

Das Weltwärmestrom Datenbank Projekt: webbasierte Explorationswerkzeuge für Punkt

daten, basierend auf VueJS und MapLibre

Nikolas Ott¹, Stephan Mäs, Sven Fuchs, Kirsten Elger, Samuel Jennings, Florian Neumann, Ben Norden, Simone Frenzel

¹ TU Dresden, Professur für Geoinformatik

DOI: 10.5281/zenodo.10571906

Zusammenfassung

Das Weltwärmestrom Datenbank Projekt setzt sich als Ziel eine neue Forschungsdateninfrastruktur (Web Portal) für terrestrische Wärmestromdaten zu entwickeln. Über die letzten Jahrzehnte ist eine umfangreiche, globale Datensammlung zum Thema Wärmestrom entstanden, welche über eine zentrale Anlaufstelle im Internet durch Einhaltung der FAIR und OPEN Datenpolitik zur Verfügung gestellt werden soll. Neben den Daten selbst, bietet die Anwendung eine integrierte Literaturdatenbank, einen internen Bereich für registrierte Nutzende (z.B. Forscher die Daten bereitstellen und Data Stewards), eine API und fachbezogene Explorationswerkzeuge, welche hier detaillierter beschrieben werden.

Das Paper beschäftigt sich mit den Funktionalitäten des Web Portals, welche durch eine Anforderungsanalyse erfasst wurden und beschreibt die für die Umsetzung verwendeten Komponenten. Die Explorationswerkzeuge sind hierbei ein separates Modul, welche in VueJS implementiert wurden und über npm in die Projekthomepage eingebunden werden. Als Input benötigt die Anwendung Punkt

daten und eine Schema Datei für die Datenbeschreibung. Zentral für die Datenexploration ist ein auf MapLibre basierender Kartenviewer, der die georeferenzierten Punkt

daten auf einer Weltkarte darstellt. Damit soll Nutzenden bereits im Browser die Möglichkeit geboten werden, sich einen ersten Überblick über die Daten zu verschaffen.

Durch Anpassungen der Schema Datei ist die Software auch für andere Anwendungen flexibel nachnutzbar.

Schlüsselwörter: web mapping, open data, open source, heat flow

Einleitung

Datenmanagementsysteme sind von entscheidender Bedeutung, da sie sicherstellen, dass wichtige Daten nicht nur gesammelt, sondern auch aufbewahrt und für die Analyse und Anwendung durch aktuelle und zukünftige Nutzende zugänglich gemacht werden [1].

Im DFG-finanzierten Weltwärmestrom-Datenbank Projekt (World Heat Flow Database, WHFD; 2022–2025)¹ wird eine neue Forschungsdateninfrastruktur für terrestrische Wärmestromdaten aufgebaut. Der Wärmestrom ist eine physikalische Größe für die thermische Energie, die vom Erdkern zur Erdoberfläche fließt und für grundlegende und anwendungsbezogene Forschungsfragen der Geowissenschaften Relevanz hat. Unter anderem lassen sich so Einblicke in die Entwicklung unseres Planeten [2] gewinnen oder Antworten zu den energetischen Potentialen des Untergrunds geben [3]. Wärmestromdaten werden seit über 60 Jahren erhoben

¹ <http://heatflow.world/project> letzter Zugriff: 12.01.2024

Das Weltwärmestrom Datenbank Projekt: webbasierte Explorationswerkzeuge für **Punktdaten, basierend auf VueJS und MapLibre**

und entstehen als abgeleitete Größe aus der thermischen Wärmeleitfähigkeit des Gesteins und dem Temperaturgradienten. Metadaten zu den jeweiligen Werten sind notwendig, um deren Qualität transparent zu machen. Über die letzten Jahrzehnte ist eine umfangreiche, globale Datensammlung zum Thema Wärmestrom entstanden, welche aber stark heterogen in Bezug auf Dokumentation und Qualität der einzelnen Dateneinträge ist.

Gepflegt und verwaltet wird die Datenbank von der International Heat Flow Commission (IHFC)² unter deren Schirmherrschaft in den letzten beiden Jahren ein neues Datenschema für die Struktur und Qualität von Wärmestromdaten [4] entwickelt wurde. Aktuell wird der bisherige Datenbestand aus der Global Heat Flow Database (GHFDB)³ in das neue (Meta)Datenmodell überführt, um diesen zentral und frei verfügbar über die neu entwickelte Forschungsdateninfrastruktur anzubieten. Zentrale Aspekte bei der Umsetzung der Forschungsdateninfrastruktur ist die Einhaltung der FAIR und OPEN Datenpolitik durch (1) Interoperabilität mit geowissenschaftlichen Datenservices (z.B. NFDI4Earth), (2) Datenpublikation mit DOI über das fachspezifische Repositorium GFZ Data Services, (3) das Einbinden eines Community Portals (4), das Anbieten von fachbezogenen Explorations- und Analysewerkzeugen und (5) Implementierung mit Open Source Software. Neben den Daten selbst, bietet die Anwendung eine integrierte Literaturdatenbank, einen internen Bereich für registrierte Nutzende und eine API als Kommunikationsschnittstelle.

Bei den Daten handelt es sich um georeferenzierte Punktdaten, welche jeweils ein Bohrloch abbilden. Neben der Position und Höhe besitzt jeder Punkt zusätzliche Attribute [5] welche unter anderem Rückschluss auf die Qualität des abgeleiteten Wärmestromwertes geben.

Bisher lässt sich die GHFDB über die Webplattform³ des IHFC auffinden, welche im Zuge des WHFD Projektes jedoch neu entwickelt wird und als zentrale Anlaufstelle, rund um das Thema Wärmestrom dienen soll.

In den folgenden Abschnitten wird näher auf die Anforderungen und die technische Umsetzung der Plattform eingegangen, mit Fokus auf der Implementierung der Explorationswerkzeuge, die Nutzenden bereits im Browser die Möglichkeit bieten sollen, sich einen individuellen Überblick über die Daten zu verschaffen.

Anforderungen

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit der Analyse der Anforderungen an das Web Portal und welche Funktionalitäten implementiert werden sollen.

Anhand von Anwendungsfällen (Use Cases) wurde zu Beginn der Entwicklung ein konzeptueller Entwurf der Plattform skizziert. Durch das Einbeziehen von zukünftigen Nutzenden (Wissenschaftler:innen), Vertreter:innen aus dem Bereich des Forschungsdatenmanagements und den späteren Portalbetreibenden wurden Use Cases in Workshops erarbeitet und daraus die Anforderungen an das Web Portal und die Explorationswerkzeuge abgeleitet [6]. Für die Explorationswerkzeuge waren z.B. die Use Cases *Selektieren* und *Visualisieren von Daten*, relevant. Hierbei wurde modelliert, wie Geowissenschaftler:innen mit Hilfe des Systems ihre Ziele erreichen können.

Eine Auflistung der gesammelten Anforderungen ist in *Tabelle 1* zu sehen. Hierbei wird zwischen funktionalen (F-X) und nicht-funktionalen (N-X) Anforderungen unterschieden. Wobei

² <https://ihfc-iugg.org/> letzter Zugriff: 19.01.2024

³ <https://ihfc-iugg.org/products/global-heat-flow-database> letzter Zugriff: 19.01.2024

Das Weltwärmestrom Datenbank Projekt: webbasierte Explorationswerkzeuge für **Punktdaten, basierend auf VueJS und MapLibre**

funktionale Anforderungen Funktionalitäten beschreibt, die das System leisten soll und nicht-funktionale Anforderungen eine Randbedingung oder ein Qualitätsmerkmal des Systems beschreiben [7].

Tabelle 1: Überblick der Anforderungen

	Anforderung	Bezeichnung
<i>Web Portal Anforderungen</i>	Entwicklung einer webbasierten Anwendung	N-1
	Implementieren u. Nutzung von freier und Open Source Software	N-2
	Anbieten von FAIRen Daten	N-3
	Authentifizierungssystem für Nutzende	F-1
	Datenupload durch registrierte Nutzende	F-2
	Automatisierte Qualitätsprüfung bei Datenupload (Datentyp, etc.)	F-3
	Review Funktion der Daten durch berechnigte Nutzende	F-4
	Online Metadateneditor gemäß ISO19115, DataCite, OGC	F-5
	Datenpublikation mit DOI durch authentifizierte Nutzende	F-6
	Integrierte Literatur und Autoren/Autorinnen Datenbank	F-7
	Querverweise zwischen den einzelnen Datenbanken	F-8
	Anbieten eines Community Portals	F-9
	Anbieten einer Kommunikationsschnittstelle	F-10
<i>Explorationsanforderungen</i>	Clientseitige Webanwendung	N-4
	Generische Implementierung der Anwendung für Punktdaten	N-5
	Einfache Einbindung der Anwendung	N-6
	Darstellung der Daten mit einem Kartenviewer	F-11
	Einbinden unterschiedlicher Hintergrundkarten	F-12
	Anpassbare Punktedarstellung	F-13
	Datenbasierte Einfärbung der Punkte anhand ihrer Attributwerte	F-14
	Attribut- und räumliche Filter	F-15
	Kombination von mehreren Filtern	F-16
	Download der selektierten Daten	F-17
	Deskriptive Statistiken (als Tabelle Min, Max, ... und Diagramm z.B. Histogramm)	F-18
	Analysewerkzeuge 2D-Profil numerischer Werte	F-19
	Analysewerkzeug digitales Bohrloch für den Temperaturverlauf mit steigender Tiefe	F-20
PDF-Export der Ansicht	F-21	

Die Unterteilung zwischen Web Portal Anforderungen und Explorationsanforderungen in *Tabelle 1* ist dadurch begründet, dass das Web Portal die Infrastruktur der gesamten Anwendung beschreibt, wohingegen die Explorationswerkzeuge als separate Anwendung entwickelt und anschließend eingebunden werden. Die Anforderungen N-1 bis N-3 gelten zudem auch für die Explorationswerkzeuge. Bei den funktionalen Explorationsanforderungen in *Tabelle 1* sind grundlegende GIS Funktionalitäten (F-11 bis F-17) abgedeckt, welche durch fachbezogene Funktionalitäten (F-18, F-21) erweitert werden.

Das Weltwärmestrom Datenbank Projekt: webbasierte Explorationswerkzeuge für **Punktdaten, basierend auf VueJS und MapLibre**

Ziel der Explorationswerkzeuge ist es, Nutzenden bereits in der Browseranwendung einen Überblick über die Daten zu geben. Es soll ermöglicht werden, sich individuell die benötigten Daten zusammenzustellen, die für die jeweiligen Anwendungsfelder oder Forschungsfragen benötigt werden. Hierfür werden räumliche und Attributfilter (F-15) angeboten, welche auch miteinander kombinierbar sind (F-16). Zudem werden deskriptive Statistiken für selektierte Punktmengen bereitgestellt, um zusätzliche Informationen über ausgewählte Attribute zu bieten (F-18). In *Tabelle 1* sind außerdem zwei Analysewerkzeuge aufgelistet. In beiden Fällen soll Nutzenden anhand einer Analyse bestehender Daten 1) Information über den Temperaturverlauf in Abhängigkeit der Tiefe an einem beliebigen Punkt (F-20) und den 2) Verlauf numerischer Attribute entlang einer Linie (F-19) geliefert werden. Hierbei spielen die Nachbarschaftsbeziehungen der eingezeichneten Geometrien mit bestehenden Datenpunkten eine Rolle.

Für die Anforderungen an das Layout der Explorationswerkzeuge wurden unterschiedliche webbasierte Kartenanwendungen analysiert wie z.B. Flightradar24⁴ oder kepler.gl⁵ und sich an deren Strukturierung der einzelnen Komponenten orientiert. Über eine Schaltfläche soll zu den vier Grundfunktionalitäten Einstellungen, Filtern, Statistik und Analyse navigiert werden können. Beim Ansteuern einer der Grundfunktionalitäten öffnet sich eine versteckte Seitenleiste, welche je nach ausgewählter Schaltfläche mit dem jeweiligen Inhalt gefüllt wird.

Im weiteren Verlauf des Dokumentes wird nicht genauer auf die Anforderungen F-1 bis F-9 aus *Tabelle 1* eingegangen. Sie sind trotzdem in der Tabelle enthalten, um einen Gesamtüberblick über die Funktionen des Web Portals zu vermitteln.

Welche Technologien verwendet werden, um die Anforderungen aus *Tabelle 1* umzusetzen, wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

Implementierung⁶

Das Web Portal wird als drei Schicht Architektur entwickelt, wie in *Abbildung 1* dargestellt ist. Die Darstellungsschicht stellt hierbei die Umsetzung der Explorationswerkzeuge dar. Auf der Anwendungs- und Datenschicht sind lediglich die Komponenten aufgezeigt, welche für die Exploration der Daten notwendig sind. Welche Anforderung mit Hilfe welcher Komponente umgesetzt wird ist durch die Zuordnung der jeweiligen Anforderungsbezeichnung aus *Tabelle 1* gekennzeichnet.

Die Wärmestromdaten werden in einer PostgreSQL Datenbank mit PostGIS Erweiterung gespeichert, welche in *Abbildung 1* als Datenschicht bezeichnet ist. Die Interaktion zwischen Anwendungsschicht und Datenschicht kann in beide Richtungen erfolgen (*Abb. 1*). Neue Daten werden von Forschenden hochgeladen (F-2) und in einem ersten Schritt automatisiert auf ihre Qualität überprüft. Hierbei werden die Daten gegen das Datenschema [4] abgeglichen (F-3). Bestehen die Daten den automatisierten Check, so werden diese im Anschluss von einem Data Steward auf ihre Richtigkeit geprüft (F-4) und nach Bestehen in die Datenbank eingepflegt. Auf die Datenbank kann über die Anwendungsschicht zugegriffen werden, wobei Nutzende ohne entsprechende Berechtigung lediglich einen schreibgeschützten Zugriff haben.

⁴ <https://www.flightradar24.com/> letzter Zugriff: 10.12.23

⁵ <https://kepler.gl/demo/> letzter Zugriff: 10.12.23

⁶ <https://github.com/WorldHeatFlowDatabase> Letzter Zugriff: 11.12.23

Das Weltwärmestrom Datenbank Projekt: webbasierte Explorationswerkzeuge für **Punkt**daten, basierend auf **VueJS** und **MapLibre**

Die Anwendungsschicht, welche schematisch in *Abbildung 1* dargestellt ist basiert auf dem Open-Source web Framework Django (N-1, N-2). Darauf Aufbauend wurde im Rahmen des Projektes die Anwendung GeoLuminate⁷ implementiert, welche die Logik für die Erstellung und Pflege von gemeinschaftlich betriebenen Forschungsdatenbanken beinhaltet (F-1 – F-9). Zudem wird in der Anwendungsschicht eine auf OpenAPI basierende Kommunikationsschnittstelle angeboten, welche z.B. die Daten und deren Schema über einen entsprechenden Endpunkt bereitstellt (F-10).

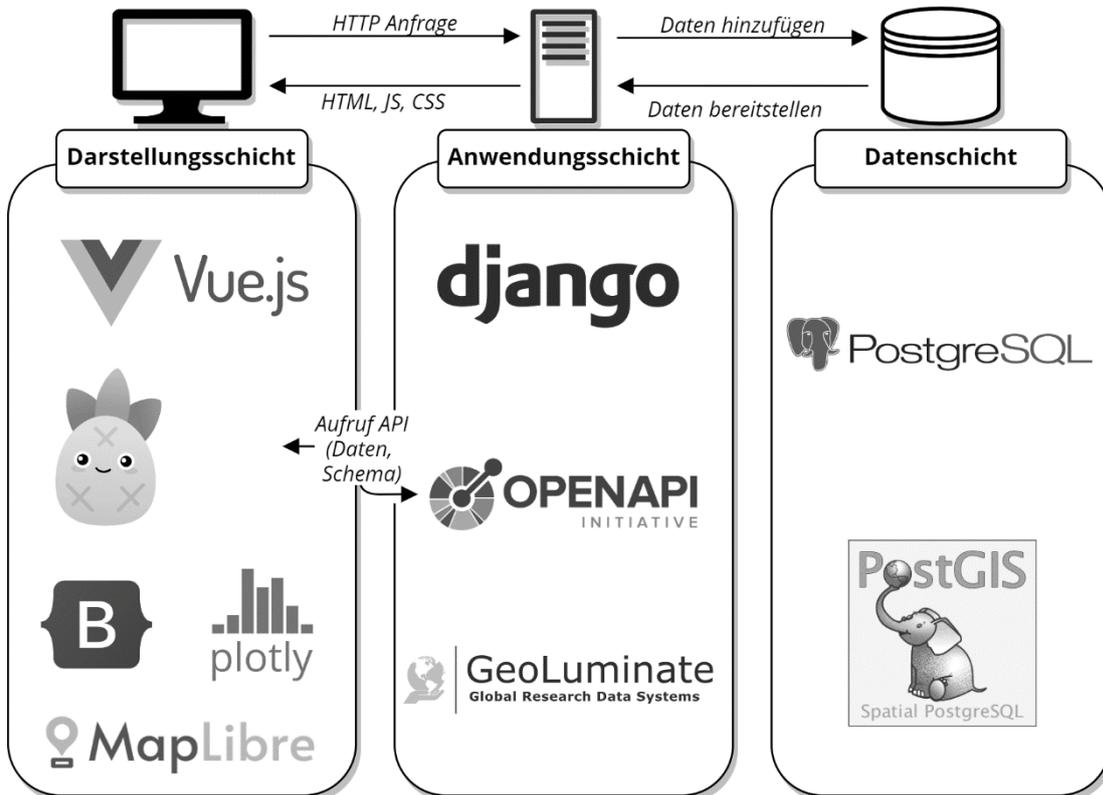


Abbildung 1: Verwendete Komponenten innerhalb der Architekturschichten; Quelle Bilder⁸

Die Explorationswerkzeuge werden über die Anwendungsschicht gehostet und werden als clienseitige Anwendung mit dem JavaScript Framework VueJS (Vue) implementiert (N-4). Für das Zustandsmanagement innerhalb der Vue-Anwendung ist die Bibliothek Pinia

⁷ <https://github.com/Geoluminate/geoluminate> Letzter Zugriff: 10.12.23

⁸ VueJS* <https://seeklogo.com/vector-logo/409842/vue-js/>;

Pinia* <https://seeklogo.com/vector-logo/467284/pinia/>;

Bootstrap* <https://uxwing.com/bootstrap-5-logo-icon/>;

Plotly* <https://www.cleanpng.com/png-plotly-data-visualization-chart-javascript-hottest-1328668/download-png.html>;

MapLibre* <https://maplibre.org/news/2023-11-08-meta-continues-to-support-maplibre/>;

Django* <https://www.djangoproject.com/community/logos/>;

OpenAPI* <https://logowik.com/openapi-initiative-logo-vector-svg-pdf-ai-eps-cdr-free-download-19631.html>;

GeoLuminate* <https://geoluminate.github.io/geoluminate/>;

PostgreSQL* <https://www.cleanpng.com/png-logo-psql-brand-product-font-postgresql-wikipedia-6821272/preview.htm>;

PostGIS* https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Logo_square_postgis.png;

*Letzter Zugriff: 19.12.23

Das Weltwärmestrom Datenbank Projekt: webbasierte Explorationswerkzeuge für **Punkt**daten, basierend auf **VueJS** und **MapLibre** eingebunden. Diese erlaubt es Zustände und Daten zwischen den Vue Komponenten zu teilen. Für die visuelle Darstellung der Daten wird eine MapLibre Karten Instanz genutzt, welche die Punktdaten auf einer Weltkarte abbildet und so die Basis weiterer Interaktionen für Nutzende bietet (F-11 – F-16). Die Daten und deren Schema werden vom Client beim initialen Laden der Anwendung über die API angefragt und vom Server auf die jeweiligen Endgeräte geschickt. Zudem ist aus *Abbildung 1* die Bibliothek Plotly zu entnehmen, die für Darstellungen von Diagrammen genutzt wird (F-18). Der Großteil der Steuerelemente, über welche Nutzende mit der Anwendung interagieren können, wird durch Bootstrap umgesetzt. Verwendet werden hierbei z.B. Eingabemasken, Schaltflächen, Selektionselemente und auch versteckte Seitenleisten.

- **Einbindung der Explorationswerkzeuge**

Mit Hilfe des Vue-CLI-Service kann die Applikation über die Kommandozeile erzeugt werden. So wird ein dist/ Ordner angelegt, der die gesamte Anwendung als CSS-, JS-Datei beinhaltet und über die index.html Datei angesteuert werden kann. Der dist/ Ordner wird als npm Paket veröffentlicht. So werden alle Abhängigkeiten der verwendeten Bibliotheken von npm übernommen und die Explorationswerkzeuge können über die index.html Datei in das Web Portal eingebunden werden (N-6).

- **Eingabedaten**

Beim Initialen Laden des Kartenviewers werden die Wärmestromdaten und deren Datenschema an den Client gesendet. Dies geschieht durch die Anfragen an die jeweiligen API-Endpunkte. Gespeichert und für die Applikation zur Verfügung gestellt werden die empfangen API-Antworten in einem dafür angelegten Pinia Store (measurements Code1 Zeile2).

```
1.   const selectedProperty = 'q';           // wert für Wärmestrom
2.   const property = measurements.dataSchema.properties[selectedProperty];
3.   const nullable = property.nullable;     // false
4.   const title = property.title;          // Wärmestrom Wert
5.   const desc = property.description;     // Wärmestrom Beschreibung
6.   const type = property.type;            // number
7.   if (type == number){
8.       const format = property.format;    // double
9.       const max = property.maximum;      // 999,999.9
10.      const min = property.minimum;       // -999,999.9
11.      const unit = property.units;        // mW/m² |
```

Code 1: Abrufen der Attributs Informationen aus der Schemadatei im Quellcode

Die Daten selbst werden als JSON Objekt übermittelt, anschließend clientseitig geparst und in das GeoJSON Format konvertiert. So kann die GeoJSON FeatureCollection als Datenquelle in MapLibre verwendet werden.

Die Beschreibung der Daten lässt sich aus der Schemadatei (*Code 1* Zeile2) entnehmen, welche als YAML Datei vorliegt und der Swagger OpenAPI Spezifikation Version 3.0.3 entspricht. Die Schemadatei definiert die Ausgabedatentypen und enthält Informationen über die einzelnen Attribute der Punkte, wie exemplarisch an dem numerischen Attribut „q“ (Wärmestrom) in *Code 1* dargestellt ist. Die einzelnen Informationen, mit denen ein Datenpunkt-Attribut beschrieben wird, unterscheiden sich aufgrund des Datentyps. Es gibt

Das Weltwärmestrom Datenbank Projekt: webbasierte Explorationswerkzeuge für **Punktdaten, basierend auf VueJS und MapLibre**

Informationen, die alle Attribute besitzen, wie in *Code 1* Zeile 3 bis 6 abgebildet ist. Zudem gibt es Datentyp-spezifische Informationen, wie in *Code 1* Zeile 8 bis 13 für numerische Typen zu sehen ist. So können innerhalb der Vue-Anwendung je nach ausgewähltem Attribut angepasst an den Datentyp unterschiedliche Aktionen und Oberflächen angeboten werden.

Ausblick und Fazit

Die Webanwendung befindet sich zum aktuellen Zeitpunkt in der Entwicklung. Es wurden bisher nicht alle Anforderungen aus *Tabelle 1* implementiert, weshalb unter anderem der Fokus für die Zukunft auf der Umsetzung der Analyse- und Statistikwerkzeuge (F-18, F-20), sowie dem Download und PDF-Export (F-17, F-21) liegt. Die Meilensteine für die kommenden Monate sind in *Abbildung 2* dargestellt.

Zudem müssen die Explorationswerkzeuge auf ihre Funktionalität getestet werden. So soll die Vue Anwendung dem Anspruch einer qualitativen und zeitgenössischen Software gerecht werden.

Die Evaluierung aus *Abbildung 2* fokussiert sich auf die Erfüllung der Ansprüche für zukünftige Nutzende. Hierfür sollen Personen aus der Wärmestrom Community, dem Bibliothek- und Daten Services- und dem Geoinformatikbereich zu einer Testnutzung der Beta Version eingeladen werden. Anschließend werden die drei Bereiche aus ihrer Perspektive das Web Portal anhand definierter Kriterien und Fragen beurteilen. Durch die Auswertung der Evaluierung werden konkrete Verbesserungsvorschläge gesammelt, welche in einem nächsten Schritt umgesetzt werden.

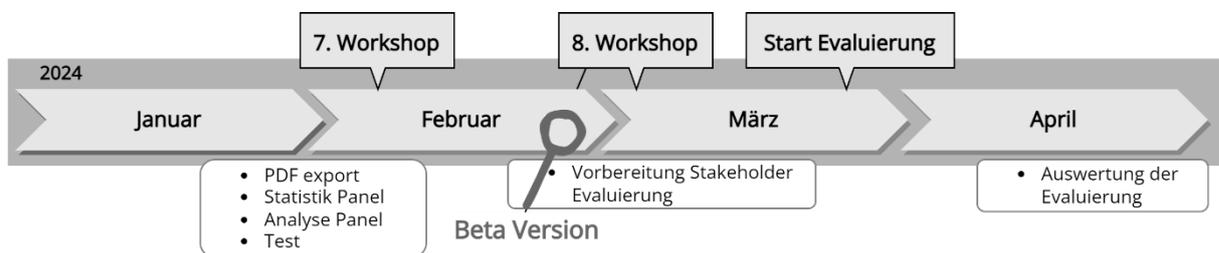


Abbildung 2: Bevorstehende Meilensteine

Da sich das Web Portal in der Entwicklung befindet und Teile der Explorationswerkzeuge noch implementiert werden müssen lassen sich zum aktuellen Zeitpunkt noch keine finalen Aussagen zu den Anforderungen treffen. Einige, der in *Tabelle 1* definierten Anforderungen konnten bereits implementiert werden (F-11 – F-16), wohingegen weitere noch ausstehen (F-17 – F-21). Zudem spielt neben den Funktionalitäten auch die User Experience und Performanz eine wichtige Rolle, welche nach der bevorstehenden Evaluierung durch zukünftige Nutzende beurteilt werden können. Für eine Nutzung der Explorationswerkzeuge in anderen Anwendungen müssen bisher die Daten als GeoJSON FeatureCollection vorliegen und deren Attribute gemäß der OpenAPI Schema Spezifikation in einer separaten Datei beschrieben werden. Diese Hürde zu verringern könnte Aufgabe für zukünftige Projekte sein.

Nikolas Ott
TU Dresden
FR Geowissenschaften
Professur für Geoinformatik
01062 Dresden
+49 351 463-33576
nikolas.ott@tu-dresden.de

Literatur

- [1] T. Tanhua et al., "Ocean FAIR Data Services," *Front. Mar. Sci.*, vol. 6, 2019, doi: 10.3389/fmars.2019.00440.
- [2] S. J. Loyd, T. W. Becker, C. P. Conrad, C. Lithgow-Bertelloni, and F. A. Corsetti, "Time variability in Cenozoic reconstructions of mantle heat flow: plate tectonic cycles and implications for Earth's thermal evolution," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 104, no. 36, pp. 14266–14271, 2007, doi: 10.1073/pnas.0706667104.
- [3] J. Limberger et al., "Geothermal energy in deep aquifers: A global assessment of the resource base for direct heat utilization," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp. 961–975, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.09.084.
- [4] S. Fuchs et al., "A new database structure for the IHFC Global Heat Flow Database," *ijthfa*, vol. 4, no. 1, pp. 1–14, 2021, doi: 10.31214/ijthfa.v4i1.62.
- [5] Global Heat Flow Data Assessment Group et al., "The Global Heat Flow Database: Update 2023," 2023.
- [6] K. Bittner and I. Spence, *Use case modeling*, 10th ed. Boston, MA: Addison Wesley, 2008.
- [7] M. Eigner, F. Gerhardt, T. Gilz, and F. M. Nem, *Informationstechnologie für Ingenieure*: Springer-Verlag, 2012.