

# Lernorte der Augmentierten Umwelt (LernArUmwelt)

**Zusammenfassung.** Vor-Ort-Erfahrungen, wie sie durch Exkursionen vermittelt werden, sind in den Umweltingenieurwissenschaften eine wichtige, aber aufgrund von Kosten und Aufwand auch limitierte Lernaktivität des Studiums. Augmented Reality-Technologien sind geeignet, Vor-Ort-Erfahrungen zum einen qualitativ mit zusätzlichen Informationen anzureichern als zum anderen auch ohne Anleitung durch Lehrende zu ermöglichen. Dieses Projekt zielt auf die Vor-Ort-Visualisierung von frei verfügbaren ortsbasierten Daten zur Unterstützung von durch die Lernenden selbstregulierten Lernszenarien in den Umweltingenieurwissenschaften am Beispiel leitungsgebundener technischer Infrastruktur. Ein Ansatz aus drei Handlungsebenen unterstützt Transfer und Verstetigung: (1) Eine kommerzielle App wird genutzt zur Vor-Ort-Visualisierung von Trinkwasserleitungen zur Erprobung kleingruppenbasierter Lernszenarien. (2) Frei verfügbare Bibliotheken sind die Grundlage der Entwicklung einer lernorientierten AR-App, die anschließend ebenfalls frei für die Verstetigung und Transfereinsätze zur Verfügung steht. (3) Freie ortsbezogene Daten, wie sie beispielsweise durch die INSPIRE-Initiative bereitstehen, werden auf Relevanz für lernunterstützende Visualisierungen untersucht, um in einen Katalog von Transfermöglichkeiten für weitere Vor-Ort-Lernaktivitäten als potentielle Best-Practice-Beispiele einzugehen.

## Inhaltsverzeichnis

Vorhabensbeschreibung.....	2
Ziele .....	2
Vorarbeiten .....	3
Beschreibung des Arbeitsplans .....	3
AP 1: Entwurf von Lernszenarien .....	3
AP 2: Durchführung und Evaluation von Lernszenarien.....	4
AP 3: App-Entwicklung zur ortsbasierten Informationsvisualisierung .....	4
AP 4: Erschließung weiterer Anwendungsgebiete .....	4
AP 5: Workshop „Ortsbasierte AR-Lernszenarien“ .....	5
Assoziierte Vorhabenspartner.....	5
Erläuterung zur Vorhabensbeschreibung.....	5
Motivation .....	5
Anlass.....	5
Ziele .....	6
Zielstudiengänge .....	6
Evaluation.....	6
Verstetigung .....	7
Übertragbarkeit.....	8
Austausch .....	8
Vernetzung .....	8
Referenzen .....	8

## Vorhabensbeschreibung

Augmented Reality (AR) sorgt für eine Erweiterung von Sinneseindrücken der realen Welt durch digital generierte Sinnesreize. In Lernkontexten werden AR zahlreiche positive Eigenschaften zugewiesen, wie gesteigerte Motivation und höhere Anschaulichkeit (Akçayır & Akçayır, 2017; Garzón, Pavón, & Baldiris, 2019; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Eine Untermenge von AR ist ortsbasierte AR, d.h. Generierung von Sinnesreizen in Abhängigkeit vom aktuellen Standort auf der Erde sowie der Blickrichtung der Nutzenden. Insbesondere für Disziplinen, die sich mit der unmittelbaren Gestaltung der Umwelt beschäftigen, wie Umweltingenieurwesen, Bauingenieurwesen, Architektur, Landschafts- oder Stadtplanung, ermöglicht ortsbasierte AR die qualitative Aufwertung von Lernszenarien.

Gegenstand des Vorhabens ist die ortsbasierte Ergänzung von Objekten der realen Welt mit zusätzlichen Informationen unter Nutzung von AR-Technologien. Speziell wird die leitungsgebundene technische Infrastruktur am primären Implementationsbeispiel der Wasserversorgungsnetze betrachtet. Wasserversorgungsnetze sind unterirdisch verlegt und daher für den oberirdischen Betrachter weitestgehend unsichtbar. Nur das geübte Auge kann anhand von sichtbaren Hinweisen, wie Beschilderung oder Schieberdeckeln das Wasserversorgungsnetz ansatzweise rekonstruieren. Die Ableitung der Lage und Struktur des Wasserversorgungsnetzes erfordert einen hohen Grad an Erfahrung und Übung. Daher ist AR insbesondere geeignet, durch Visualisierung des unterirdischen Wasserversorgungsnetzes dem Lernenden zu helfen, von den oberirdisch sichtbaren Hinweisen auf das tatsächlich unterirdisch vorhandene Netz zu schließen. Insbesondere Lernenden mit geringem Vorwissen kann durch ortsbasierte AR eine praxisnahe Einführung in Wasserversorgungsnetze geboten werden.

Zu den Lernzielen des Implementierungsbeispiels Wasserversorgungsnetze zählen u.a.

- die oberirdisch sichtbaren Hinweise auf Wasserversorgungsnetze, wie Schilder, Schieberdeckel, oder Gebäude als potentielle Versorgungsziele in Verbindung setzen können mit der tatsächlichen Lage und Form des Wasserversorgungsnetzes,
- die Strukturierung des Netzes in verschiedene Leitungsarten (Hauptleitungen, Versorgungsleitungen, Verteilerleitungen, Hausanschlüsse) deuten zu können,
- die unterschiedlichen Netztopologien, wie Ringnetz, vermaschtes Netz oder Sternnetz zu kennen, und
- aus der Kenntnis eines tatsächlich vorhandenen Netzes Schwachstellen zu identifizieren.

Vom regionalen Trinkwasserversorger (Wasserversorgungszweckverband Weimar) wird für ein repräsentatives Gebiet in Weimar Kartenmaterial zur Verfügung gestellt.

## Ziele

Zur Etablierung ortsbasierter AR-Lernszenarien werden in diesem Vorhaben insbesondere drei Ziele verfolgt:

1. **Lernszenarien:** Entwicklung und Etablierung von Lernszenarien zu leitungsgebundenen Infrastrukturen für AR-Technologien
2. **Werkzeug:** Entwicklung eines Werkzeugs (AR-App) zur ortsbasierten Visualisierung leitungsgebundener Infrastruktur mit Hilfe von AR-Technologien
3. **Anwendungsgebiete:** Identifikation weiterer Anwendungsmöglichkeiten der ortsbasierten Visualisierung von Daten, insbesondere offen verfügbaren Daten, aus dem Bereich des Umweltingenieurwesens zur Gestaltung von Lernszenarien

## Vorarbeiten

Das projektierte Vorhaben profitiert von verschiedenen Vorarbeiten, die am Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is) maßgeblich vom Beantragenden initiiert und gestaltet wurden:

**App-geführte Exkursionen.** Das Prinzip der Vorort-Vermittlung von Lernerfahrungen wurde bereits durch den Einsatz von Apps für digitale Schnitzeljagden erfolgreich in der Lehre implementiert. Am Beispiel des Wohngebiets „Neues Bauen am Horn“ wurde das Lernszenario einer App-geführten Exkursion erfolgreich getestet: die Studierenden werden in Kleingruppen von einer ortsbasierten App durch verschiedene Stationen in einem Wohngebiet in Weimar geführt und lernen dabei am praktischen Beispiel die Notwendigkeiten der praktischen Bauleitplanung. Zeitdruck, zu beantwortende Fragen und Punktevergabe sorgen dabei für spielerischen, lernförderlichen Wettbewerb zwischen den Gruppen (Wolf, Wehking, Söbke, & Londong, 2020).

**Augmentierte 360°-Modelle.** Das Prinzip der Augmentation wurde bereits in mehreren 360°-Modellen von wasserwirtschaftlichen Anlagen erfolgreich implementiert (Söbke, Wehking, Wolf, & Londong, 2021; Springer, Wehking, Wolf, & Söbke, 2020). So wurde ein 360°-Modell eines Wasserwerks des regionalen Wasserversorgers mit Informationen zur Wasseraufbereitung augmentiert. Das Wasserwerk wird mit unterschiedlichen Augmentierungs-Schichten (Skins) sowohl in der Hochschullehre, in der überbetrieblichen Ausbildung als auch in der Öffentlichkeitsarbeit eingesetzt. Weitere augmentierte 360°-Modelle finden sich auf einer Plattform für 360°-Modelle zu Bildungszwecken (<https://360-degree.education>).

**Visualisierung leitungsgebundener Infrastruktur.** Für dieses Projektvorhaben insbesondere relevante Vorarbeiten bestehen in der Nutzung einer AR-App zur Visualisierung leitungsgebundener Infrastruktur (Söbke, Zander, & Londong, 2018). Durch die Nutzung der App AugView ((Augview Limited, 2016) konnte demonstriert werden, dass bei den Studierenden ein hohes Interesse an derartigen Lernaktivitäten besteht. Studierende zeigten sich sehr motiviert und sprachen dem Lernszenario ein hohes Lernpotenzial zu. Allerdings zeigten sich auch Einschränkungen. Dazu gehörten, dass die Positioniergenauigkeit handelsüblicher Tablets und Smartphones unter Nutzung von GPS nicht ausreichend hoch ist, die Rohrleitungen wurden verschoben dargestellt und flackerten sehr stark. Zudem standen keine Daten realer Leitungssysteme zur Verfügung, sondern die Daten wurden anhand der oberflächlichen Merkmale im Rahmen von Lernszenarien erhoben. Beide Einschränkungen werden im Rahmen dieses Projektvorhabens adressiert: Die Positioniergenauigkeit wird mit Hilfe von zusätzlichen externen GPS-Empfängern erhöht. Für die Einbindung von Daten realer Leitungssysteme wurde die Zustimmung des regionalen Wasserversorgers eingeholt.

## Beschreibung des Arbeitsplans

Zur Erreichung der Ziele ist das Vorhaben in die folgenden fünf Arbeitspakete (AP) unterteilt:

### AP 1: Entwurf von Lernszenarien

In AP 1 werden Lernszenarien entworfen, die mit fortschreitenden Projektverlauf verfeinert werden. Die Lernszenarien jeweils in den jeweiligen Lehrveranstaltungen angewendet, daher wird der Entwurf von den Semesterphasen getrieben, von denen es drei im Vorhabenszeitraum gibt. Eine weitere Differenzierung ist, dass im ersten Semester ausschließlich eine bereits existierende kommerzielle AR zur Visualisierung leitungsgebundener Infrastruktur genutzt wird (nach derzeitigen Stand wird die App AugView (Augview Limited, 2016) genutzt, mit der bereits Erfahrungen bezüglich Einrichtung, Betrieb und Bedienung bestehen.), während in Semester zwei und Semester drei auch auf die Eigenentwicklung zurückgegriffen werden kann. Dadurch ist es zum möglich, ohne zeitaufwändige Vorbereitung Lernszenarien zu entwickeln, zu durchzuführen und zu evaluieren. Zum anderen ist es in den Semestern zwei und drei möglich, spezifische Szenarien für die eigenentwickelte App zu

entwickeln. Weitere Grundlagen für den Entwurf von ortsbasierten AR-Lernszenarien werden in einem dreitägigen Workshop entwickelt (s. AP 5). **Ergebnis** von AP 1 sind detailliert beschriebene Lernszenarien.

#### AP 2: Durchführung und Evaluation von Lernszenarien

Über die gesamte Vorhabenslaufzeit erfolgt die Durchführung von Lernszenarien in der tatsächlichen Lehre. Zunächst wird dabei auf die kommerzielle App zurückgegriffen, die zu Beginn aufgesetzt werden muss. Mit der fortschreitenden Entwicklung der selbstentwickelten App in AP 3 wird auch diese für reale Lernszenarien eingesetzt und evaluiert. Die Lernszenarien werden zur Festigung der Transfereignung auch an weiteren Lehrstühlen (Prof. Springer, FH Erfurt, Prof. Wiggenbrock, HS Weserbergland (hier aufgrund der Informatik-Affinität insbesondere die selbstentwickelte App), siehe Assoziierte Partner) durchgeführt. Um möglichst viele Iterationszyklen zur Entwicklung der Lernszenarien unterbringen zu können, werden die beiden Einsätze an der Bauhaus-Universität Weimar und an der FH Erfurt jeweils hintereinander ausgeführt, um dann einzeln und auch insgesamt evaluiert zu werden. Zwischen beiden Einsätzen wird jeweils überprüft, welche Verbesserungen der Lernszenarien vorgenommen werden sollten. **Ergebnis** des AP 2 sind Evaluationsberichte für Lernszenarien und daraus abgeleitete Empfehlungen für den Einsatz ortsbasierter AR-Apps in der Hochschullehre.

#### AP 3: App-Entwicklung zur ortsbasierten Informationsvisualisierung

Die in AP 1 und AP 2 verwendete kommerzielle App hat den Nachteil hoher Kosten (Educational License für einen Monat pro Gerät: € 75). Zudem müssen die dargestellten zusätzlichen Informationen jeweils individuell in einer Datenbank hinterlegt werden. Damit sind die Hürden für den Einsatz der App keinesfalls als niedrigschwellig zu bezeichnen. Mit einem regulären Einsatz dieser App in Lernszenarien ist unter diesen Voraussetzungen in der Hochschullehre der Umweltingenieurwissenschaften nicht zu rechnen. Ziel von AP 3 ist die Schaffung der Voraussetzungen für einen niedrigschwelligen Einsatz. Maßnahmen dazu sind die Erarbeitung einer Anforderungsbeschreibung, die Entwicklung einer App sowie die Bereitstellung einer Datenbank, in der die zu visualisierenden Daten hinterlegt werden können. Zur Entwicklung der App werden entsprechende AR-Bibliotheken genutzt. Zunächst erfolgt die Entwicklung der App für iOS, bei der Entwicklung wird jedoch eine mögliche Portierung auf Android im Blick behalten. Der Quellcode der entwickelten App sowie das Datenbankschema wird Open Source bereitgestellt (z.B. über GitHub). Der Test der entwickelten App erfolgt auch mit der Expertise der HS Weserbergland (Prof. Wiggenbrock). **Ergebnis** des AP 3 ist ein AR-App, deren Quellcode Open Source bereitgestellt wird.

#### AP 4: Erschließung weiterer Anwendungsgebiete

AR-Szenarien vor Ort hängen in hohem Maße von den verfügbaren ortsbasierten (bzw. georeferenzierten) Daten ab, die zur detaillierten Beschreibung der realen Kontexte genutzt werden können. Weitere Anwendungsgebiete für ortsbasierte AR-Lernszenarien werden demzufolge maßgeblich über verfügbare Daten erschlossen. Daher ist der Ausgangspunkt dieses Arbeitspaketes eine Analyse der offen zur Verfügung stehenden Daten. Dazu gehören die in Deutschland (und Europa) auf Veranlassung der Initiative INSPIRE (European Commission, 2007, 2021) auch für Thüringen (Freistaat Thüringen, 2021) bereitgestellten Daten. Basierend auf einer systematischen Recherche offener georeferenzierter Daten (beispielsweise stellt in Thüringen u.a. die Stadt Jena Daten offen zur Verfügung (Stadt Jena, 2021)) werden entsprechende Disziplinen und Lernszenarien identifiziert. Exemplarisch werden drei Disziplinen gewählt, für die interessierte Lehrende angesprochen werden und jeweils Lernszenarien unter Nutzung einer AR-App erstellt werden. **Ergebnis** des AP 4 ist eine Liste von detailliert beschriebenen Lernszenarien für weitere Anwendungsgebiete.

## AP 5: Workshop „Ortsbasierte AR-Lernszenarien“

Zur Unterstützung der Theoriebildung, zur Festigung des Entwurfs der AR-Lernszenarien, zur weiteren Vernetzung und zum Transfer der erarbeiteten Lösungen wird ein 3-tägiger Workshop unter Einbeziehung externer Experten ausgerichtet. Zu allen Experten (siehe „Assoziierte Vorhabenspartner“) bestanden bzw. bestehen im Rahmen von früheren und derzeitigen Projektvorhaben Kontakte. Während die Kosten für Teilnahme der Experten durch die Förderung des Projektvorhabens gedeckt werden sollen, werden über fachspezifische Netzwerke (z.B. Arbeitskreis VR/AR-Learning der Gesellschaft für Informatik (GI)) deutschlandweit weitere Teilnehmer eingeladen. **Ergebnis** des AP 5 ist eine Dokumentation zu Entwurf, Implementierung und Durchführung ortsbasierter AR-Lernszenarien.

### Assoziierte Vorhabenspartner

Partner	Aufgabe
Prof. Dr.-Ing. Christian Springer, Fachhochschule Erfurt, Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik	<ul style="list-style-type: none"><li>• Beteiligung Anforderungsanalyse AR-App und didaktische Szenarien</li><li>• Einsatz und Evaluierung der App für das Anwendungsgebiet Wassernetze</li></ul>
Prof. Dr.-Ing. Jens Wiggenbrock, Hochschule Weserbergland, Praktische Informatik und Energietechnik	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fachliche Beratung bei der Entwicklung der AR-App</li><li>• Beteiligung Anforderungsanalyse AR-App und didaktische Szenarien</li><li>• Einsatz und Evaluierung der App für das Anwendungsgebiet Energienetze</li></ul>
Dr. Gokce Akcayir, University of Alberta, Edmonton, Kanada, Post-Doc	<ul style="list-style-type: none"><li>• Workshop-Teilnehmerin (Kandidatin)</li><li>• Expertise: AR in Bildungskontexten</li><li>• Google Scholar: <a href="https://scholar.google.ca/citations?user=2BDClOYAAAAJ">https://scholar.google.ca/citations?user=2BDClOYAAAAJ</a></li></ul>
Samuli Laato, University of Turku, Turku, Finnland, Doctoral Candidate	<ul style="list-style-type: none"><li>• Workshop-Teilnehmer (Kandidat)</li><li>• Expertise: Ortsbasierte AR-Spiele</li><li>• Google Scholar: <a href="https://scholar.google.com/citations?user=wykwjNwAAAAJ">https://scholar.google.com/citations?user=wykwjNwAAAAJ</a></li></ul>
Prof. em. Dr. Anton Nijholt, Human Media Interaction, University of Twente, Enschede, Niederlande	<ul style="list-style-type: none"><li>• Workshop-Teilnehmer (Kandidat)</li><li>• Expertise: Ortsbasierte Medien und ortsbasierte Interaktionen</li><li>• Google Scholar: <a href="https://scholar.google.ca/citations?user=tzYolooAAAAJ">https://scholar.google.ca/citations?user=tzYolooAAAAJ</a></li></ul>

## Erläuterung zur Vorhabensbeschreibung

### Motivation

Warum bewerben Sie sich um ein Fellowship (persönliche Motivation)?

Das Förderformat bietet die Möglichkeit, schon länger theoretisch entwickelte Ideen umzusetzen. Zudem findet sich über das Förderformat Kontakt zu Kollegen, die sich ähnlichen Herausforderungen gegenübersehen. Es ist eine Vergrößerung des einschlägigen Netzwerks zu erwarten. Desweiteren motiviert, dass durch eine mögliche Förderung durch die Fördermittelgeber dem Lehransatz auch ideell Nachdruck verliehen wird.

### Anlass

Was veranlasst Sie zu der geplanten Lehrinnovation? Welches Problem soll bearbeitet werden? Inwieweit handelt es sich dabei um ein zentrales Problem in der Lehre im jeweiligen Studienfach?

Ein zentrales Problem, dem durch die Lehrinnovation begegnet werden soll, ist die **geringe Praxiserfahrung** unter den Studierenden. In den Lehrveranstaltungen erhalten die Studierenden bisher zwar eine solide theoretische Ausbildung. Die Schwierigkeiten entstehen bei der Anwendung des theoretischen Wissens in der Praxis. Bisher sind aus Zeit- und Kostengründen nur wenige Exkursionen, die zu praktischen Vor-Ort-Erfahrungen führen, möglich. Dadurch sind die Studierenden eher suboptimal auf die Praxis vorbereitet.

Ein weiteres Problem ist die **geringe Anschaulichkeit** des theoretisch vermittelten Wissens: Umweltingenieurwesen beschäftigt sich mit Planung, Konstruktion und Betrieb technischer Infrastruktur. Infrastrukturbauwerke sind konkret und physikalisch in der Umwelt vorhanden und haben vielfach einen tatsächlichen Kontext in der Umgebung, in der Siedlungswasserwirtschaft sind das beispielsweise geographische Besonderheiten, wie Bodengefälle oder eine begrenzte Fläche am niedrigsten Punkt, auf dem eine Kläranlage erreicht werden muss. Das zu vermittelnde theoretische Wissen ist daher immer in einen lokalen Kontext einzubetten. Der lokale Kontext ist auch maßgeblich für spätere Planungsentscheidungen und sollte daher auch konkret in Lernszenarien mit einbezogen werden. Die Berücksichtigung lokaler Kontexte, die sich stark unterscheiden können, geschieht derzeit aus Gründen des hohen notwendigen Aufwands nicht ausreichend. Mit Hilfe von ortsbasierten AR-Apps können selbstgeführte Exkursionen zu repräsentativen Orten technischer Infrastruktur durchgeführt werden und dort Planungsentscheidungen vor Ort nachempfunden werden und damit sowohl der geringen Praxiserfahrung als auch der geringen Anschaulichkeit begegnet werden.

## Ziele

Welche Ziele verfolgen Sie mit der geplanten Lehrinnovation?

Die Nutzung von ortsbasierten AR-Apps soll insbesondere über selbstgeführte Exkursionen den Studierenden anschauliches Vor-Ort-Wissen vermitteln. Mit Hilfe von ortsbasierten AR-Apps können mit der Zeit auch verschiedene Lernszenarien angeboten werden, so dass die Studierenden je nach Interessenlage innerhalb des Curriculums die ihnen am meisten zusagenden Szenarien wählen können. Damit lassen sich die beispielsweise die Vorteile selbstregulierten Lernens nutzen und Motivation, Engagement – und damit einhergehend – der Lernerfolg erhöhen (Ryan & Deci, 2017).

## Zielstudiengänge

In welche Studiengänge und -abschnitte soll die geplante Lehrinnovation implementiert werden? Handelt es sich dabei um den Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlbereich?

Die AR-basierten Lernszenarien sind zunächst für die folgenden Kurse vorgesehen:

- **Siedlungswasserwirtschaft:** Pflichtfach im Bachelorstudiengang Umweltingenieurwesen (Bauhaus-Universität Weimar), 5. Semester, jeweils im Wintersemester
- **Stadttechnik Wasser:** Pflichtfach im Bachelorstudiengang Bauingenieurwesen (Bauhaus-Universität Weimar), 4. Semester, jeweils im Sommersemester
- **Siedlungswasserwirtschaft:** Pflichtfach im Bachelorstudiengang Umweltingenieurwesen (Fachhochschule Erfurt), 5. Semester. Dieses Lernszenario ist ein Transferszenario, mit dem die Möglichkeit des Transfers von AR-basierten Lernszenarien in eine weitere Umgebung nachgewiesen werden soll. Der Dozierende (Prof. Christian Springer) wird unterstützt bei der Etablierung des AR-basierten Lernszenarios in dem von ihm durchgeführten Kurs.

## Evaluation

Wie lassen sich nach Erprobung der Lehrinnovation Erfolg und eventuelle Risiken beurteilen?

**Erfolg der Lehrinnovation:** Bei der Evaluation der AR-basierten Lernszenarien kann auf umfangreiche Erfahrungen, u.a. aus einem der Leuchtturmprojekt zum Einsatz von Mixed Reality in den Ingenieurwissenschaften, dem Projekt AuCity 2 (<https://www.uni-weimar.de/aucity2>), zurückgegriffen werden. So wird für die ortsbasierten AR Lernszenarien eine begleitende Evaluation durchgeführt. Diese besteht aus Pre- und Post-Tests zur Beurteilung des tatsächlichen Lernerfolgs sowie aus weiteren Daten zu Usability, Motivation und Emotion. Daten zur Usability werden erhoben, um gegebenenfalls die AR-Apps weiterzuentwickeln. Lernendenvoraussetzungen wie Motivation und Emotion werden untersucht, um Hinweise zu bekommen, für welche Lernendenprofile die ortsbasierten AR-Apps insbesondere vorteilhaft sind. Die Evaluation wird unterstützt durch geführte Interviews mit den Studierenden, um auch qualitativ Hinweise auf mögliche Optimierungen zu erhalten.

**Risiken der Lehrinnovation:** Zu den möglichen Risiken der ortsbasierten AR-Lernszenarien gehören eine zu hohe technische oder organisatorische Komplexität und nicht verfügbare Daten. Die technische und organisatorische Komplexität wird zum einen durch einen sorgfältigen autoethnografischen Ansatz der Protokollierung von Aufwänden und aufgetretenen Problemen und zum anderen durch geführte Interviews mit den Transfer-Dozierenden erfasst und zum Ende des Projekts ausgewertet. Nicht-vorhandene Daten können durch die manuelle Generierung zum Teil ausgeglichen werden.

## Verstetigung

Wie soll die geplante Lehrinnovation verstetigt werden?

Von einer stetigen Nutzung der AR-Lernszenarien ist für den Antragsteller und die assoziierten Projektpartner auszugehen. Zur weiteren Verstetigung der AR-basierten Lernszenarien sind insbesondere die folgenden Bereiche abzudecken, von denen jeder als essentiell für das Funktionieren der AR-basierten Lernszenarien betrachtet wird:

**Datenbereitstellung:** Die anzuzeigenden Daten müssen über das Internet abgefragt werden können. Sofern die Daten nicht frei abrufbar sind (wie beispielsweise die Daten gemäß der INSPIRE-Richtlinie (European Commission, 2021)), ist ein Server zur Datenbereitstellung notwendig. Dieser Server (ein Webserver mit Zugriff auf eine SQL-Datenbank) wird über die Universitäts- bzw. Institutsinfrastruktur zur Verfügung gestellt werden.

**Weitere Lehrende:** Aufgrund des Grundsatzes der Freiheit der Lehre müssen weitere Lehrende vom Mehrwert der AR-basierten Lernszenarien überzeugt sein. Von der hohen Lerneffektivität der AR-basierten Lernszenarien ist auszugehen, kritisch ist in der Regel der notwendige Aufwand sowie die notwendigen Fähigkeiten zum Einsatz digitaler Lernwerkzeuge zu sehen. Für eine niedrige Eintrittsschwelle wird eine ausführliche Dokumentation erstellt und auf einfache Bedienbarkeit der App sowie eine leichte Durchführbarkeit des Lernszenarios Wert gelegt.

**Hardware- und Software:** Tablets und Smartphones als notwendige mobile Endgeräte können mit weiterer Verbreitung für die Studierenden als gegeben angenommen werden. Ebenfalls nach bisherigen Erfahrungen ist auch die Nutzung des durch die Studierenden selbst bezahlten Volumens mobiler Daten unkritisch. (Die im Finanzierungsplan vorgesehenen Tablets und Datenraten dienen jeweils zur Bereitstellung einer unabhängig verfügbaren Grundversorgung im Rahmen des Experimentierens von Lehrenden und interessierten Lernenden). Notwendig hingegen ist die institutsseitige Anschaffung von GPS-Empfängern. Hier ist jedoch ebenfalls mit Erleichterungen zu rechnen: zum einen werden GPS-Empfänger mit dem technischen Fortschritt günstiger, zum anderen ist damit zu rechnen, dass mobile Endgeräte, die hochgenaue GPS-Signale (Galileo) verarbeiten können, eine weitere Verbreitung erfahren und auch ohne spezifische GPS-Empfänger zu einer ausreichenden Positionierungsgenauigkeit führen.

## Übertragbarkeit

Auf welche Lehr-Lern-Situationen – auch in anderen Disziplinen – kann die geplante Lehrinnovation übertragen werden?

Ortsbasierte AR-Apps können in allen Disziplinen eingesetzt werden, die sich mit der Gestaltung der realen Welt einsetzen, wie beispielsweise Umweltingenieurwesen, Bauingenieurwesen, Architektur sowie Stadt- und Landschaftsplanung. Es ist dabei von geringen Anpassungen aufgrund verfügbarer und zu visualisierender Daten auszugehen. Desweiteren ist damit zu rechnen, dass viele der erarbeiteten Prinzipien auch für objekt-basierte Rundgänge, beispielsweise einer selbstgeführten Labor- oder Lehrwerkstattbesichtigung angewendet werden können, wie beispielsweise im Rahmen des Projektes ILehle (<https://www.interaktive-technologien.de/projekte/ilehle>) demonstriert wurde.

## Austausch

Was versprechen Sie sich vom Austausch mit anderen Fellows des Programms für sich persönlich und für Ihr Projekt?

Vom Austausch mit den weiteren Fellows erwarte ich die folgenden positiven Effekte:

- Austausch zu den gängigen Problemen von digitalen Lernwerkzeugen und Praxiserfahrungen zu möglichen Gegenmaßnahmen. Zu den Problemen zählt, dass die Lehrenden sich oft nicht ausreichend informiert fühlen (Söbke & Reichelt, 2021), aber der Nutzen vieler digitaler Lernwerkzeuge subjektiv dann doch nicht so hoch erscheint, dass eine aktive Informationseinforderung erfolgt.
- Netzwerke, die das Förderprogramm überdauern und immer wieder zu Impulsen bei der weiteren Digitalisierung der Lehre führen.
- Austausch zu geeigneten Designprinzipien der entsprechenden didaktischen Kontexte (beispielsweise Gruppengröße und -zusammensetzung, Bewertung der Arbeitsergebnisse, automatisierter Anschluss an das LMS).
- Test und Adaption der eigenen Lernszenarien mit Rückmeldungen, die zu einer iterativen Verbesserung führen.

## Vernetzung

Wie sind Sie insbesondere mit der von Ihnen geplanten Lehrinnovation innerhalb Ihrer Hochschule organisatorisch eingebunden und vernetzt?

Ich stehe in regelmäßigen Kontakt mit allen Lehrenden des b.is. Darüber hinaus bin ich Mitglied eines Teams von Lehrenden, das für die Lehrveranstaltung Siedlungswasserwirtschaft kürzlich für den Lehrpreis der Studierenden der Fakultät Bauingenieurwesen nominiert wurde und das dieses Projektvorhaben unterstützt. Desweiteren basiert der Entwurf der Lehrinnovation auch auf dem regelmäßigen Austausch mit und der Beratung durch das eLab, dem hochschuldidaktischen Zentrum der Bauhaus-Universität Weimar.

## Referenzen

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>

Augview Limited. (2016). Augview | Augmented Reality Mobile GIS. Abgerufen 3. Mai 2021, von <http://www.augview.net/>

European Commission. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE).

(2007).

- European Commission. (2021). INSPIRE GEOPORTAL. Abgerufen 14. Mai 2021, von INSPIRE website: <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/>
- Freistaat Thüringen. (2021). Download Offene Geodaten Thüringen. Abgerufen 3. Mai 2021, von Geoportal Thüringen website: <https://www.geoportal-th.de/de-de/Downloadbereiche/Download-Offene-Geodaten-Thüringen>
- Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(4), 447–459. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>
- Ibáñez, M.-B. M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123 (November 2017), 109–123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Publications.
- Söbke, H., & Reichelt, M. (2021). Digitalisierung in der Lehre: Die Sicht der Lehrenden. In W. Wilke, L. Lehmann, & D. Engelhardt (Hrsg.), *Kompetenzen für die digitale Transformation 2020*. Springer Nature.
- Söbke, H., Wehking, F., Wolf, M., & Londong, J. (2021). Niedrigschwellige Mixed Reality-Bildungswerkzeuge in der Siedlungswasserwirtschaft. *KA Korrespondenz Abwasser Abfall*, 68(2), 126–131. <https://doi.org/10.3242/kae2021.02.007>
- Söbke, H., Zander, S., & Londong, J. (2018). Augmented Reality als Lernmedium: Potenziale und Implikationen. Vol. 3 *in* *interact2018*. <https://doi.org/10.14464/awic.v3i0.282>
- Springer, C., Wehking, F., Wolf, M., & Söbke, H. (2020). Virtualization of Virtual Field Trips: A Case Study from Higher Education in Environmental Engineering. In *Proceedings of DELbA 2020 - Workshop on Designing and Facilitating Educational Location-based Applications co-located with the Fifteenth European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2020) Heidelberg, Germany, Online, September 15, 2020* (Bd. 2685). Abgerufen von <http://ceur-ws.org/Vol-2685/paper6.pdf>
- Stadt Jena. (2021). Jena Open Data. Abgerufen 14. Mai 2021, von <https://opendata.jena.de/>
- Wolf, M., Wehking, F., Söbke, H., & Londong, J. (2020). Location-based Apps in Environmental Engineering Higher Education: A Case Study in Technical Infrastructure Planning. In *Proceedings of DELbA 2020 - Workshop on Designing and Facilitating Educational Location-based Applications co-located with the Fifteenth European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2020) Heidelberg, Germany, Online, September 15, 2020* (Bd. 2685). Abgerufen von <http://ceur-ws.org/Vol-2685/paper7.pdf>