in der Hochschulbildung*. Springer, Berlin/Heidelberg. S. 203–214.
- Ciprina, S. (2024): Die Potentiale mobilen ortsbezogenen Lernens in der Geographiedidaktik – Eine Interventionsstudie am Beispiel der Klimaanpassung (= Geographiedidaktische Forschungen Band 84). BoD, Books on Demand GmbH, Norderstedt.
- Cordero, E. C., D. Centeno & A. M. Todd (2020): The role of climate change education on individual lifetime carbon emissions. In: *PloS one* 15(2). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206266>
- Crawford, M. R., M. D. Holder & B. P. O'Connor (2017): Using Mobile Technology to Engage Children With Nature. In: *Environment and Behavior* 49(9). S. 959–984. DOI: <https://doi.org/10.1177/0013916516673870>
- Crompton, H., D. Burke, K. H. Gregory & C. Gräbe (2016): The Use of Mobile Learning in Science: A Systematic Review. In: *Journal of Science Education and Technology* 25. S. 149–160. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9597-x>
- Del Cerro Velázquez, F. & G. Morales Méndez (2018): Augmented Reality and Mobile Devices: A Binominal Methodological Resource for Inclusive Education (SDG 4). An Example in Secondary Education. In: *Sustainability* 10. 3446. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10103446>
- DGfG – Deutsche Gesellschaft für Geographie (2024): *Bildungsstandards im Fach Geographie für die Allgemeine Hochschulreife*. DGfG, Köln.
- Dickel, M. & G. Glasze (2009): *Rethinking Excursions – Konzepte und Praktiken einer konstruktivistisch orientierten Exkursionsdidaktik*. LIT-Verlag, Münster.
- Döring, N. & N. Kleeberg (2006): Mobiles Lernen in der Schule. Entwicklungs- und Forschungsstand. In: *Unterrichtswissenschaft* 34(1). S. 70–92.
- Feierabend, S., T. Rathgeb, H. Kheredmand & S. Glöckler (2023): *JIM-Studie 2023. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs)*, Stuttgart.
- Feulner, B. (2021): *SpielRäume. Eine DBR-Studie zum mobilen ortsbezogenen Lernen mit Geogames* (Dissertation). readbox unipress, Dortmund.
- Feulner, B. & U. Ohl (2014): Mobiles ortsbezogenes Lernen im Geographieunterricht. In: *Praxis Geographie* 44(8). S. 4–8.
- Helfferrich, C. (2011): *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. 4. Auflage. Verlag für Sozialwissenschaften. Springer, Wiesbaden.
- Hemmer, I. & M. Hemmer (2021): Das Interesse von Schülerinnen und Schülern an geographischen Themen, Regionen und Arbeitsweisen – ein Bundeslandvergleich zwischen Bayern und Nordrhein-Westfalen. In: *Zeitschrift für Geographiedidaktik* 49(1). S. 3–24. DOI: <https://doi.org/10.18452/22789>
- Herrington, A., J. Herrington & J. Mantei (2007): Design principles for mobile learning. In: Herrington, J., A. Herrington, J. Mantei, I. Olney & B. Ferry (Eds.): *New technologies, new pedagogies: Mobile learning in higher education*. University of Wollongong, Wollongong. S. 129–138.
- Heynoldt, B. (2016): *Outdoor Education als Produkt handlungsleitender Überzeugungen von Lehrpersonen. Eine qualitativ-rekonstruktive Studie* (= Geographiedidaktische Forschungen Band 60). Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG Münster, Münster
- HGD – Hochschulverband für Geographiedidaktik e. V. (2020): *Der Beitrag des Fachs Geographie zur Bildung in einer durch Digitalisierung und Mediatisierung geprägten Welt. Positionspapier des Hochschulverbands für Geographiedidaktik (HGD) e. V.* <https://geographiedidaktik.org/download/positionspapier-des-hgd-geographische-bildung-und-digitalisierung/?wpdmdl=1185&refresh=672245e8990521730299368> (28.10.2024)
- Hiller, J., A. Lude & S. Schuler (2019): *ExpeditionStadt – Didaktisches Handbuch zur Gestaltung von digitalen Rallyes und Lehrpfaden zur nachhaltigen Stadtentwicklung mit Umsetzungsbeispielen aus Ludwigsburg*. Verlag der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg, Ludwigsburg.
- Hiller, J. (2020): *Stadtrallyes zur nachhaltigen Stadtentwicklung in Heilbronn: Nachhaltige Mobilität, Grün in*

- der Stadt, Stadtentwicklung im Überblick. <https://www.expedition-stadt.de/bounds> (28.10.2024)
- Hiller, J. (2022): Lehr-Vignetten ausgewählter Aufgabentypen digitaler Stadtrallyes mit Actionbound. <https://www.expedition-stadt.de/forschung> (28.10.2024)
- Höhnle, S., H. Velling & J. C. Schubert (2023): Das Interesse von Schülerinnen und Schülern am Klimawandel. In: Zeitschrift für Geographiedidaktik 51(2). S. 70–85. DOI: <https://doi.org/10.60511/51192>
- Huang, Z. & M. Benyoucef (2023): A systematic literature review of mobile application usability: addressing the design perspective. In: Universal Access in the Information Society 22(3). S. 715–735. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00903-w>
- Kanwischer, D., U. Schulze & C. Dorsch (2023): Exkursionen – digital, offen, politisch!? In: GW-Unterricht 171(3). S. 5–17. DOI: <https://doi.org/10.1553/gw-unterricht171s5>
- Kastorff, T., S. Rönnebeck, K. Neumann, S. Seßler, J. Diedrich & A. Schiepe-Tiska (2023): Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2022 – Entwicklungen und mögliche Herausforderungen. In: Lewalter, D., J. Diedrich, F. Goldhammer, O. Köller & K. Reiss (Hrsg.): PISA 22 – Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland. Waxmann, Münster/New York. S. 113–136.
- Keller, J., M. Blersch, C. Plass & A. Siegmund (2024): Je grüner, desto besser!? Die Bedeutung von Grünräumen für zukunftsfähige Städte. In: Praxis Geographie 54. S. 22–25.
- Kent, M., D. D. Gilbertson & C. O. Hunt (1997): Fieldwork in geography teaching: A critical review of the literature and approaches. In: Journal of geography in higher education 21(3). S. 313–332.
- Kimmig, D., W. Schillinger, T. Schlachter, C. Düpmeier, C. Hibbeler, L. Koch & K. Weissenbach (2016): LUPO mobil – Konzepte und technologische Einblicke in die App „Meine Umwelt“. In: Freitag, U. & F. Hosenfeld (Hrsg.): Abschlussbericht Umweltinformationssysteme 2016 „Umweltbeobachtung – Nah und Fern“. Arbeitskreise „Umweltinformationssysteme“ der Fachgruppe „Informatik im Umweltschutz“ der Gesellschaft für Informatik (GI), Berlin. S. 117–128.
- Klüsener, C. & C. Wittlich (2023): Klimabildung in Geographielehrplänen: Eine Inhaltsanalyse aus der Retrospektive. In: GW-Unterricht 169. S. 46–60. DOI: <https://doi.org/10.1553/gw-unterricht169s46>
- Kremer, D. & A. Wagner (2023): Co-creation of Place-Based Content for Field Trips and Public Trails by Geo-Content Management. In: Weasterholt, R. & F. B. Mocnik (Eds.): Proceedings of the fourth International Symposium on Platial Information Science (=PLATI-AL23). S. 77–83. DOI: <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8286273>
- Lößner, M. (2011): Exkursionen in Theorie und Praxis. Forschungsergebnisse und Strategien zur Überwindung von hemmenden Faktoren. Ergebnisse einer empirischen Untersuchung an mittelhessischen Gymnasien (= Geographiedidaktische Forschungen Band 48). Selbstverlag des Hochschulverbandes für Geographiedidaktik e.V. (HGD), Nürnberg.
- Lude, A., S. Schaal & M. Bullinger (2013): Mobiles, ortsbezogenes Lernen in der Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der erfolgreiche Einsatz von Smartphone und Co. in Bildungsangeboten in der Natur. Schneider Verlag Hohengehren GmbH, Baltmannsweiler.
- Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Basel, Weinheim.
- Milfont, T. L. (2010): Global warming, climate change and human psychology. In: Corral-Verdugo, V., C. H. Garcia-Cadena & M. Frias-Arment (Eds.): Psychological approaches to sustainability: Current trends in theory, research and practice. Nova Science Publishers, New York. S. 42.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2023): Bildungsplan des Gymnasiums – Geographie. Vom 23. März 2016 in der Fassung vom 22. Februar 2023. Neckar-Verlag GmbH, Villingen-Schwenningen
- Monroe, M. C., R. R. Plate, A. Oxarart, A. Bowers & W. A. Chaves (2017): Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research. In: Environmental Education Research 25(6). S. 791–812. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>
- Moser, S. C. (2014): Communicating adaptation to climate change: the art and science of public engagement when climate change comes home. In: WIREs Climate Change 5(3). S. 337–358. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.276>
- Moser, S. C. (2016): Reflections on climate change communication research and practice in the second decade of the 21st century: what more is there to say? In: WIREs Climate Change 7(3). S. 345–369. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.403>
- Mußmann, F., T. Hardwig, M. Riethmüller & S. Klötzer (2021): Digitalisierung im Schulsystem 2021. Kooperationsstelle Hochschulen und Gewerkschaften. Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen.
- Ohl, U. & K. Neeb (2012): Exkursionsdidaktik: Methodenvielfalt im Spektrum von Kognitivismus und Konstruktivismus. In: Haversath, J. B. (Hg.): Geographiedidaktik. Theorie – Themen – Forschung. Westermann, Braunschweig. S. 259–288.
- Rinschede, G. (1997): Schülerexkursionen im Erdkundeunterricht – Ergebnisse einer empirischen Erhebung bei Lehrern und Stellung der Exkursion in der fachdidaktischen Ausbildung. In: Regensburger Beiträge zur Didaktik der Geographie 2. S. 7–80.
- Rinschede, G. & A. Siegmund (2020): Geographiedidaktik. Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn.
- Rösch, E. & B. Maurer (2014): Apps in der Schule. In: merz. medien + erziehung 58(3). S. 25–30.
- Schiefner-Rohs, M., R. Heinen & M. Kerres (2013): Private Computer in der Schule: Zwischen schulischer Infrastruktur und Schulentwicklung. In: MedienPädagogik 2013 (Occasional Papers). S. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2013.04.30.X>

- Schmalor, H., S. Ciprina, M. Ellerbrake & J. Becker (2022): „Klimaanpassung in der Stadt auf den Weg bringen“ – Themen der nachhaltigen Entwicklung über die Exkursionsapp „Biparcours“ erfahrbar machen. In: Weselek, J., F. Kohler & A. Siegmund (Hrsg.): *Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung – Anwendung und Praxis in der Hochschulbildung*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg. S. 91–103.
- Schmid, U., L. Goertz, J. Behrens, L. P. Michel, S. Radomski & S. Thom (2017): *Monitor Digitale Bildung – Die Schulen im digitalen Zeitalter*. Bertelsmann Stiftung, Gütersloh.
- Siegmund, A., M. Himberger, C. Plass, C. Fiene, S. Fischer, S. Mikulane & C. Trautmann (2021): *Analyse zur Verankerung von Klimabildung in den formalen Lehrvorgaben für Schulen und Bildungseinrichtungen in Deutschland*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin.
- Siegmund, A., U. Michel, J. Forkel-Schubert & M. Jahn (2013): *Digitale Medien in der BNE aus Sicht der Geographie*. In: Michel, U., A. Siegmund, M. Ehlers, M. Jahn & A. Bittner (Hrsg.): *Digitale Medien in der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Potentiale und Grenzen*. oekom, München. S. 16–24.
- Tullis, T. & B. Albert (2013): *Measuring the user experience. Collecting, analyzing, and presenting usability metrics*. Elsevier/Morgan Kaufmann, Amsterdam.
- UNESCO (2015): *Not Just Hot Air: Putting Climate Change Education into Practice*. UNESCO, Paris.
- UNESCO (2024): *Greening Curriculum Guidance: Teaching and learning for climate action*. UNESCO, Paris.
- Wankmüller, F., D. Graulich, F. Rochholz, C. Fiene & A. Siegmund (2022): *Klimaanpassung innovativ vermitteln – Potenziale von mobilen Apps und Serious Games für den Schulunterricht*. In: Weselek, J., F. Kohler & A. Siegmund (Hrsg.): *Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung – Anwendung und Praxis in der Hochschulbildung*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg. S. 75–89.
- Wu, W.-H., Y.-C. Jim Wu, C.-Y. Chen, H.-Y. Kao, C.-H. Lin & S.-H. Huang (2012): *Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis*. In: *Computers & Education* 59(2). S. 817–827. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.016>
- Zala-Mezö, E., J. Egli & J. Häbig (2022): *Zwischen Ablehnung und Befürwortung*. In: *MedienPädagogik* 49. S. 48–67. DOI: <https://doi.org/10.21240/mpaed/49/2022.06.22.X>

