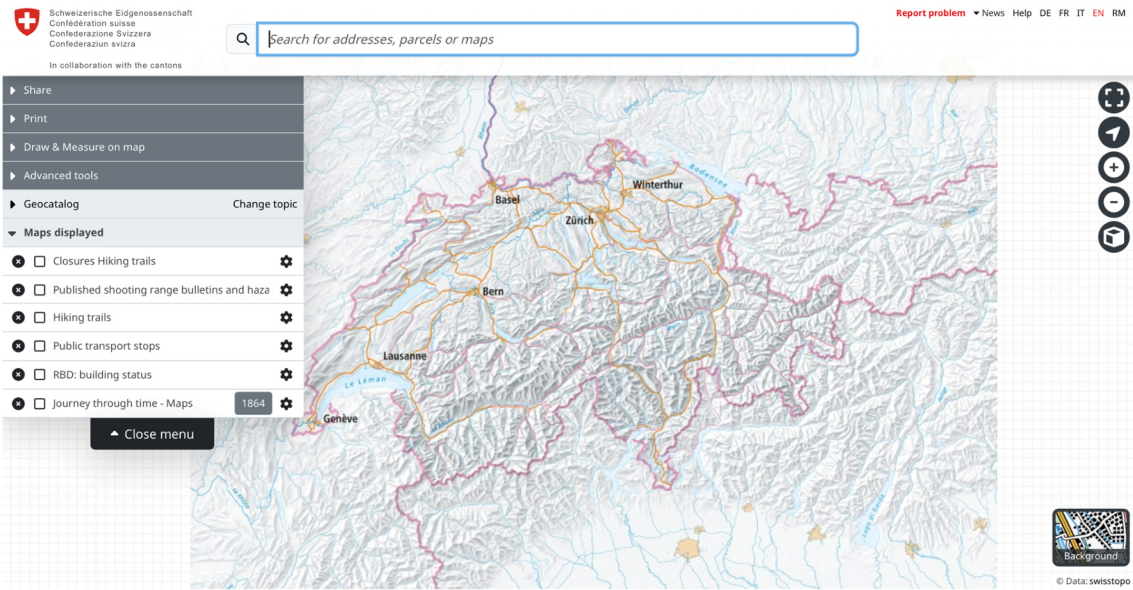


POC Generative KI zur Beantwortung räumlicher Fragestellungen

Vom Dashboard - map.geo.admin.ch



Zur Konversation - swisstopo.ask.earth

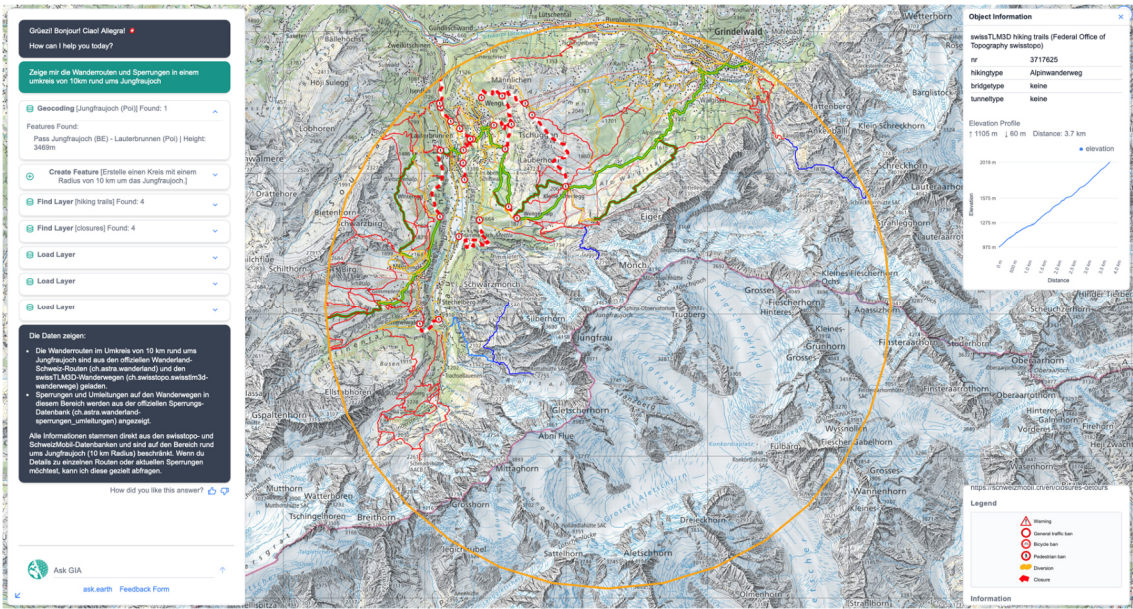


Table of Contents

1	Zusammenfassung	3
2	Einleitung	4
2.1	Bedeutung von Konversationsschnittstellen im Bereich Geodaten	4
2.2	Beitrag des vorliegenden Prototyps	4
3	Zielsetzung des PoC.....	4
3.1	Verbesserung der Zugänglichkeit von Geodaten	4
3.2	Fokus auf nicht GIS Nutzende	4
4	Systemübersicht.....	5
4.1	GIA Backend	5
4.2	GIA Frontend	6
4.3	LLM-Nutzung	7
4.4	swisstopo geo.admin.ch API	8
4.5	Nutzer:innen und Browserunterstützung.....	8
4.6	Nutzung der GIA Backend REST-API für Entwickler:innen	8
4.7	Funktionsprinzip	9
4.8	Aktueller Entwicklungsstand	11
5	Ergebnisse des PoC.....	12
5.1	Zentrale technologische Erkenntnisse.....	12
5.2	Identifizierte technische Limitationen der swisstopo geo.admin.ch API	13
5.3	Zentrale Nutzererkenntnisse	16
6	Technologischer Ausblick.....	19
6.1	Potenzielle Funktionen und Mehrwert	19
6.2	Strategischer Ausblick	20
6.3	Anforderungen an Datenanbieter.....	20
7	Nächste Schritte.....	21
7.1	Ausbau der Nutzerbasis	21
7.2	Betrieb auf Apertus.....	21
7.3	Weiterer Projektfahrplan	21

1 Zusammenfassung

Dieser Proof of Concept untersucht, ob eine konversationelle Schnittstelle den Zugang zu den umfangreichen Datensätzen von geo.admin.ch erleichtert und damit neue Nutzergruppen erreicht. Ziel war es, zu prüfen, ob natürlichsprachliche Interaktion komplexe Geodaten zugänglicher macht als klassische GIS Werkzeuge.

Nutzende konnten während der Testphase ohne GIS Kenntnisse per natürlicher Sprache auf offizielle Geodaten zugreifen. Besonders geschätzt wurden die einfache Bedienbarkeit, die schnelle Reaktionszeit, das robuste Verständnis auch bei unpräzisen Formulierungen und die klare Visualisierung der Resultate. Gleichzeitig zeigen die Interaktionen klar auf, wo das agentische System weiter geschärft werden kann, etwa durch konsistentere Mehrsprachigkeit, präzisere Tool Auswahl in Spezialfällen und stabilere Verarbeitung grosser Datenmengen bei räumlichen Analysen. Diese Verbesserungspunkte untergraben nicht den Wert des Systems, sondern sind typische und erwartbare Optimierungsschritte in einem frühen agentischen Ansatz. Da über achtzig Prozent der aktiven Testnutzenden GIS Expertise hatten, bildet die aktuelle Stichprobe den Nutzen für Laien bislang nur eingeschränkt ab.

Der PoC zeigt, dass ein konversationaler Zugang einen realen und klar wahrgenommenen Mehrwert bietet und insbesondere Laien den Einstieg in Geodaten wesentlich erleichtern kann. Als nächster Schritt empfehlen wir den strukturierten Ausbau der Nutzerbasis auf bis zu fünftausend Personen mit Fokus auf nicht GIS affine Nutzende sowie den Übergang auf Apertus als souverän betriebene Grundlage. Damit kann das System technisch gestärkt, nutzerzentriert weiterentwickelt und in einer realitätsnahen Breite validiert werden, um einen zukunftsfähigen Zugang zu Schweizer Geodaten zu schaffen.

2 Einleitung

2.1 Bedeutung von Konversationsschnittstellen im Bereich Geodaten

Konversationsschnittstellen eröffnen einen neuen Zugang zu Geodaten, indem sie den Umgang mit komplexen Datenstrukturen auf eine natürlichsprachliche Interaktion reduzieren. Für viele Organisationen liegt der Mehrwert darin, dass Fachwissen über Datensatznamen, Formate oder GIS-Werkzeuge nicht mehr Voraussetzung für den Zugriff ist. Stattdessen können Nutzende ihre Anliegen direkt formulieren und erhalten präzise, datenbasierte Antworten, was den Zugang zu Geoinformationen breiter öffnet und Entscheidungsprozesse beschleunigen kann. Besonders bei einem sehr umfangreichen Datenkatalog mit mehreren hundert verfügbaren Datensätzen ermöglicht eine konversationale Schnittstelle eine völlig neue Qualität der Relevanzfilterung, da Laien ohne Orientierung im Datenangebot intuitiv zu den passenden Informationen geführt werden. Gleichzeitig erhöht der Ansatz die Transparenz im Datenzugriff, da nachvollziehbar bleibt, welche Quellen genutzt wurden und wie Resultate zustande kamen. Damit leisten Konversationsschnittstellen einen Beitrag dazu, Geodaten einem breiteren Publikum zugänglich zu machen und die Nutzung nationaler Dateninfrastrukturen über traditionelle GIS-Zielgruppen hinaus zu erweitern.

2.2 Beitrag des vorliegenden Prototyps

swisstopo untersucht die Integration von Large Language Models (LLMs) in die nationale räumliche Infrastruktur. Das Ziel ist es, die Kraft der Geodaten für alle freizusetzen und Antworten zu liefern, denen sie vertrauen können. In den Jahren 2024 und 2025 testet swisstopo mehrere PoCs auf den Markt, um die Möglichkeiten und Grenzen generativer KI für räumliche Anwendungen unter Verwendung der geo.admin.ch Datensätze zu verstehen. askEarth ist ein Schweizer Start-up und Spin-off von ETHZ, EPFL und der Universität Zürich, das sich auf agentische KI-Anwendungen im räumlichen Bereich spezialisiert hat. askEarths Produkt "askEarth Geospatial Intelligence Agent – GIA" wird in diesem PoC verwendet.

3 Zielsetzung des PoC

3.1 Verbesserung der Zugänglichkeit von Geodaten

Der PoC zielt darauf ab, einen konversationalen Zugang zu Geodaten zu ermöglichen und damit den potenziellen Mehrwert für Personen ohne GIS-Expertise zu evaluieren. Durch die Nutzung einer natürlichsprachlichen Weboberfläche können Nutzende ohne Kenntnisse zu Datensatznamen oder technischen Konzepten direkt mit den Daten von geo.admin.ch interagieren. Die ausschliessliche Rückgabe verifizierbarer API basierter Antworten sowie die transparente Darstellung der verwendeten Tools und Datenquellen stellen sicher, dass alle Resultate nachvollziehbar sind. In Kombination mit der stabilen, kontrollierten Testumgebung für bis zu zwanzig Personen entsteht ein Rahmen, in dem der tatsächliche Nutzen dieses vereinfachten Zugangs zuverlässig getestet und bewertet werden kann.

3.2 Fokus auf nicht GIS Nutzende

Ein zentraler Bestandteil des PoC ist die Ausrichtung auf Personen, die keine GIS-Erfahrung besitzen und dennoch mit Geodaten arbeiten möchten. Die Konversationsschnittstelle wurde so gestaltet, dass sie ohne Kenntnisse zu Datensatznamen, Fachbegriffen oder geotechnischen Konzepten bedienbar ist und Nutzeranfragen in natürlicher Sprache versteht. Die sichtbare Erklärung der Ergebniswahl hilft insbesondere nicht GIS Nutzenden, die Funktionsweise des Systems und die Herkunft der angezeigten Daten besser zu verstehen. Ergänzend liefert das integrierte Feedbackformular wertvolle Hinweise darauf, ob der natürlichsprachliche Zugang tatsächlich zu

einer erleichterten Nutzung führt und wie die Zielgruppe die Bedienbarkeit, Klarheit und Nützlichkeit des Systems einschätzt.

4 Systemübersicht

Die Architektur des Systems besteht aus mehreren Modulen, von denen jedes eine bestimmte Aufgabe erfüllt, um die Wartbarkeit und eine klare Trennung der Aufgabenbereiche zu gewährleisten. Dadurch kann jedes Modul unabhängig weiterentwickelt und mit weiteren Funktionen ergänzt werden.

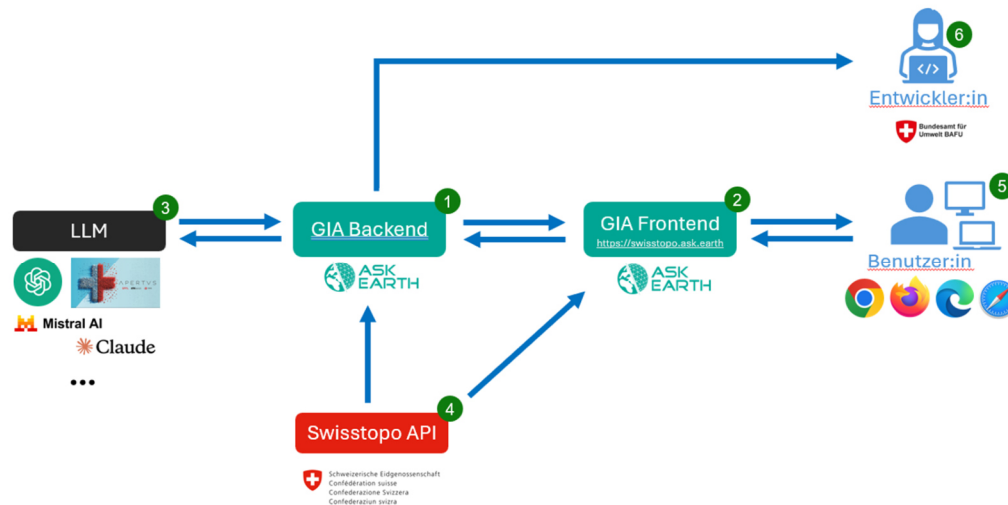


Illustration 1: askEarth GIA swisstopo Systemübersicht

4.1 GIA Backend

Das Backend bildet die zentrale Verarbeitungsebene des Systems. Es stellt eine REST-API bereit, die als zentrale Schnittstelle zwischen den Frontend und Backend dient. Hier werden Endpunkte für Chat-Anfragen, räumliche Abfragen und die Übermittlung von Feedback bereitgestellt. Die REST-API folgt dem gängigen OpenAPI-Standard, um die Interaktion von dritten Entwickler:innen zu vereinfachen (siehe Abschnitt 3.6).

Der Kern des Backends ist das agentische LLM-Framework, welches die Prompt-Orchestrierung, API-Aufrufe, wie zum LLM-Service oder der swisstopo geo.admin.ch API, und das Kontextmanagement für dialogorientierte Interaktionen verwaltet. Ergänzend übernimmt das Backend Aufgaben wie Caching, sowie die Validierung und Normalisierung von Nutzereingaben, um sowohl Performance als auch Robustheit zu gewährleisten. Zudem sorgt eine klare Trennung zwischen internen Diensten, externen Datenquellen und dem Zugriff über API-Schlüssel für eine kontrollierte und revisionssichere Kommunikation innerhalb des Gesamtsystems.

4.1.1 Semantische Suche und Vektor-Embedding

Eine essentielle Funktion für das swisstopo PoC ist die semantische Suche der Datensätze und ihren Metadaten. Diese Suche wurde mithilfe von Vektoren-Einbettungen («*vector embeddings*») implementiert und ermöglicht es dem LLM-Agenten, die korrekten Datensätze in der swisstopo geo.admin.ch API anhand natürlicher Sprache oder Stichworten aufzufinden. Das heisst, wenn ein:e Nutzer:in nach «*Gletscher im Kanton Graubünden*» sucht, erkennt GIA das relevante Konzept

«Gletscher» und findet jene Datensätze in der swisstopo API, die Informationen zu Gletschern enthalten.

Die semantische Suche wurde hierfür in OpenSearch integriert, das einen dedizierten Vektorsuch-Index bereitstellt. Dadurch können die Einbettungen effizient gespeichert und über *Approximate Nearest Neighbor* (ANN) Methoden durchsucht werden, was sowohl hohe Genauigkeit als auch sehr schnelle Antwortzeiten ermöglicht.

4.1.2 Authentifizierung

Die Authentifizierung des Backends erfolgt über abgesicherte API-Schlüssel (API Keys). Jeder API-Schlüssel ist eindeutig, kryptographisch zufällig generiert und somit nicht erratbar. Die Schlüssel bestehen aus einer Kombination aus alphanumerischen Zeichen sowie Sonderzeichen, um eine hohe Entropie und Widerstandsfähigkeit gegen Brute-Force-Angriffe sicherzustellen. Die API-Schlüssel werden einmalig an berechnete Drittparteien übermittelt. Eine solche Drittpartei war beispielsweise das BAFU, welches im Rahmen des Pilotprojekts einen API-Schlüssel für Testzwecke erhalten hat.

Für nicht-technische Nutzer:innen erfolgt die Authentifizierung im Frontend separat über JWT-Tokens, die nach dem Login ausgestellt und automatisch erneuert werden. Das Frontend selbst kommuniziert anschließend ausschließlich über einen dedizierten, serverseitig geschützten API-Schlüssel mit dem Backend, sodass Nutzer:innen keinen direkten Zugriff auf interne API-Schlüssel erhalten. Dadurch bleibt die Trennung zwischen Benutzer-Authentifizierung und System-zu-System-Authentifizierung klar gewahrt und das Sicherheitsniveau erhöht.

4.2 GIA Frontend

Das GIA-Frontend bildet die interaktive Benutzerschnittstelle des Systems und ist zentral für die visuelle Darstellung der Daten verantwortlich. Es nutzt direkt die WMS-Layer die von der swisstopo API bereitgestellt werden, um die bestehende Funktionalität von *map.geo.admin.ch* nahtlos in eine konversationelle Benutzererfahrung zu integrieren. Dadurch können Nutzer:innen wie gewohnt mit den vertrauten Kartenlayern arbeiten, während gleichzeitig die neue, dialogbasierte Interaktionsebene hinzukommt.

Das Frontend kommuniziert kontinuierlich mit dem Backend. Nutzer:innen geben ihre Chatprompts ein, welche an das Backend übermittelt und dort verarbeitet werden. Die Antworten des Backends werden gestreamt, sodass Resultate und Hinweise des LLM-Agenten ohne Verzögerung angezeigt werden können. Gleichzeitig werden räumliche Ergebnisse, wie gefundene Datensätze, Geometrien oder Layer, unmittelbar in der Chat Box und auf der Karte visualisiert, wodurch eine intuitive und effiziente Exploration der swisstopo-Daten ermöglicht wird.

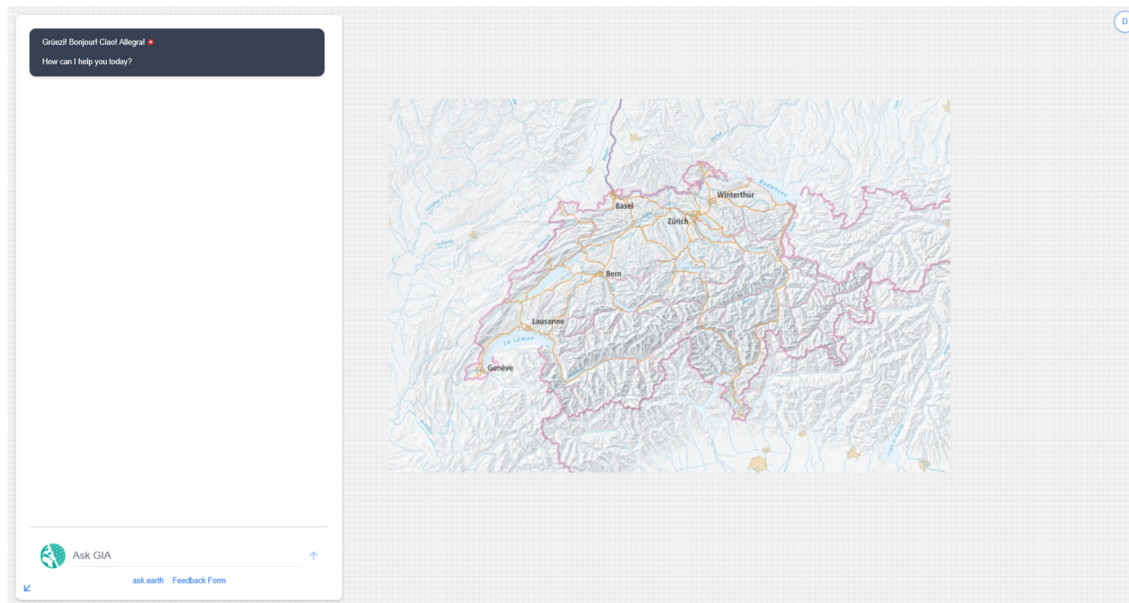


Illustration 2: swisstopo.ask.earth – Frontend

4.2.1 Authentifizierung

Die Authentifizierung der Nutzer:innen erfolgt vollständig im Frontend über JWT-Tokens, die nach dem Login ausgestellt und automatisch erneuert werden. Diese Tokens weisen die Nutzer:innen gegenüber dem Backend aus, ohne dass sensible API-Schlüssel offengelegt werden. Das Frontend selbst kommuniziert anschließend ausschließlich über einen dedizierten, serverseitig geschützten API-Schlüssel mit dem Backend.

4.2.2 Datenschutz

Alle Benutzerdaten werden vollständig anonymisiert und nach gängigen Sicherheits- und Datenschutzstandards gespeichert und verarbeitet. Personenbeziehbare Informationen werden vom System nicht erhoben, und sämtliche Interaktionen werden so gehandhabt, dass weder Rückschlüsse auf einzelne Nutzer:innen möglich sind noch sensible Daten das System verlassen.

Für die Analyse der Nutzungsmuster wird Matomo eingesetzt, eine GDPR-konforme Analytics-Lösung, die ohne externe Datenübertragung auskommt. Die Erfassung erfolgt ausschließlich in anonymisierter Form und dient dazu, die Benutzerfreundlichkeit und Systemqualität kontinuierlich zu verbessern. In der Privacy Policy werden die Nutzer:innen zudem darauf hingewiesen, keine sensiblen oder personenbezogenen Daten in das System einzugeben, um einen verantwortungsvollen und datenschutzkonformen Umgang mit allen Interaktionen sicherzustellen.

4.3 LLM-Nutzung

Das agentische Framework von askEarth wurde von Grund auf LLM-agnostisch entwickelt. Diese Architekturentscheidung stellt sicher, dass das System unabhängig vom jeweils verwendeten Sprachmodell betrieben werden kann und zukünftige technologische Entwicklungen ohne strukturelle Anpassungen nutzbar bleiben. Die Unabhängigkeit vom LLM ist ein zentraler Aspekt, um langfristige Flexibilität, Datenhoheit und strategische Entscheidungsfreiheit zu gewährleisten.

Für das swisstopo Pilotprojekt wurde ein Sprachmodell aus Microsoft Azure OpenAI eingesetzt. Im Gegensatz zu den standardmäßigen OpenAI-Cloudmodellen bietet Azure OpenAI GDPR-konforme Datenverarbeitung sowie die Möglichkeit, sämtliche Daten geografisch kontrolliert zu speichern.

Diese Lösung wurde ausgewählt, da zum Zeitpunkt des Projektstarts vergleichbare Alternativen in Bezug auf Qualität, Stabilität und Compliance noch nicht hinreichend ausgereift waren.

Für zukünftige Projekte empfiehlt askEarth den Einsatz von Apertus, einem offenen und ethischen Large-Language-Model, das speziell für souveräne, transparente und lokal kontrollierbare KI-Anwendungen und in der Schweiz entwickelt wurde. Durch seinen Open-Source-Charakter und die starke Verankerung im Schweizer Innovationsökosystem eignet sich Apertus besonders gut für Projekte, die hohe Anforderungen an Transparenz, Datenschutz und nationale Unabhängigkeit stellen.

4.4 swisstopo geo.admin.ch API

Die swisstopo geo.admin.ch API stellt eine umfangreiche Sammlung geodatenbezogener Dienste bereit, darunter REST-Endpunkte für Metadaten, Datensätze und Suchfunktionen sowie WMS/WMTS-Services für die kartografische Visualisierung. Diese API bildet das Zugangstor zu den offiziellen Geodaten der Schweiz und ermöglicht einen einheitlichen, standardisierten Zugriff auf zahlreiche Layer und Datensätzen.

Im Rahmen des Pilotprojekts greift das GIA Backend direkt auf die REST-Endpunkte der geo.admin.ch API zu. Dies erfolgte explizit gemäß Projektvorgabe, um zu demonstrieren, wie gut die bestehende API mit einem agentischen LLM-Framework interagiert und welche funktionalen Anforderungen für eine LLM-basierte Nutzung erfüllt oder noch nicht erfüllt sind. Dieser Ansatz ermöglichte es, im Echtbetrieb mehrere funktionale Lücken und Optimierungspotenziale zu identifizieren (siehe 4.1).

Das GIA Frontend nutzt zusätzlich die WMS-Services von swisstopo für die Kartenvisualisierung. Dadurch konnte die bestehende Funktionalität von map.geo.admin.ch nahtlos übernommen und mit der konversationellen Interaktion des Agenten kombiniert werden, ohne redundante Infrastruktur aufbauen zu müssen.

4.5 Nutzer:innen und Browserunterstützung

Das GIA-Frontend unterstützt alle gängigen modernen Browser, darunter Firefox, Chrome, Edge und Safari, jeweils in der aktuellen Version sowie den zwei vorhergehenden Hauptversionen. Die Anwendung wurde speziell für Desktop- und Laptop-Umgebungen optimiert, um eine klare, performante und effiziente Interaktion mit der Karte und dem Chat-Interface sicherzustellen.

Im Rahmen des Pilotprojekts wurde garantiert, dass das System stabil für etwa hundert gleichzeitige Nutzer:innen («concurrent users») betrieben werden kann, wobei die tatsächliche Architektur bereits darüber hinaus skaliert. Für zukünftige Projekte kann eine hochskalierbare Betriebsweise vorgesehen werden, bei der die Infrastruktur problemlos auf bis zu 5'000 gleichzeitige Nutzer:innen erweitert werden kann. Damit ist GIA für eine breitere Pilotumgebung speziell für Laiennutzer:innen geeignet.

4.6 Nutzung der GIA Backend REST-API für Entwickler:innen

Neben dem GIA-Frontend steht Entwickler:innen auch ein direkter Zugriff auf die GIA Backend REST-API zur Verfügung. Für das Pilotprojekt wurde dem BAFU (Bundesamt für Umwelt) ein eigener API-Schlüssel bereitgestellt, um den Zugriff unabhängig vom Frontend zu ermöglichen. Dieser API-Zugang eröffnet neue Möglichkeiten für ein breiteres Daten- und Innovationsökosystem, in dem andere Bundesstellen oder Fachabteilungen, wie in diesem Fall das BAFU, die konversationelle Interaktion mit swisstopo-Geodaten direkt in ihre eigenen Anwendungen oder Benutzeroberflächen integrieren können.

Die REST-API folgt dem OpenAPI-Standard¹ und ist über Swagger² dokumentiert. Dadurch steht eine interaktive Oberfläche zur Verfügung, die sowohl das Testen der Endpunkte als auch das Onboarding neuer Entwickler:innen vereinfacht. Durch diesen standardisierten Zugang lassen sich konversationsbasierte Geodatenabfragen flexibel, sicher und ohne Abhängigkeit vom GIA-Frontend in beliebige Systeme einbetten.

4.7 Funktionsprinzip

Das agentische Framework folgt einem schrittweisen, toolbasierten Vorgehen, um natürliche Benutzeranfragen in technische Abfragen umzusetzen. Beschreiben wir das Funktionsprinzip des Systems anhand einer Beispielabfrage:

«Wo kann ich in der Stadt Bern schwimmen?»

Zunächst interpretiert der LLM-Agent die Absicht der Benutzerfrage: Es geht um Badeorte (*schwimmen*) innerhalb eines bestimmten geografischen Gebiets (*Stadt Bern*). Daraufhin verwendet er das Geocoding Tool, um das administrative Polygon der Gemeinde Bern abzurufen. Dieses Polygon dient später als räumlicher Filter.

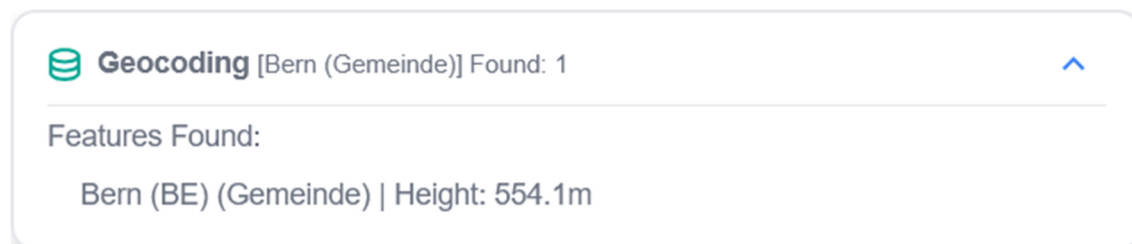


Illustration 3: swisstopo.ask.earth Frontend «Wo kann ich in der Stadt Bern schwimmen?»

Als Nächstes nutzt der Agent das Find Layer Tool, um innerhalb der swisstopo-Datenquellen den passenden Datensatz zu identifizieren. Auf Basis des Begriffs *schwimmen* findet der semantische Layer (siehe 4.1.2) Datensätze, die mit *schwimmen* zu tun haben, unter anderem den Datensatz zur *Badewasserqualität*, der Informationen zu Messstationen und deren hygienischen Parametern enthält. Der Agent wählt nun einen dieser Layer für das Load Layer Tool anhand des Kontexts.



Illustration 4: swisstopo.ask.earth Frontend «Wo kann ich in der Stadt Bern schwimmen?»

Mit dem Load Layer Tool lädt der Agent den gefundenen Datensatz in den internen GIA-Cache. Dieser Schritt ist wichtig, da die Daten anschließend lokal im System verarbeitet werden können. Der Cache erlaubt SQL-Abfragen, ohne erneut eine API-Anfrage an swisstopo stellen zu müssen. Außerdem werden die Daten auf das zuvor abgefragte Polygon von Bern zugeschnitten.

¹ Siehe: <https://www.openapis.org/>

² Siehe: <https://swagger.io/>

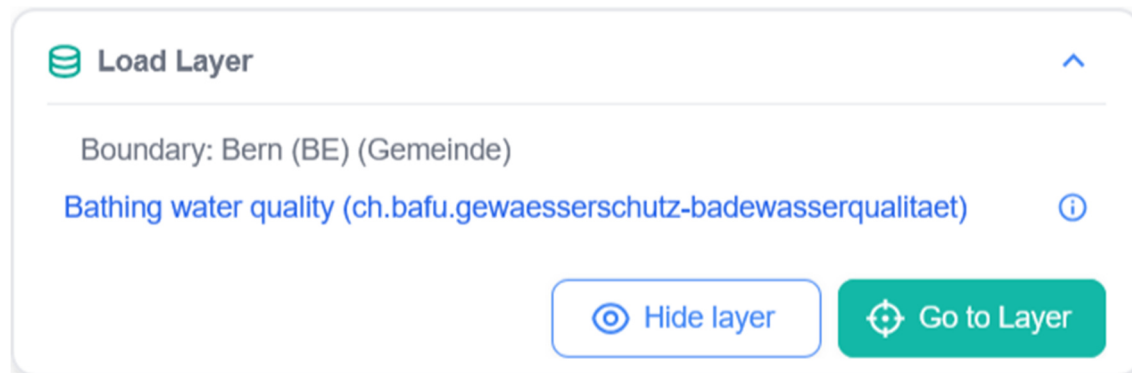


Illustration 5: swisstopo.ask.earth Frontend «Wo kann ich in der Stadt Bern schwimmen?»

Der Agent verwendet anschließend das Spatial Analysis Tool, um in diesem Fall die Namen und URLs der Messstationen abzufragen.

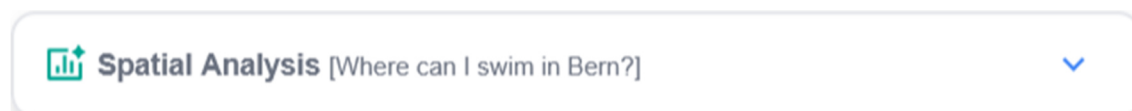


Illustration 6: swisstopo.ask.earth Frontend «Wo kann ich in der Stadt Bern schwimmen?»

Schließlich verfasst der Agent eine für Benutzer:innen verständliche Textantwort, die alle Ergebnisse strukturiert zusammenfasst.

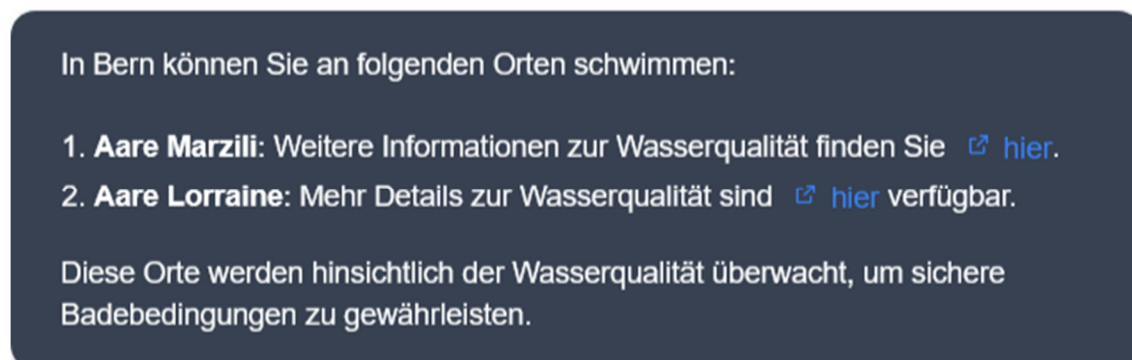


Illustration 7: swisstopo.ask.earth Frontend «Wo kann ich in der Stadt Bern schwimmen?»

Die finale Ausgabe sieht aus wie folgt:

In Bern können Sie an folgenden Orten schwimmen:

1. *Aare Marzili: Weitere Informationen zur Wasserqualität finden Sie [hier](#) (Link).*
2. *Aare Lorraine: Mehr Details zur Wasserqualität sind [hier](#) (Link) verfügbar.*

Diese Orte werden hinsichtlich der Wasserqualität überwacht, um sichere Badebedingungen zu gewährleisten.

Hier nochmals in der Übersicht und mit der Karte:

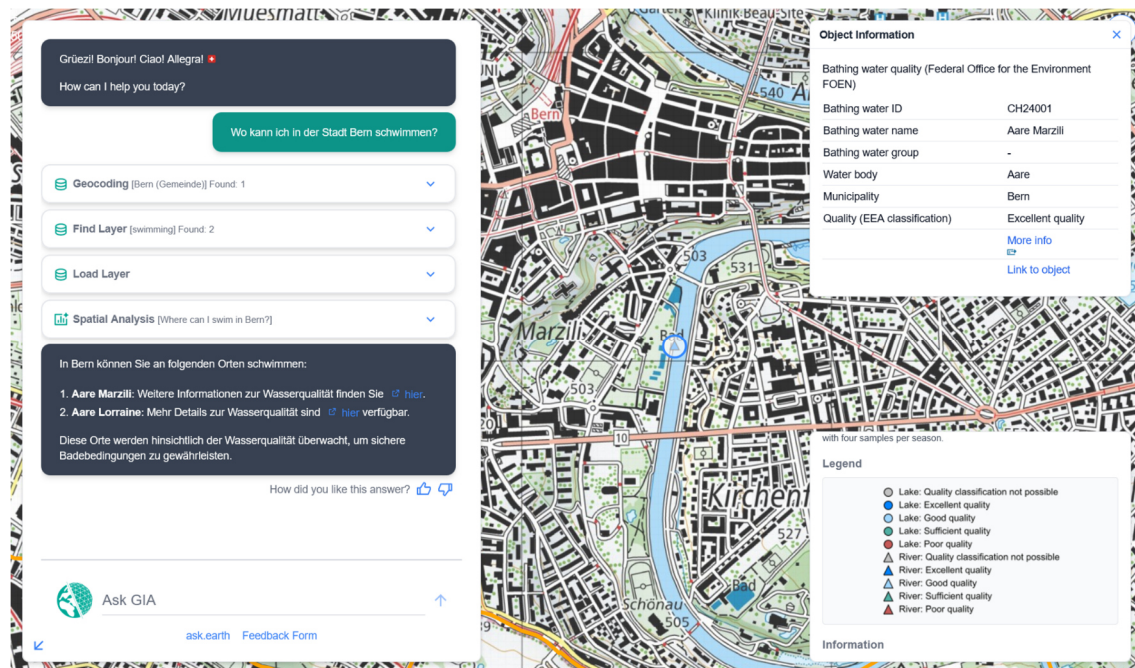


Illustration 8: swisstopo.ask.earth Frontend «Wo kann ich in der Stadt Bern schwimmen?»

Wenn man dem Link unter der Textantwort folgt landet man auf der Website des Stadtlabors Bern, die weitere Informationen zur Badewasserqualität bietet. (Siehe nächste Illustration).

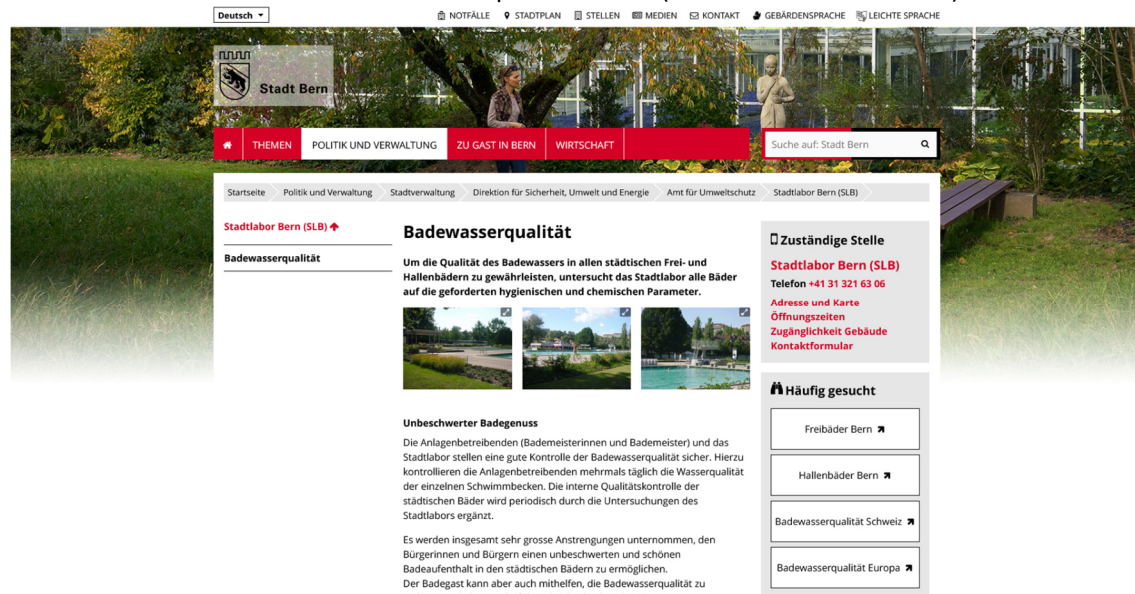


Illustration 9: Stadtlabor Bern – Badewasserqualität. Link: <https://www.bern.ch/politik-und-verwaltung/stadtverwaltung/sue/amt-fur-umweltschutz/stadtlabor-bern-slb/badewasserqualitaet>

4.8 Aktueller Entwicklungsstand

Der aktuelle Entwicklungsstand des von askEarth entwickelten Systems demonstriert ein Spektrum an Funktionen, die speziell auf die Anforderungen des swisstopo-Pilotprojekts abgestimmt wurden und vollständig auf der offiziellen geo.admin.ch API basieren. Das System greift die Daten ausschliesslich on-demand direkt von den swisstopo-Endpunkten ab. Dadurch bleibt die Datenherkunft transparent und aktuell.

Das System unterstützt Geocoding, mit dem Orte, Gemeinden, Kantone oder andere Regionen anhand natürlicher Sprache lokalisiert und als Geometrien abgefragt werden können. Darüber hinaus verfügt es über eine semantische Suchfunktion, die mittels Vektor-Einbettungen relevante Datensätze identifiziert, selbst bei alltagsnahen oder unpräzisen Formulierungen. Diese Suche ist mit der *geo.admin.ch*-Metadatenstruktur verknüpft, sodass sowohl technische als auch semantische Begriffe berücksichtigt werden.

Sobald ein Datensatz gefunden wurde, kann das System die entsprechenden Layer visualisieren. Dies erfolgt direkt über die offiziellen WMS-Dienste von swisstopo. Dadurch bleiben Kartendarstellungen, Legenden und Visualisierungskonventionen identisch zum bestehenden Standard von *map.geo.admin.ch*.

Ergänzend dazu unterstützt das System räumliche Analysen, die im Hintergrund über eine PostGIS-basierte Datenbank durchgeführt werden. Die erforderlichen Geometrien werden dabei direkt aus der swisstopo API geladen und nur temporär zwischengespeichert, um die Analyse operationell durchführen zu können. Die räumlichen Analysefunktionen ermöglichen das Filtern, Schneiden, Aggregieren und Interpretieren von Objekten innerhalb definierter Gebiete, beispielsweise innerhalb einer Gemeinde, eines administrativen Polygons oder eines vom Benutzer bestimmten Bereichs.

5 Ergebnisse des PoC

5.1 Zentrale technologische Erkenntnisse

Der Proof of Concept hat gezeigt, dass agentenbasierte Systeme wie GIA ein hohes Potenzial besitzen, komplexe Geodaten für die breitere Bevölkerung über natürliche Sprache zugänglicher und verständlicher zu machen. Gleichzeitig wurden mehrere zentrale technologische Erkenntnisse gewonnen, die für eine zukünftige Weiterentwicklung des Systems, wie auch für die Weiterentwicklung der *geo.admin.ch* API, von Bedeutung sind.

Erstens zeigte sich, dass die Sprachperformance des Systems je nach Layer und Sprache unterschiedlich ausfällt. Ursache dafür sind Unterschiede in den Metadaten zwischen den einzelnen Datensätzen und Übersetzungen. Durch iterative Verbesserung, engere Abstimmung mit swisstopo sowie Nutzerfeedback kann diese Diskrepanz schrittweise verringert und die Konsistenz des Systems verbessert werden.

Zweitens wurden technische Limitationen einzelner Tools identifiziert, insbesondere beim Spatial Analysis Tool, das in bestimmten Fällen unvollständige oder unpräzise Ergebnisse lieferte. Diese Einschränkungen hängen mit fehlendem räumlichen Kontext, *geo.admin.ch* API-Limitierungen und der Notwendigkeit zusätzlicher Metadaten zusammen. Eine engere, direktere Integration mit den Datenbanken von swisstopo würde die Genauigkeit und Robustheit der Analysen deutlich erhöhen.

Drittens wurde deutlich, dass Standards in der Agenten- und Tooling-Welt zunehmend an Bedeutung gewinnen. Mit dem Model Context Protocol (MCP) entsteht ein Ansatz, der LLM-Agenten eine klar definierte, sichere und standardisierte Schnittstelle zu externen Datenquellen bietet. Während MCP nicht zwingend notwendig ist, zeigte das PoC, dass standardisierte Mechanismen für Tool-Erkennung, Berechtigungen und strukturierte Interaktion die Zuverlässigkeit und Wartbarkeit eines agentischen Systems langfristig verbessern können.

Eine weitere Erkenntnis aus dem Pilotprojekt ist die hohe Relevanz von Nutzerfeedbacks für die kontinuierliche Verbesserung agentischer Systeme. Da Nutzer:innen ihre Fragen in alltäglicher Sprache formulieren, spiegeln ihre Eingaben sowie ihre Korrekturen und Folgefragen unmittelbar

wider, wie das System Informationen interpretiert und wo Verständnislücken bestehen. Durch die systematische Auswertung solcher Interaktionen wie etwa über implizites Feedback (z.B. durch Nutzungspfade, erneute Formulierungen) oder explizites Feedback (z.B. durch Korrekturen, Antwortenbewertungen), kann das System sukzessive lernen, welche Begriffe, Formulierungen und Themen häufiger zu Fehlinterpretationen führen.

5.2 Identifizierte technische Limitationen der swisstopo geo.admin.ch API

Während der Entwicklung und Integration des Systems mit den offiziellen swisstopo APIs wurden mehrere technische und strukturelle Einschränkungen sichtbar. Diese beeinflussten die Art und Weise, wie Daten abgerufen, interpretiert und gefiltert werden konnten. Die folgenden Abschnitte beschreiben die wichtigsten Herausforderungen sowie deren Auswirkungen auf das Systemdesign.

5.2.1 Begrenzte Abfragemöglichkeiten beim Find-Service

Der *Find Features Service* erlaubt es Datenabfragen über Attribute durchzuführen. Er liefert maximal rund 200 Ergebnisse pro Anfrage, dies kann je nach Datensatz leicht variieren. Eine Paginierung (z. B. mit *limit* und *offset*) wird (zur Zeit) nicht unterstützt, wodurch größere Ergebnismengen nicht vollständig abrufbar sind.

Gut geeignet ist dieser Dienst für eindeutige Identifikatoren wie

„Zeige mir die Parzelle mit der EGRID CH191085429419.“

Hingegen weniger gut bei Attributabfragen wie

„Zeige mir die Parzelle mit Nummer 20.“

da es mehrere Parzellen gibt, die die Nummer 20 haben. Im Gegensatz zur EGRID, sind Parzellennummern nur innerhalb einer Gemeinde eindeutig, schweizweit können es weit über 200 sein, weshalb die Resultate hier über der maximalen Rückgabemenge liegen. Dadurch bricht die Aussagekraft der Abfrage zusammen. Der *Find Features Service* unterstützt zusätzlich keine räumliche Abfrage, nur eine attributbasierte, weshalb die Suchabfrage nicht verfeinert werden kann. Zuletzt kann innerhalb einer Abfrage nicht nach mehreren Attributen gleichzeitig gefiltert werden.

Workaround:

Wo möglich, wurde stattdessen der *Identify Features Service* verwendet, der räumliche Abfragen zulässt. Zusätzlich implementierte das Backend die Paginierung dieses Services, um alle Daten innerhalb des Abfrageraumes abzufragen. Dies führt jedoch zu erhöhter Latenz und längeren Wartezeiten für Nutzer:innen.

5.2.2 Räumliche Abfragen und URL-Längenbeschränkungen beim Identify Features Service

Der *Identify Features Service* bietet grundsätzlich die Möglichkeit, räumliche Abfragen mittels Polygoneingaben durchzuführen. Diese Funktion ist für agentische Systeme wie GIA besonders hilfreich, da sie es erlaubt, gezielt innerhalb einer Gemeinde, eines administrativen Gebiets oder eines benutzerdefinierten Polygons nach relevanten Objekten zu suchen. In der praktischen Anwendung zeigte sich jedoch eine wesentliche Einschränkung: Das Polygon muss vollständig als Parameter in der URL übermittelt werden.

Während dies bei einfachen oder grob aufgelösten Geometrien gut funktioniert, überschreiten komplexere Polygone sehr schnell die maximal zulässige URL-Länge von rund 2'083 Zeichen. Dadurch können detaillierte oder flächenhafte Abfragen nicht zuverlässig ausgeführt werden. Zusätzlich unterstützt der Endpoint keine attributbasierten Filter, was bedeutet, dass die Abfrage allein auf der räumlichen Komponente basiert.

Workaround:

Um diese Restriktionen zu umgehen, führt GIA räumliche Abfragen derzeit über die Bounding Box der jeweiligen Geometrie aus, die aus vier Koordinaten Punkten besteht. Die dadurch abgerufenen Daten werden anschliessend im Backend in einem zweiten Schritt manuell mit dem vollständigen Polygon gefiltert oder nach Attributen gefiltert. Dieser Ansatz ermöglicht zwar die Durchführung komplexerer Anfragen, führt jedoch zu höherer Latenz, da deutlich mehr Daten übertragen und zusätzliche serverseitige Operationen durchgeführt werden müssen.

Caching reduziert die Wartezeiten nur für Anfragen, die bereits einmal gestellt wurden. Da das Projekt aber ausschließlich *on-demand* auf die swisstopo API zugreifen durfte, war ein vollständiges Vorladen der Datensätze nicht erlaubt. Die Einschränkung bleibt daher bestehen.

In einem zukünftigen Projekt könnte dieses Problem jedoch gelöst werden, indem der Zugriff nicht mehr ausschließlich über die öffentliche API erfolgt, sondern über direkte SQL-Schnittstellen auf die zugrunde liegenden Datenbanken von swisstopo. Ein solcher Datenbankzugang würde serverseitige Filter, performante Abfragen und vollständige Paginierung ermöglichen und damit die heutigen Limitierungen weitgehend eliminieren.

5.2.3 Uneinheitliche Unterstützung von Such- und Anzeige-Funktionen je nach Layer

Nicht alle Layer der geo.admin.ch API unterstützen dieselben Fähigkeiten. Manche sind durchsuchbar, manche abfragbar, manche stellen Tooltips bereit, andere wiederum gar nichts davon. Zudem existiert kein dokumentierter API-Endpunkt, der diese Fähigkeiten explizit ausweist. Entwickler:innen müssen sie entweder über externe Dokumentation oder durch Testaufrufe herausfinden.

Dies erschwert ein dynamisches Verhalten des Systems und die klare Kommunikation zu den Nutzer:innen wieso die Funktionalitäten bei einigen Abrufen nun anders oder eingeschränkt sind.

Workaround:

Das System extrahiert diese Informationen per *Web-Scraping* aus der öffentlichen Dokumentation. Diese Lösung ist allerdings fragil, da sie von der HTML-Struktur der Dokumentation abhängt.

Empfehlung:

swisstopo sollte diese Fähigkeiten künftig direkt als Attribute im *MapServer-Metadaten-Endpunkt* ausweisen (z. B. "searchable": true).

5.2.4 HTML-Inhalte in API-Antworten und Sicherheitsrisiken

Einige Dienste, insbesondere der HTML-Popup-Service, der Legend-Service und der SearchServer, liefern teilweise rohe HTML-Fragmente zurück. Beispielsweise Labels mit `<b>` und `<i>` Tags oder komplette HTML-Blöcke für Popups.

Das direkte Einbetten solcher HTML-Fragmente in Browser-Anwendungen stellt ein potenzielles XSS-Sicherheitsrisiko dar, auch wenn die Daten von einer offiziellen Quelle stammen.

Workaround:

Alle HTML-Antworten werden vor der Darstellung im Frontend strikt desinfiziert. Dies beinhaltet das Entfernen unsicherer Tags und Event-Handle (z. B. `onclick`) und das Erlauben sicherer Formatierungen (`<b>`, `<i>`, `<img>` etc.).

5.2.5 Metadaten und Anwendungskontext

Die Metadaten der geo.admin.ch API sind gut strukturiert und qualitativ hochwertig, jedoch rein deskriptiv-technisch. Sie beschreiben beispielsweise Inhalt, Entstehung, Messmethoden oder Genauigkeit, aber nicht den *Anwendungskontext*.

Beispiel:

Der Datensatz *Badewasserqualität* beschreibt Indikatoren und Berechnungsmethoden, aber nicht, wie Laiennutzer:innen diese Daten im Alltag nutzen könnten, etwa:

„Wo kann ich sicher schwimmen?“

Für ein sprachbasiertes System ist dies ein Problem, da Nutzer:innen in Alltagsbegriffen fragen, während die Daten in fachtechnischer Sprache beschrieben sind. Herkömmliche Suchmethoden, um die Datensätze zu durchsuchen performen in diesen Fällen weniger gut.

Workaround:

Es wurde eine erweiterte semantische Suche mit Vektor-Einbettungen integriert und Datensätze wurden mit «Tags» erweitert, die den Anwendungskontext beschreiben. Z.B. wurden dem Datensatz zu Badewasserqualität Tags hinzugefügt, wie «*schwimmen*», «*baden*» und «*Badeorte*». Diese Tags können kontinuierlich anhand von Userfeedbacks verfeinert werden, um noch präzisere Ergebnisse zu erreichen.

5.2.6 Sprachliche Unterschiede

Obwohl swisstopo eine hochwertige Mehrsprachigkeit bietet, bleiben sprachliche Unterschiede bestehen. Dies hat oft weniger mit den Metadaten an sich und mehr mit den Sprachen selbst zu tun. Manche Begriffe haben keine direkte Übersetzung (z.B. «Gewässerraum»), andere sind mehrdeutig (z. B. im Englischen «site» oder «area» können je nach Kontext viele verschiedene Bedeutungen haben). Dies führt dazu, dass die Verteilung von Schlüsselwörtern unterschiedlich sind je nach Sprache. Gewisse Wörter können im Englischen beispielsweise hunderte Male auftauchen («area»), wohingegen im Französischen diese Verteilung auf verschiedene Wörter aufgeteilt ist (z.B. «zone», «secteur», «surface», «région»). Zuletzt hängen die Bedeutungen häufig stark vom Kontext ab, weshalb LLMs daher nicht nur Begriffe, sondern deren Kontexte verstehen müssen. Dies führt je nach Sprache zu leicht unterschiedlichen Systemantworten.

Workaround:

Das System mildert diese Limitation durch kontinuierliches Lernen aus Nutzungsdaten und Benutzerfeedback, kombiniert mit der zuvor beschriebenen semantischen Suche. Durch den Einsatz mehrsprachiger Einbettungen, die laufende Verbesserung der Modelle über Feedback und ein dynamisches Re-Ranking der Suchergebnisse verbessert das System Schritt für Schritt seine Fähigkeit, Benutzerabsichten sprachübergreifend korrekt zu interpretieren. Auf diese Weise werden Übersetzungsunterschiede und sprachliche Variationen zunehmend ausgeglichen.

5.2.7 Vertauschte Koordinaten

Während des Pilotprojekts wurde eine zusätzliche technische Limitation identifiziert: Bei bestimmten Endpunkten der swisstopo API wurden Koordinaten im Koordinatensystem EPSG:2056 (LV95) vertauscht (X/Y → Y/X). Dies führte zu falsch positionierten Punkten von beispielsweise Adressen. Dieser Fehler wurde vom askEarth-Team identifiziert, reproduziert und an das swisstopo IT-Team kommuniziert.

5.3 Zentrale Nutzererkenntnisse

5.3.1 Testsetup

Das folgende Testsetup wurde im Rahmen des PoC eingerichtet.

1. Das System wird über <https://swisstopo.ask.earth> veröffentlicht, online bis 31.12.2025.
2. Die Testphase war vom 27. August bis 15. November.
3. Die Testgruppe besteht aus Nutzenden, die von dem Swisstopo Projektteam ausgewählt wurden und von askEarth auf swisstopo.ask.earth freigeschaltet wurden.
 - i. Wichtige Nutzerstatistiken:
 - (a) Anzahl der für die Testgruppe erstellten Benutzerkonten: 28
 - (b) Gesamt erzielte Runs: 521
4. Benutzeranfragen und Systemantworten werden verfolgt. Nutzerfeedback wird auf zwei Arten gesammelt:
 - i. Daumen hoch/runter, um jede Systemantwort zu bewerten.
 - ii. Feedback-Formular, um tiefere Einblicke in die Nutzererfahrung zu gewinnen.

5.3.2 Nutzerfeedback

Mit den oben erwähnten Methoden wurden folgende Nutzereindrücke gesammelt. 13 Testnutzende haben das Feedbackformular ausgefüllt.

1. **Answer satisfaction rate:** 72% (anhand der Daumen hoch/runter Funktion)
2. **Benutzeroberfläche - 4.75/5:** Das System ist extrem einfach bis einigermaßen einfach zu bedienen
3. **Benutzerverständnis - 4/5:** Das System versteht die Nutzerfragen oft
4. **Systemantworten - 3.5/5:** Das System gibt relevante Informationen oft bis manchmal zurück
5. **Geschätzte Nutzungsfrequenz:** täglich bis monatlich
6. **Benutzerfreundlichkeit dank der konversationellen Oberfläche:** Erhöhte Benutzerfreundlichkeit im Vergleich zu Dashboardlösungen, wobei ein Grossteil der Testnutzenden sich selbst als GIS Experten eingestuft haben (>80%).
7. **Top 5 System-Highlights:**
 - a. Er lieferte klare Antworten und ehrliches Feedback, wenn keine Daten verfügbar waren.
 - b. Verstand Prompts selbst mit Tippfehlern, Schweizerdeutsch oder nicht standardmäßiger Formulierung.
 - c. Antworten kamen schnell mit einer flüssigen, zuverlässigen Benutzeroberfläche.
 - d. Relevante Datensätze effizient gefunden, insbesondere für regionale Abfragen.
 - e. Räumliche Analysen funktionierten gut, auch die zugehörigen Visualisierungen der Features auf der Karte
8. **Top 5 Vorgeschlagene Systemverbesserungen:**
 - a. Einige Kartenvisualisierungen wie Routen und Bevölkerungsstatistiken wurden nicht angezeigt.
 - i. Status: Auf Softwareseite möglich, aktuell fehlen jedoch Routing- und Bevölkerungsstatistiken den Funktionalitäten/Datensätzen der map/api.geo.admin, die für dieses Projekt zugelassen waren.
 - b. Das Geometriezeichnen und die Handhabung von doppelten Ebenen müssen verbessert werden.
 - i. Status: Zu bewerten, ob und, falls ja, in welcher Form diese Funktion für Laien erforderlich ist → mehr Laienfeedback sammeln
 - c. Die Plattform konnte spezifische Punkte nicht finden (z.B. Zürich HB)

- ii. Status: Auf Softwareseite möglich, aktuell fehlt jedoch das Datenset für Points of Interest in den map/api.geo.admin Datensätzen, die für dieses Projekt zugelassen waren.
- d. Das Spatial Analysis Tool hat manchmal Fehlermeldungen retourniert wegen zu vieler Features/Datenvolumen
 - i. Status: Das zugehörige Tool wird auf der Softwareseite stetig verbessert, um mehr und mehr Sonderfälle abzudecken
- e. Einige schriftliche Antworten klangen zuversichtlich, basierten aber nicht auf den verfügbaren Daten
 - a. Status: Das zugehörige Tool wird auf der Softwareseite stetig verbessert, um mehr und mehr Sonderfälle abzudecken

5.3.3 Nutzerinteraktion

Die Nutzerinteraktionen lassen sich in 8 Kategorien zusammenfassen.

1. Thematische Datenabfragen
 - a. Beschreibung: Abfrage bestimmter Datentypen (z. B. Straßen, Landbedeckung, Gletscher, Risikozonen).
 - b. Beispiele:
 - i. Dammi le aree industriali di Grono
 - ii. J'aimerais tous l es lacs du canton des Grisons
 - iii. Zeig mir alle Fussballplätze in Bern
 - iv. Dammi ora tutte le scuole di Losanna
 - c. Status: Funktionalitäten innerhalb dieser Kategorie sind vorhanden und werden kontinuierlich aktualisiert.
2. Orts- und Funktionssuche
 - a. Beschreibung: Suche nach Points of Interest, Infrastruktur, Adressen oder Verwaltungsregionen.
 - b. Beispiele:
 - i. Wo liegt die Stampfenbachstrasse?
 - ii. Zeige mir die Gemeindegrenze von Unterseen
 - iii. What is the nearest municipality to ETH Zurich?
 - iv. Wo ist die swisstopo?
 - c. Status: Funktionalitäten innerhalb dieser Kategorie sind vorhanden, eingeschränkte Fähigkeiten aufgrund des verfügbaren Geocoding-Tools (SearchServer) und fehlender Points of Interest im Datenset.
3. Werkzeuge zur räumlichen Analyse und Geometrie
 - a. Messungen durchführen, Puffer zeichnen, Oberflächen oder Profile berechnen.
 - b. Beispiele:
 - i. Creami un buffer di 2 km da Papiermühlestrasse 20 a Berna
 - ii. Wie gross ist die Fläche des Kantons Zürich?
 - iii. Zeichne das Höhenprofil von Zürich nach Schaffhausen
 - c. Funktionalitäten innerhalb dieser Kategorie sind vorhanden und werden kontinuierlich aktualisiert.
4. Temporale oder Live-Datenanfragen
 - a. Aktuelle oder zeitspezifische Anfragen wie Wetter, Ereignisse oder historische Daten.
 - b. Beispiele:
 - i. Wo wird aktuell auf der Autobahn gebaut?
 - ii. Waldbrände im letzten Jahr

- iii. Where can I go hiking tomorrow without rain?
 - c. Status: Funktionalitäten innerhalb dieser Kategorie sind vorhanden und werden kontinuierlich aktualisiert. Einige begrenzte Fähigkeiten, z. B. aufgrund fehlender verfügbarer Wetterdaten.
- 5. Datenverfügbarkeit, Metadaten und Systemfähigkeiten
 - a. Fragen dazu, was das System oder die Daten liefern können, einschließlich Fehler oder Halluzinationen.
 - b. Beispiele:
 - i. Was kann dieses Programm?
 - ii. Welche Datenquelle steht dir zur Verfügung?
 - iii. Non riesci ad estrarlo dalla carta geologica?
 - c. Funktionalitäten innerhalb dieser Kategorie sind vorhanden und werden kontinuierlich aktualisiert.
- 6. Routing- und Reiseanalyse
 - a. Beschreibung: Von-zu-Routen, Reisezeiten, Rad-/Wanderwege und verwandte Entfernungsanfragen.
 - b. Beispiele:
 - i. Ich möchte wandern von Fribourg nach St. Moritz
 - ii. Show me the route from Lausanne to Zurich
 - iii. Wie gross ist die Entfernung von Plasselb nach Köniz zu Fuss?
 - c. Status: Softwaretechnisch möglich, in diesem PoC jedoch begrenzte Fähigkeiten aufgrund fehlender Routing-Funktionalität im verfügbaren API-Katalog.
- 7. Kartenebenenanzeige & Interaktion
 - a. Beschreibung: Verwaltung der Ebenen-Sichtbarkeit, Umschalten von Basemaps, Zoomen und UI-gesteuerte Kartenelemente.
 - b. Beispiele:
 - i. Remove all layers in the map
 - ii. Transparenz einstellen für den obersten Layer
 - iii. Hintergrund Swisssimage einblenden
 - c. Status: Funktionalitäten innerhalb dieser Kategorie sind vorhanden und werden kontinuierlich aktualisiert.
- 8. UI-Steuerungen und Karteninteraktionstools
 - a. Befehle, um manuell zu zeichnen, zu drucken, zu exportieren oder anderweitig mit der Karte zu interagieren.
 - b. Beispiele:
 - i. Zeichne ein Quadrat über der Gemeinde Sigriswil
 - ii. Kannst du diese Karte drucken?
 - iii. Download the data shown
 - c. Status: Funktionalitäten innerhalb dieser Kategorie sind vorhanden und werden kontinuierlich aktualisiert.

5.3.4 Schlussfolgerungen der Nutzendeninteraktion

1. Erstmals intuitiver Zugriff auf Geodaten ohne GIS Wissen

Heute könnte keine Person ohne GIS Erfahrung oder Training die umfangreichen Datenbestände von geo.admin.ch sinnvoll nutzen, da dafür normalerweise Kenntnisse zu Datensatznamen, Formaten, Layerstrukturen und GIS Werkzeugen nötig wären. Die konversationelle Schnittstelle hebt diese Hürden vollständig auf und macht den Zugang zu diesen Daten erstmals nativ und

intuitiv möglich. Das sehr positive Nutzerfeedback bestätigt, dass selbst unstrukturierte oder informelle Eingaben korrekt verarbeitet werden und die Bedienbarkeit damit ein deutlich höheres Zugänglichkeitsniveau erreicht, als es klassische GIS Lösungen bieten könnten.

2. **Für die Weiterentwicklung braucht es eine deutlich grössere Gruppe von Laiennutzenden**

Die Mehrheit der bisherigen Testgruppe bestand aus GIS Expertinnen und Experten. Um die Funktionalitäten vollständig entlang der Bedürfnisse nicht GIS affiner Personen zu optimieren, sind breitere Tests mit echten Laien unabdingbar. Erst damit lässt sich erkennen, welche Funktionen tatsächlich intuitiv sind und wo noch Hürden bestehen.

3. **Durch den PoC wurden neue und klare Nutzerbedürfnisse sichtbar**

Die Interaktionen haben gezeigt, dass Nutzende über klassische GIS Funktionen hinausgehende Erwartungen haben, etwa beim Routing, bei Points of Interest oder im Umgang mit den angezeigten Daten. Diese Bedürfnisse waren in der ursprünglichen Spezifikation nicht vollständig absehbar und liefern nun wertvolle Hinweise für die gezielte Priorisierung der nächsten Entwicklungsschritte auf Software- und Datenebene.

6 Technologischer Ausblick

6.1 Potenzielle Funktionen und Mehrwert

Während sich Large Language Models (LLMs) weiterentwickeln, lässt sich beobachten, dass sie zunehmend breiter verfügbar werden und ihre Betriebskosten kontinuierlich sinken. Dadurch treten sie als Basistechnologie immer stärker in den Hintergrund, während ihr eigentlicher Nutzen durch die Art und Weise bestimmt wird, wie sie in konkrete Anwendungen und Arbeitsabläufe eingebettet werden. Insbesondere im Bereich geodatengetriebener Systeme wird deutlich, dass ein LLM allein viele Aufgaben nicht vollständig abdecken kann, obwohl die zugrunde liegende Technologie leistungsfähig ist.

Dies gilt besonders in der Welt der Geodaten, in der Datensätze oft sehr gross sind und in hochspezialisierten Formaten auftreten. Solche Datenmengen direkt in ein LLM zu laden birgt viele Nachteile, da LLMs nur über begrenzte Kontextfenster verfügen. Ebenso benötigt der Umgang mit Geodaten präzise Berechnungen. Für solche Aufgaben sind spezialisierte Komponenten nötig, die für räumliche Datenverarbeitung optimiert sind. Agentensysteme bieten hier einen strukturierten Ansatz, indem sie das LLM als steuernde Komponente nutzen und technische Abfragen an externe Tools, Dienste oder Datenbanken delegieren.

Schliesslich bringen LLMs systembedingt Unsicherheiten mit sich, etwa bei der Halluzinationsneigung oder der Interpretation fachtechnischer Begriffe. Agentensysteme können solche Risiken reduzieren, indem sie Abfragen validieren, externe Constraints anwenden oder modellgenerierte Ausgaben mit zuverlässigen Datenquellen abgleichen. Dadurch entsteht ein transparenter und nachvollziehbarer Ablauf, der für datengetriebene Fachanwendungen essenziell ist.

6.1.1 Model Context Protocol (MCP)

Eine Schlüsselrolle wird dabei das Model Context Protocol (MCP) spielen, ein entstehender Standard, der es LLM-Agenten ermöglicht, sicher und kontrolliert auf externe Datenquellen, Tools und APIs zuzugreifen. Für swisstopo bedeutet dies, dass zukünftige Nutzer:innen (ob Bürger:innen, Behörden oder Unternehmen) über einheitliche agentische Schnittstellen auf ihre Geodaten zugreifen können, ohne die technischen Details der API kennen zu müssen. MCP fungiert als Zwischenschicht, die Datenquellen für LLMs „sprechbar“ macht und Interaktionen strukturiert und sicher hält.

Ein schweizerisches Ökosystem von MCPs besitzt großes, bislang nur teilweise erschlossenes Potenzial. Zahlreiche Bundesstellen (vom BAFU über das BFS bis MeteoSchweiz) verfügen über wertvolle, qualitativ hochwertige Daten. In Kombination mit agentischen LLM-Systemen könnten diese Datensätze künftig zu einem gemeinsamen semantischen öffentlichen Datenraum verknüpft werden. Ein solches Netzwerk würde es Nutzer:innen ermöglichen, komplexe Fragen über mehrere Domänen hinweg zu stellen. Ein LLM-Agent könnte automatisch Daten aus mehreren Bundesstellen aggregieren, analysieren und in verständlicher Form präsentieren, ohne dass Nutzer:innen selbst die verschiedenen Datensilos kennen müssen oder eine Expertise, wie mit diesen teils komplexen Daten umzugehen, zu benötigen.

6.1.2 Ethische LLMs – Apertus

Es entstehen neue, souveräne LLM-Initiativen wie Apertus, ein offenes und ethisches Sprachmodell, das speziell für einen europäischen und schweizerischen Kontext entwickelt wird. Apertus setzt auf Transparenz, erklärbare Architektur und lokal kontrollierbare Trainingsprozesse. Für staatliche Akteure wie swisstopo bietet dies einen erheblichen Vorteil: Die Nutzung solcher Modelle ermöglicht volle Datensouveränität, ermöglicht Hosting innerhalb der Schweiz und passt sich ideal in das vorhandene föderale Datenökosystem ein.

6.2 Strategischer Ausblick

Die Ergebnisse des PoC zeigen deutlich, dass agentische Systeme wie GIA ein vielversprechender Ansatz sind, um den Zugang zu Geodaten zukünftig breiter, intuitiver und verlässlicher zu gestalten. Strategisch eröffnet dies mehrere Entwicklungsrichtungen: Einerseits kann durch standardisierte Schnittstellen wie das Model Context Protocol die Interoperabilität mit weiteren Datenquellen und Bundesstellen ausgebaut werden, sodass Nutzende künftig komplexe, domänenübergreifende Anfragen stellen können. Andererseits ermöglicht die LLM agnostische Architektur von GIA die Integration souveräner Modelle wie Apertus, was Datensouveränität, Transparenz und nationale Unabhängigkeit langfristig stärkt. Zusammen mit einer erweiterten Nutzerbasis, die verstärkt nicht GIS affine Personen einschließt, entsteht die Grundlage für ein skalierbares, zukunftsfähiges Ökosystem, das die Nutzung der schweizerischen Geodateninfrastruktur nachhaltig modernisieren und für neue Anwendergruppen öffnen kann.

6.3 Anforderungen an Datenanbieter

Damit Datenanbieter ihre Datenschnittstellen erfolgreich für LLM-Agenten zugänglich machen können, empfehlen wir einerseits klassische API-Best Practices zu erfüllen und andererseits bestimmte zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen, die speziell aus der Arbeitsweise agentischer KI-Systeme entstehen. Auf der grundlegendsten Ebene helfen standardisierte und gut dokumentierte Schnittstellen LLM-Agenten enorm. Diese Anforderungen entsprechen branchenüblichen Empfehlungen, wie sie etwa in den OpenAPI-Dokumentationen³ beschrieben sind, die Entwickler:innen und automatisierten Systemen eine verlässliche Grundlage bietet.

Für agentische Systeme kommt ein weiterer, entscheidender Faktor hinzu: die Qualität der Metadaten. Während klassische APIs häufig für menschliche Entwickler:innen gestaltet sind, müssen LLMs selbstständig erkennen, welcher Datensatz wofür geeignet ist. Dafür benötigen sie nicht nur technische Beschreibungen, sondern auch kontextuelle Informationen, Anwendungsbeispiele, thematische Schlagworte und definierte Begrifflichkeiten. Maschinell lesbare Metadaten, etwa in Form von JSON-Schemas oder Domain-spezifischen Vokabularen, ermöglichen es einem Agenten, die Absicht eines Nutzers mit einem passenden Datensatz zu verknüpfen.

³ Siehe: <https://www.openapis.org/>

Über die Mindestanforderungen hinaus existieren weiterführende Standards, die für zukünftige Ökosysteme besonders relevant werden könnten. Ein solcher Ansatz ist das Model Context Protocol (MCP)⁴, ein offener Standard, der LLMs ermöglicht, Datenquellen, Tools oder APIs auf einheitliche und kontrollierbare Weise einzubinden. MCP bietet die Möglichkeit, Datenzugriffe klar zu deklarieren, Funktionen explizit als Tools bereitzustellen und Berechtigungsstrukturen transparent zu gestalten. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass MCP keine Voraussetzung für die Integration in LLM-Agenten darstellt. Es bewegt sich weit über den technologischen Mindestanforderungen und wird vor allem für größere Ökosysteme interessant, die langfristig eine standardisierte Interoperabilität zwischen vielen Datenquellen anstreben.

7 Nächste Schritte

7.1 Ausbau der Nutzerbasis

Um die gewonnenen Erkenntnisse aus dem PoC weiter zu vertiefen und insbesondere die Bedürfnisse von nicht GIS affinen Nutzenden besser abzubilden, schlagen wir einen gezielten Ausbau der Nutzerbasis vor. Die für den PoC bereitgestellte Testgruppe umfasste 28 Personen, von denen sich über achtzig Prozent als GIS Expertinnen und Experten identifizierten. Parallel dazu wurde die Plattform bereits insgesamt rund 150 Personen zugänglich gemacht, jedoch war das Auswerten dieser breiteren Gruppe nicht Bestandteil des PoC und fliesst somit nicht in die erhobenen Resultate ein. Basierend auf den bisherigen Erkenntnissen erscheint ein erweiterter Test mit einer Nutzerbasis von bis zu 5000 Personen sinnvoll, insbesondere um eine ausgewogenere Verteilung zwischen GIS und nicht GIS erfahrenen Nutzerinnen und Nutzern zu erreichen. Eine solche breitere Testumgebung würde ermöglichen, die tatsächlichen Möglichkeiten und Limitationen des Systems realitätsnah zu evaluieren, Funktionsprioritäten entlang authentischer Nutzungsmuster zu schärfen und den Mehrwert einer konversationalen Schnittstelle für eine breite Endanwendergruppe fundiert einzuschätzen.

7.2 Betrieb auf Apertus

Die agentische Architektur von askEarth GIA ist von Grund auf so gestaltet, dass sie unabhängig vom jeweils eingesetzten Sprachmodell betrieben werden kann und neue Modelle ohne strukturelle Anpassungen integriert werden können. Dadurch eignet sich das System ideal für einen zukünftigen Betrieb auf Apertus, dem offenen und in der Schweiz entwickelten Large Language Model für souveräne, transparente und lokal kontrollierbare KI Anwendungen. Ein Betrieb auf Apertus würde es ermöglichen, sämtliche Datenflüsse in der Schweiz zu halten, Modellentscheidungen noch nachvollziehbarer zu gestalten und nationale Anforderungen an Datenschutz, Transparenz und Kontrolle optimal zu erfüllen. Diese Kombination aus agentischer Flexibilität und einem souveränen LLM schafft eine belastbare Grundlage für eine langfristig unabhängige und skalierbare Weiterentwicklung des Systems.

7.3 Weiterer Projektfahrplan

askEarth bietet nach Absprache mit dem Projektteam und über die vertraglichen Bestimmungen hinaus die Systeminstandhaltung bis Ende 2025 auf eigene Kosten weiter an. Hierbei entstehen keine Mehrkosten für swisstopo. Sollte die Software weiterhin zugänglich bleiben und in Stand gehalten werden sollen gelten die vertraglich festgehaltenen Fortsetzungsbudgets. Die in 7.1 und 7.2 beschriebenen Aktivitäten wären hierbei enthalten. Auch Zusammenarbeiten in Folgeprojekten sind jederzeit möglich.

⁴ Siehe: <https://modelcontextprotocol.io/>