

Johannes Keller*, Jonathan Heger**, Maike Petersen***,
Mario Blersch**** & Alexander Siegmund*****

Einfluss von Alter, Anzahl mobiler Endgeräte und Festlegung der Interaktionsräume auf die intrinsische Motivation bei App-gestützten Exkursionen mit Satellitenbildern

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

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

*** petersen3@ph-heidelberg.de, Institut für Geographie und Geokommunikation – Research Group for Earth Observation (rgeo), Pädagogische Hochschule Heidelberg

**** mario.blersch@uni-tuebingen.de, Geographisches Institut, Eberhard Karls Universität Tübingen

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

eingereicht am: 31.01.2024, akzeptiert am: 19.11.2024

Durch mobiles ortsbezogenes Lernen (MOL) können durch die Kombination von Satellitenbildern und Exkursionen Auswirkungen und Lösungsstrategien globaler Krisen an lokalen Beispielen unterrichtet werden. Trotz der guten Literaturlage zu MOL ist offen, wie sich das Alter der Lernenden, die Anzahl der mobilen Endgeräte und die Festlegung des Interaktionsraumes im Gelände auf die intrinsische Motivation von Schüler*innen auswirken. Die Entwicklung und Evaluation von 16 Projekttagen zeigte, dass Lernende ungeachtet oben genannter Aspekte eine hohe intrinsische Motivation hatten.

Keywords: Exkursionen, Satellitenbilder, Gruppenarbeiten, Fokusproblem, Mobiles ortsbezogenes Lernen

Impact of Age, Device Count, and Interaction Space Design on Intrinsic Motivation in App-Based Field Trips with Satellite Imagery

Impacts of and solutions for global crises can be taught using local examples through mobile location-based learning (MOL) by combining satellite images with field excursions. Despite the extensive literature on MOL, it remains unclear how factors such as learners' age, number of mobile devices, and the establishment of location-based connections in the field affect students' intrinsic motivation. By developing and evaluating 16 project days, it was shown that learners maintained a high level of motivation, regardless of the aforementioned aspects.

Keywords: Excursions, Satellite Imagery, Group Work, Focus Problem, Mobile Location-based Learning

1 Einleitung – Kombinierte Nutzung von Satellitenbildern und Exkursionen

In Deutschland lassen sich vielerorts anthropogene Einflüsse auf die Umwelt und die Folgen des Klimawandels beobachten (vgl. Kaspar et al. 2016; Meyer

2022). Zu diesen gehören schrumpfende natürliche Lebensräume, zunehmende Hochwasserereignisse und durch Dürren gestresste Wälder. Gleichzeitig lassen sich auf lokaler Ebene Anpassungs- und Schutzmaßnahmen erkennen. Es werden neue Lebensräume zum Schutz der Biodiversität geschaffen, Grünflächen

als Hochwasserschutzgebiete eingerichtet und Wälder für eine zukunftsfähige Nutzung umgebaut (vgl. Breuste 2019; Czorny & Kanning 2022; Höllerl et al. 2023). Dadurch eröffnen sich zahlreiche Möglichkeiten, mit Schüler*innen die Folgen und Bewältigungsstrategien globaler Krisen an lokalen Beispielen zu thematisieren.

Um diese Themenkomplexe tiefgreifend im Unterricht zu behandeln, bietet sich vor allem die kombinierte Nutzung von Satellitenbildern am Computer und Exkursionen an (vgl. Kerski 2013; Keller et al. 2024). Durch diese Kombination können Fragestellungen auf verschiedenen Maßstabsebenen behandelt werden, was eine multiperspektivische Auseinandersetzung mit dem Thema ermöglicht. Mit geeigneten Webanwendungen oder Softwares lassen sich flächige Aspekte globaler Herausforderungen behandeln. Sie zeigen die Auswirkungen von Dürren auf Wälder, die Verteilung von Grünflächen als Klimaanpassungsmaßnahme in Städten oder die Fragmentierung der Landschaft, welche ein maßgeblicher Treiber für Biodiversitätsverluste ist. Dank ihrer globalen Abdeckung und Aktualität können frei verfügbare Satellitenbilder erste Einblicke in die Folgen und Anpassungsmaßnahmen im Umfeld der Schulen liefern (vgl. Fuchsgruber et al. 2017). Gleichzeitig erlaubt die räumliche Auflösung der Satellitenbilder nur einen begrenzten Detailgrad in der Interpretation. Auf Exkursionen gewonnene Informationen und Erfahrungen bieten hierzu eine ideale Ergänzung. In den geschädigten Wäldern kann beispielsweise vor Ort verglichen werden, welche Auswirkungen Dürreereignisse auf die unterschiedlichen Baumarten haben (vgl. Blersch et al. im Druck). In Städten können die Grenzen von Satellitenbildern bei der Detektion und Charakterisierung urbaner Grünflächen thematisiert werden (vgl. Keller et al. 2024). Und im Bereich des Biodiversitätsschutzes können Maßnahmen, wie das gezielte Anlegen von Totholzbiotopen, beobachtet werden. Der Nachteil von Exkursionen ist wiederum, dass nur kleine Gebiete erkundet werden können. Durch die Kombination aus Satellitenbildern und Exkursionen können die jeweiligen Grenzen diskutiert und die Schwächen aufgefangen werden. Die beiden Ansätze in Kombination bieten so die Möglichkeit für umfassende Lernprozesse, in denen verschiedene Informationsquellen und persönliche Erfahrungen verbunden werden.

Grundlage für die erfolgreiche Kombination von Satellitenbildern und Exkursionen ist ein didaktisches Konzept. Nach einem vielversprechenden Ansatz, der von Keller et al. (2024) sowie Blersch et al. (im Druck) verwendet wird, werden zunächst grundlegende Informationen aus Satellitenbildern gewonnen und eine Fragestellung für die Exkursion aufgeworfen. Diese

wird mit den im Gelände gesammelten Daten in der Nachbereitung beantwortet. Mobiles ortsbezogenes Lernen (MOL) bietet die Möglichkeit, diese drei Phasen zu verknüpfen und so das volle Potential des Ansatzes auszuschöpfen. Die kombinierte Nutzung von Satellitenbildern und Exkursionen kann thematisch in verschiedenen Altersstufen eingesetzt werden (siehe Kap. 2). Offen ist, ob der Ansatz in verschiedenen Klassenstufen genutzt werden kann.

MOL eröffnet durch die Nutzung von Apps viele Möglichkeiten, Lernprozesse auf Exkursionen individuell, interaktiv und kollaborativ zu gestalten. Durch den Einsatz mobiler Endgeräte können Schüler*innen im Gelände navigieren, Informationen abrufen und Daten erfassen (vgl. Feulner & Ohl 2014). Mit MOL lassen sich insbesondere konstruktivistische Exkursionskonzepte umsetzen, die im Vergleich zu Überblicksexkursionen einen höheren Lerneffekt für die Schüler*innen bieten (vgl. Neeb 2012). Für den erfolgreichen Einsatz von MOL ist es wichtig, Technik, Inhalte, Didaktik, Lernort und die Fähigkeiten der Lernenden sinnvoll miteinander zu verknüpfen (vgl. Feulner 2020: 35).

Um den Lernenden im Gelände ein möglichst fehlerfreies Lernen zu ermöglichen, werden vielfältige Anforderungen an Apps und mobile Endgeräte gestellt. Grundsätzlich sollten die Apps den Schüler*innen eine eigenständige Auseinandersetzung mit dem Raum ermöglichen. Zentrale Funktionen hierfür sind die Navigation, Bereitstellung von (ortsbezogenen) Informationen oder Aufgaben und die standortbezogene Datenerhebung (Fotos, Notizen). Zusätzlich müssen Aspekte wie Datensparsamkeit, einfache Bedienbarkeit und ausreichende Akkukapazitäten beachtet werden (vgl. Feulner 2020: 267). Viele Apps bieten außerdem die Möglichkeit, Gamification-Elemente einzubauen (vgl. Kremer et al. 2013) und die erhobenen Daten im Klassenzimmer digital weiter zu verarbeiten (vgl. Kerski 2013; Chatterjea 2012). Dies ermöglicht eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Lerninhalten, wenn Erfahrungen/Daten aus der realen Umgebung mit anderen Quellen (z. B. Karten, Satellitenbildern, Klimadiagrammen), Modellen und Theorien verknüpft werden. Darüber hinaus sollte den Schüler*innen in der Vorbereitung ausreichend Zeit eingeräumt werden, um die Arbeit mit der Technik zu erlernen (vgl. Herrington et al. 2009). Die unzureichende technische Ausstattung vieler Schulen in Deutschland stellt jedoch immer noch eine erhebliche Hürde dar (vgl. Lorenz et al. 2021).

Auch ist der Einsatz von Apps keinesfalls unumstritten. So existieren widersprüchliche Studien zu ihrem Einfluss auf die Interaktion Jugendlicher mit ihrer Umwelt, da technische Hürden die Arbeit im Gelände behindern können (vgl. Tan & So 2015,

2016) und ein hohes Ablenkungspotential durch mobile Endgeräte besteht (vgl. Ternier et al. 2012). Dieses Fokusproblem kann durch eine gute Erklärung der App, offene Aufgaben, für deren Lösung die Jugendlichen gezwungen sind, sich mit ihrer Umwelt auseinander zu setzen, und eine klare Festlegung des Interaktionsraumes der Lernenden gelöst werden (vgl. Feulner 2020: 260). Für Letzteres existieren verschiedene Möglichkeiten wie die Arbeit mit QR-Codes (vgl. Chatel & Falk 2017), das Festlegen von Markern für relevante Standorte oder die Eingrenzung von Untersuchungsgebieten, in welchen die Lernenden Aufgaben lösen sollen. Auch kann durch die Verteilung von Rollenkarten dafür gesorgt werden, dass die Lernenden dazu animiert werden, auf verschiedene Aspekte in der Umwelt sowie auf die Sicherheit im Straßenverkehr zu achten (vgl. Feulner 2020: 265).

Gruppenarbeiten, die auf Exkursion aus rechtlichen Gründen ohnehin vorausgesetzt sind, tragen dazu bei, dass MOL interaktiv gestaltet werden kann (vgl. Glasze et al. 2021). Dabei hat die Dynamik innerhalb einer Gruppe einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg der Individuen und sollte deshalb bei der Planung beachtet werden (vgl. Anderson et al. 2009). Ein entscheidender Vorteil von Gruppenarbeiten besteht darin, dass Schüler*innen sich gegenseitig bei inhaltlichen oder technischen Problemen unterstützen können. Steht jeder Gruppe nur ein mobiles Endgerät zur Verfügung, reduziert das außerdem den Aufwand für Lehrkräfte und kann der oftmals begrenzten Verfügbarkeit der Endgeräte entgegenwirken. Es könnte sich aber negativ auf die Dynamik und den Lernerfolg einer Exkursionsgruppe auswirken, wenn nur eine Person mit dem Endgerät arbeitet (vgl. Welsh et al. 2015). Bisher gibt es hierzu keine eindeutigen Studien.

Eine weitere wichtige Determinante für den Lernerfolg von Jugendlichen und entscheidend für Lernprozesse ist die intrinsische Motivation (vgl. Ryan & Deci 2020: 1). Bei ihr handelt es sich um die innere Antriebskraft, die Menschen dazu bewegt, eine Tätigkeit um ihrer selbst willen auszuführen, ohne auf externe Belohnungen oder Druck angewiesen zu sein. Nach der Selbstbestimmungstheorie von Ryan und Deci (2020: 1) hängt die intrinsische Motivation von der Befriedigung der drei Grundbedürfnisse nach Autonomie, Kompetenzerleben und sozialer Eingebundenheit ab. Diese sind entscheidend für das Lernen, da sie Schüler*innen ermutigen, ihren Lernprozess aktiv und engagiert zu gestalten (vgl. Ryan & Deci 2020: 7). Im Rahmen von MOL ist dies besonders wichtig, wenn die Schüler*innen eigenständig, ohne direkte Unterstützung durch die Lehrkraft, im Gelände arbeiten. Zudem trägt eine hohe intrinsische Motivation dazu bei, dass gesammelte Daten in der

Nachbereitung besser verarbeitet werden (vgl. Vavoula et al. 2009).

Der positive Effekt von MOL auf die intrinsische Motivation von Schüler*innen wurde in vielen Studien altersunabhängig nachgewiesen (vgl. Kremer et al. 2013; Jong 2020; Feulner 2020; Ciprina 2024). Dieser lässt sich auf vielfältige Faktoren zurückführen. Hierzu zählt die Arbeit mit für die Schüler*innen interessanten Unterrichtsmethoden, wie die Arbeit mit Apps oder Exkursionen (vgl. Hemmer & Hemmer 2021). Aber auch der häufige Bezug zu aktuellen, für die Schüler*innen interessanten Themen, wie Umweltschutz (vgl. BMUV 2022). Gerade bei einem seltenen Einsatz von mobilen Endgeräten kann der ‚Reiz des Neuen‘ zu einer erhöhten Motivation führen (vgl. Hermes & Kuckuck 2016: 180). Allerdings reicht der anfängliche ‚Wow-Effekt‘ neuer Technologien nicht aus, um die intrinsische Motivation langfristig hochzuhalten (vgl. Feulner 2020: 34). Zentral hingegen ist, dass MOL vielfältige Möglichkeiten bietet, die Grundbedürfnisse der Lernenden nach Autonomie, Kompetenzerleben und sozialer Eingebundenheit zu befriedigen (vgl. Feulner 2020).

Die intrinsische Motivation wird durch Alter, Interesse, verwendete Technologie und App, die Lehrkraft sowie das MOL-Konzept im Allgemeinen beeinflusst. Das Interesse an einem Thema oder einer Handlung als eigenständiges psychologisches Konstrukt hat einen positiven Einfluss auf die intrinsische Motivation (vgl. Ryan & Deci 2020: 3). Insbesondere das Autonomieerleben spielt eine zentrale Rolle im Lernprozess. Dieses kann durch Wahlmöglichkeiten bei den Lernwegen, den Lösungswegen und den Lernmitteln gefördert werden. Dadurch haben die Lernenden die Möglichkeit, ihre Interessen und Stärken in den Lernprozess einzubringen, was sich positiv auf ihr Autonomie- und Kompetenzerleben auswirkt (vgl. Ryan & Deci 2020: 6). Ryan und Deci (2020) betonen, dass ohne Autonomie kein Kompetenzerwerb möglich ist, was die Bedeutung dieses Grundbedürfnisses weiter unterstreicht. Stress, Druck und technische Probleme hingegen wirken sich negativ auf das Autonomieerleben und die Kompetenzwahrnehmung von Jugendlichen aus, da sie sich dann weniger intensiv mit dem Lernstoff auseinandersetzen und das Interesse an einem Thema verlieren können (vgl. Ryan & Deci 2020: 3; Sailer 2020: 210 ff.).

Insbesondere für Schüler*innen aus der Unterstufe (circa 11–14 Jahre) kann MOL besonders positive Effekte haben, da sich in diesem Alter die Orientierungskompetenz entwickelt. Diese kann durch MOL gesteigert werden (vgl. Neeb 2013). Auch lassen sich junge Schüler*innen besonders gut für Umweltthemen faszinieren. Diese Begeisterung kann sich wiederum langfristig auf die Einstellung von Jugendlichen

zur Umwelt auswirken (vgl. Bai & Bai 2020). Bei Schüler*innen der Mittelstufe (circa 14–16 Jahre) führt der sogenannte ‚Pubertätsknick‘ zu einem allgemeinen Rückgang von Interesse und schulbezogener intrinsischer Motivation (vgl. Lehmann 2022). Aus diesem Grund sind in der Mittelstufe besonders motivierende Unterrichtskonzepte notwendig, um Schüler*innen für wichtige Themen wie Nachhaltigkeit, Klimawandel und Biodiversitätsverlust zu begeistern.

Folglich sollte bei der Entwicklung von MOL-Konzepten darauf geachtet werden, die Grundbedürfnisse (Autonomie, Kompetenzerleben und soziale Eingebundenheit) der Schüler*innen unter Beachtung der anderen Einflussfaktoren zu befriedigen. Hierfür sollte auf die Gestaltung einer gut strukturierten Lernumgebung geachtet werden, in der die Schüler*innen mit fehlerfreier Technik kognitiv aktivierende Lernaufgaben bearbeiten und dabei verschiedene Freiheitsgrade hinsichtlich der Lern- und Lösungswege haben (vgl. Feulner 2020).

Mit Studien zu MOL und intrinsischer Motivation sowie mit den von Feulner (2020) und Hiller et al. (2023) aufgestellten Designprinzipien lassen sich neue MOL-Konzepte entwickeln. Allerdings gibt es drei wesentliche Fragen, zu denen sich keine Empfehlungen in der bestehenden Literatur finden:

1. Eignet sich ein MOL-Konzept mit kombinierter Nutzung von Satellitenbildern und Exkursionen für verschiedene Altersstufen?
2. Beeinflusst die Anzahl mobiler Endgeräte pro Kleingruppe die intrinsische Motivation der Schüler*innen?
3. Macht es für die intrinsische Motivation der Lernenden einen Unterschied, ob der Interaktionsraum im Gelände durch Marker, in deren direkter Umgebung die Lernenden relevante Informationen suchen sollen, oder ob dieser durch kleine Untersuchungsgebiete festgelegt wird?

Um erste Empfehlungen für diese Fragen abzuleiten, wurde ein MOL-Konzept für die Kombination von Satellitenbildern und Exkursionen design und evaluiert. Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird zunächst das entwickelte Konzept vorgestellt (siehe Kap. 2). Dabei wird aufgezeigt, wie dieses Konzept für verschiedene Themen und Altersgruppen modifiziert werden kann. In Kapitel 3 wird die Erfassung der intrinsischen Motivation der Lernenden beschrieben. Anschließend werden die Ergebnisse präsentiert (siehe Kap. 4) und diskutiert (siehe Kap. 5).

2 Didaktisches Konzept

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden vier Projektstage für unterschiedliche Klassenstufen

(5, 7, 10) entwickelt. Zunächst wurde für jeden Projekttag ein didaktisches Drehbuch erstellt, das Zielgruppe und Lernziele, Rahmenbedingungen (z. B. Ort, Zeit, Geräte) sowie die Umsetzungsstruktur (z. B. Methoden, Medien, App, roter Faden, Nachbereitung) festlegt. Darauf aufbauend wurden dann die Projektstage ausgestaltet (vgl. Hiller et al. 2023: 56 ff.). Die Rahmenbedingungen waren in den durchgeführten Projekttagen stark eingeschränkt; so mussten diese in Heidelberg stattfinden und innerhalb von vier bis sechs Stunden durchgeführt werden können.

Für die Umsetzungsstruktur des MOL ist es von entscheidender Bedeutung, dass für die einzelnen Phasen – Vorbereitung, Exkursion und Nachbereitung – ausreichend Zeit eingeplant wird und diese miteinander verknüpft werden (vgl. Hiller et al. 2023: 91 ff.; Feulner 2020: 273). Eine effektive Verbindung der Phasen kann durch die Implementierung eines roten Fadens erreicht werden (vgl. Hiller et al. 2023), was durch die Formulierung einer Leitfrage, ein zu erstellendes Produkt oder einen pädagogischen Agenten geschehen kann.

An den Projekttagen wurde in der Vorbereitung das Thema zunächst motiviert, wichtige Begriffe erklärt und zentrale Theorien eingeführt. Durch die Arbeit mit Satellitenbildern fand die erste Vertiefung des Inhalts an einem regionalen Beispiel statt. Hierfür muss generell hinreichend Zeit eingeplant werden, da den Lernenden in der Regel die Erfahrung im Umgang mit Satellitenbildern fehlt (vgl. Dannwolf et al. 2020). Am Ende der Vorbereitungsphase sollte eine Problematik formuliert werden, welche die Schüler*innen dazu anregt, im Gelände relevante Daten zu sammeln. In der Nachbereitungsphase mussten die gesammelten Daten verarbeitet und der Lernprozess reflektiert werden (vgl. Feulner 2020: 203). Eine Beschreibung der drei Phasen für alle vier umgesetzten Themenbereiche findet sich im Anhang (siehe Tab. 3).

Auf den Projekttagen wurde die App *BLIF:Explorer* verwendet (siehe Abb. 1). Mit dieser können die drei Phasen miteinander verknüpft werden. Lehrkräfte können Projekte anlegen, in denen die Lernenden die Satellitenbilder aus der Vorbereitung aufrufen können. Die Schüler*innen können mit der App navigieren, von der Lehrkraft bereitgestellte Informationen abrufen, ortsbezogene Daten sammeln (Fotos, Texte, Sprachmemos) und die Ergebnisse von Aufgaben sichern (vgl. Keller et al. 2024). Aufgaben und Informationen können entweder als allgemeine Informationen in einem Projekt oder gezielt mit Markern an bestimmten Standorten hinterlegt werden. Zudem lassen sich Untersuchungsgebiete definieren.

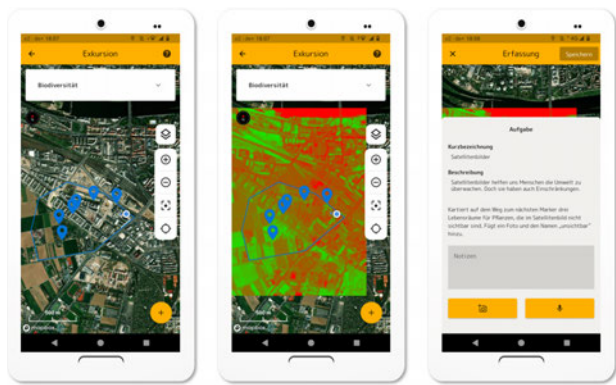


Abb. 1: Screenshots aus der genutzten App BLIF:Explorer. Links: Untersuchungsgebiet (blaues Polygon) mit markierten Standorten (blaue Marker). Mitte: Darstellung des Vegetationsindex. Rechts: Aufgabenstellung mit Bearbeitungsmöglichkeiten (Quelle: eigene Darstellung)

2.1 Grundidee und Umsetzung der Aufgabentypen

Die Aufgaben sollten die Interaktion der Lernenden mit ihrer Umgebung anregen (vgl. Feulner 2020: 265), indem ein Ortsbezug hergestellt wird und sowohl Elemente von konstruktivistischen Exkursionen, bei denen Wissen aufgebaut wird, als auch von kognitivistischen Exkursionen, bei denen Wissen abgefragt wird, miteinander verbinden (vgl. Hiller et al. 2023: 91 ff.; Feulner 2020: 274 ff.; Herrington et al. 2009). Hierbei sollten kognitiv aktivierende Aufgaben (Mehren & Mehren 2020) mit Elementen aus konstruktivistischen Exkursionen kombiniert werden (vgl. Neeb 2012), um den Lernerfolg zu erhöhen. Um die Lernenden zu den gewünschten Orten zu führen und die Interaktion mit dem Raum zu erleichtern, wurde mit Markern und Untersuchungsgebieten gearbeitet. Die Marker waren entweder so gesetzt, dass die Aufgaben in der unmittelbaren Umgebung dieser gelöst werden mussten oder alternativ innerhalb kleiner vordefinierter Untersuchungsgebiete.

Ein entscheidender Aspekt ist die Förderung der Autonomie und der Kompetenzwahrnehmung der Schüler*innen, um die intrinsische Motivation beim MOL zu erhöhen. Zur Förderung der Autonomie sind selbstbestimmte Lernwege, Freiheitsgrade bei Aufgaben, aber auch die Option, selbst Daten zu erheben und Beobachtungen in der Gruppe zu diskutieren, sinnvoll (vgl. Sailer 2020: 226). Tan und So (2015, 2016) konnten zeigen, dass autonomes Lernen jedoch nur dann möglich ist, wenn die Schüler*innen fehlerfrei mit der App in einer gut strukturierten Lerneinheit arbeiten können. Deshalb muss die genutzte App im Klassenzimmer intensiv besprochen werden und fehlerfrei laufen. Durch den Einbezug von Vorwissen und die Möglichkeit, kreative Lösungen zu entwickeln, können kognitiv aktivierende Aufgaben gestaltet werden, wodurch die Kompetenzwahrneh-

mung gesteigert werden kann (vgl. Mehren & Mehren 2020). Bestimmen die Lernenden selbst, in welcher Reihenfolge sie die Aufgaben bearbeiten sollen, kann sich dies positiv auf ihr Autonomieerleben auswirken. Allerdings kann durch die Festlegung der Reihenfolge der Aufgaben eine grobe Route festgelegt werden und die Komplexität der Aufgaben langsam gesteigert werden. Dies muss beim Erstellen der jeweiligen Projektstage abgewogen werden.

Angelehnt an Hiller et al. (2023: 91 ff.) ergeben sich aus den oben genannten Anforderungen drei Aufgabentypen, die in das didaktische Konzept integriert werden können (siehe Tab. 1):

- 1. **Verständnis und Grenzen von Satellitenbildern:** Schüler*innen lernen etwas über die räumliche und zeitliche Auflösung von Satellitenbildern, die unterschiedlichen Darstellungsformen (Echtfarbe, Falschfarbe, NDVI¹) oder die Grenzen von Satellitenbildern.
- 2. **Fachwissen anwenden:** Hierbei wird das vorhandene Wissen der Schüler*innen in praktischen Kontexten angewandt.
- 3. **Ergänzende Informationen sammeln:** Schüler*innen werden angeleitet, vor Ort Daten zu erfassen, die in der Nachbereitung die Interpretation des Satellitenbildes ergänzen.

Tab. 1: Aufgabentypen mit Beispielen und möglichen Lösungen

Typ	Beispiel	Mögliche Lösung
1)	A1) Kartiere ein Objekt, welches nicht im Satellitenbild erkennbar ist.	Einzelne Bäume, Autos oder Straßenschilder
	A2) Aktiviere den NDVI – was fällt dir auf, wenn du die Darstellung im NDVI mit deiner Umgebung vergleichst?	Im NDVI sehen Flächen grün aus, die versiegelt sind, auf denen aber Bäume stehen.
2)	A3) Vergleiche die Anzahl der Pflanzenarten von dem von euch westlich und östlich gelegenen Feld.	Das östliche Feld ist eine Monokultur, auf dem westlichen Feld finden sich durch die Blühstreifen mehr Pflanzenarten.
	A4) Finde und kartiere Möglichkeiten zur Freizeitgestaltung von Jugendlichen/älteren Menschen in der Umgebung.	Kinder: Spielplatz, Fußballfeld, Eis Erwachsene: Boulefeld, Kaffee, Sportplatz

Mit der App BLIF:Explorer lassen sich diese drei Aufgabentypen umsetzen. Die Möglichkeit, Ergebnisse von Aufgaben durch Fotos, Notizen oder Sprachmemos zu sichern, erlaubt kreative Lösungen. Auch sind die Lernenden durch die Sicherung der Ergebnisse mittels Fotos dazu angehalten, mit ihrer Umwelt zu interagieren.

¹ Der Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ist ein aus Satellitenbildern berechneter Index, mit welchem der Gesundheitszustand abgeschätzt und Vegetation kartiert werden kann.

2.2 Adaption der Projektstage

Insgesamt wurden vier verschiedene Projektstage für drei verschiedene Klassenstufen entwickelt (siehe Tab. 2). Hier wurden mit dem oben vorgestellten Konzept die Themen *Funktionen von Grünflächen* (Klasse 10), *Biodiversität* (Klasse 10), *vom Satellitenbild zur Karte* (Klasse 5) sowie *Klimaanpassung* (Klasse 5 und 7) behandelt. Neben der altersbedingten thematischen Adaption waren Anpassungen bei der Arbeit mit dem Satellitenbild sowie bei der Nutzung mit der App notwendig. Es fehlen Studien zur Arbeit mit Satellitenbildern in der Unterstufe. Viele Schulbücher nutzen jedoch visuell gut verständliche Luft- und Satellitenbilder ab Klasse 5, um die Genese von Karten zu erklären oder topographische Karten zu ersetzen (vgl. z.B. Hamann et al. 2017). Bei den jüngeren Schüler*innen sollte also darauf geachtet werden, dass besonders visuell verständliche Aspekte, wie die räumliche oder zeitliche Auflösung von Satellitenbildern, thematisiert werden. In allen Klassen wurde diese in der Vorbereitung thematisiert und mit Aufgaben vom Typ 1 auf der Exkursion vertieft (siehe Tab. 1, A1). Während die Schüler*innen aus der Unterstufe im Gelände nur mit Echtfarbenbildern arbeiteten, wurden bei den zehnten Klassen auch Falschfarbenbilder sowie der NDVI thematisiert und mit Aufgaben im Gelände vertieft (siehe Tab. 1, A2).

In allen Altersstufen mussten sich die Lernenden mit der App selbstständig zu den Markern / Untersuchungsgebieten navigieren und Daten (Fotos, Sprechmemos, Notizen) erheben. In der Unterstufe mussten die Schüler*innen zur Lösung der Aufgaben nur bestehende Marker um Daten ergänzen. Die Zehntklässler*innen hingegen mussten für die Lösung der Aufgaben z.T. neue Marker setzen. Hierdurch wurde die Datenerhebung für die jüngeren Schüler*innen vereinfacht.

3 Datengewinnung

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden auf den 16 Projekttagen die Schüler*innen unmittelbar

nach der Exkursion zur Arbeit mit der App im Gelände befragt ($n = 319$, siehe Tab. 2). Alle Gruppen arbeiteten mit zur Verfügung gestellten iPads. Nur in Gruppe 1 und 2 hatten jeweils alle Schüler*innen einer Exkursionsgruppe ein mobiles Endgerät bei der Arbeit im Gelände; hier wurde auf die Verteilung von Rollenkarten verzichtet. Bei allen anderen Gruppen stand pro Gruppe nur ein Endgerät zur Verfügung und es wurden Rollenkarten verteilt. Um die Zeit durch eine effiziente Routenplanung zu reduzieren, wurden bei den Gruppen 1–4 die Reihenfolge der Aufgaben festgelegt. Bei Gruppe 5 und 6 wurde diese festgelegt, um eine steigende Komplexität der Aufgaben zu erhalten (Wiederholung Satellitenbild, Wiederholung Klimaanpassung, Gewinnung neuer Daten).

Bei den Gruppen 1–5 wurden den Lernenden Aufgaben an Markern gestellt, deren direkte Umgebung zugleich den Interaktionsraum der Jugendlichen definierte. Bei Gruppe 6 wurden dafür kleine Untersuchungsgebiete gesetzt, in welchen die Aufgaben zu lösen waren, welche an Markern in den Untersuchungsgebieten hinterlegt waren. Durch die Differenzierung der Projektstage nach Unterrichtsthema, Alter, Anzahl der mobilen Endgeräte in den Exkursionsgruppen und Festlegung des Interaktionsraums ergeben sich sechs Gruppen, durch deren Vergleich die drei Forschungsfragen beantwortet werden sollten.

Zur Erfassung der intrinsischen Motivation wurde der Fragebogen zur *Kurzskala Intrinsische Motivation (KIM)* nach Wilde et al. (2009) für App-gestützte Exkursionen angepasst. Dieser basierend auf dem *Intrinsic Motivation Inventory (IMI)* erstellte Fragebogen erfasst Interesse, Kompetenzwahrnehmung und Autonomieerleben der Lernenden mit zwölf Items in vier Dimensionen. Die erste Dimension *Interesse* stellt nach Ryan und Deci (2020: 3) einen Selbstberichtswert für die intrinsische Motivation dar, da intrinsisch motivierte Tätigkeiten häufig als interessant, spannend oder unterhaltsam wahrgenommen werden (siehe Fragebogen im Anhang). Aufgrund der Bedeutung der Autonomie wird diese in den zwei Dimensionen *Wahlfreiheit* und *Druck* erfasst (vgl. McAuley et al.

Tab. 2: Übersicht über die Gemeinsamkeiten und Differenzen bei den Projekttagen

Gruppe	Thema	Klasse	Anzahl mobiler Endgeräte	Anzahl Projektstage	Festlegung Interaktionsraum	Zeitpunkt	Stichprobengröße
1	Funktionen von Grünflächen	10	1 Endgerät/Person	3	Standorte	März/Mai 2022	$n = 50$
2	Biodiversität	10	1 Endgerät/Person	2	Standorte	Juni/Juli 2022	$n = 42$
3	Biodiversität	10	1 Endgerät/Gruppe	2	Standorte	Juni/Juli 2022	$n = 31$
4	Vom Satellitenbild zur Karte	5	1 Endgerät/Gruppe	4	Standorte	Februar 2023	$n = 98$
5	Klimaanpassung	5	1 Endgerät/Gruppe	3	Standorte	Februar 2024	$n = 52$
6	Klimaanpassung	7	1 Endgerät/Gruppe	2	Untersuchungsgebiete	Mai 2024	$n = 46$

1989; Wilde et al. 2009). Der Wert einer Dimension wird als Mittelwert von je drei Items (fünfstufige Likert-Skala) gebildet. Die Items fragen dabei mit Schlagwörtern oder Verben zu den jeweiligen Dimensionen das Empfinden der Lernenden während der Arbeit mit der App im Gelände ab (siehe Fragebogen im Anhang). Ursprünglich für das Lernen in Museen entwickelt, wurde dieser Fragebogen bereits zur Evaluierung von MOL-Angeboten (vgl. Kremer et al. 2013) und E-Learning verwendet (vgl. Dannwolf et al. 2020). Für den genutzten Fragebogen wurden die Items, wie von Wilde et al. (2009) dargestellt, für die Arbeit mit der App angepasst.

Für die zehnten Klassen (Gruppe 1–3) wurde der KIM-Fragebogen mit allen zwölf Items genutzt. Für die fünften Klassen wurde pro Dimension jeweils nur ein Item gewählt (vereinfachte KIM), um die Zusatzbelastung für die jüngeren Schüler*innen gering zu halten. Die Reliabilitätswerte für die drei Gruppen der zehnten Klassen lagen für die ersten drei Dimensionen im akzeptablen Bereich (Cronbachs Alpha zwischen 0,68 und 0,90). Für die Dimension *Druck* lagen diese im inakzeptablen bis fraglichen Bereich (Cronbachs Alpha zwischen 0,23 und 0,65) (vgl. Blanz 2021). Bei den Zehntklässler*innen (Gruppe 1–3) wurden alle Fragebögen aussortiert, bei denen weniger als zwei Items pro Dimension beantwortet wurden. Bei Unterstufenschüler*innen (Gruppe 4–6) wurden alle aussortiert, bei denen zwei oder mehr Items zur vereinfachten KIM fehlten.

Bei Gruppe 1 und 4 sollten die Lernenden zusätzlich mit drei Items die Bedienbarkeit der App und die Verständlichkeit einer Aufgabe beurteilen. Durch strukturierte teilnehmende Beobachtungen wurde zusätzlich erfasst, welche technischen Hürden die Lernenden hatten, um die Selbsteinschätzung der Jugendlichen zu ergänzen. Anschließend wurde in den Beobachtungsbögen gezählt, welche inhaltlichen und technischen Schwierigkeiten wie häufig vorkamen. Mit diesen Zusatzinformationen sollten ggf. technikabhängige Altersunterschiede bei der intrinsischen Motivation erklärt werden.

Ergänzend wurden bei den Gruppen 2 und 3 Selbsteinschätzungen zur sozialen Eingebundenheit und Interaktion mit drei an Feulner (2020: 498) angelehnten Items abgefragt, um zusätzliche Informationen zur Beantwortung der zweiten Fragestellung zu gewinnen. Bei Gruppe 5 und 6 wurde der Cognitive Load (Paas et al. 2010) der Lernenden bei einer Aufgabe mit drei Items nach Klepsch et al. (2017) erfasst. Zudem sollten diese angeben, wie gut sie die Aufgabe mit der App lösen konnten. Hierdurch sollten ergänzende Informationen zur Beantwortung der ersten und dritten Fragestellungen gewonnen werden.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse zur intrinsischen Motivation zeigen, dass die Schüler*innen, unabhängig vom Alter, der Anzahl der mobilen Endgeräte pro Gruppe oder der Festlegung der Interaktionsräume eine hohe intrinsische Motivation hatten (siehe Abb. 2). Eine Übersicht über alle zentralen statistischen Kennwerte der KIM findet sich in Tab. 4 im Anhang.

4.1 Altersunterschiede

Die Mittelwerte bei den Gruppen 1–3 (10. Klassen) und 25 %-Quartile für *Interesse*, *Kompetenz* und *Wahlfreiheit* liegen jeweils über dem Mittelwert der Skala (siehe Abb. 2, a–c). Für die Dimension *Druck* liegen diese Werte und die 75 %-Quartile deutlich unter dem Mittelwert der Skala. Die Standardabweichung bei allen drei Gruppen liegt für alle vier Dimensionen unter 1. Die Interquartilsabstände für alle Dimensionen liegen unter 1,33. Hieraus kann geschlossen werden, dass die Schüler*innen der 10. Klassen im Schnitt eine hohe intrinsische Motivation bei der Arbeit mit der App hatten.

Mit der vereinfachten Version der KIM wurden die drei Gruppen aus der Unterstufe (zwei 5. und eine 7. Klasse) untersucht. Für *Interesse*, *Kompetenz* und *Wahlfreiheit* lagen Mittelwerte und Median jeweils deutlich über dem Mittelwert der Skala (siehe Abb. 2, d–f). Für die Dimensionen *Kompetenz* und *Wahlfreiheit* lag das 25 %-Quartil jeweils bei 3, was dem Mittelwert der Skala entspricht, für die Dimension *Interesse* liegt das 25 %-Quartil über dem Mittelwert der Skala. Bei den Schüler*innen der Unterstufe (Gruppe 4–6) zeigt sich eine differenzierte Wahrnehmung bei den KIM-Dimensionen *Interesse*, *Wahlfreiheit* und insbesondere *Kompetenz* durch höhere Interquartilsabstände als bei den Gruppen 1–3 (siehe Abb. 2, a–c). Bei den Siebtklässler*innen zeigt sich der hohe Interquartilsabstand bei den Dimensionen *Interesse* und *Kompetenz*. Bei der Dimension *Wahlfreiheit* ist dieser Abstand bei den fünften Klassen (Gruppe 4 & 5) nochmals deutlich höher als bei den Siebt- und Zehntklässler*innen. Mittelwert, Median und 75 %-Quartil der vierten Dimension *Druck* lagen bei allen drei Gruppen aus Unterstufenschüler*innen deutlich unter dem Mittelwert der Skala.

Bei den teilnehmenden Beobachtungen bei insgesamt 32 Exkursionsgruppen (12 aus Gruppe 1; 10. Klasse und 20 aus Gruppe 4, 5. Klasse), zeigten sich achtmal bei Gruppe 1 und zwölfmal bei Gruppe 4 Probleme mit dem GPS-Standort, welcher häufig einfro. Dies erschwerte die Orientierung der Lernenden im Gelände. Die quantitativen Ergebnisse zeigen, dass dies insbesondere bei den Fünftklässler*innen zu

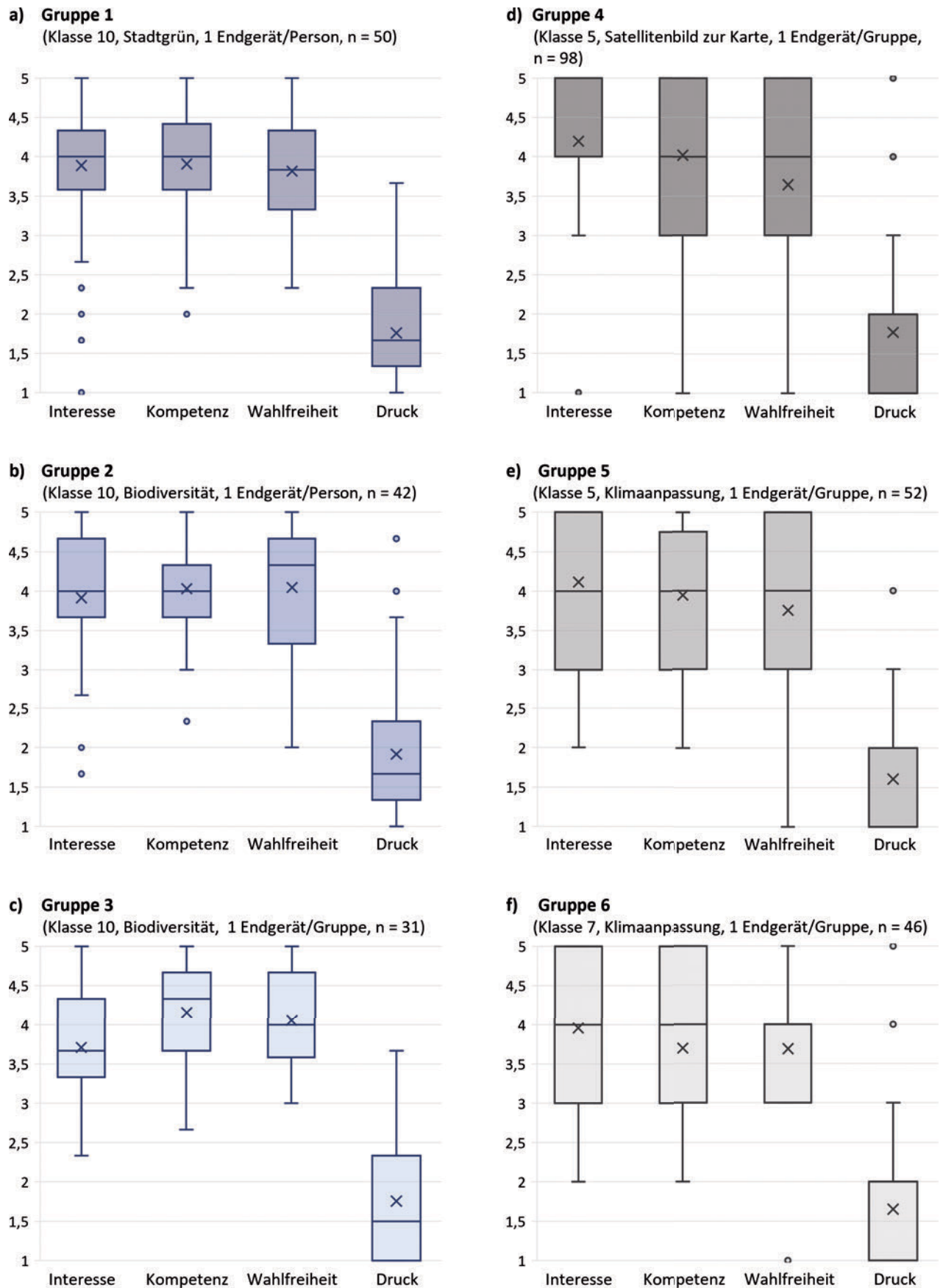


Abb. 2: Die vier Dimensionen der KIM nach Wilde et al. (2009) für die vier Gruppen.
Die Skala reicht von 1 = „stimme überhaupt nicht zu“, 5 = „stimme voll zu“ (Quelle: eigene Darstellung)

Schwierigkeiten bei der Orientierung mit der App im Gelände führte (siehe Abb. 3, a). Altersunabhängig gelang der Wechsel zwischen den verschiedenen Layern und das Kartieren von Objekten. Ebenfalls fiel allen Gruppen die Bearbeitung der Aufgabe („Finde ein Objekt, das im Echtfarbenbild nicht erkennbar ist.“) eher leicht. Die teilnehmenden Beobachtungen zeigten hier jedoch, dass es bei den Zehntklässler*innen bei sieben Exkursionsgruppen und bei den Fünftklässler*innen bei sechs Exkursionsgruppen zu einer Verwechslung zwischen Luft- und Satellitenbild kam.

4.2 Einfluss der Anzahl der mobilen Endgeräte

Um zu beantworten, ob die intrinsische Motivation der Schüler*innen bei der Arbeit mit der App durch die Anzahl der mobilen Endgeräte pro Kleingruppe beeinflusst wird, wurden vier Projektstage mit vier Parallelklassen (Gruppe 2 & 3, siehe Tab. 2) einer Schule zum Thema Biodiversität durchgeführt. In Gruppe 2 hatten jeweils alle Lernenden ein mobiles Endgerät zur Verfügung, bei Gruppe 3 war es nur eins pro Gruppe. Auffallend ist, dass jeweils Mittelwerte, Mediane sowie die beiden Quartile für *Interesse* und *Druck* bei Gruppe 3 (1 Endgerät/Gruppe) niedriger waren als bei Gruppe 2 (1 Endgerät/Person). Für *Kompetenz* galt dies umgekehrt.

Mit drei Items sollten die Jugendlichen aus beiden Gruppen die Arbeit in der Gruppe und ihr Wohlbefinden in der Gruppe bewerten. Insgesamt waren die Werte bei den drei Items für beide Gruppen sehr hoch (siehe Abb. 3, b). Auffällig ist, dass in Gruppe 3 (1 Endgerät/Gruppe) 83,87 % der Teilnehmer*innen der Aussage „Bei Schwierigkeiten habe ich mich mit meinen Mitschüler*innen ausgetauscht.“ (Item 1) total zustimmten. In Gruppe 2 (1 Endgerät/Person) waren dies hingegen nur 65,29 %. In beiden Gruppen hatten die Lernenden aber insgesamt ein ähnlich hohes Gefühl, einen Beitrag zur Lösung der Aufgaben zu leisten (Item 2). Das Wohlbefinden (Item 3) in Gruppe 3 war hingegen höher als das in Gruppe 2.

4.3 Unterschiede bei der Festlegung des Interaktionsraums

Um zu beantworten, ob es einen Unterschied macht, wie der Interaktionsraum der Lernenden im Gelände festgelegt wurde, wurden fünf Projektstage (Gruppe 5 mit drei 5. Klassen und Gruppe 6 mit zwei 7. Klassen) durchgeführt. Die 5. Klassen (Gruppe 5) sollten die Aufgaben jeweils direkt an gesetzten Standorten lösen, während die 7. Klassen (Gruppe 6) die Aufgaben in Untersuchungsgebieten bearbeiten sollten. Der Vergleich der beiden Gruppen zeigt leichte Unterschiede bei *Druck* und deutliche bei *Wahlfreiheit*.

Zwar sind die Mittelwerte bei *Wahlfreiheit* ähnlich, jedoch ist der Interquartilsabstand bei Gruppe 5 deutlich höher. Auch liegt das 75 %-Quartil bei Gruppe 5 beim Maximum der Skala und bei Gruppe 6 um 1 niedriger (siehe Abb. 2, e, f). Dies deutet darauf hin, dass Schüler*innen der Gruppe 6, welche in einem größeren Gebiet relevante Informationen zur Lösung der Aufgaben suchen mussten, ihre *Wahlfreiheit* als geringer und den *Druck* leicht höher einschätzten. Dies spricht trotz der größeren Wahlmöglichkeiten bei der Lösung der Aufgabe für ein geringeres Autonomieerleben.

Die Ergebnisse zum Cognitive Load zeigen, dass die Jugendlichen die Aufgabe lösen konnten und diese als leicht bis sehr leicht empfanden (siehe Abb. 3, c). Auch zeigt sich, dass die Werte für die ersten beiden Items, in welchen es um das Verständnis der Aufgabe ging, die Fünftklässler*innen leicht höhere Werte hatten als die älteren Schüler*innen. Den Siebtklässler*innen fiel es hingegen etwas schwerer, wichtige Informationen zu erkennen und die Aufgabe mit der App zu lösen.

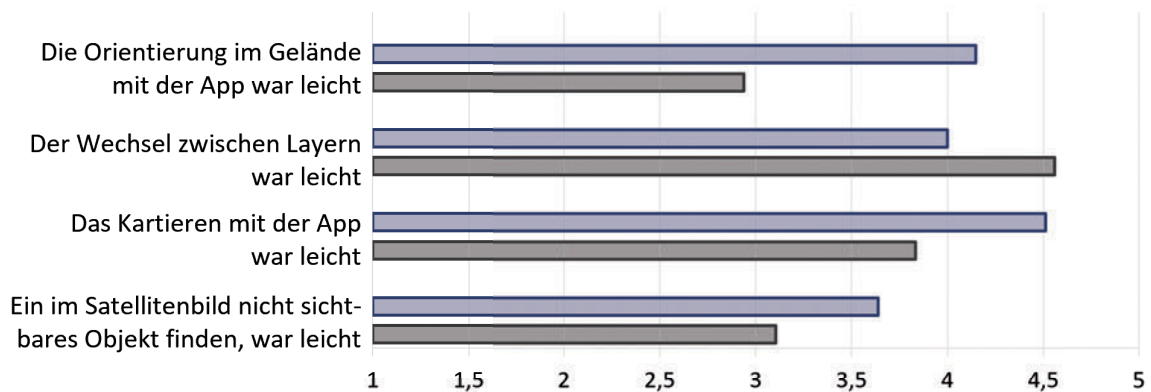
5 Diskussion

Ziel der Studie war es, Hinweise darauf zu finden, wie das Alter, die Anzahl der mobilen Endgeräte und unterschiedliche Festlegung des Interaktionsraums im Gelände die Lernprozesse von Schüler*innen während MOL beeinflusst. Hierfür wurde ein MOL-Konzept für die kombinierte Nutzung von Satellitenbildern und Exkursionen entwickelt und die intrinsische Motivation der Lernenden während der Arbeit mit einer App im Gelände erfasst. Die Ergebnisse zeigen, dass die Lernenden unabhängig von den oben genannten Aspekten eine hohe intrinsische Motivation hatten. Die Aussagekraft der Studie unterliegt durch ihren Aufbau, dem Testinstrument und den vielen Einflussfaktoren auf die intrinsische Motivation klaren Grenzen. So werden beispielsweise die intrinsische Motivation durch die Versuchsleitung (vgl. Sann & Preiser 2016), den Einsatz eines mobilen Endgeräts, die Exkursion, den Einsatz von Satellitenbildern, das gewählte Thema und das Exkursionskonzept selbst beeinflusst. Im Folgenden sollen Grenzen aufgezeigt und diese Einflussfaktoren diskutiert werden.

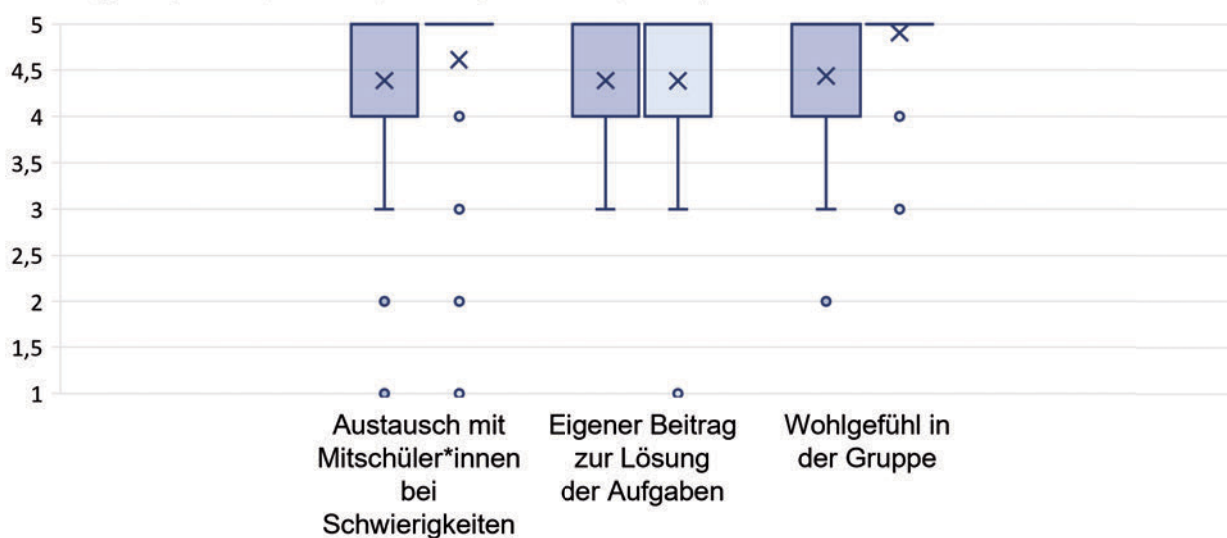
Alle Antworten der Lernenden basieren auf subjektiven Selbsteinschätzungen. Gerade aber die subjektiven Wahrnehmungen sind für die intrinsische Motivation besonders relevant (vgl. Wilde et al. 2009). Es ist jedoch nicht möglich, von einer hohen intrinsischen Motivation automatisch auf einen hohen Lernerfolg der Lernenden zu schließen. So zeigen sich gerade bei jüngeren Schüler*innen größere Diskrepanzen

a) Bedienbarkeit der App

Gruppe 1 (blau; Klasse 10, n = 50) &
Gruppe 4 (grau; Klasse 5, n = 98)

**b) Soziale Eingebundenheit der Schüler*innen bei der Arbeit mit der App**

Gruppe 2 (dunkelblau; Klasse 10, 1 Endgerät/Gruppe, n = 42) &
Gruppe 3 (hellblau; Klasse 10, ein Endgerät/Person, n = 31)

**c) Cognitive Load der Schüler*innen während der Arbeit mit der App**

Gruppe 5 (dunkelgrau; Klasse 5, Aufgaben an Standorten, n = 52) &
Gruppe 6 (hellgrau; Klasse 7, Aufgaben in Untersuchungsgebieten, n = 46)

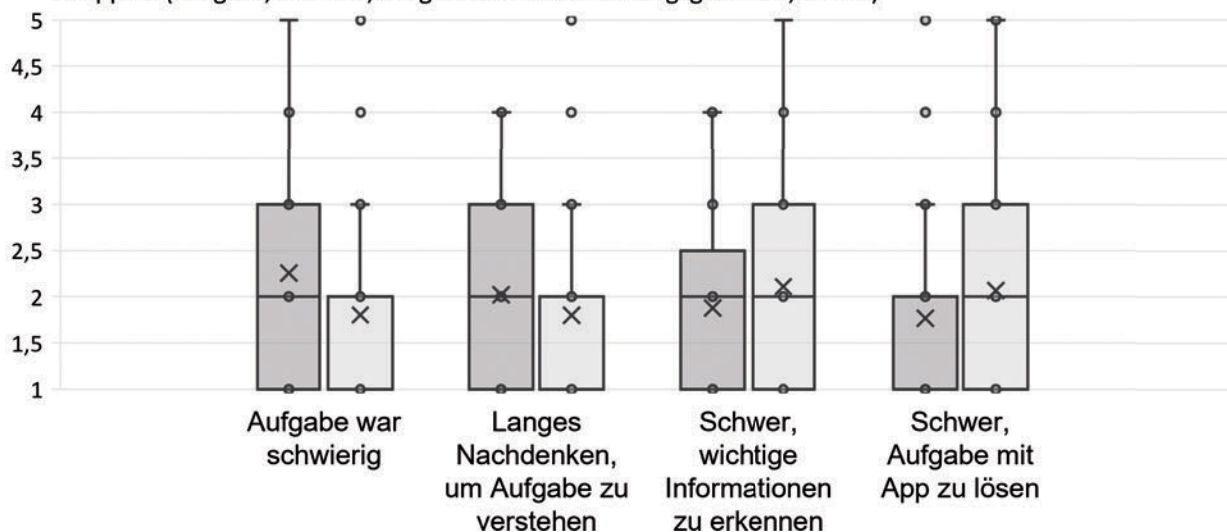


Abb. 3: Bewertungen der Schüler*innen zur Bedienbarkeit der App, (a) ihrem Gefühl der sozialen Eingebundenheit (b) und ihrem Cognitive Load (c) während der Arbeit mit der App.

Die Skala reicht jeweils von 1 = „stimme überhaupt nicht zu“, 5 = „stimme voll zu (Quelle: eigene Darstellung)

zwischen Selbstwahrnehmung und Realität, was vor allem die Kompetenzwahrnehmung betreffen könnte (vgl. Blatchford 1997). Auch konnte Sailer (2020: 210) zeigen, dass es beispielsweise bei fehlendem Vorwissen der Lernenden trotz hoher Motivation zu keinem Lernzuwachs kam. Die teilnehmenden Beobachtungen zeigten, dass zumindest bei der Orientierung mit der App die Realität mit der Selbstwahrnehmung übereinstimmt. Die reduzierte Anzahl an Variablen in der vereinfachten KIM, welche bei den Gruppen 4–6 genutzt wurde, könnte außerdem ein Faktor für die größere Streuung der Werte innerhalb dieser Gruppen sein (vgl. DeVellis 2017: 47).

Der Einsatz von mobilen Endgeräten kann die intrinsische Motivation von Schüler*innen stark beeinflussen. Durch den ‚Reiz des Neuen‘ von mobilen Endgeräten (vgl. Hermes & Kuckuck 2016: 180) kann das Interesse an der Arbeit mit Apps steigen. Allerdings dürfte dieser Effekt durch die nahezu flächendeckende Nutzung von mobilen Endgeräten für private und schulische Zwecke, spätestens seit der Corona-Pandemie, stark zurückgegangen sein (vgl. Feierabend et al. 2021). Auch arbeiteten die Schüler*innen auf den Projekttagen bereits in der Vorbereitung mit den mobilen Endgeräten. Nach Tillmann (2018) ist ein positiver Einfluss auf die intrinsische Motivation beim Einsatz von mobilen Endgeräten nur dann zu erwarten, wenn diese als interaktive Werkzeuge in einem Schüler*innen-zentrierten Unterricht eingesetzt werden. Folglich deuten die Ergebnisse dieser Studie darauf hin, dass in erster Linie die Umsetzung des didaktischen Konzepts die hohe intrinsische Motivation der Schüler*innen zur Folge hat.

Auf den Projekttagen wurden für die Lernenden interessante Themen, wie Klimawandel und Umweltschutz (vgl. BMUV 2022), mit beliebten Medien wie Satellitenbildern, Apps und Unterrichtsformen wie Exkursionen und handlungsorientiertem Arbeiten verbunden (vgl. Hemmer & Hemmer 2021). Durch diese Kombination kann die intrinsische Motivation der Lernenden positiv beeinflusst werden, was sich an den hohen Werten in der Dimension *Interesse* zeigt.

Das gewählte Konzept trägt gleichzeitig dazu bei, das Autonomieerleben und die Kompetenzwahrnehmung der Lernenden zu erhöhen. Dies ist zum einen dem Einsatz der mobilen Endgeräte geschuldet (vgl. Waffner 2020), wenn die Lernenden selbstbestimmt und ohne technische Schwierigkeiten arbeiten können (vgl. Tan & So 2016). Zwar konnten die Lernenden auf den Projekttagen die Reihenfolge der Aufgaben nicht selbst wählen, jedoch erhoben sie eigenständig Daten, entschieden wie die Aufgaben gesichert wurden und diskutierten Beobachtungen in den Exkursionsgruppen (vgl. Sailer 2020: 226). Auch zeigte sich, dass die Lernenden zentrale Funktionen der App, wie

z. B. die Datenerhebung, gut nutzen konnten und die Orientierung, zumindest den älteren Schüler*innen, trotz der Probleme mit dem GPS leichtfiel. Hier zeigt sich vermutlich die höhere Orientierungskompetenz der älteren Schüler*innen. Dies spiegelt sich auch in den hohen Werten in der Dimension *Wahlfreiheit* und niedrigen Werten in der Dimension *Druck* wider. Allerdings zeigen sich bei den jüngeren Schüler*innen größere Streuungen in der Dimension *Wahlfreiheit* und geringere Werte bei *Druck*. Diese lassen sich vermutlich auf eine Kombination aus Problemen im Testinstrument und technischen Hürden der App zurückführen.

Den jüngeren Schüler*innen fiel die Nutzung zentraler Funktionen der App schwerer, was sich negativ auf das Autonomieerleben und damit die *Wahlfreiheit* und den *Druck* ausgewirkt haben könnte (vgl. Ryan & Deci 2020: 8). Allerdings zeigen die jüngeren Schüler*innen geringere Werte bei *Druck* als die Zehntklässler*innen. Der Grund hierfür könnte sein, dass bei Gruppe 4–6 diese Dimension nur mit Item 10 erfasst wurde, in welchem das allgemeine Empfinden während der Arbeit mit der App abgefragt wurde („Bei der Arbeit mit der App fühlte ich mich unter Druck.“). Bei den Zehntklässler*innen (Gruppe 1–3) wurde diese Dimension mit drei Items erfasst und zeigt, wie auch bei Wilde et al. (2009), weniger gute Reliabilitätswerte. Der Grund hierfür könnte Item 12 sein („Ich hatte Bedenken, ob ich die Arbeit mit der App gut hinbekomme.“), welches sich direkt auf die Arbeit mit der App bezieht. Die Zehntklässler*innen gaben im Schnitt höhere Werte bei Item 12 an als bei den Items 10 und 11 („Bei der Arbeit mit der App fühlte ich mich angespannt.“), welche das allgemeine Befinden während der Exkursion evaluieren. Dies könnte darauf hinweisen, dass die Bedienbarkeit der App einen Einfluss auf Item 12, nicht aber auf die anderen Items im Konstrukt *Druck*, hat. In künftigen Studien sollte der Fragebogen angepasst werden, um die Bedienbarkeit als eigens Konstrukt zu messen und deren Einfluss auf die intrinsische Motivation der Schüler*innen besser zu verstehen. Hierfür kann auf Fragebögen wie „Player Experience of Need Satisfaction“ zurückgegriffen werden (vgl. Johnson et al. 2018).

Der Vergleich von Gruppe 2 (1 mobiles Endgerät/ Person) und Gruppe 3 (1 mobiles Endgerät/Gruppe) zeigt, dass mit mehr mobilen Endgeräten in der Gruppe sowohl *Wahlfreiheit* als auch *Druck* leicht steigen. In Gruppe 3 mussten nicht alle Lernenden die Aufgaben selbstständig sichern und auch bei technischen Schwierigkeiten tauschten sich diese Schüler*innen mehr aus, was sich positiv auf das Druckempfinden ausgewirkt haben könnte (vgl. Deci & Ryan 2020, S. 8). Das hohe Wohlbefinden in beiden Gruppen

förderte die gute Zusammenarbeit (vgl. Anderson et al. 2009), was sich auch darin zeigt, dass die Lernenden in beiden Gruppen das Gefühl hatten, zur Lösung der Aufgaben beigetragen zu haben. Hierzu trägt vermutlich auch bei, dass die Schüler*innen durch Rollenkarten wechselnde Rollen, wie Datenerhebung oder Orientierung, annehmen und so einen Beitrag zur Lösung leisten sollten. Es zeigt sich also, dass die Anzahl der mobilen Endgeräte keinen Einfluss auf die intrinsische Motivation der Schüler*innen hat, wenn das Wohlbefinden in der Gruppe hoch ist. Auch können durch den erhöhten Austausch untereinander technische Schwierigkeiten besser gelöst werden. Unklar bleibt, wie sich ein geringes Wohlbefinden einzelner Schüler*innen innerhalb ihrer Gruppe auf diese Prozesse auswirkt. Die Anzahl der mobilen Endgeräte könnte weiter einen Effekt auf die Selbstregulation und damit den Lernprozess haben. Nach Perels et al. (2020) sind Autonomieerleben und Kompetenzwahrnehmung jedoch eine Grundlage für selbstreguliertes Lernen. Dies deutet darauf hin, dass sich die Anzahl der mobilen Endgeräte bei einem hohen Wohlbefinden in der Exkursionsgruppe nicht negativ auf die Selbstregulation auswirkt.

Bei der Dimension *Kompetenz* zeigen sich Unterschiede bei den Altersgruppen. Die Schüler*innen müssen auf der Exkursion die Aufgabenstellungen verstehen, dabei die App richtig einsetzen und Vorwissen aktivieren. Die Vielfalt der dafür notwendigen kognitiven Prozesse kann zu einem hohen Cognitive Load und damit zu einer Verringerung des Lernprozesses führen (vgl. Paas et al. 2010). Es zeigte sich, dass den jüngeren Schüler*innen die Bedienung der App und die Orientierung schwerer fielen. Dies könnte bei den Lernenden aus der Unterstufe zu einem höheren Cognitive Load und somit zu einer geringeren Kompetenzwahrnehmung führen (vgl. Feldon et al. 2019). Messungen des Cognitive Loads bei Gruppe 5 und 6 zeigen, dass diese die getestete Aufgabenstellung als eher leicht empfanden, die relevanten Informationen finden und die Aufgabe mit der App lösen konnten. Dies bildet jedoch nur einen Ausschnitt aus der gesamten Exkursion ab, in welchem beispielsweise die Orientierung, die Gruppe 4 als eher schwer empfand, ausgeklammert wurde.

Insgesamt zeigen die ähnliche gute Bewertung der Datenerhebung und die Bewertung der Aufgabe („Ich konnte leicht ein Objekt finden, das im Echtfarbenvideo nicht zu erkennen war.“), dass die altersbedingten Anpassungen bei der Datenerhebung und der Arbeit mit dem Satellitenbild zielführend waren. Einschränkend muss hier die Verwechslung zwischen Luft- und Satellitenbildern bei Gruppe 1 und 4 genannt werden. Es ist davon auszugehen, dass diese auch in den anderen Gruppen geschah. Dieser Aspekt muss in Zukunft

verstärkt in der Vorbereitung oder mit einer angepassten Aufgabenstellung im Gelände thematisiert werden. Dennoch zeigt sich, dass durch die Anpassung der Aufgaben die Kombination von Satellitenbildern und Exkursionen durch MOL in verschiedenen Altersstufen gelingen kann.

Zentral für MOL ist, dass Jugendliche mit dem Raum interagieren. Hierfür muss der Fokus der Lernenden durch offene Aufgabenstellungen und die Festlegung des Interaktionsraums auf diesen gelenkt werden. Gruppe 5 musste die Aufgaben unmittelbar an definierten Standorten lösen, Gruppe 6 erhielt dazu Untersuchungsgebiete und einen Marker, an welchem die Aufgaben platziert waren. Dies könnte sich auf *Kompetenz* und *Wahlfreiheit* ausgewirkt haben, da Gruppe 6 in beiden Dimensionen geringere Werte hatte. Die Analyse des Cognitive Loads untermauert dies, da die Lernenden aus Gruppe 6 die Aufgaben etwas leichter fanden als Gruppe 5, es aber als schwerer empfanden, die relevanten Informationen im Gelände zu finden und die Aufgabe mit der App zu lösen. Hier zeigt sich, dass es zumindest für jüngere Schüler*innen besser ist, wenn der Interaktionsraum der Lernenden durch Standorte festgelegt wird und somit stärker auf einen Teil des Raums fokussiert ist.

6 Fazit & Ausblick

Die kombinierte Nutzung von Satellitenbildern und Exkursionen bietet vielfältige Möglichkeiten, globale Herausforderungen an lokalen Beispielen im Unterricht zu thematisieren. MOL bildet hierbei die Brücke zwischen der Vorbereitungsphase im Klassenzimmer, in welcher die Satellitenbildanalyse im Vordergrund steht, der Exkursion und der Nachbereitung. Durch die Kombination von Daten aus der Satellitenbildanalyse und der Exkursion in der letzten Phase kann ein tiefgreifenderes Verständnis der behandelten Inhalte erfolgen und Grenzen der jeweiligen Arbeitsmethode überwunden werden.

Diese Studie zeigt, dass die Lernenden auf den durchgeführten Projekttagen unabhängig von Alter, Anzahl der mobilen Endgeräte in den Exkursionsgruppen und Festlegung des Interaktionsraums eine hohe intrinsische Motivation hatten. Die Kombination von Satellitenbildern und Exkursionen mit MOL kann also in verschiedenen Klassenstufen eingesetzt werden. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass die Aufgaben und insbesondere die Arbeit mit dem Satellitenbild angepasst werden. Auch zeigte sich, dass jüngere Schüler*innen schlechter mit technischen Schwierigkeiten umgehen konnten, was bei der Umsetzung unbedingt beachtet werden muss. Die Anzahl der mobilen Endgeräte in den Exkursionsgruppen

hatte den geringsten Einfluss auf die intrinsische Motivation. Es zeigte sich aber, dass sich Schüler*innen mit nur einem Endgerät in der Gruppe bei technischen Problemen mehr untereinander austauschten. So können technische Schwierigkeiten im Gelände besser gelöst und der Aufwand für die Lehrkraft gesenkt werden. Auch zeigte sich, dass es zumindest bei jüngeren Schüler*innen besser ist, wenn bei diesen der Interaktionsraum durch einen Standort festgelegt wird, in dessen Nähe die Aufgaben gelöst werden sollen. Offen bleibt jedoch, wie beispielsweise die Nachbereitung der im Gelände erhobenen Daten effektiv gestaltet werden kann und wie groß der Lernzuwachs der Schüler*innen tatsächlich ist. Hierfür sind weitere Studien notwendig.

Offenlegung und Danksagung

Die Daten zur intrinsischen Motivation von Gruppe 2 und Gruppe 3 wurden in der Bachelorarbeit von Jonathan Heger analysiert. Für diese Studie wurden die vollständigen Rohdaten durch den Erstautor erneut aufbereitet und neu analysiert. Wir danken allen Kolleg*innen, die uns bei der Datenerhebung unterstützt haben. Wir danken außerdem den Schüler*innen und Lehrkräften für ihre Bereitschaft, an dieser Studie teilzunehmen.

Teile der Forschung wurden im Projekt *geo:spektiv2GO – Fernerkundung mobil erlebbar machen* durchgeführt, welches durch die Raumfahrtagentur im DLR mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert wurde.

Konzept und Methode: Johannes Keller, Jonathan Heger, Maike Petersen & Mario Blersch; Datenauswertung: Johannes Keller; Manuskript: Johannes Keller; Überarbeitung: Johannes Keller & Maike Petersen; Lektorat, Betreuung und Koordination: Alexander Siegmund

Literatur

- Anderson, D., G. P. Thomas & S. M. Nashon (2009): Social barriers to meaningful engagement in biology field trip group work. In: *Science Education* 93(3). S. 511–534. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20304>
- Bai, G. & Y. Bai (2020): Voluntary or Forced: Different Effects of Personal and Social Norms on Urban Residents' Environmental Protection Behavior. In: *IJERPH* 17(10). 3525. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17103525>
- Blanz, M. (2021): *Forschungsmethoden und Statistik für die Soziale Arbeit. Grundlagen und Anwendungen*. W. Kohlhammer Verlag, Stuttgart.
- Blatchford, P. (1997): Students' Self Assessment of Academic Attainment: accuracy and stability from 7 to 16 years and influence of domain and social comparison group 1. In: *Educational Psychology* 17(3). S. 345–359. DOI: <https://doi.org/10.1080/0144341970170308>
- Blersch, M., J. Keller, C. Plass & A. Siegmund (im Druck): Klima wandelt Wald. Der Wald im Zeichen der Dürre 2018 bis 2020. In: Schmalor, H., S. Ciprina & K. Jebbink (Hrsg.): *Diercke Methoden. Exkursionen im Geographieunterricht*. Westermann, Braunschweig.
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): *Zukunft? Jugend fragen! Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)*, Berlin.
- Breuste, J. (2019): *Die Grüne Stadt. Stadtnatur als Ideal, Leistungsträger und Konzept für Stadtgestaltung*. Springer, Berlin.
- Chatel, A. & G. C. Falk (2017): SMARTGEO – Mobile Learning in Geography Education. In: *European Journal of Geography* 8(2). S. 153–165.
- Chatterjea, K. (2012): Use of Mobile Devices for Spatially-Cognizant and Collaborative Fieldwork in Geography. In: *Review of International Geographical Education Online* 2(3). S. 303–325.
- Ciprina, S. (2024): *Die Potentiale mobilen ortsbezogenen Lernens in der Geographiedidaktik. Eine Interventionsstudie am Beispiel der Klimaanpassung (Dissertation) (= Geographiedidaktische Forschungen 84, herausgegeben im Auftrag des Hochschulverbandes für Geographiedidaktik)*. BoD, In de Tarpen.
- Czorny, E. & H. Kanning (2022): Hannover passt sich an – Klimaanpassung als kommunale Herausforderung. In: Sahling, U. (Hg.): *Klimaschutz und Energiewende in Deutschland. Herausforderungen – Lösungsbeiträge – Zukunftsperspektiven*. Springer Spektrum, Berlin/ Heidelberg. S. 169–196.
- Dannwolf, L., T. Matusch, J. Keller, R. Redlich & A. Siegmund (2020): Bringing Earth Observation to Classrooms – The Importance of Out-of-School Learning Places and E-Learning. In: *Remote Sensing* 12(19). 3117. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12193117>
- DeVellis, R. F. (2017): *Scale development. Theory and applications*. Sage, Los Angeles.
- Feierabend, S., T. Rathgeb & T. Reutter (2021): JIM-Studie 2021. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, Stuttgart.
- Feldon, D. F., G. Callan, S. Juth & S. Jeong (2019): Cognitive Load as Motivational Cost. In: *Educational Psychology Review* 31(2). S. 319–337. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09464-6>
- Feulner, B. (2020): *Spielräume. Eine DBR-Studie zum mobilen ortsbezogenen Lernen mit Geogames (Dissertation) (= Geographiedidaktische Forschungen 73, herausgegeben im Auftrag des Hochschulverbandes für Geographiedidaktik)*. Hochschulverband für Geographiedidaktik. Readbox publishing, Dortmund.
- Feulner, B. & U. Ohl (2014): Mobiles ortsbezogenes Lernen im Geographieunterricht. In: *Praxis Geographie* 7(8). S. 4–8.

- Fuchsgruber, V., R. Ditter & A. Siegmund (2017): Geographieunterricht mit Satellitenbildern innovativ gestalten. In: *Praxis Geographie* 47(3). S. 8–9.
- Glasze, G., R. Pütz & F. Weber (2021) Interaktive Exkursionen. Konzeption – Vorbereitung – Durchführung. Springer VS, Wiesbaden.
- Hamann, B., V. Huntemann, C. Jandausch & M. Steinmüller (2017): *Unsere Erde*. Gymnasium Bayern. Cornelsen, Berlin.
- 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(3). S. 68–89. DOI: <https://doi.org/10.18452/10.18452/22789>
- Hermes, A. & M. Kuckuck (2016): Digitale Lehrpfade selbstständig entwickeln – Die App Actionbound als Medium für den Geographieunterricht zur Erkundung außerschulische Lernorte. In: *GW-Unterricht* 142/143. S. 174–182. DOI: <https://doi.org/10.1553/gw-unterricht142/143s174>
- Herrington, A., J. Herrington & J. Mantei (2009): Design principles for mobile learning. In: Herrington, A., J. Herrington, J. Mantei, I. Olney & B. Ferry (Eds.): *New technologies, new pedagogies: Mobile learning in higher education*. University of Wollongong; Wollongong. S. 129–138.
- Hiller, J., A. Lude & S. Schuler (2023): *Expedition Stadt und Natur*. Didaktisches Handbuch für mobiles außerschulisches Lernen in Stadt und Natur mit Umsetzungsbeispielen für digitale Themen-Rallyes und Lehrpfade. Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler.
- Höllerl, S., R. Ettl & W. Falzl (2023): Wald(um)bau im Zeichen des Klimawandels bei den Bayerischen Staatsforsten. In: *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 174(2). S. 108–111. DOI: <https://doi.org/10.3188/szf.2023.0108>
- Johnson, D., M. J. Gardner & R. Perry (2018): Validation of two game experience scales: The Player Experience of Need Satisfaction (PENS) and Game Experience Questionnaire (GEQ). In: *International Journal of Human-Computer Studies* 118. S. 38–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.05.003>
- Jong, M. S.-Y. (2020): Promoting Elementary Pupils' Learning Motivation in Environmental Education with Mobile Inquiry-Oriented Ambience-Aware Fieldwork. In: *International journal of environmental research and public health* 17(7). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17072504>
- Kaspar, F., H. Mächel, D. Jacob & C. Kottmeier (2016): Beobachtung von Klima und Klimawandel in Mitteleuropa und Deutschland. In: Brasseur, G. P., D. Jacob & S. Schuck-Zöller (Hrsg.): *Klimawandel in Deutschland*. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer, Berlin/Heidelberg. S. 17–26.
- Keller, J., M. Blerch, C. Plass & A. Siegmund (2024): Je grüner, desto besser!? Die Bedeutung von Grünräumen für zukunftsfähige Städte. In: *Praxis Geographie* 4. S. 22–25.
- Kerski, J. J. (2013): Understanding Our Changing World through Web-Mapping Based Investigations. In: *Journal of Research and Didactics in Geography* 2(2). S. 11–26.
- Klepsch, M., F. Schmitz & T. Seufert (2017): Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. In: *Frontiers in psychology* 8. 1997. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>
- Kremer, D., C. Schlieder, B. Feulner & U. Ohl (2013): Spatial Choices in an Educational Geogame. In: Gatzidis, C. & J. Zhang (Eds.): *VS-GAMES-13, Proc. Int. Conf. on Games and Virtual Worlds of Serious Applications*. IEEE Press, New Jersey.
- Lehmann, K. (2022): Des Lebens herrlicher Mai. In: Lehmann, K. (Hg.): *Für mein Gehirn bin ich selbst verantwortlich. Wie die Umwelt die Persönlichkeit formt - von der Zeugung bis zum Tod*. Springer, Berlin/Heidelberg. S. 155–173.
- Lorenz, R., S. Yotyodying, B. Eickelmann & M. Endberg (2021): Schule digital – der Länderindikator 2021 Erste Ergebnisse und Analysen im Bundesländervergleich. <https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/Laenderindikator-2021-Bericht.pdf> (30.11.2024)
- McAuley, E., T. Duncan & V. V. Tammen (1989): Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: a confirmatory factor analysis. In: *Research quarterly for exercise and sport* 60(1). S. 48–58. DOI: <https://doi.org/10.1080/02701367.1989.10607413>
- Mehren, M. & R. Mehren (2020): Über die Tiefenstrukturen des (Geographie-)Unterrichts. In: *Praxis Geographie* 50(4). S. 4–9.
- Meyer, D. E. (2022): *Geofaktor Mensch. Eingriffe in die Umwelt und ihre Folgen*. Springer, Berlin/ Heidelberg.
- Neeb, K. (2012): *Geographische Exkursionen im Fokus empirischer Forschung. Analyse von Lernprozessen und Lernqualitäten kognitivistisch und konstruktivistisch konzipierter Schülerexkursionen* (Dissertation) (= *Geographiedidaktische Forschungen* 50, herausgegeben im Auftrag des Hochschulverbandes für Geographiedidaktik). Selbstverlag des HGD, Süd Nürnberg.
- Neeb, K. (2013): Räumliche Orientierung mit GPS. (k)ein Mittel zum Erwerb räumlicher Orientierungskompetenz. In: *Geographie und ihre Didaktik* 3. S. 123–142.
- Paas, F., T. van Gog & J. Sweller (2010): Cognitive Load Theory: New Conceptualizations, Specifications, and Integrated Research Perspectives. In: *Educational Psychology Review* 22(2). S. 115–121. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9133-8>
- Perels, F., L. Dörrenbächer-Ulrich, M. Landmann, B. Otto, K. Schnick-Vollmer & B. Schmitz (2020): Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In: Wild, E. & J. Möller (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie*. Springer, Berlin. S. 45–66.
- Ryan, R. M. & E. L. Deci (2020): Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. In: *Contemporary Educational Psychology* 61. 101860. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>

- Sailer, C. (2020): Enhancing Knowledge, Skills, and Spatial Reasoning through Location-based Mobile Learning (Dissertation). ETH, Zürich.
- Sann, U. & S. Preiser (2016): Emotion und Motivation in der Lehrer-Schüler-Interaktion. In: Schweer, M. K. (Hrsg.): Lehrer-Schüler-Interaktion. Inhaltsfelder, Forschungsperspektiven und methodische Zugänge. Springer, Wiesbaden. S. 213–232.
- Tan, E. & H. J. So (2015): How learners employ semiotic resources for collaborative meaning-making in outdoor mobile learning. In: Exploring the Material Conditions of Learning: Computer Supported Collaborative Learning Conference 2015. CSCL 2015 – Conference Proceedings. S. 268–275.
- Tan, E. & H. J. So (2016): Students' use of knowledge resources in environmental interaction on an outdoor learning trail. In: 12th International Conference of the Learning Sciences. ICLS 2016 – Conference Proceedings. S. 745–752.
- Ternier, S., R. Klemke, M. Kalz, P. van Ulzen & M. Specht (2012): ARLearn. Augmented Reality Meets Augmented Virtuality. In: Journal of Universal Computer Science 18(15). S. 2143–2164.
- Tillmann, A. (2018): Begleituntersuchung zum Projekt MOLE – Mobiles Lernen in Hessen. In: Tillmann, A. & I. Antony (Hrsg.): Tablet-Klassen. Begleituntersuchung, Unterrichtskonzepte und Erfahrungen aus dem Pilotprojekt „Mobiles Lernen in Hessen – MOLE“. Waxmann, Münster. S. 13–40.
- Vavoula, G., M. Sharples, P. Rudman, J. Meek & P. Lonsdale (2009): Myartspace: Design and evaluation of support for learning with multimedia phones between classrooms and museums. In: Computers & Education 53(2). S. 286–299. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.02.007>
- Waffner, B. (2020): Unterrichtspraktiken, Erfahrungen und Einstellungen von Lehrpersonen zu digitalen Medien in der Schule. In: Wilmers, A., C. Anda, C. Keller & M. Rittberger (Hrsg.): Bildung im digitalen Wandel. Die Bedeutung für das pädagogische Personal und für die Aus- und Fortbildung. Bildung im digitalen Wandel. Die Bedeutung für das pädagogische Personal und für die Aus- und Fortbildung. Waxmann, Münster. S. 57–102.
- Welsh, K. E., A. L. Mauchline, V. Powell, D. France, J. R. Park & W. B. Whalley (2015): Student perceptions of iPads as mobile learning devices for fieldwork. In: Journal of Geography in Higher Education 39(3). S. 450–469. DOI: <https://doi.org/10.1080/03098265.2015.1066315>
- Wilde, M., K. Bätz, A. Kovaleva & D. Urhahne (2009): Überprüfung einer Kurzskaala intrinsischer Motivation (KIM). In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 15. S. 31–45

Anhang

Items KIM

KIM angepasst nach Wilde et al. (2009) (*Interesse*: Items 1–3, *Kompetenz*: Items 4–6, *Wahlfreiheit*: Items 7–9 und *Druck*: Items 10–12). Für die verkürzte KIM wurden nur die Items 1, 6, 8, 10.

1. Die Arbeit mit der App hat mir Spaß gemacht.
2. Ich fand die Arbeit mit der App sehr interessant.
3. Die Arbeit mit der App war unterhaltsam.
4. Mit meiner Leistung bei der Arbeit mit der App bin ich zufrieden.
5. Bei der Arbeit mit der App stellte ich mich geschickt an.
6. Ich glaube, ich war bei der Arbeit mit der App ziemlich gut.
7. Ich konnte die Arbeit mit der App selbst steuern.
8. Bei der Arbeit mit der App konnte ich so vorgehen, wie ich es wollte.
9. Bei der Arbeit mit der App konnte ich wählen, welche Schritte ich im Gelände mache.
10. Bei der Arbeit mit der App fühlte ich mich unter Druck.
11. Bei der Arbeit mit der App fühlte ich mich angespannt.
12. Ich hatte Bedenken, ob ich die Arbeit mit der App gut hinbekomme.

Tab. 3: Roter Faden, Inhalte der Vorbereitung, der Exkursion und der Nachbereitung aller vier Projektstage mit einem Fokus auf die Arbeit mit den Satellitenbildern und den im Gelände erhobenen Daten

Roter Faden	Vorbereitung	Exkursion	Nachbereitung
Funktionen von Grünflächen (Gruppe 1)			
Leitfrage: Wie lassen sich die Funktionen von Grünflächen mit Satellitenbildern erkennen?	Schüler*innen lernen mithilfe von Ökosystemdienstleistungen die vielfältigen Funktionen von Grünflächen kennen und kartieren diese im Umkreis von Heidelberg mit einem Satellitenbild.	Fragestellung: Welche Funktionen von Grünflächen können nicht aus dem Satellitenbild abgeschätzt werden? Mögliche Aufgaben: Kartierung von kulturellen Dienstleistungen; ergänzende Experimente und Aufgaben zur Biodiversität.	Präsentation der Exkursionsergebnisse; Beantwortung der Leitfrage.
Biodiversität aus dem Weltall (Gruppe 2 & 3)			
Leitfrage: Kann Biodiversität aus dem Weltall erfasst werden?	Schüler*innen lernen die Bedeutung von Grünflächen für die Biodiversität kennen und wie diese in Satellitenbildern detektiert werden können. Sie geben eine erste Schätzung von Orten mit hoher Biodiversität ab.	Fragestellung: Kann Biodiversität mit Satellitenbildern abgeschätzt werden? Mögliche Aufgaben: Kartierung von Lebensräumen; Vergleich der Biodiversität verschiedener Flächen	Präsentation der Exkursionsergebnisse; Beantwortung der Leitfrage.
Vom Satellitenbild zur Karte (Gruppe 4)			
Produkt: Ziel ist es, immer genauere Karten von Heidelberg zu erstellen.	Schüler*innen erstellen mit einem Satellitenbild eine thematische Karte der Landnutzung und Landbedeckung von Heidelberg. Am Beispiel der Stadt Heidelberg wird diskutiert, welche Informationen so nicht gewonnen werden können.	Fragestellung: Welche Informationen werden benötigt, um genauere Karten zu erstellen? Mögliche Aufgaben: Schüler*innen kartieren Geschäfte mit Öffnungszeiten, Spielplätze und besondere Orte.	Schüler*innen erstellen eine genauere Karte ihres Untersuchungsgebiets und vergleichen diese mit dem Satellitenbild. Anschließend werden Vor- und Nachteile von Satellitenbildern diskutiert.
Klimaanpassung: Je grüner, desto besser!? (Gruppe 5 & 6)			
Pädagogischer Agent: Schüler*innen helfen Familie Sahin einen Wohnort zu finden.	Schüler*innen lernen, dass Familie Sahin gerne in einem Viertel mit guter Klimaanpassung und hohem Freizeitwert leben würde. Mit Satellitenbildern wird durch die Verteilung der Grünflächen die Klimaanpassung einzelner Viertel in Heidelberg abgeschätzt. Offen bleibt, wie der Freizeitwert einer Stadt erfasst werden kann.	Fragestellung: Wie hoch ist der Freizeitwert und die Klimaanpassung in den Vierteln tatsächlich? Mögliche Aufgaben: Schüler*innen kartieren Kaffees, Spielplätze oder Geschäfte.	Mit den erhobenen Daten zum Freizeitwert und den Informationen zur Klimaanpassung der Viertel aus der Vorbereitung diskutieren die Schüler*innen, in welches Viertel die Familie Sahin ziehen sollte.

Statistische Kennwerte KIM

Tab. 4: Statistische Kennwerte der vier Gruppen für die vier Dimensionen der KIM

	Interesse	Kompetenz	Wahlfreiheit	Druck
Gruppe 1 (Klasse 10, Stadtgrün, ein mobiles Endgerät pro Person, n = 50)				
Mittelwert	3,89	3,91	3,81	1,76
Standardabweichung	0,90	0,73	0,80	0,62
Max.	5,00	5,00	5,00	3,67
Min.	1,00	2,00	2,33	1,00
Median	4,00	4,00	3,83	1,67
25 %-Quartil	3,67	3,67	3,33	1,33
75 %-Quartil	4,33	4,33	4,33	2,17
Intraquartils-Abstand	0,67	0,67	1,00	0,83
Cronbachs Alpha	0,90	0,71	0,68	0,23
Gruppe 2 (Klasse 10, Biodiversität, ein mobiles Endgerät pro Person, n = 42)				
Mittelwert	3,91	4,03	4,05	1,91
Standardabweichung	0,88	0,69	0,74	0,83
Max.	5,00	5,00	5,00	4,67
Min.	1,67	2,33	2,00	1,00
Median	4,00	4,00	4,33	1,67
25 %-Quartil	3,67	3,67	3,50	1,33
75 %-Quartil	4,42	4,33	4,67	2,08
Intraquartils-Abstand	0,75	0,67	1,17	0,75
Cronbachs Alpha	0,78	0,69	0,68	0,65
Gruppe 3 (Klasse 10, Biodiversität, ein mobiles Endgerät pro Gruppe, n = 31)				
Mittelwert	3,71	4,16	4,06	1,76
Standardabweichung	0,63	0,70	0,61	0,77
Max.	5,00	5,00	5,00	3,67
Min.	2,33	2,67	3,00	1,00
Median	3,67	4,33	4,00	1,50
25 %-Quartil	3,33	3,67	3,67	1,00
75 %-Quartil	4,17	4,67	4,50	2,33
Intraquartils-Abstand	0,83	1,00	0,83	1,33
Cronbachs Alpha	0,70	0,74	0,51	0,49
Gruppe 4 (Klasse 5, Satellitenbild zur Karte, ein mobiles Endgerät pro Gruppe, n = 98)				
Mittelwert	4,19	4,02	3,64	1,77
Standardabweichung	1,11	0,99	1,16	1,33
Max.	5,00	5,00	5,00	5,00
Min.	1,00	1,00	1,00	1,00
Median	5,00	4,00	4,00	1,00
25 %-Quartil	4,00	3,00	3,00	1,00
75 %-Quartil	5,00	5,00	5,00	2,00
Intraquartils-Abstand	1,00	2,00	2,00	1,00
Gruppe 5 (Klasse 5, Klimaanpassung, ein mobiles Endgerät pro Gruppe, n = 52)				
Mittelwert	4,12	3,94	3,75	1,61
Standardabweichung	0,94	0,78	1,10	0,92
Max.	5,00	5,00	5,00	4,00
Min.	2,00	2,00	1,00	1,00
Median	4,00	4,00	4,00	1,00
25 %-Quartil	3,00	3,00	3,00	1,00
75 %-Quartil	5,00	4,25	5,00	2,00
Intraquartils-Abstand	2,00	1,25	2,00	1,00
Gruppe 6 (Klasse 7, Klimaanpassung, ein mobiles Endgerät pro Gruppe, n = 46)				
Mittelwert	3,96	3,70	3,69	1,65
Standardabweichung	1,13	1,13	1,04	0,97
Max.	5,00	5,00	5,00	5,00
Min.	2,00	2,00	1,00	1,00
Median	4,00	4,00	4,00	1,00
25 %-Quartil	3,00	3,00	3,00	1,00
75 %-Quartil	5,00	5,00	4,00	2,00
Intraquartils-Abstand	2,00	2,00	1,00	1,00