

OPENGEORESEARCH – EIN VERTEILTES GEOINFORMATIONSSYSTEM ZUR COMMUNITY-BASIERTEN PARTIZIPATION AN WISSENSCHAFTLICHEN FRAGESTELLUNGEN MIT RAUMBEZUG

Thomas Lemmerz, Stefan Herlé, Alexandra Weber, Larissa Böhrkircher, Gunnar Ketzler, Michael Leuchner, Jörg Blankenbach

Zusammenfassung: Die Plattform OpenGeoResearch, entwickelt im Rahmen zweier Forschungsprojekte, repräsentiert ein Konzept zur Einbindung und aktiven Beteiligung der Bevölkerung sowie dem offenen Austausch bei raumbezogenen wissenschaftlichen Fragestellungen (Citizen Science). Unter Verwendung von akzeptierten Standards und progressiven Web-Technologien wurde eine Plattform geschaffen, die Austausch, Teilhabe und Datenerfassung stärkt. Während des Wissenschaftsjahres 2022 wurde OpenGeoResearch zur Sammlung und Beantwortung raumbezogener Fragen genutzt, wobei eine Vielzahl von Fragen erfolgreich von Fachleuten beantwortet und neue Forschungsfragen identifiziert wurden. Die Plattform wurde auch in Schul- und Universitätslehrprogrammen erfolgreich getestet. OpenGeoResearch unterstützt die Erstellung georeferenzierter Datensätze und fördert dadurch die Kollaboration und den Fortschritt in verschiedenen Forschungsbereichen. Als Plattform für Partizipation an der Wissenschaft und Citizen Science ist OpenGeoResearch für ein breites Anwendungsspektrum von Naturkatastrophenforschung über partizipative Stadtplanung bis hin zu Umwelt- und Klimafragen anwendbar. Es stellt ein umfassendes Werkzeug dar, das Wissenschaft für alle zugänglich macht und das Potenzial hat, Lernen und Forschung in den raumbezogenen Wissenschaften nachhaltig zu transformieren.

Schlüsselwörter: Verteilte Geoinformationssysteme, mobile GIS, Volunteered Geographic Information (VGI), Citizen Science, partizipative Wissenschaft, Public Participation GIS (PPGIS)

OPENGEORESEARCH – A DISTRIBUTED GEOINFORMATION SYSTEM FOR COMMUNITY-BASED PARTICIPATION IN SCIENTIFIC GEOSPATIAL QUESTIONS

Abstract: The platform OpenGeoResearch, developed within the scope of two research projects, represents an effective strategy for expanding geoscience through active participation of citizens (Citizen Science) and open exchange of spatially related questions. Using accepted standards and advanced technologies, a platform has been created that strengthens exchange, participation, and data collection. During the “Wissenschaftsjahr 2022” in Germany, OpenGeoResearch was used to collect and answer spatially related questions, with a wide range of questions successfully answered by experts and new research questions identified. The platform has also been successfully tested in school and university teaching programs. OpenGeoResearch supports the creation of georeferenced data sets, thereby promoting collaboration and progress in various research areas. As a platform for participation in research and citizen science, OpenGeoResearch is suitable for a broad range of applications, from natural disaster research or participatory urban planning to environmental and climate research. It represents a comprehensive tool that makes science accessible to the public and has the potential to sustainably transform learning and research in spatially related sciences.

Keywords: Distributed Geographical Information Systems (GIS), mobile GIS, Volunteered Geographic Information (VGI), Citizen Science, Participatory Science, Public Participation GIS (PPGIS)

1 EINLEITUNG

Mit dem Siegeszug von Smartphones und dem wachsenden Trend von Citizen Science sind neue Formen der Partizipation im Bereich Geoinformation und Geowissenschaften entstanden. OpenGeoResearch macht sich diesen Trend zunutze und setzt eine innovative Plattform um, die als Basis für vielfältige Anwendungen im Bereich der Partizipation an den Wissenschaften, Citizen Science und Lehre dient. Durch den Einsatz eines modernen,

webbasierten und verteilten Geoinformationssystems erhält die Bevölkerung eine aktive Rolle bei der Generierung und Bereicherung von Forschungsdaten und neuen Forschungsfragen.

OpenGeoResearch zielt darauf ab, Fragen der Bevölkerung an die Wissenschaft zu sammeln – ein Partizipationsansatz, der eine Umkehrung des traditionellen Modells darstellt. Damit stehen die Bürger im Zentrum des wissenschaftlichen Diskurses. In einer App können Nutzer ihre Beobachtungen und Fragen georeferen-

Autoren

M. Sc. Thomas Lemmerz
 Dr.-Ing. Stefan Herlé
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Blankenbach
 RWTH Aachen University
 Geodätisches Institut und Lehrstuhl für
 Bauinformatik & Geoinformationssysteme
 Mies-van-der-Rohe-Straße 1
 D-52074 Aachen
 E: lemmerz@gia.rwth-aachen.de
 blankenbach@gia.rwth-aachen.de

M. Sc. Alexandra Weber
 RWTH Aachen University
 Lehrstuhl für Physische
 Geographie und Geoökologie
 Templergraben 55
 D-52062 Aachen
 E: alexandra.weber@geo.rwth-aachen.de

M. Sc. Larissa Böhrkircher
 Dr. phil. Gunnar Ketzler, M. A.
 Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Michael Leuchner
 RWTH Aachen University
 Lehr- und Forschungsgebiet Physische
 Geographie und Klimatologie
 Templergraben 55
 D-52062 Aachen
 E: larissa.boehrkircher@geo.rwth-aachen.de
 gunnar.ketzler@geo.rwth-aachen.de
 michael.leuchner@geo.rwth-aachen.de

ziert platzieren und durch vor Ort erfasste Bildaufnahmen spezifizieren. Die Fragen werden in einem öffentlich zugänglichen Fragenportal bereitgestellt und können dort von Nutzern, also anderen Bürgern, oder Fachleuten, wie Studierenden oder Wissenschaftlern aus relevanten Fachgebieten, beantwortet werden. Auf diese Weise eröffnet OpenGeoResearch die Möglichkeit für Bürger, als „Citizens as Sensors“ aufzutreten, indem sie individuell über das Smartphone überall und jederzeit an der Generierung von Forschungsdaten teilhaben und so die Forschung im Sinne der Volunteered Geographic Information (VGI) bereichern.

Ein besonderer Mehrwert liegt in der Möglichkeit der Zwei-Wege-Kommunikation, die OpenGeoResearch gegenüber traditionellen Geoinformationssystemen, die sich auf die Bereitstellung von (Geo-)Informationen beschränken, auszeichnet. Dies ermöglicht einen direkten Austausch und fördert eine stärkere Vernetzung zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Durch die effiziente Gestaltung des Beantwortungsprozesses – u. a. durch Tagging von Fragen und die Einbindung von Fachleuten aus der Forschung – wird eine strukturierte Interaktion ermöglicht und zugleich eine hohe inhaltliche Qualität der bereitgestellten Informationen sichergestellt. Die Fragen können dabei in ihrem räumlichen Kontext und zusammen mit den verknüpften Daten visualisiert und beantwortet werden. Auf diese Weise leistet OpenGeoResearch einen Beitrag zur Entwicklung neuer Methoden der raumbezogenen Datenerfassung und -auswertung, und dient als Ergänzung zu herkömmlichen Methoden. Es demonstriert das Potenzial der Partizipation und der Verwendung verteilter Geoinformationssysteme in der modernen Wissenschaftspraxis.

Entwickelt wurde die Plattform OpenGeoResearch im Rahmen der Forschungsprojekte „OpenGeoResearch“ und „OpenGeoResearch – Klima, Umwelt, Stadt“, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Im Rahmen des Projekts „OpenGeoResearch“ wurde zunächst eine Plattform zur bidirektionalen Kommunikation zwischen Nutzer und der Forschung für raumbezogene Fragen, die auf offenen standardisierten Diensten beruht, entwickelt. Diese wurde anschließend im Projekt „OpenGeoResearch – Klima, Umwelt, Stadt“ weiterentwickelt, mit dem Ziel der Schaffung, Verbreitung und dem Betrieb einer offenen

Plattform im Sinne der Civic Technology für den Einsatz im „Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt!“.

In den folgenden Abschnitten werden das Konzept von OpenGeoResearch sowie der bisherige Einsatz der Plattform beschrieben. In Abschnitt 2 werden die wichtigsten Konzepte und Vorarbeiten aus der Forschung dargestellt. In Abschnitt 3 wird die entwickelte Lösung in Form eines verteilten Geoinformationssystems zur Partizipation an den Geowissenschaften erläutert. Daran anschließend wird in Abschnitt 4 der Beantwortungsprozess der raumbezogenen Fragestellungen in OpenGeoResearch erklärt. Die Ergebnisse der bisherigen Einsätze der Plattform werden in Abschnitt 5 präsentiert. Abschließend wird in Abschnitt 6 ein Fazit über die Ergebnisse gezogen und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen der Plattform gegeben.

2 STAND DER TECHNIK

Das Konzept der VGI beschreibt die Beteiligung von Bürgern an der Erzeugung und Sammlung von geographischen Daten. Folglich ist VGI eine vom Menschen erzeugte räumliche Information, die aus freiwilligen Beiträgen besteht (Goodchild 2007). Dies beinhaltet Aktivitäten wie das Taggen von Fotos mit geographischen Koordinaten, das Hinzufügen von neuen Informationen zu Online-Karten wie OpenStreetMap oder das Melden von lokalen Ereignissen und Bedingungen wie in Sensor.Community. Die Förderung und Nutzung von VGI birgt vielfältiges Potenzial für Erkenntnisgewinne und Verbesserungen in der Realwelt auf Basis raumbezogener Daten. Zum Beispiel ermöglichen VGI eine stärkere Beteiligung der Bürger an der Stadtplanung (Pánek & Benediktsson 2017). Ebenso kann VGI großen Nutzen für die Kartierung der Flächennutzung haben und eine Alternative zu herkömmlichen Kartierungstechniken für Metropolregionen bieten (Arsanjani & Vaz 2015). In diesem Zusammenhang konnte u. a. die Erkennung von Gehwegen in offenen und freiwillig erhobenen Geodaten mittels Crowdsourcing zur Anwendung gebracht werden (Mastaler & Hahmann 2017). Auch im Zusammenhang mit Naturkatastrophen und der Überwachung von durch Überflutungen bedrohten Flächen kann VGI genutzt werden (Horita et al. 2015).

Im Zusammenhang mit der Beteiligung der Öffentlichkeit wird der Einsatz von Geodaten und Geoinformationssystemen bereits

seit Langem unter dem Begriff Public Participation GIS (PPGIS) diskutiert. PPGIS verknüpft die Werkzeuge und Technologien von Geoinformationssystemen (GIS) mit partizipativen Prozessen, um Bürgern die Möglichkeit zu geben, an raumbezogenen Entscheidungen und Planungen aktiv teilzuhaben (Sieber 2006). PPGIS findet Anwendung in verschiedenen Bereichen wie Stadtplanung, Umweltmanagement, Katastrophenschutz und in Entwicklungsprojekten. Oftmals geht es dabei um Themen wie Landnutzung, Ressourcenmanagement oder Gemeinschaftsplanung. Der Erfolg von klassischen PPGIS blieb in der Praxis, gemessen an ihrer Adaption durch Bürger und kommunale Verwaltungen, aber eher enttäuschend (Blankenbach & Schaffert 2010). Mittlerweile sind auch in der öffentlichen Beteiligung VGI-basierte Ansätze von großer Bedeutung (Brandeis & Nyerges 2016).

Im Zusammenhang mit VGI ist von Goodchild (2007) auch das Konzept der „Citizens as Sensors“ eingeführt worden, das den zunehmenden Beitrag von Bürgern zur Datensammlung und -erzeugung beschreibt. Dies ist eng mit dem Aufkommen des Internet of Things (IoT) und der zunehmenden Verbreitung von Technologien wie Smartphones verbunden, die es Menschen ermöglichen, eine Vielzahl von Daten zu erzeugen und zu teilen. Goodchild (2007) beschreibt dabei Bürger als „Sensoren“, die dazu beitragen, die Welt zu kartieren und zu verstehen, indem sie geolokalisierte Daten bereitstellen.

Ein weiteres Konzept ist die Civic Technology. Eine Definition für Civic Technology ist die Nutzung von Technologie zur Beteiligung von Bürgern oder zur Verbesserung von Gemeinden oder Regierungsleistungen (Knight Foundation 2013). Es umfasst eine breite Palette von Anwendungen und Ansätzen, von Online-Plattformen für Bürgerbeteiligung bis hin zu Open-Data-Initiativen und digitalen Tools für soziale Dienste. Bürgerbeteiligung, insbesondere über Online-Plattformen, muss jedoch nicht auf Regierungs- und Planungsaufgaben beschränkt bleiben. Auch in der Wissenschaft ist eine Partizipation durch die Bürger von großer Bedeutung. Diese Partizipation ist im Bereich der Bürgerwissenschaften – auch Citizen Science genannt – angesiedelt.

Der Begriff Citizen Science ist in unterschiedlichen Kontexten entstanden (Bonn et al. 2022). Zum einen im Bereich konkreter Mitarbeit an Projekten des Umweltmonitorings (Bonney 1996) und zum anderen als Begriff für eine Befähigung der Öffentlichkeit zur Mitgestaltung von Wissenschaft, als Beitrag zu einer demokratischen Gesellschaft (Irwin 1995, Shirk et al. 2012). Dabei beschreibt Citizen Science die aktive Beteiligung an wissenschaftlichen Prozessen durch Personen, die nicht in diesem Wissenschaftsbereich institutionell gebunden sind (Bonn et al. 2022). Der Umfang dieser Beteiligung kann stark variieren und reicht von der Generierung von Fragestellungen, der Entwicklung eines Forschungsprojekts über Datenerhebung und wissenschaftliche Auswertung bis hin zur Kommunikation der Forschungsergebnisse (Bonn et al. 2022).

Während Konzepten wie VGI, „Citizens as Sensors“ und Civic Technology stetig größere Bedeutung zukommt, entwickelt sich auch die Citizen Science weiter und geht heute über das ausschließliche Beitragen von Beobachtungen zu Datensätzen hinaus. Wie zuvor dargestellt, hat eine weiterreichende Einbindung der Öffentlichkeit in wissenschaftliche Prozesse das Potenzial, bisher ungenutzte Beiträge zur Wissenschaft nutzbar zu machen.

Dies kann von thematisch hochspeziellen und aktuellen Datensätzen und Kartierungen (z. B. ökologische Themen) bis hin zur Aktivierung lokalen Wissens aus der Bevölkerung reichen (z. B. für historische Fragestellungen). Zusätzlich dazu kann auch die Öffentlichkeit durch ein besseres Verständnis wissenschaftlicher Prozesse befähigt werden, ihre Umwelt besser zu verstehen und fundiertere Entscheidungen zu treffen. Besonders in den Geowissenschaften, in welchen der Raumbezug von entscheidender Bedeutung ist, können VGI große Beiträge leisten.

Gleichzeitig besteht eine Lücke in der vorhandenen und zugänglichen Technologie, um diese Potenziale aus VGI und Citizen Science nutzbar zu machen. Bürgerwissenschaftliche Projekte schneiden in Bezug auf die Bewertung von Datenqualität und der Verwaltung bereits häufig gut ab, allerdings mangelt es oft an der Bereitstellung eines offenen Zugangs zu den Datenergebnissen, der Dokumentation der Daten, der Gewährleistung der Interoperabilität durch Datenstandards oder dem Aufbau einer robusten und nachhaltigen Infrastruktur (Bowser et al. 2020). Auch der Datenaustausch zwischen Citizen-Science-Projekten kann von einer Unterstützung durch eine interoperable und offene Infrastruktur profitieren (Moczek et al. 2021). Dabei hat die Geoinformatik in den letzten 20 Jahren, unter anderem durch Initiativen wie INSPIRE und Organisationen wie das Open Geospatial Consortium (OGC) oder ISO, wichtige und weitverbreitete Standards im Bereich Geoinformation etabliert. Diese Geostandards und Kartendienste aus dem Umfeld des Web 2.0 ermöglichen die Entwicklung nutzerfreundlicher Geodateninfrastruktur-Applikationen im Kontext der Bürgereinbindung (Hickel & Blankenbach 2015).

Mit dem Ziel, diese Lücke durch den Einsatz von modernen Web-Technologien zu schließen, wurde OpenGeoResearch konzipiert und entwickelt. Eine offene Plattform, welche die Bürger durch den Beitrag ihrer eigenen Fragen an die Wissenschaft in die Mitte des Austauschs rückt und gleichzeitig mit modernen und offenen Standards Datenaustausch und Zugang erleichtert. OpenGeoResearch nutzt dazu die Fähigkeiten eines verteilten Geoinformationssystems, welches jedoch speziell auf die Anforderungen der Citizen Science und VGI ausgerichtet ist. Raumbezogene Daten werden fachgerecht erhoben, verarbeitet, bereitgestellt und visualisiert. Die beteiligten Bürger erhalten niederschweligen Zugang zu Geoinformationen, nehmen am wissenschaftlichen Prozess durch den Beitrag von Informationen und Daten teil und können dabei in direkten Austausch mit Fachleuten aus der Wissenschaft treten. Die Wissenschaft erhält mit dieser Plattform eine Möglichkeit, Fachwissen zu teilen, Verständnis für das eigene Forschungsfeld auszubauen und auf einfache Weise raumbezogene Citizen-Science-Projekte mit Beobachtungsaufgaben zu initiieren.

3 KONZEPTION UND UMSETZUNG

Konzeptioniert ist OpenGeoResearch als Plattform mit drei wesentlichen Funktionen:

1. Einsammeln von wissenschaftlichen Fragen mit Raumbezug.
2. Frage-Antwort-Plattform, in der die eingesammelten Fragen beantwortet werden und in einen Austausch zum Inhalt getreten werden kann.
3. Fragen und Bilder in der Plattform zu „taggen“ und zu kategorisieren, um den Wert der Daten weiter zu erhöhen.

3.1 GEODATEN- UND KOMMUNIKATIONSSTRUKTUR

OpenGeoResearch ist als verteiltes webbasiertes Geoinformationssystem konzipiert. Durch die Integration verschiedener Technologien ermöglicht es den Nutzern, Fragen und dazugehörige Daten, wie Bilder und Antworten, zu erstellen und zu verwalten.

Ein wichtiger Standard, welchen OpenGeoResearch verwendet, ist die SensorThings-API (Liang et al. 2016), die als Schema für die Speicherung der raumbezogenen Fragen der Bürger dient. Über die SensorThings-API können die Fragen direkt georeferenziert abgerufen werden. Auf diese Weise sind die Fragen nicht nur innerhalb von OpenGeoResearch verfügbar, sondern können auch in andere GIS-Anwendungen eingebunden werden. Dies erhöht die Interoperabilität und Nutzbarkeit von Fragen.

Die Erweiterung dieser Speicherstruktur für Daten, welche über die Fragen selbst hinausgehen, erfolgt durch eine projekteigene Web-API. Sie ermöglicht den Zugriff auf und die Verknüpfung von weiterführenden Daten. Diese Daten umfassen die mit den Fragen verknüpfen Fotos, aber auch Antworten, Kommentare und Bewertungen von den Nutzern von OpenGeoResearch. Damit kann OpenGeoResearch zu einer Frage-Antwort-Plattform ausgebaut werden.

Die Architektur von OpenGeoResearch ist als verteiltes Geoinformationssystem in einer Vier-Schichten-Struktur (4-Tier Architecture) konzipiert. Auf der obersten Ebene befinden sich die Webserver, die als Frontends fungieren und zwei Zugangspunkte zum GIS bieten sowie die Projekt-Website bereitstellen. Bei den beiden Zugangspunkten handelt es sich um ein webbasiertes Geoportal – das Fragenportal – und eine Smartphone-App.

Das Backend, die zweite Ebene, teilt sich in drei Teile: die Datenverwaltung über die Web-API, die SensorThings-API und die

darin enthaltenen Fragen sowie ein zusätzlicher Dienst für die Suche nach Landschaften in Deutschland (Bundesamt für Naturschutz 2016), welche in das Fragenportal integriert ist. Jedes dieser Teile erfüllt eine spezifische Aufgabe, von der Verwaltung und Speicherung von Daten bis zur Geolokalisierung von Informationen.

Die Datenverwaltung umfasst eine Datenbank für die SensorThings-API, welche zunächst die eingereichten Fragen enthält. Diese Datenbank wird erweitert durch ein Modell für Plattformspezifische Informationen, um z. B. die Frage-Antwort-Funktionen umzusetzen. Diese Organisation ermöglicht eine effiziente Datenabfrage und -bearbeitung. Außerdem kann auf diese Weise das Datenmodell der SensorThings-API unverändert verwendet werden, um die reinen Fragen zu speichern. Gleichzeitig können jedoch umfangreiche und vielfältige weitere Daten in der projektspezifischen Datenbank gespeichert werden und den Funktions- und Informationsgehalt von OpenGeoResearch erweitern. Auf diese Weise wird der interoperable Abruf der Fragen selbst durch die unveränderte Nutzung des OGC-Standards der SensorThings-API gewährleistet, während das Fragenportal und die App mit einer Vielzahl von Funktionen ausgestattet werden können.

Die letzte Ebene umfasst Hintergrunddienste zur Verarbeitung von Bilddaten mit neuronalen Netzen. Durch den Einsatz von maschinellen Lernverfahren können Bilder automatisiert analysiert und auf unerwünschte Inhalte hin untersucht und ggf. vor der Veröffentlichung zurückgehalten werden.

Zusätzlich bindet OpenGeoResearch externe Geodatendienste zur Visualisierung von Kartendaten ein. Dies bietet eine zusätzliche Dimension der Datenanalyse und hilft den Nutzern, komplexe Geodaten effektiv zu verstehen und zu nutzen. Diese Einbindung

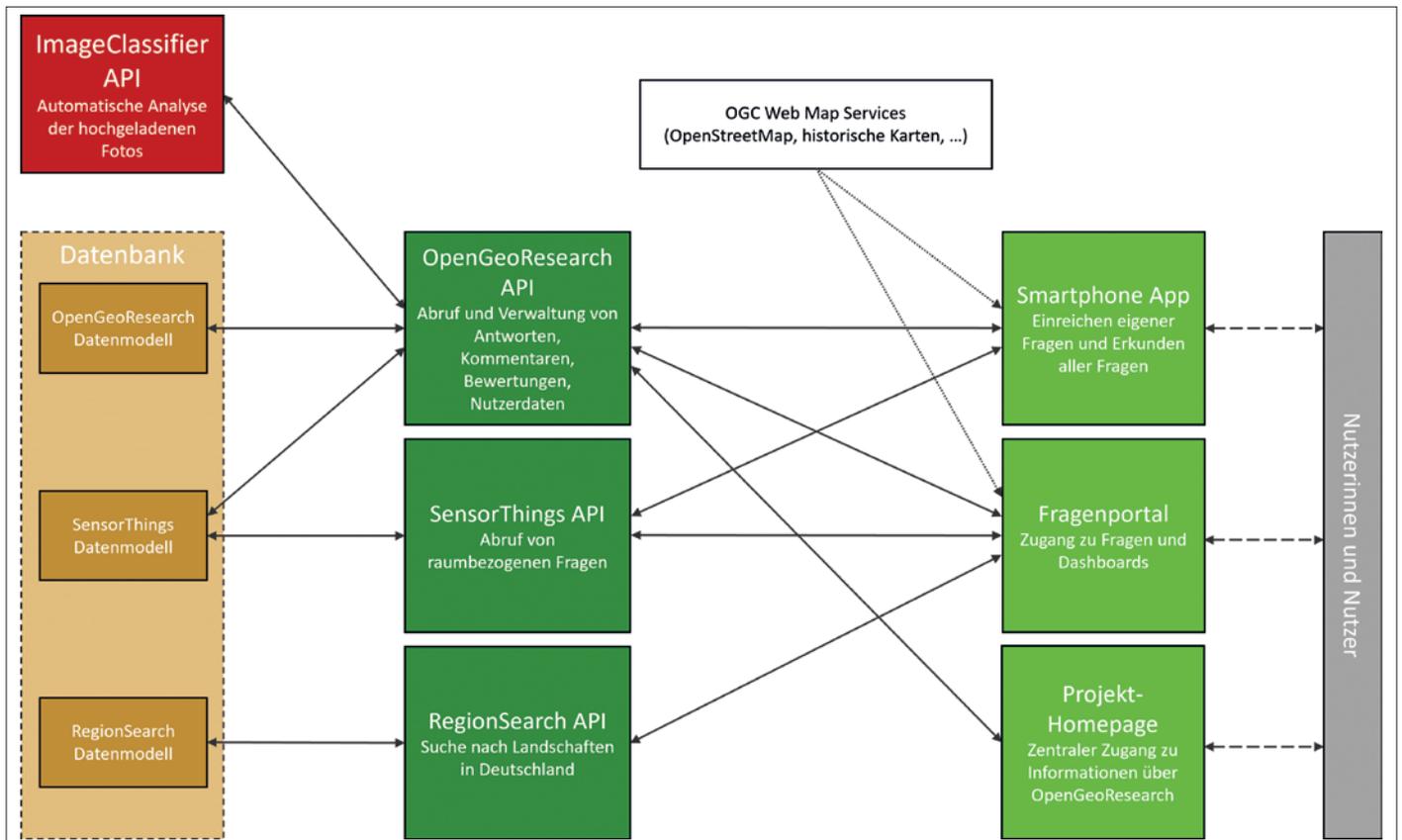


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Dienste in OpenGeoResearch

von externen Geodatendiensten, wie zum Beispiel historischen oder topographischen Karten, sind in der Beantwortung raumbezogener Fragen besonders sinnvoll (siehe Abschnitt 4).

Insgesamt repräsentiert OpenGeoResearch einen Schritt vorwärts in der Integration von Geodaten und webbasierten Geoinformationssystemen in die Partizipation von Bürgern an der Wissenschaft. Das Zusammenwirken der verschiedenen in OpenGeoResearch enthaltenen Dienste ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

3.2 SENSORTHINGS-DATENMODELL IN OPENGEORESEARCH

Die SensorThings-API ist eine offene, webbasierte Schnittstelle, die das IoT mit raumbezogenen Daten verbindet. Sie wurde vom OGC standardisiert, um eine einheitliche Art und Weise zur Erfassung, Verbindung und Kommunikation mit sensorgenerierten Daten zu schaffen. Durch die Verwendung von JSON und REST-Protokollen ermöglicht sie einen effizienten Austausch von raumbezogenen Daten über das Web. Die SensorThings-API eröffnet vielfältige Möglichkeiten zur Visualisierung und Analyse von Daten in Geoinformationssystemen und fördert die Interoperabilität der generierten Daten (Liang et al. 2016).

Diese Eigenschaften machen die SensorThings-API zu einer geeigneten Technologie zur Speicherung der raumbezogenen Fragen in OpenGeoResearch. Die Fragen können direkt georeferenziert gespeichert werden, das Abrufen von Fragen ist via Programmierschnittstellen möglich und die OGC-Standardisierung von Datenmodell und Programmierschnittstelle ermöglichen einen einfachen und interoperablen Zugang zu den gesammelten Fragen.

Wie zuvor beschrieben, ist die SensorThings-API im Kontext des IoT zur Speicherung von sensorgenerierten Daten entwickelt

worden. In OpenGeoResearch nehmen die Nutzer über das Einreichen von raumbezogenen Fragen über ihr Smartphone als „Citizens as Sensors“ teil. Nach dieser Herangehensweise wurde das Datenmodell der SensorThings-API für die Speicherung von raumbezogenen Fragen adaptiert. Abbildung 2 zeigt die Systematik, nach der die eingereichten Fragen im Datenmodell gespeichert werden.

Die Entität *Thing* repräsentiert das Smartphone, mit welchem eine raumbezogene Frage erstellt wird. Jede Installation der App erhält ein eigenes *Thing* inklusive einer eindeutigen ID. Auf diese Weise können Nutzer beim Wechsel des Smartphones, einer Neuinstallation oder der Nutzung mehrerer Geräte dennoch denselben Nutzer-Account verwenden. Die Kerninformationen der Frage selbst werden in der Entität *Datastream* untergebracht. Lediglich die mit der Frage verknüpften Tags werden jeweils als eine Ausprägung der Entität *Observation* angelegt. Auf diese Weise können Tags später ergänzt werden und Fragen einfach nach Tags gefiltert werden. Die jeweilige Position der Frage wird in Form der Entität *FeatureOfInterest* als Punktgeometrie repräsentiert. Die Entität *ObservedProperty* beschreibt in der Regel den Typ der *Observations* eines *Datastreams* und enthält entsprechende Informationen über die Tags in OpenGeoResearch. Ähnlich werden auch in der Entität *Sensor* erklärende Informationen untergebracht. Nach dem zuvor beschriebenen Konzept der „Human Sensors“ wird hierdurch die Person, welche mittels des Smartphones (*Thing*) eine Frage (*Datastream*) erstellt hat, repräsentiert.

3.3 ERWEITERTES DATENMODELL IN OPENGEORESEARCH

Für die Realisierung von OpenGeoResearch als Plattform zum Beantworten und Erkunden von raumbezogenen Fragen müssen vielfältige weitere Daten gespeichert werden, welche die eingereich-

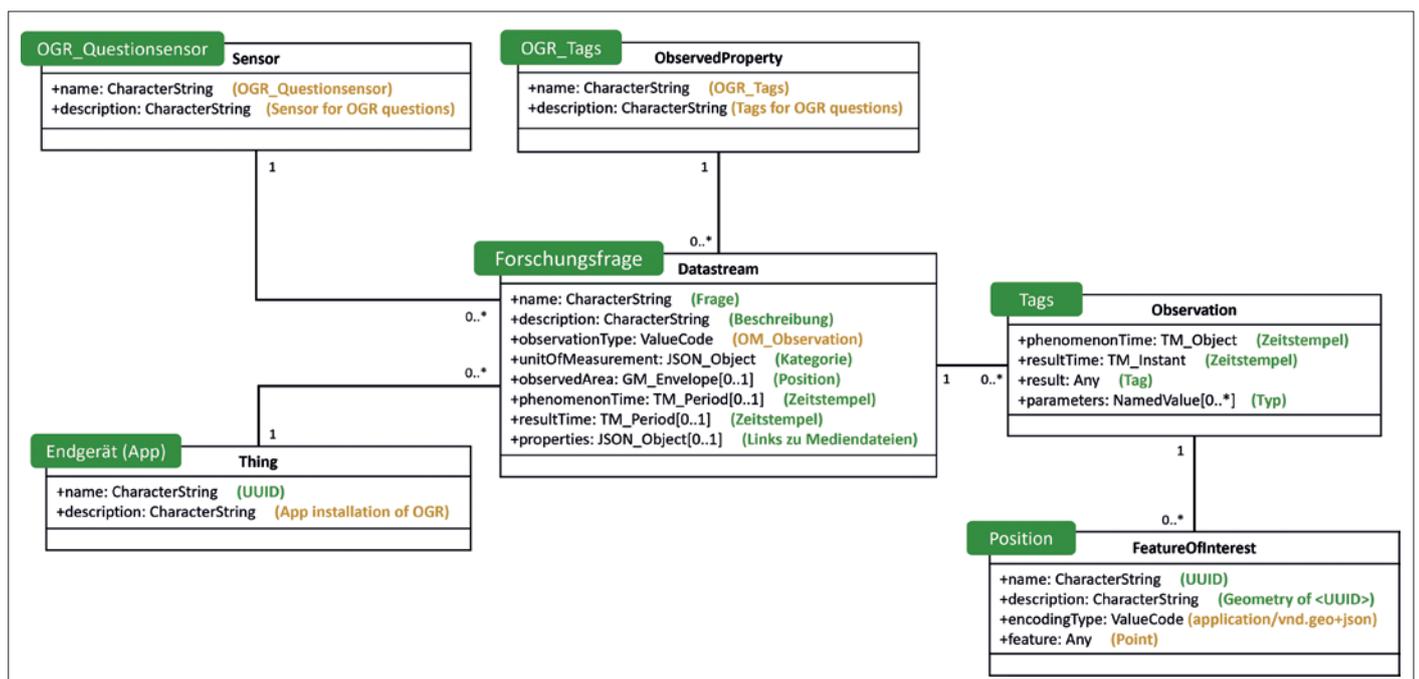


Abbildung 2: Darstellung der Systematik, nach der die eingereichten Fragen im Datenmodell der SensorThings-API gespeichert sind. Grün hinterlegte Beschriftungen an den Ecken der Entitäten geben an, welcher Teil der Informationen in welcher Entität untergebracht wird. Die Beschriftungen an den Attributen schlüsseln diese Aufteilungen weiter auf. Grüne Beschriftungen geben dabei wechselnde Inhalte je nach Fragen an und gelbe Beschriftungen zeigen Werte an, welche für alle Fragen gleichbleibend sind (die Abbildung basiert auf Liang et al. 2016).

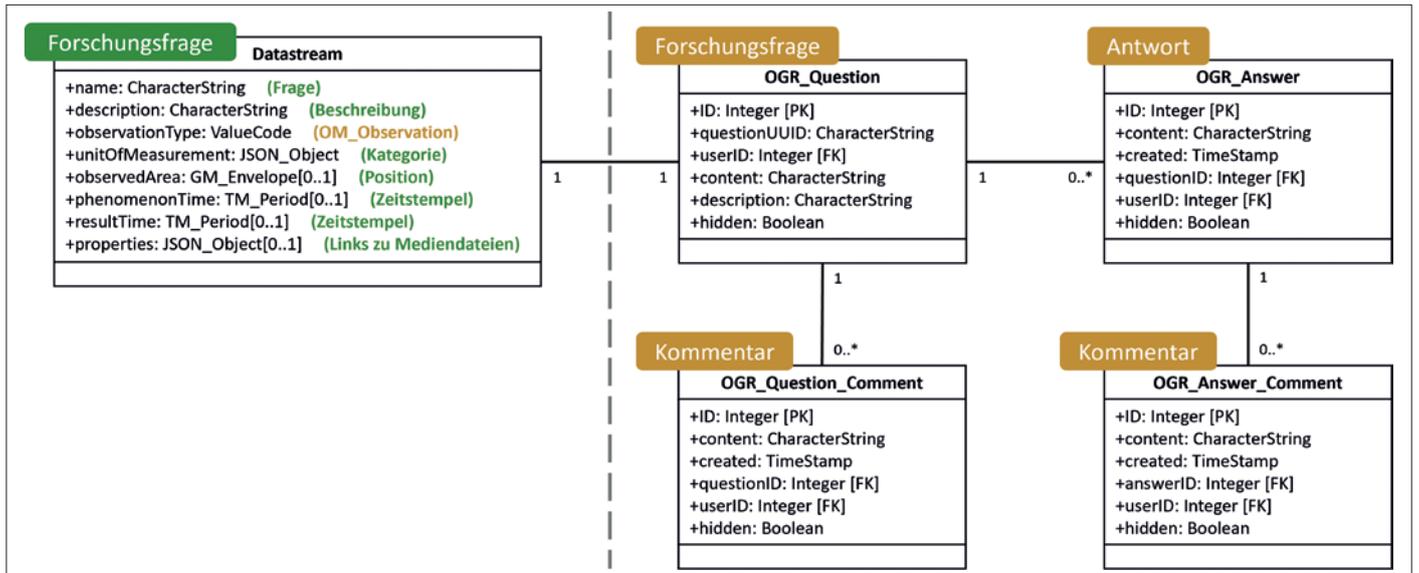


Abbildung 3: Anbindung des erweiterten Datenmodells in OpenGeoResearch an das SensorThings-Datenmodell (Auszug). Grün hinterlegte Beschriftungen an den Ecken der Entitäten markieren Entitäten des Datenmodells der SensorThings-API und gelb hinterlegte Beschriftungen Entitäten des erweiterten Datenmodells.

ten Fragen ergänzen und weitere Funktionalitäten umsetzen. Diese Daten umfassen unter anderem Antworten und Kommentare zu Fragen, die Nutzerverwaltung und Zugriffsberechtigung sowie Daten für den Betrieb der unterschiedlichen Dashboards für Fachleute, Editoren und Lehrkräfte (siehe Abschnitt 3.5). Diese Daten werden in einem eigens für OpenGeoResearch erstellten Datenmodell gespeichert. Dazu wurde eine eigene Entität zur Repräsentation von Fragen vorgesehen, welche einen Zeiger auf die entsprechende Entity *Datastream* im Datenmodell der SensorThings-API enthält. Dies ermöglicht, wie in Abschnitt 3.1 angesprochen, eine flexible Anpassung des OpenGeoResearch-Datenmodells an die Anforderungen der Plattform, während gleichzeitig das SensorThings-Datenmodell zur interoperablen Speicherung der raumbezogenen Fragen unverändert verwendet werden kann. Die Anbindung des erweiterten Datenmodells ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

3.4 GEWÄHLTE TECHNOLOGIEN ZUR UMSETZUNG DER DIENSTE

Für die Umsetzung der einzelnen in Abschnitt 3.1 beschriebenen Dienste wurden moderne und effiziente Technologien gewählt. Alle drei Frontend-Lösungen (Smartphone-App, Fragenportal und Projekt-Homepage) verwenden Vue.js bzw. Nuxt.js als Framework. Nuxt.js erlaubt die Konstruktion von wiederverwendbaren Komponenten und eine effiziente und schnelle Entwicklung von Web-Applikationen. Das Fragenportal sowie auch die Smartphone-App verwenden darüber hinaus Vuetify für eine intuitive und moderne grafische Benutzeroberfläche sowie OpenLayers zur Realisierung von GIS-Funktionalitäten. Die Smartphone-App ist als Progressive Web App (PWA) konzipiert und kann somit ebenfalls mit den genannten Web-Technologien umgesetzt werden. Dies bietet mehrere Vorteile: Zum einen ist eine besonders effiziente Entwicklung möglich, da gemeinsame Komponenten sowohl im Fragenportal als auch in der App eingesetzt werden können und so einmalig implementiert werden müssen. Zum anderen besitzen auf diese Weise beide Zugangspunkte die gleiche Gestal-

tung und Bedienung und erleichtern so den Zugang zur Plattform zusätzlich. Außerdem ist eine PWA plattformunabhängig und kann sowohl auf Android als auch iOS eingesetzt werden. Somit entfällt eine Implementierung zweier separater Apps.

Das OGR-Backend und das RegionSearch-Backend verwenden das Spring Boot Framework als Kerntechnologie. Dieses Framework ermöglicht vielseitige Applikationen und ist die Basis für eine moderne Programmierschnittstelle in OpenGeoResearch. Das OGR-Backend verwendet darüber hinaus Liquibase und Hibernate zur Kommunikation mit und zur Verwaltung der Datenbank beziehungsweise des OGR-Datenmodells. Außerdem weist das OGR-Backend zwei unterschiedliche Schnittstellen auf: zum einen eine REST-API für das Erstellen von Fragen und der Nutzerverwaltung. Zum anderen eine GraphQL-API zum Abrufen und Aktualisieren von Antworten, Kommentaren und Bewertungen zu den Fragen. Diese Art der Schnittstelle ermöglicht eine schnelle und hochinteraktive Reaktionsfähigkeit der Benutzeroberflächen, insbesondere in den Kommunikationsfunktionen der Plattform. Für das Backend der SensorThings-API wird der FROST-Server verwendet. Dieser ist eine Implementation der SensorThings-API vom Fraunhofer IOSB. Als Datenbankmanagementsystem wird PostgreSQL in Kombination mit der Erweiterung PostGIS verwendet.

Der Hintergrunddienst zur Analyse der Bilder, welche mit den Fragen verknüpft und hochgeladen wurden, untersucht die Bilder automatisch in zweierlei Hinsicht. Zum einen werden die Bilder mittels TensorFlow und einem vortrainierten neuronalen Netz auf unerwünschte Inhalte hin untersucht. Außerdem wird durch Verwendung von RetinaFace festgestellt, ob die Bilder menschliche Gesichter enthalten, um diese herauszufiltern. Mithilfe dieser Auswertungen wird sichergestellt, dass die hochgeladenen Bilder für die Darstellung in OpenGeoResearch geeignet sind.

3.5 ZUGANGSPUNKTE ZU OPENGEORESEARCH

Die Zugangspunkte zu OpenGeoResearch sind eine entscheidende Komponente der Plattform. Über diese Zugangspunkte erhalten

Nutzer Zugriff auf die Informationen und Funktionen, die das Geoinformationssystem bereitstellt. OpenGeoResearch verfügt über zwei Zugangspunkte mit jeweils unterschiedlichen Anforderungen. Der erste Zugangspunkt ist die Smartphone-App, während das Fragenportal den zweiten Zugangspunkt darstellt.

Smartphone-App

Die raumbezogenen Fragestellungen der Nutzer können ausschließlich über die Smartphone-App eingereicht werden, damit die Fragen direkt an dem Ort erstellt werden, an welchen die Menschen ihnen begegnen. Darüber hinaus sind auch Funktionen für Kommunikation und Erkundung in die App integriert. Eigene Fragen können erneut besucht und mögliche Antworten und Kommentare direkt angesehen werden. Es ist auch möglich, selbst auf Fragen – eigene oder die von anderen Nutzern – zu antworten oder diese zu kommentieren bzw. zu bewerten. Für die Erkundung von Fragen stehen zwei Optionen zur Verfügung. Die erste Option ist eine Kartenansicht, auf der die eingereichten Fragen georeferenziert dargestellt werden. Dazu ist in die App ein mobiles Web-GIS integriert, welches auf die SensorThings-API und die OpenGeoResearch-API zugreift. Die zweite Möglichkeit besteht darin, vordefinierte Listen mit Fragen anzuzeigen. Dazu werden Listen mit den Fragen mit den besten Bewertungen, den neuesten Fragen und den noch unbeantworteten Fragen stetig im Hintergrund aktualisiert und in der App angezeigt. Abbildung 4 zeigt Ausschnitte der Benutzeroberfläche der Smartphone-App.

Fragenportal

Das browserbasierte Fragenportal dient ausschließlich dem Beantworten und Erkunden von eingereichten Fragen. Ähnlich wie in der App können die Fragen über Listen für neueste, am besten bewertete oder unbeantwortete Fragen angezeigt werden. Ebenso ist eine Darstellung direkt auf der Karte möglich. Das Fragenportal ist dabei allerdings speziell zur Verwendung auf großen Bildschirmen ausgelegt und eröffnet damit zusätzliche Möglichkeiten, die Fähigkeiten eines Web-GIS zur Anwendung zu bringen. Die Kartenansicht wird mit den ausgewählten Listen oder Filtern aktualisiert und ist jederzeit gleichzeitig mit den anderen Informationen im Bild. So können die Fragen besser in ihrem räumlichen Kontext erschlossen werden. Die Filteroptionen ermöglichen es, die angezeigten Fragen nach Kategorien oder Tags zu filtern. Diese Funktionalitäten helfen auch dabei, den Beantwortungsprozess effizienter zu gestalten. In Abbildung 5

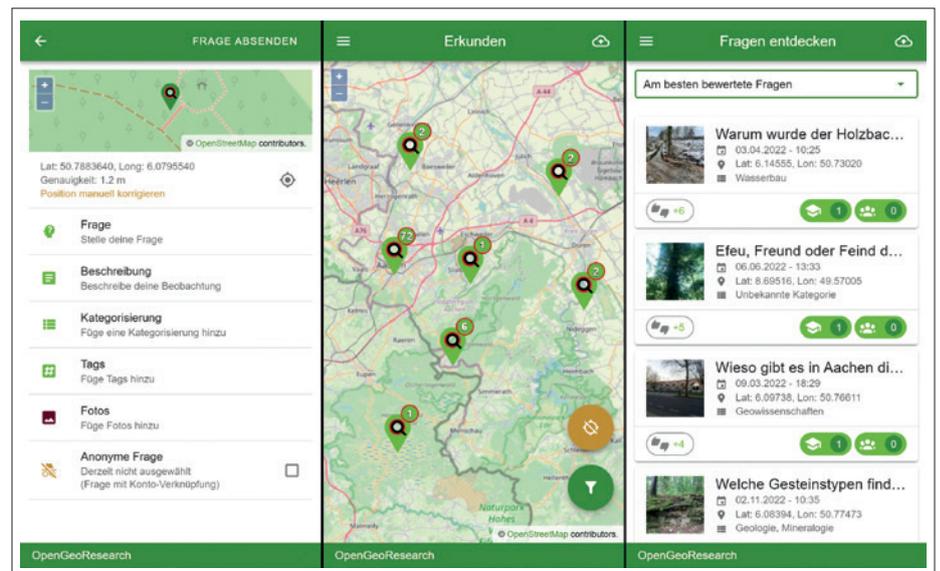


Abbildung 4: Ansichten der Smartphone-App von OpenGeoResearch. Von links nach rechts: (1) Eingabemaske für eine neue raumbezogene Fragestellung, (2) Karte mit Markern an Positionen von eingereichten Fragen, (3) Liste der Fragen mit höchster Bewertung.

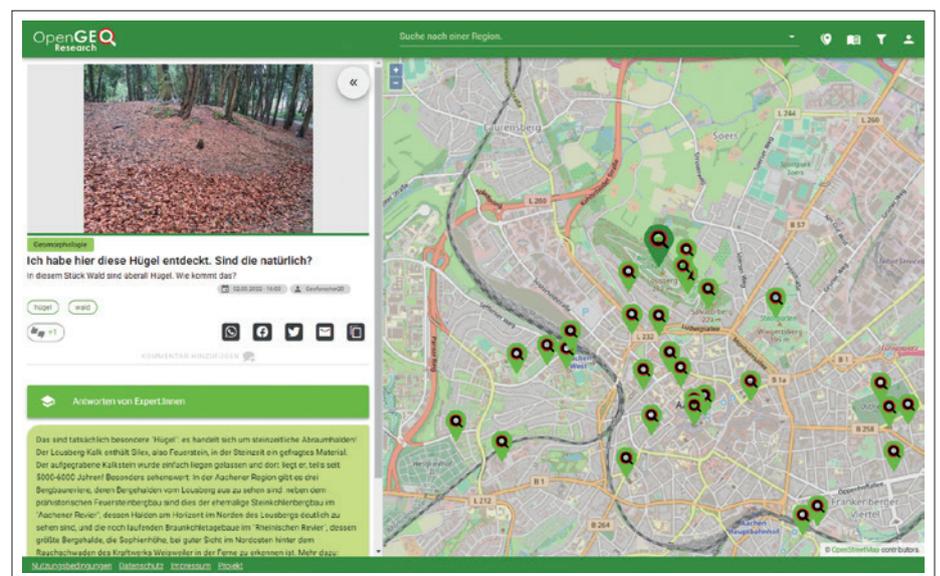


Abbildung 5: Darstellung einer raumbezogenen Fragestellung im Fragenportal

wird die Darstellung einer ausgewählten Frage im Fragenportal gezeigt.

Zusätzlich beinhaltet das Fragenportal noch mehrere aufgabenspezifische Dashboards, welche verschiedenen Nutzergruppen zur Verfügung stehen. Das Editoren-Dashboard ist speziell für die Anforderungen der in das Projekt im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2022 eingebundenen Fachleute aus den Geowissenschaften konzipiert. In diesem Dashboard können alle Fragen gesichtet, kategorisiert und an einzelne Fachleute zur Beantwortung weitergeleitet werden. Eine detaillierte Beschreibung des Beantwortungsprozesses erfolgt in Abschnitt 4. Zusätzlich steht auch ein allgemeines Experten-Dashboard zur Verfügung. Auf dieses Dashboard erhalten alle Nutzer Zugriff, welche vom Projektteam als Fachleute bestätigt wurden. In diesem Dashboard laufen diejenigen Fragen auf, zu denen von den Editoren eine

Anfrage zur Beantwortung versendet wurde. Darüber hinaus gibt es noch ein Moderations-Dashboard, in welchem die Moderatoren alle als problematisch eingestuft Bilder und Textbeiträge einsehen und gegebenenfalls freigeben oder sperren können. Ein weiteres viertes Dashboard zur Verwaltung von sogenannten Fragen-serien steht ebenfalls zur Verfügung. Die Funktionalität der Fragen-serien wird in Abschnitt 5.2 genauer erläutert.

4 BEANTWORTUNG RAUMBEZOGENER FRAGESTELLUNGEN

Raumbezogene Fragen werden von Nutzern der App eingereicht. Im Anschluss sind diese für die Fachleute und die Community im Fragenportal und der App zugänglich. Die Editoren sichten die neuen und unbeantworteten Fragen und leiten diese an geeignete Fachleute mit Bitte um Beantwortung weiter, sofern – wie in der Anwendung für das Wissenschaftsjahr 2022 – spezielle Expertise-Gruppen vorgesehen sind. Konnte nach einer Frist von einer Woche keine Antwort gefunden werden, wird die Frage einem weiteren Experten vorgelegt. Sollte auch in der zweiten Stufe keine Antwort gefunden werden, kann diese immer noch durch die Community beantwortet oder ergänzt werden. Dabei ist für die Nutzer immer ersichtlich, ob eine Antwort von bestätigten Fachleuten kommt oder von jemandem aus der Community. Der Beantwortungsprozess ist in Abbildung 6 schematisch dargestellt.

Die Editoren besitzen dabei auch die Rolle von Fachleuten und können Fragen grundsätzlich selbst beantworten. Dabei ist es von Vorteil, wenn die Editoren zumindest soweit über spezifisches Fachwissen zur Einordnung der Fragen verfügen, sodass sie die Anfragen zielgerichtet an Fachleute weiterleiten können. Fragen können auch durch die Nutzer selbst kategorisiert und getaggt werden und werden so direkt bestimmten Fachbereichen zugeordnet. Bei Bedarf können die Editoren die semantischen Informationen zu den Fragen auch ergänzen.

Eine Antwort erfolgt mittels einfachem Text sowie Hyperlinks zu weiteren Informationen. Dabei können auch externe Geodaten-dienste (WMS) zur Beantwortung der raumbezogenen Fragestellungen angebunden und in einer Kartenansicht angezeigt werden. Ein Beispiel dafür ist eine Frage in OpenGeoResearch zu einem neuzeitlichen Herrnsitz in der Nähe von Stolberg im Rheinland (<https://map.opengeoresearch.org/question/229>). Durch Einbindung einer aktuellen topographischen Karte und einer historischen Karte für den Zeitraum 1936 bis 1945 über Web Map Services konnten zusätzliche Informationen zu dieser Frage bereitgestellt werden.

Im Zusammenhang mit dem Beantwortungsprozess ergaben sich mehrere Herausforderungen. Zum einen ist die Zuleitung der Fragen zu den richtigen Fachleuten durch die Editoren sehr aufwendig. Die Editoren müssen jede Frage begutachten und dann aus den vorhandenen Fachleuten eine Auswahl treffen. Damit ist ein erheblicher personeller Aufwand mit dem Betrieb der Plattform verbunden. Eine Automatisierung dieser Fragenzuleitung wäre

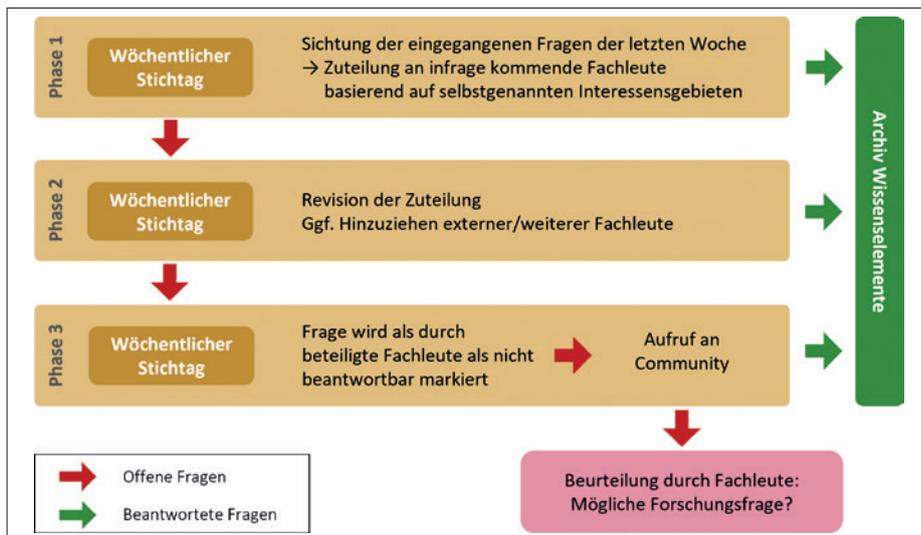


Abbildung 6: Darstellung des Beantwortungsprozesses in OpenGeoResearch

eine erstrebenswerte Weiterentwicklung für OpenGeoResearch. Neueste Entwicklungen im Bereich der künstlichen Intelligenz, in Form von Large Language Models, können die Basis für eine solche Automatisierung sein. So könnten die Fragen sowie deren Beschreibung, Tags und Kategorisierung automatisiert ausgewertet und zu Fachbereichen zugeordnet werden. Eine weitere Herausforderung liegt in der Beantwortung der Fragen selbst. Auch hierfür sind Kapazitäten von entsprechenden Fachleuten notwendig. Im Rahmen des Projekts OpenGeoResearch – Klima, Umwelt, Stadt konnten diese Kapazitäten über die Fördermittel abgebildet werden. Eine weitere Möglichkeit, Kapazitäten zur Beantwortung von Fragen zu schaffen, ist die Einbindung von Freiwilligen aus der Community. Ein solche Einbindung ist allerdings ohne aufwendige Maßnahmen des Community-Building sowie auch umfassender technischer Betreuung der Anwendung nicht möglich. Die Plattform bietet allerdings eine Grundlage zur Umsetzung von Projekten bereits vernetzter Personen, welche die App als Kommunikationsplattform zum strukturierten Informationsaustausch nutzen wollen. Diese Projekte könnten von kleineren privaten Initiativen bis hin zu finanzierten Projekten reichen, die dann wiederum auch eine aufwendigere Betreuung der Plattform ermöglichen würden. Weitergehende Erläuterungen zum Einsatz von OpenGeoResearch in der Citizen Science erfolgen in Abschnitt 5.2.

5 NUTZUNG DER PLATTFORM

5.1 EINSATZ IM WISSENSCHAFTSJAHR 2022

Das Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt! wurde initiiert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und hatte zum Ziel, Fragen aus der Bevölkerung an die Wissenschaft einzusammeln und Wissenschaft und Bürger in den Dialog zu bringen. OpenGeoResearch wurde in diesem Rahmen im Forschungsprojekt „OpenGeoResearch – Klima, Umwelt, Stadt“ eingesetzt, um speziell raumbezogene Fragestellungen an die Geowissenschaften einzusammeln. Insgesamt war die Plattform OpenGeoResearch in dieser Zeit vom 03.03.2022 bis zum 31.11.2022 aktiv. Die Smartphone-App wurde in dieser Zeit 540-mal heruntergeladen. Der Verlauf der Downloads über diesen Zeitraum ist in Abbil-

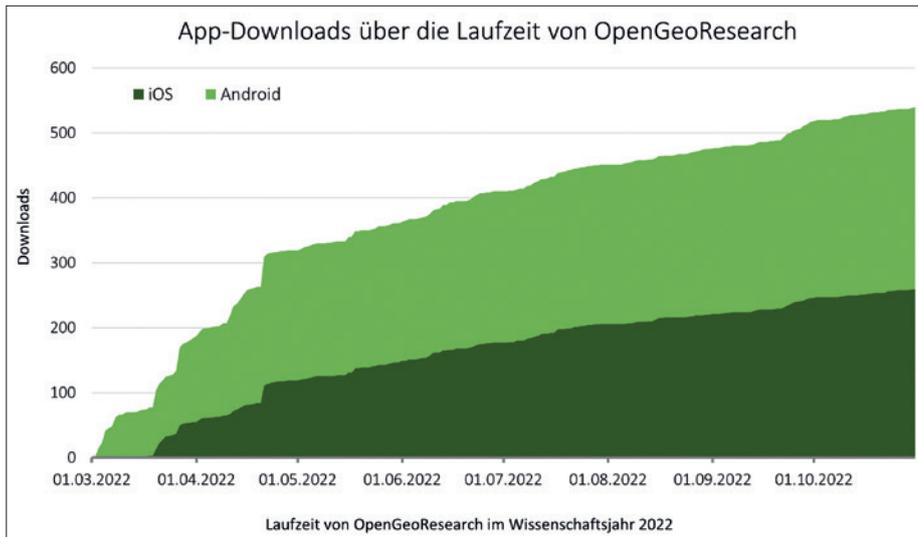


Abbildung 7: App-Downloads über die Laufzeit von OpenGeoResearch, getrennt für die beiden Betriebssysteme Android und iOS

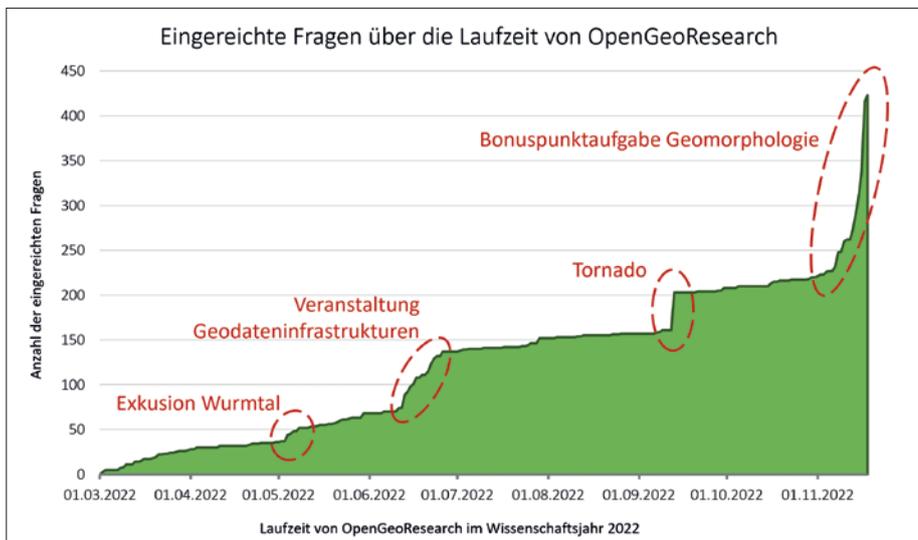


Abbildung 8: Eingereichte Fragen über die Laufzeit von OpenGeoResearch

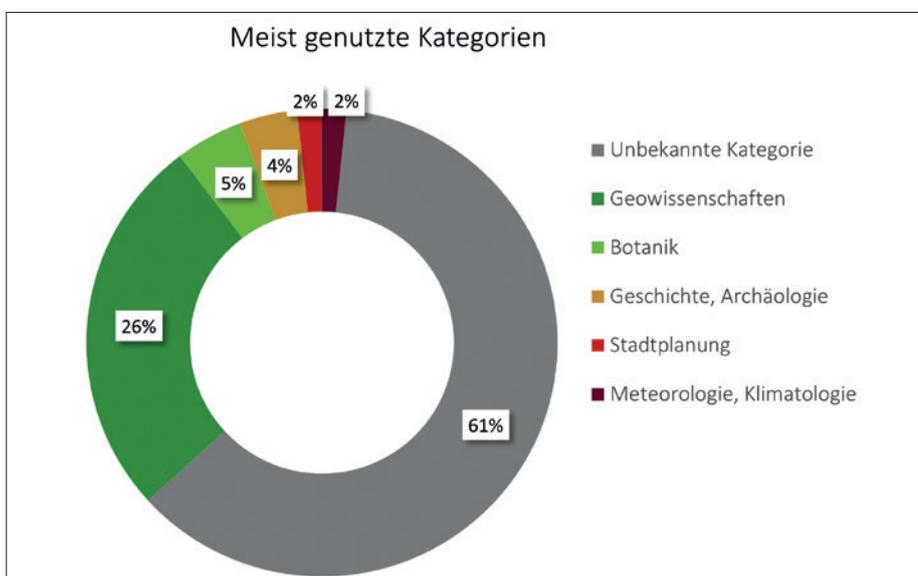


Abbildung 9: Meist genutzte Kategorien für Fragestellungen in OpenGeoResearch

Abbildung 7 dargestellt. Ein wesentlicher Unterschied in der Nutzung der App auf Android oder iOS kann nicht festgestellt werden. Das verzögerte Einsetzen der Downloads auf iOS-Geräten ist auf einen verzögerten Release für dieses Betriebssystem aufgrund von Lieferschwierigkeiten der notwendigen Hardware zurückzuführen.

Über die Laufzeit von OpenGeoResearch im Wissenschaftsjahr 2022 wurden insgesamt 423 Fragen beigetragen. Der Verlauf der Frageneinreichungen ist in Abbildung 8 dargestellt. Dabei ist zu bemerken, dass nicht alle Fragen einzelne Fragestellungen aus der Bevölkerung beinhalten, sondern einige auch aus sogenannten Fragenserien stammen. In diesen Fragenserien werden Beobachtungen zu einer übergeordneten Fragestellung räumlich verortet gesammelt, um so räumlich verteilte Informationen zu einem Oberthema zu bündeln. Im Fragenportal von OpenGeoResearch werden diese Beiträge standardmäßig ausgeblendet und können bei Bedarf für die jeweilige Fragenserie einblendbar werden. Die Funktionalität dieser Fragenserien wird in Abschnitt 5.2 im Detail erläutert.

Der Verlauf des Frageneingangs in Abbildung 8 zeigt einen kontinuierlichen Anstieg der Fragen mit vier Sprüngen, welche in der Abbildung rot markiert sind.

Der erste Anstieg ist im Rahmen einer Exkursion der Fachschaft „Geographie“ der RWTH Aachen durch das Wurmatal entstanden. Dabei haben Studierende ihre Beobachtungen während der Exkursion als Fragen in OpenGeoResearch eingereicht. Der zweite Anstieg geht auf einen Einsatz der Plattform in der Veranstaltung „Geodateninfrastrukturen“ in der Fachrichtung „Geoinformatik und Vermessung“ an der Hochschule Mainz zurück. Hier haben Studierende Fragen aus dem urbanen Raum aufgezeichnet. Der dritte sprunghafte Anstieg ist auf die erste in OpenGeoResearch aufgenommene Fragenserie zurückzuführen. In dieser Fragenserie wurden Hinweise auf die Auswirkungen des Tornados in Paderborn am 20.05.2022 aufgenommen. Der vierte Sprung ist ebenfalls auf eine Fragenserie zurückzuführen. In dieser Zeit wurde der Einsatz von OpenGeoResearch in der Hochschullehre weiter untersucht und eine Bonuspunktaufgabe im Rahmen der Grundvorlesung „Einführung in die Geomorphologie“ durchgeführt. Nähere Erläuterungen zu der Fragen-

serie zum Tornado befinden sich in Abschnitt 5.2 und zu der Fragenserie innerhalb der Bonuspunktaufgabe Geomorphologie in Abschnitt 5.3.

Die eingereichten Fragen können direkt durch die Nutzer selbst kategorisiert und damit bestimmten wissenschaftlichen Fachbereichen zugeordnet werden. Abbildung 9 zeigt die Verteilung der häufigsten Kategorien der eingereichten Fragen.

Insgesamt wurden 39 % der eingereichten Fragen durch die Nutzer selbst kategorisiert. Der Großteil der kategorisierten Fragen liegt innerhalb der Bereiche Geologie und Geographie sowie der Botanik. Geschichte, Stadtplanung und Meteorologie spielen nur eine untergeordnete Rolle. Zur Kategorisierung wurde die Österreichische Systematik der Wissenschaftszweige (ÖFOS) (Hoffmann 2012) verwendet. Diese Systematik basiert auf den Fields of Science and Technology (FOS) (OECD 2015), wurde jedoch für die Verwendung in Österreich angepasst und ist aus diesem Grund in deutscher Sprache gehalten. Es handelt sich dabei um eine hierarchische Kategorisierung, was die Auswahl eines geeigneten Wissenschaftsfelds deutlich vereinfacht. Ist sich ein Nutzer oder eine Nutzerin unsicher über die richtige Zuordnung, kann ein übergeordneter Bereich in höherer hierarchischer Ebene ausgewählt werden. Ansonsten kann die Zuordnung auch sehr genau auf einer niedrigeren Ebene erfolgen. In der Smartphone-App von OpenGeoResearch konnten die Nutzer die Kategorie beim Erstellen der Frage mit auswählen. In OpenGeoResearch war zusätzlich nur eine vereinfachte Version der ÖFOS vorhanden, welche zur einfacheren Orientierung auf relevante Bereiche der Geowissenschaften und verwandter Bereiche aus Klima, Umwelt und Stadt beschränkt wurde. Für eine wissenschaftliche Auswertung der Fragen konnten Tags und Kategorien nachträglich durch Fachleute zugewiesen werden. Bei Durchsicht der Fragen zum Thema „Gewässer“ ergab sich beispielsweise, dass alle Fragen statt natürlicher Gewässerstrukturen wasserbauliche Maßnahmen betreffen, von denen einige offenbar keine aktuelle Funktion mehr haben. Unmittelbar nach den Hochwasserereignissen 2021 im Einzugsgebiet stellt die Rolle dieser alten wasserbaulichen Maßnahmen sicher eine relevante Forschungsfrage dar.

5.2 EINSATZMÖGLICHKEITEN ALS CITIZEN-SCIENCE-PLATTFORM

OpenGeoResearch ergänzt die Wissenschaftswelt auch als Citizen-Science-Plattform, indem sie Einzelpersonen die Möglichkeit bietet, aktiv zu geowissenschaftlicher Forschung beizutragen. Auf Forschungsvorhaben zugeschnittene Funktionen ermöglichen es Bürgern, Beiträge zu leisten, die das Verständnis unserer Umwelt weiterentwickeln. Im Kontext der Citizen Science ist insbesondere die Funktionalität der Fragenserien von Bedeutung. Wie in den Abschnitten 4 und 5.1 bereits angesprochen, ermöglichen diese Serien, Informationen zu übergeordneten Fragestellungen mithilfe von raumbezogenen Beobachtungen zu sammeln. Auf diese Weise können nicht nur direkte Fragen an die Wissenschaft

gestellt werden. So können auch Aufgabenstellungen zur Beobachtung bestimmter Phänomene im Sinne der Citizen Science erstellt und durchgeführt werden, ebenso wird es möglich, hochaktuelle und hochspezifische thematische Karten zu erstellen. Ein Beispiel für eine solche Beobachtungsaufgabe zu einer übergeordneten Fragestellung, mit welcher eine thematische Karte erstellt wurde, ist in Abbildung 10 dargestellt. Es handelt sich dabei um eine Sammlung von Schäden, welche durch einen Tornado am 20.05.2022 in Paderborn entstanden sind. Die Zusammenfassung einzelner Bilder von Sturmschäden zu einer georeferenzierten Karte der Schäden ermöglicht ein weitergehendes Verständnis des Schadensausmaßes insgesamt. Im Beispiel der beobachteten Schäden infolge des Tornados ist die Zugbahn des Tornados durch die Stadt unmittelbar zu erkennen und betroffene Bereiche können leicht eingegrenzt werden. Die Aufnahme der hier gezeigten Beobachtungen konnte in etwa einer Stunde durchgeführt werden. Auf Basis dieser Funktionalitäten in OpenGeoResearch sind vielfältige andere Beobachtungen räumlich verteilter Phänomene denkbar. Diese können von der Untersuchung historischer Anlagen bis hin zur Beobachtung von regionalen Auswirkungen des Klimawandels reichen. Die Besonderheit ist dabei, dass diese vielfältigen Fragestellungen innerhalb einer offenen Plattform durchführbar sind. Einzelne Citizen-Science-Projekte benötigen keine eigene proprietäre Lösung zur Sammlung von Daten. Außerdem können interessiertere Bürger an verschiedenen Projekten und Fragestellungen zur selben Zeit mitwirken und erhalten sofortiges Feedback zu den gesammelten Beiträgen durch die aktualisierte Visualisierung auf der thematischen Karte. Die gesammelten Daten können, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, über eine einheitliche Programmierschnittstelle abgerufen werden.

5.3 EINSATZ IN LEHRE UND DIDAKTIK

Eine Einbeziehung von Schulkindern in Citizen-Science-Projekte kann nicht nur die räumliche und zeitliche Dimension der Datenerfassung erweitern, sondern auch die Lehrpläne der Schulen, das Verständnis der Öffentlichkeit für den wissenschaftlichen Prozess und die Entscheidungen des Umweltmanagements unter-

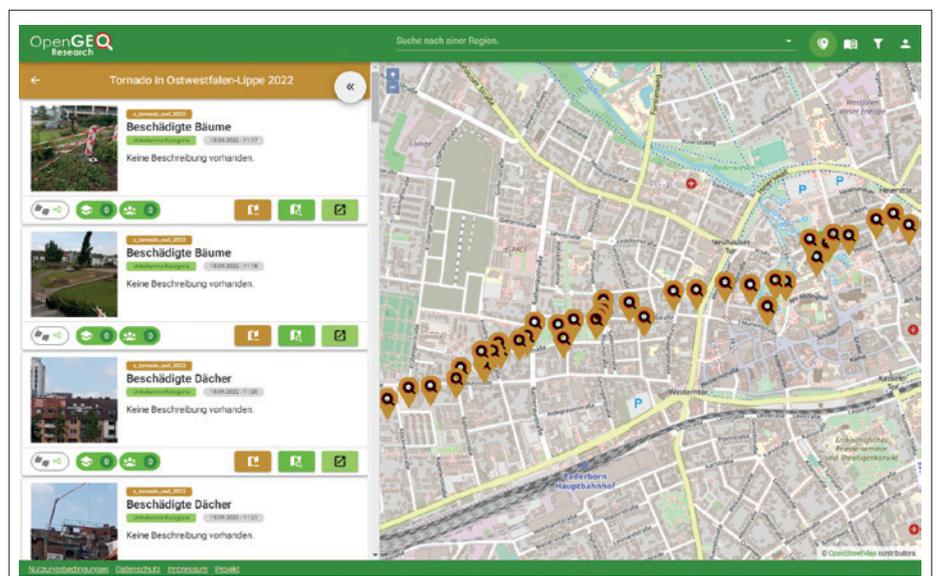


Abbildung 10: Visualisierung der erfassten Sturmschäden in Paderborn

stützen (Eastman et al. 2014). In diesem Rahmen eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten für einen Einsatz von OpenGeoResearch in Schulen, insbesondere im Zuge von Exkursionen und Klassenausflügen. Dabei kann OpenGeoResearch eine Rolle spielen, um den Schülern interaktive Erkundungen im Gelände zu ermöglichen, sei es in ländlichen oder städtischen Gebieten. Besonders die Funktion der Fragenserien erweist sich als wertvolle Ergänzung für den Unterricht. Lehrkräfte können thematische Fragestellungen vorgeben, die von den Schülern individuell oder in Gruppen bearbeitet und gemeinsam beantwortet werden. Die Bandbreite der Fragestellungen ist nahezu unbegrenzt, von der Erfassung von baulichen Leerständen in Innenstädten über die Kartierung historischer Stadtmauerreste bis hin zur zeitlichen Verortung von Frühblühern.

Die Ergebnisse der Schüler werden automatisch gesammelt und können in der OpenGeoResearch-App räumlich verortet, eingesehen oder zum weiteren Einsatz im Unterricht über die SensorThings-API heruntergeladen werden (siehe Abschnitt 3.2). Der Einsatz der App im Unterricht wurde von den Lehrkräften der Geographie sowie von den Schülern an Pilotschulen in Aachen und Köln positiv aufgenommen. Damit trägt OpenGeoResearch nicht nur zur Bereicherung des Schulunterrichts bei, sondern bietet auch einen Mehrwert für die Digitalisierung von Schulen. Die App ermöglicht einerseits eine effektive Integration digitaler Anwendungen in den Unterricht und fördert andererseits die Medienkompetenz der Schüler. So wurden beispielsweise Hinweise zur Gentrifizierung in Stadtteilen anhand räumlicher Indikatoren in OpenGeoResearch kartiert sowie eine Exkursion von Schülern in einem Waldgebiet durch Fragestellungen in OpenGeoResearch begleitet.

OpenGeoResearch leistet somit einen Beitrag zur Förderung der Partizipation und digitalen Bildung in Schulen. Das Projekt eröffnet neue Wege, Geodaten in den Schulunterricht zu integrieren und das Interesse der Schüler an geowissenschaftlichen Themen zu wecken. Durch die Kombination von praktischer Erfahrung vor Ort und der Nutzung digitaler Werkzeuge entsteht ein ganzheitlicher Lernansatz, der es Schülern ermöglicht, ihre Umgebung aktiv zu erkunden und geographische Zusammenhänge besser zu verstehen. Neben der technischen Plattform, welche mit OpenGeoResearch zur Verfügung steht, sind jedoch weitere Entwicklungen notwendig, um einen nachhaltigen Einsatz in der GeoDidaktik zu realisieren. Ein umfassendes Konzept zur Einbindung einer solchen Plattform in die schulische Lehre muss erst noch entwickelt werden. Auch hierbei spielen Herausforderungen im Zusammenhang mit den notwendigen Kapazitäten zur Beantwortung der Fragen eine Rolle (siehe Abschnitt 4). Die Einbindung weiterer Stakeholder in diesem Bereich, wie Schulen, (pädagogische) Hochschulen und Ministerien bzw. die Politik, wird für die Entwicklung eines solchen Konzepts ein zusätzlich erforderlicher Schritt sein.

Auch in der Hochschullehre konnte OpenGeoResearch erfolgreich eingesetzt werden. Mit OpenGeoEdu existiert bereits ein Projekt zur Nutzbarmachung von offenen Geodaten in raumbezogenen Studiengängen (Bill et al. 2018, siehe auch Bill 2024 in diesem Heft). OpenGeoEdu zielt darauf ab, wissenschaftlichem Nachwuchs den Umgang mit offenen Geodaten als selbstverständlich nahezubringen und aktivere Studienbedingungen zu ermöglichen. Daneben eröffnet OpenGeoResearch die Möglich-

keit, Beobachtungen in der Realwelt zu bewerten und selbst in Form offener Geodaten zu erfassen und zum Datenschatz der Wissenschaft beizutragen. Im Wintersemester 2022/23 wurde eine Bonuspunktaufgabe im Modul „Geomorphologie“ im Studiengang „Angewandte Geographie“ an der RWTH Aachen über die Plattform durchgeführt. Insbesondere für Studierende geowissenschaftlicher Studiengänge ist das Übertragen von Vorlesungsinhalten, die anhand idealtypischer Beispiele vermittelt werden, auf die realweltliche Umgebung eine Kernkompetenz, die häufig als besondere Herausforderung wahrgenommen wird. Daher soll bereits früh ein „geographischer Blick“ auf die Umgebung geschult werden. Im Rahmen der Zusatzaufgabe sollten Beispiele für verschiedene Gesteinstypen und geomorphologische Formen gefunden, fotografisch dokumentiert und bestimmt werden. Daraus entstand eine Karte über Fundstellen unterschiedlicher Gesteinstypen in Bauwerken oder Böden in Aachen und Umgebung. Neben den Möglichkeiten, ähnlich wie im schulischen Umfeld, Exkursionen und ganzheitliches Erkunden von Lehrinhalten durch eine solche Plattform zu ergänzen, ergeben sich auch potenzielle Anwendungsfelder innerhalb von Forschungsprojekten. Studierende bzw. Hilfskräfte können auf diese Weise sowohl selbst an Forschungsprojekten als auch bei der Erarbeitung von Lehrinhalten mitwirken. So können Lehre und Forschung in den Geowissenschaften stärker miteinander verknüpft werden.

6 FAZIT

Die Plattform OpenGeoResearch wurde im Rahmen der Forschungsprojekte „OpenGeoResearch“ und „OpenGeoResearch – Klima, Umwelt, Stadt“ entwickelt und in unterschiedlichen Formen der Partizipation an der Wissenschaft erfolgreich eingesetzt. Durch die Nutzung von anerkannten Standards und modernen Technologien konnte eine offene Plattform für raumbezogene Fragestellungen und Partizipation an den Geowissenschaften entwickelt werden.

Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz eines verteilten Geoinformationssystems zum Einsammeln raumbezogener Fragestellungen an die Wissenschaft, sowohl im Sinne einer Civic Technology als auch der Citizen Science, eine geeignete Strategie zur Stärkung von Austausch, Teilhabe und Datenerfassung ist. Eingesetzt wurde OpenGeoResearch im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2022 – Nachgefragt! zum Einsammeln und Beantworten raumbezogener Fragen an die Wissenschaft. Die Öffentlichkeit hat dieses Angebot innerhalb der prototypischen Erprobung während der Projektlaufzeit wahrgenommen und vielfältige Fragen an die Geowissenschaften eingereicht. Ein Großteil dieser Fragen konnte durch die eingebundenen Fachleute beantwortet werden. Darüber hinaus haben sich auch neue Forschungsfragen ergeben. OpenGeoResearch konnte auch in der schulischen und universitären Lehre mit vielversprechenden Ergebnissen getestet werden. Auch der Einsatz im Umfeld der Citizen Science, hier zum Erstellen spezifischer georeferenzierter Datensätze, hat das Potenzial der Plattform gezeigt.

Forscher erhalten mit der Plattform die Möglichkeit, vielfältige Citizen-Science-Projekte auf einfache Weise zu initiieren, was das Engagement und die aktive Beteiligung weiter fördert. Zudem nutzt OpenGeoResearch interoperable Datenstandards und fördert damit den Austausch und die Nachnutzung von Forschungs-

daten, was die Kollaboration und den Fortschritt in verschiedenen Forschungsbereichen fördert. Ein weiterer zentraler Aspekt ist der ganzheitliche Ansatz zur Integration raumbezogener Informationen in den Schulunterricht. Durch die Bereitstellung relevanter und zugänglicher Daten können Schüler ein tieferes Verständnis für die Geowissenschaften entwickeln. Gleichzeitig wird durch eine Nutzung der Plattform in der Hochschullehre eine Möglichkeit für einen engeren Bezug zur aktuellen Forschung eröffnet. OpenGeoResearch hat ein breites Einsatzgebiet und kann in Forschungsprojekten in verschiedensten Bereichen, darunter Naturkatastrophen, partizipative Stadtplanung und -gestaltung sowie Forschung in Umwelt- und Klimafragen, zum Einsatz kommen. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Beitrags sind bereits Folgeprojekte zur Erweiterung und Untersuchung weiterer möglicher Anwendungsbereiche für OpenGeoResearch beantragt.

Durch den in diesem Beitrag beschriebenen Einsatz von OpenGeoResearch konnte weitreichendes Potenzial für weitere Nutzungen und Anwendungen in der Zukunft aufgezeigt werden. Es wurde deutlich, dass OpenGeoResearch mehr als eine digitale Plattform ist. Es kann ein Werkzeug für die Verbreitung und Erweiterung des geowissenschaftlichen Wissens in der breiten Öffentlichkeit sein. OpenGeoResearch ermöglicht die aktive Teilnahme von Einzelpersonen an der Wissenschaft und stärkt ihre Fähigkeit, Forschung zu verstehen und für ihre eigene Entscheidungsfindung zu nutzen.

Danksagung

Die Verfasser danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung im Rahmen der Projekte OpenGeoResearch (FKZ: 16IP101) und OpenGeoResearch – Klima, Umwelt, Stadt (FKZ: 01WJ2208).

Ein besonderer Dank gilt Prof. Dr.-Ing. Markus Schaffert an der Hochschule Mainz, Fachbereich Technik, Fachrichtung Geoinformatik und Vermessung, für das umfangreiche Testen der OpenGeoResearch-App während der Entwicklungsphase und den Einsatz der Plattform in einer Lehrveranstaltung zu Geodateninfrastrukturen.

Außerdem bedanken sich die Verfasser bei der Fachschaft Geographie der RWTH Aachen für die Unterstützung bei verschiedenen Feldtests der OpenGeoResearch-App.

Daten

Die in OpenGeoResearch eingereichten Fragen und beigetragenen Beobachtungen sind verfügbar als Public Domain unter der Lizenz CC0 1.0 und können über die projekteigene SensorThings-API abgerufen werden.

Weitere Information zur Nutzung dieser Programmierschnittstelle unter <https://www.opengeoresearch.org/api>.

Quellcode

Der Quellcode von OpenGeoResearch ist Open Source. Die einzelnen Komponenten der Plattform stehen auf GitHub unter der GPL-3.0-Lizenz zur Verfügung: <https://github.com/OpenGeoResearch>.

Literatur

Arsanjani, J.; Vaz, E. (2015): An assessment of a collaborative mapping approach for exploring land use patterns for several European metropolises. In: *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 35, Part B, S. 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.09.009>.

Bill, R. (2024): OpenGeoEdu – Ergebnisse und Erfahrungen nach fünf Jahren Laufzeit. In: *gis.Science* 1/2024, S. 14–18. DOI: 10.14627/gis.Science.2024.1.2.

Bill, R.; Lorenzen-Zabel, A.; Hinz, M. (2018): Offene Daten für Lehre und Forschung in raumbezogenen Studiengängen – OpenGeoEdu. In: *gis.Science* 1/2018, S. 32–44.

Blankenbach, J.; Schaffert, M. (2010): A SDI and Web 2.0 based Approach to Support E-Participation in Municipal Administration and Planning Strategies. Proceedings of the XIV FIG International Congress, Sydney, Australia. https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2010/papers/ts07e/ts07e_blankenbach_schaffert_3997.pdf (30.08.2023).

Bonn, A.; Brink, W.; Hecker, S.; Herrmann, T. M.; Liedtke, C.; Premke-Kraus, M.; Voigt-Heucke, S.; von Gönner, J.; Altmann, C.; Bauhus, W.; Bengtsson, L.; Brandt, M.; Bruckermann, T.; Büermann, A.; Dietrich, P.; Dörler, D.; Eich-Brod, R.; Eichinger, M.; Fersching, L.; Freyberg, L.; Grütznert, A.; Hammel, G.; Heigl, F.; Heyen, N. B.; Hölker, F.; Johannsen, C.; Kiefer, S.; Klan, F.; Kluß, T.; Klutti, T.; Knapp, V.; Knobloch, J.; Koop, M.; Lorke, J.; Munke, M.; Mortega, K. G.; Pathe, C.; Richter, A.; Schumann, A.; Soßdorf, A.; Stämpfli, T.; Sturm, U.; Thiel, C.; Tönsmann, S.; van den Bogaert, V.; Valentin, A.; Wagenknecht, K.; Wegener, R.; Woll, S. (2022): White Paper Citizen Science Strategy 2030 for Germany. Helmholtz Association, Leibniz Association, Fraunhofer Society, Universities and Non-academic Institutions. Leipzig/Berlin. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7117771>.

Bonney, R. (1996): Citizen Science: A lab tradition. In: *Living Bird* 15 (4), S. 7–15.

Bowser, A.; Cooper, C.; Sherbinin, A.; Wiggins, A.; Brenton, P.; Chuang, T.; Faustman, E.; Haklay, M.; Meloche, M. (2020): Still in Need of Norms: The State of the Data in Citizen Science. In: *Citizen Science: Theory and Practice* 5 (1), 18, S. 1–16. <https://doi.org/10.5334/cstp.303>.

Brandeis, M. W.; Nyerges, T (2016): Assessing Resistance to Volunteered Geographic Information Reporting within Local Government. In: *Transactions in GIS* 20 (2), S. 203–220. <https://doi.org/10.1111/tgis.12168>.

Bundesamt für Naturschutz (2016): Landschaften in Deutschland. Aktualisiert und verändert nach Gharadjedaghi et al. 2004, GeoBasis-DE/BKG 2015, Stand der Daten 09/2011.

Eastman, L.; Hidalgo-Ruz, V.; Macaya-Caquilpán, V.; Núñez, P.; Thiel, M. (2014): The potential for young citizen scientist projects: a case study of Chilean schoolchildren collecting data on marine litter. In: *Revista de Gestão Costeira Integrada – Journal of Integrated Coastal Zone Management* 14 (4), S. 569–579. <https://doi.org/10.5894/RGCI507>.

Goodchild, M. F. (2007): Citizens as sensors: the world of volunteered geography. In: *GeoJournal* 69, S. 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>.

Hickel, C.; Blankenbach, J. (2015): From Local SDI to E-Government – Case study in municipalities in the south of Hesse. In: Turban, E. et al. (Hrsg.): *Electronic Commerce – A Managerial and Social Networks Perspective*. 8th Edition. Springer, Cham, S. 247–254.

Hoffmann, C. (2012): ÖFOS 2012. Österreichische Version der „Fields of Science and Technology (FOS) Classification“. <https://vocabs.acdh.oeaw.ac.at/oefos/de/> (01.07.2023).

Horita, F.; Albuquerque, J.; Degrossi, L.; Mendi-ondo, E.; Ueyama, J. (2015): Development of a spatial decision support system for flood risk management in Brazil that combines volunteered geographic information with wireless sensor networks. In: *Computers & Geosciences* 80, S. 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2015.04.001>.

Irwin, A. (1995): *Citizen Science: A study of people, expertise and sustainable development*. Routledge, London.

Knight Foundation (2013): *The Emergence of Civic Tech: Investments in a Growing Field*. <https://knightfoundation.org/wp-content/uploads/2019/06/knight-civic-tech.pdf> (01.07.2023).

Liang, S. H. L.; Huang, C.-Y.; Khalafbeigi, T. (2016): OGC SensorThings API Part 1: Sensing. Version 1.0 <https://docs.ogc.org/is/15-078r6/15-078r6.html> (01.07.2023).

Mastaler, L.; Hahmann, S. (2017): Ableitung von Gehwegdaten mithilfe georeferenzierter Bilder und Interpretation der „Crowd“. In: *gis. Science* 2/2017, S. 59–69.

Moczek, N.; Voigt-Heucke, S.; Mortega, K.; Cartas, C.; Knobloch, J. (2021): A Self-Assessment of European Citizen Science Projects on Their Contribution to the UN Sustainable Development Goals (SDGs). In: *Sustainability* 13 (4), 1774. <https://doi.org/10.3390/SU13041774>.

OECD (2015): *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*. Paris.

Pánek, J.; Benediktsson, K. (2017): Emotional mapping and its participatory potential: Opinions about cycling conditions in Reykjavík, Iceland. In: *Cities* 61, S. 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.11.005>.

Shirk, J. L.; Ballard, H. L.; Wilderman, C. C.; Phillips, T.; Wiggins, A.; Jordan, R.; McCallie, E.; Minarchek, M.; Lewenstein, B. V.; Krasny, M. E.; Bonney, R. (2012): Public Participation in Scientific Research: a Framework for Deliberate Design. In: *Ecology and Society* 17 (2), 29. <https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229>.

Sieber, R. (2006): Public Participation Geographic Information Systems: A Literature Review and Framework. In: *Annals of the American Association of Geographers* 96 (3), S. 491–507. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2006.00702.x>.

Referenzen für Technologien

Deng, J.; Guo, J.; Zhou, Y.; Yu, J.; Kotsia, I.; Zafeiriou, S. (2019): RetinaFace: Single-stage Dense Face Localisation in the Wild. arXiv:1905.00641. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.00641>.

GraphQL (2023): A query language for your API. <https://graphql.org> (30.08.2023).

Hibernate (2023): Everything data. <https://hibernate.org> (30.08.2023).

INSPIRE (2023): About INSPIRE. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. <https://www.gdi.de.org/INSPIRE> (30.08.2023).

ISO (2023): About ISO. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org> (30.08.2023).

Liquibase (2023): Fast database change. Fluid delivery. <https://www.liquibase.org> (30.08.2023).

Nuxt.js (2023): The Intuitive Web Framework. <https://nuxt.com> (30.08.2023).

OGC (2023): About OGC. Open Geospatial Consortium. <https://www.ogc.org> (30.08.2023).

OpenLayers (2023): A high-performance, feature-packed library for all your mapping needs. <https://openlayers.org> (30.08.2023).

OpenStreetMap (2023): About OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org> (30.08.2023).

PostGIS (2023): About PostGIS. <https://postgis.net> (30.08.2023).

PostgreSQL (2023): The World's Most Advanced Open Source Relational Database. <https://www.postgresql.org> (30.08.2023).

Sensor.Community (2023): About Sensor.Community. <https://sensor.community> (30.08.2023).

Spring (2023): Spring makes Java simple. <https://spring.io> (30.08.2023).

TensorFlow (2023): An end-to-end machine learning platform. <https://www.tensorflow.org> (30.08.2023).

Van der Schaaf, H.; Jacoby, M. (2023): FROST-Server – Open-Source-Implementierung der OGC SensorThings API. <https://www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/frostserver.html> (30.08.2023).

Vue.js (2023): The Progressive JavaScript Framework. <https://vuejs.org> (30.08.2023).

Vuetify (2023): Vue Component Framework <https://vuetifyjs.com> (30.08.2023).